

MẶT ĐƯỜNG bê tông xi măng



NGUYỄN QUANG CHIÊU

MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

(Tái bản có sửa chữa, bổ sung)

**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
HÀ NỘI-2004**

MỤC LỤC

Trang

<i>Các bảng chuyển đổi đơn vị đo</i>	7
Các vấn đề chung	11
I. Khái quát tình hình xây dựng và phát triển mặt đường bê tông xi măng trên thế giới.	11
II. Tình hình xây dựng mặt đường bê tông xi măng ở nước ta.	15
III. Ưu, nhược điểm của mặt đường bê tông xi măng.	17
Chương I - Kết cấu mặt đường bê tông xi măng đổ tại chỗ	18
1.1. Kết cấu và phân loại mặt đường BTXM đổ tại chỗ.	18
1.2. Khe nối của mặt đường BTXM.	22
1.3. Lớp móng nhân tạo dưới tấm bê tông mặt đường.	26
1.4. Nền đất dưới mặt đường BTXM.	27
Chương II. Các phương pháp tính toán mặt đường BTXM theo lý thuyết tấm trên nền đàn hồi	29
2.1. Sự làm việc của mặt đường BTXM dưới tác dụng của tải trọng và các yếu tố tự nhiên.	29
2.2. Các giả thiết và tiêu chuẩn tính toán kết cấu mặt đường cứng.	30
2.3. Cơ sở lý thuyết của việc tính toán mặt đường BTXM.	30
2.4. Tính toán mặt đường BTXM theo phương pháp Octterogat.	33
2.5. Tính toán mặt đường BTXM theo giả thiết xem nền đất là bán không gian đàn hồi.	36
2.6. Tính toán mặt đường BTXM dưới tác dụng của nhiệt độ.	48
2.7. Các tham số thiết kế mặt đường BTXM.	56
2.8. Tính lớp móng dưới tấm mặt đường BTXM.	63
Chương III. Các phương pháp thiết kế mặt đường BTXM thường dùng ở nước ngoài	67
3.1. Thiết kế mặt đường cứng theo phương pháp của AASHTO(Mỹ)	67
3.2. Phương pháp thiết kế mặt đường cứng của Anh.	69
3.3. Phương pháp thiết kế mặt đường BTXM của Pháp.	77
3.4. Tính toán mặt đường BTXM theo phương pháp của Liên Xô cũ.	84

3.5. Thiết kế mặt đường cứng theo phương pháp Oetterogat - Sêchchia - Mednicóp (quy trình 22 TCN...).	94
3.6. Thiết kế mặt đường bê tông lắp ghép.	105
Chương IV. Bê tông làm đường	113
4.1. Phân loại bê tông làm đường.	113
4.2. Đặc điểm và tính chất của bê tông làm đường.	113
4.3. Yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông làm đường và đối với cốt liệu của bê tông.	117
4.4. Yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông làm đường.	123
Chương V. Chế tạo hỗn hợp bê tông	127
5.1. Đặc điểm của việc chế tạo hỗn hợp bê tông trong xây dựng mặt đường.	127
5.2. Công tác tiếp nhận và bảo quản vật liệu.	129
5.3. Cân đong vật liệu và trộn hỗn hợp bê tông.	132
5.4. Các vấn đề chủ yếu khi thiết kế xí nghiệp bê tông xi măng.	134
Chương VI. Xây dựng mặt đường BTXM đổ tại chỗ	138
6.1. So sánh và chọn phương pháp thi công.	138
6.2. Trộn và vận chuyển bê tông.	139
6.3. Rải và đầm chặt bê tông.	140
6.4. Làm khe.	142
6.5. Hoàn thiện bề mặt.	143
6.6. Bảo dưỡng bê tông.	143
6.7. Đề phòng các đường nứt sớm.	143
6.8. Kiểm tra chất lượng công trình.	144
Chương VII. Các trường hợp riêng của việc xây dựng mặt đường bê tông xi măng đổ tại chỗ	146
7.1. Xây dựng mặt đường BTXM hai lớp.	146
7.2. Xây dựng lớp móng bê tông.	147
7.3. Xây dựng đường bê tông theo phương pháp thủ công kết hợp cơ giới.	148
7.4. Xây dựng mặt đường bê tông cốt thép đổ tại chỗ.	154
7.5. Xây dựng mặt đường BTXM trong trường hợp nhiệt độ không khí cao.	155
7.6. Mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu (bê tông lu lèn).	157
7.7. Mặt đường bê tông cốt thép liên tục.	162
7.8. Mặt đường bê tông sợi thép.	165
7.9. Mặt đường bê tông lưới thép.	165

Chương VIII. Xây dựng mặt đường bê tông lắp ghép	170
8.1. Khái niệm và cấu tạo mặt đường bê tông lắp ghép.	170
8.2. Công nghệ sản xuất các tấm bê tông cốt thép đúc sẵn.	174
8.3. Xây dựng mặt đường bê tông lắp ghép.	176
Chương IX. Mặt (móng) đường bằng hỗn hợp đá dăm (sỏi sạn) gia cố xi măng	181
9.1. Khái niệm.	181
9.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến tính chất cơ học của vật liệu đá gia cố xi măng.	182
9.3. Yêu cầu đối với vật liệu.	189
9.4. Chế tạo hỗn hợp và thi công mặt đường đá gia cố xi măng bằng phương pháp công nghiệp.	192
Chương X - Kiểm tra chất lượng công tác xây dựng mặt đường BTXM	194
Phụ lục 1	201
Phụ lục 2	206

CÁC BẢNG CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ ĐO

Chiều dài

km	m	mm	đậm	yard	ft	in	10 ⁻³ in
1	1000	10 ⁶	0.6214	1094	3281	3.937x10 ⁴	3.937x10 ⁷
10 ⁻³	1	1000	6.214x10 ⁻⁴	1.0936	3.281	39.370	3.937x10 ⁴
10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	6.214x10 ⁻⁷	1.094x10 ⁻³	3.281x10 ⁻³	3.937x10 ⁻²	39.37
1.6094	1609.4	1.609x10 ⁶	1	1760	5280	63360	6.336x10 ⁷
9.144x10 ⁻⁴	0.9144	914.41	5.682x10 ⁻⁴	1	3	36	36000
3.048x10 ⁻⁴	0.3048	304.8	1.894x10 ⁻⁴	0.3333	1	12	12000
2.54x10 ⁻⁵	0.0254	25.4	1.578x10 ⁻⁵	2.778x10 ⁻²	8.333x10 ⁻²	1	1000
2.54x10 ⁻⁶	2.54x10 ⁻⁵	0.0254	1.578x10 ⁻⁸	2.778x10 ⁻⁵	8.333x10 ⁻⁵	10 ⁻³	1

Diện tích

km ²	m ²	cm ²	mm ²	đậm vuông	acre	yd ²	ft ²	in ²
1	10 ⁶	10 ¹⁰	10 ¹²	0.38612	247.11	1.196x10 ⁶	1.076x10 ⁷	1.550x10 ⁹
10 ⁻⁶	1	10 ⁴	10 ⁶	3.86x10 ⁻⁷	2.471x10 ⁻⁴	1.1960	10.764	1550
10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁴	1	100	3.86x10 ⁻¹¹	2.471x10 ⁻⁸	1.196x10 ⁻⁴	1.076x10 ⁻³	0.1550
10 ⁻¹²	10 ⁻⁶	10 ⁻²	1	3.86x10 ⁻¹³	2.47x10 ⁻¹⁰	1.196x10 ⁻⁶	1.076x10 ⁻⁵	1.550x10 ⁻³
2.590	2.59x10 ⁻⁶	2.59x10 ⁻¹⁰	2.59x10 ⁻¹²	1	639.96	3.097x10 ⁶	2.788x10 ⁷	4.10x10 ⁸
4.047x10 ⁻³	4047	4.047x10 ⁻⁷	4.047x10 ⁹	1.563x10 ⁻³	1	4840	43560	6.273x10 ⁶
8.36x10 ⁻⁷	0.8361	8361	8.36x10 ⁵	3.228x10 ⁻⁷	2.066x10 ⁻⁴	1	9	1296
9.29x10 ⁻⁸	9.29x10 ⁻²	929	92900	3.587x10 ⁻⁸	2.296x10 ⁻⁵	0.1111	1	144
6.45x10 ⁻¹⁰	6.45x10 ⁻⁴	6.4516	645.16	2.491x10 ⁻¹⁰	1.597x10 ⁻⁷	7.716x10 ⁻⁴	6.944x10 ⁻³	1

Thể tích

m ³	dm ³ (litre)	cm ³ (ml)	yd ³	ft ³	in ³	UK gallon	US gallon
1	10 ⁻³	10 ⁶	1.3079	35.311	6102	219.97	264.17
10 ⁻³	1	10 ³	1.308x10 ⁻³	3.531x10 ⁻²	61.02	0.2200	0.2642
10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	1.308x10 ⁻⁶	3.531x10 ⁻⁵	6.102x10 ⁻²	2.199x10 ⁻⁴	2.642x10 ⁻⁴
0.7646	764.6	7.646x10 ⁵	1	27	46650	168.19	201.99
2.832x10 ⁻²	28.32	2.832x10 ⁻⁴	3.704x10 ⁻²	1	1728	6.229	7.481
1.639x10 ⁻⁵	1.639x10 ⁻²	16.387	2.144x10 ⁻⁵	5.787x10 ⁻⁴	1	3.605x10 ⁻³	4.329x10 ⁻³
4.546x10 ⁻³	4.546	4.546x10 ³	5.946x10 ⁻³	0.1605	277.42	1	1.2008
3.785x10 ⁻³	3.785	3.785x10 ³	4.951x10 ⁻³	0.1337	231	0.8327	1

* acre: mẫu Anh (0.405 ha).

Các bảng chuyển đổi đơn vị đo (tiếp theo)

Khối lượng

Tonne(Mg)	kg	g	UK ton	US ton	cwt	lb	oz
1	1000	10 ⁶	0.9842	1.1011	19.66	2.205x10 ³	3.527x10 ⁴
10 ⁻³	1	1000	9.842x10 ⁻⁴	1.101x10 ⁻³	1.966x10 ⁻²	2.2046	35.274
10 ⁻⁶	10 ⁻³	1	9.842x10 ⁻⁷	1.101x10 ⁻⁶	1.966x10 ⁻⁵	2.204x10 ⁻³	3.527x10 ⁻²
1.016	1016	1.016x10 ⁶	1	1.12	20	2240	3840
0.9081	908.1	9.081x10 ⁵	0.8928	1	17.856	2000	32000
5.085x10 ⁻²	50.85	5.085x10 ⁴	0.05	0.0560	1	112	1792
4.536x10 ⁻⁴	0.4536	453.6	4.46x10 ⁻⁴	5x10 ⁻⁴	8.92x10 ⁻³	1	16
2.835x10 ⁻⁵	2.835x10 ⁻²	28.349	2.79x10 ⁻⁵	3.125x10 ⁻⁵	5.580x10 ⁻⁴	6.25x10 ⁻²	1

Dung trọng

Tonne/m³

Mg/m³

g/cm ³	kg/m ³	lb/in ³	UK ton/yd ³	US ton/yd ³	lb/ft ³
1	1000	0.03613	0.75247	0.8428	62.43
10 ⁻³	1	3.613x10 ⁻⁵	7.525x10 ⁻⁴	8.428x10 ⁻⁴	6.243x10 ⁻²
27.680	27680	1	20.828	23.328	1.728x10 ⁻³
1.3289	1.328x10 ³	4.801x10 ⁻²	1	1.12	82.955
1.1865	1.186x10 ³	4.287x10 ⁻²	0.8929	1	74.074
1.602x10 ⁻²	16.019	5.787x10 ⁻⁴	1.205x10 ⁻²	1.35x10 ⁻²	1

Lực và trọng lực

MN	kN	N	kgf	tonf	lbf
1	1000	10 ⁶	1.0196x10 ⁵	100.4	2.248x10 ⁵
10 ⁻³	1	10 ³	101.96	0.1004	224.82
10 ⁻⁶	10 ³	1	0.10196	1.004x10 ⁻⁴	0.2248
9.807x10 ⁻⁶	9.807x10 ⁻³	9.807	1	9.842x10 ⁻⁴	2.2048
9.964x10 ⁻³	9.964	9964	1016	1	2240
4.448x10 ⁻⁶	4.448x10 ⁻³	4.448	0.45455	4.464x10 ⁻⁴	1

Thứ tự chữ cái Hy Lạp

Chữ in	Chữ thường	Tên
A	α	alpha
B	β	beta
Γ	γ	gamma
Δ	δ	delta
E	ε	epsilon
Z	ζ	zeta
H	η	eta
Θ	θ	theta
I	ι	iota
K	κ	kappa
Λ	λ	lambda
M	μ	mu
N	ν	nu
Ξ	ξ	xi
O	ο	omicron
Π	π	pi
P		rho
Σ	σ	sigma
T	τ	tau
Υ	υ	upsilon
Φ	φ	phi
Χ	χ	chi
Ψ	ψ	psi
Ω	ω	omega

Các bảng chuyển đổi đơn vị đo (tiếp theo)

Áp suất, ứng suất và mô đun đàn hồi

MN/m ²	kN/m ²	kp	psi							
mPa	kPa	kgf/cm ²	bar	atm	m H ₂ O	ft H ₂ O	mm Hg	Ton/ft ²	lbf/in ²	lbf/ft ²
1	1000	10.197	10	9.869	102.2	355.2	7500.6	9.320	145.04	20886
0.001	1	1.019x10 ⁻²	0.0100	9.87x10 ⁻³	0.1022	0.3352	7.5006	0.0093	0.14504	20.886
9.807x10 ⁻²	98.07	1	0.9807	0.9678	10.017	32.866	735.56	0.9139	14.223	2048.1
0.100	100	1.0197	1	0.9869	10.215	33.515	750.06	0.9320	14.504	2088.6
0.1013	101.33	1.0332	1.0132	1	10.351	33.959	760.02	0.9444	14.696	2116.2
9.788x10 ⁻³	9.7885	9.983x10 ⁻²	9.789x10 ⁻²	9.661x10 ⁻²	1	3.2808	73.424	9.124x10 ⁻²	1.4198	204.45
2.983x10 ⁻¹	2.9835	3.043x10 ⁻²	2.984x10 ⁻²	2.945x10 ⁻²	0.3048	1	22.377	2.781x10 ⁻²	0.43275	62.316
1.333x10 ⁻⁴	0.1333	1.3595x10 ⁻³	1.333x10 ⁻³	1.315x10 ⁻³	1.362x10 ⁻²	4.469x10 ⁻²	1	1.243x10 ⁻³	1.934x10 ⁻²	2.7846
0.1073	107.3	1.0942	1.0730	1.0589	10.960	35.960	804.78	1	15.562	2240
6.895x10 ⁻³	6.895	7.031x10 ⁻²	6.895x10 ⁻²	6.805x10 ⁻²	0.7043	2.3108	51.714	6.426x10 ⁻²	1	144
4.788x10 ⁻⁵	4.788x10 ⁻²	4.883x10 ⁻⁴	4.788x10 ⁻⁴	4.725x10 ⁻⁴	4.891x10 ⁻³	1.605x10 ⁻²	0.3591	4.464x10 ⁻⁴	6.944x10 ⁻³	1

Độ thấm

m/s	cm/s	m/năm	Darcy	ft/năm	ft/ngày
1	100	3.156x10 ⁷	1.04x10 ⁵	1.035x10 ⁸	2.835x10 ⁵
0.01	1	3.156x10 ⁵	1.04x10 ³	1.035x10 ⁶	2.834x10 ³
3.169x10 ⁻⁶	3.169x10 ⁻⁶	1	3.28x10 ³	3.281	8.982x10 ⁻¹
9.66x10 ⁻⁶	9.66x10 ⁻⁴	304	1	1000	2.74
9.658x10 ⁻⁹	9.659x10 ⁻⁷	0.3048	10 ⁻³	1	2.738x10 ⁻³
3.527x10 ⁻⁶	3.527x10 ⁻⁴	111.33	0.365	365.25	1

Tỷ trọng (20°C) g/cm³

Nước nguyên chất	0.99820	Dầu hỏa (gần đúng)	0.80
Nước biển	1.04	Paraffin wax(m.p. 52-52°C)	0.912
Thủy ngân	13.546	Microcrystalline wax(m.p. 60-63°C)	0.915

Các ký hiệu tiền tố

Tiền tố	Tên	Hệ số nhân
G	giga	1 000 000 000 = 10 ⁹
M	mega	1 000 000 = 10 ⁶
k	kilo	1 000 = 10 ³
h	hecto*	100 = 10 ²
da	deca*	10
d	deci*	10 ⁻¹ = 0.1
c	centi*	10 ⁻² = 0.01
m	milli	10 ⁻³ = 0.001
μ	micro	10 ⁻⁶ = 0.000 001
n	nano	10 ⁻⁹ = 0.000 000 001
* Không dùng trong hệ đo quốc tế		

CÁC VẤN ĐỀ CHUNG

I. KHÁI QUÁT TÌNH HÌNH XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG TRÊN THẾ GIỚI

Vào cuối thế kỷ XIX, ở Châu Âu đã ra đời một loại vật liệu mới: Chất kết dính vô cơ xi măng poóc lăng, thì đồng thời việc xây dựng mặt đường cứng bằng bê tông xi măng cũng được bắt đầu. Năm 1856 ở Êcốt (Anh) mặt đường bê tông xi măng được xây dựng; năm 1876 được xây dựng ở gần nhà máy xi măng Gronóp (Pháp); Đretslau (Đức) năm 1888, và được phát triển rất nhanh ở Mỹ (1892), Nga (1913) và nhiều nước khác. Đến 1925, ở Đức đã có 100.000m², ở Mỹ có 600 triệu mét vuông mặt đường bê tông xi măng (riêng 2 năm 1924 - 1925 đã thi công tới 124 triệu mét vuông). Đến những năm 30 của thế kỷ 20, sau khi tích lũy được những kinh nghiệm cần thiết người ta bắt đầu xây dựng mặt đường bê tông xi măng trên quy mô lớn và phát triển nhanh cả về chất lượng và số lượng. Vào những năm đó, riêng ở nước Đức đã xây dựng được 52 triệu mét vuông trong vòng 5 năm, trong đó có khoảng 40 triệu mét vuông là đường cao tốc (chiếm khoảng 90% diện tích mạng lưới đường cao tốc được xây dựng trước đại chiến thế giới lần thứ 2). Ở Mỹ đến đầu những năm 40 của thế kỷ này đã có khoảng 360 triệu mét vuông mặt đường bê tông xi măng.

Trong đại chiến thế giới lần thứ II, cũng như những năm đầu sau chiến tranh, việc xây dựng mặt đường bê tông xi măng vẫn được tiếp tục nhưng bị hạn chế, vì xi măng được dùng nhiều vào việc xây dựng công sự và khôi phục, sửa chữa nhà ở.

Từ những năm 60 của thế kỷ 20 trở lại đây, tốc độ xây dựng mặt đường bê tông lại tiếp tục phát triển. Ở Đức khoảng 17 triệu mét vuông một năm, ở Liên Xô cũ, Tiệp Khắc và nhiều nước khác nhịp độ xây dựng mặt đường bê tông cũng không ngừng tăng lên. Cùng với sự phát triển nhanh chóng về quy mô xây dựng và công nghệ thi công, vấn đề cấu tạo và phương pháp tính toán mặt đường bê tông cũng có những thay đổi cơ bản.

Do tích lũy được kinh nghiệm xây dựng và khai thác của mặt đường bê tông, do kết quả của việc nghiên cứu và thực nghiệm từ những thí nghiệm nhỏ trong phòng cho đến những thực nghiệm quy mô lớn ở hiện trường (như việc thực nghiệm của tổ chức AASHO* được tiến hành ở Mỹ vào năm 1959 và 1960 tiêu tốn 27 triệu đôla), từ đó người ta đã hoàn chỉnh dần về hình thức cấu tạo và phương pháp thiết kế mặt đường bê tông xi măng.

* AASHO - Hiệp hội các chuyên gia đường ô tô của nước Mỹ (American Association of State Highway Officials).

Lúc đầu người ta không thực hiện việc đầm nén nền đường vì cho rằng tấm bê tông phân bố lực đều trên nền đất, nên dưới tấm bê tông không có lớp móng mà chỉ có một lớp cát mỏng gọi là lớp làm sạch bê tông. Trong quá trình sử dụng người ta đã nhận thức được đầy đủ vai trò quan trọng của nền móng dưới mặt đường bê tông và đã đề ra những yêu cầu cao đối với nền móng. Cho đến hội nghị quốc tế về đường ô tô lần thứ 15 họp ở Mêhicô (năm 1976) đã thống nhất phải xây dựng lớp móng có gia cố xi măng chắc chắn và ổn định dưới tấm bê tông xi măng.

Về cường độ bê tông làm mặt đường cũng không được quy định rõ ràng, gần đây người ta đã đề nghị dùng bê tông mác cao với cường độ chịu uốn từ 50 - 60 KG/cm².

Về cấu tạo các khe co giãn cũng đã có những thay đổi quan trọng. Sau một thời gian tranh luận, hiện nay người ta đã thống nhất là cần bố trí các thanh truyền lực trong khe ngang vì các thanh truyền lực có tác dụng truyền tải trọng rất tốt, do đó tuổi thọ của mặt đường được tăng lên nhiều.

Về phương pháp tính toán mặt đường bê tông, cũng đã có sự phát triển và hoàn chỉnh rất căn bản. Trong giai đoạn đầu người ta không tính toán và thường lấy chiều dày tấm bê tông từ 15-17,5 cm, trực tiếp đặt trên nền đất, không xét đến loại đất và điều kiện thoát nước. Đến năm 1919, sau khi phát hiện các tấm bê tông bị nứt gãy ở góc tấm, Gônbéch (Golbek) mới đề ra công thức đầu tiên để tính chiều dày tấm với quan niệm là góc tấm làm việc như một công-son hoàn toàn không tiếp xúc với nền đất - Đến năm 1927 Oettergat (Westergaard) thông qua việc giải bài toán "tấm trên nền đàn hồi" theo mô hình hệ số nền của Vincle (Wilkler) và rút ra được các công thức để xác định ứng suất trong tấm bê tông mặt đường cho 3 trường hợp tải trọng khác nhau (ở giữa, ở cạnh và ở góc tấm). Đến năm 1930 sau khi phát hiện ảnh hưởng của sự uốn vòng do nhiệt độ đến ứng suất trong tấm bê tông Oettergat và Braburi (Brabbury) đã đề ra lần đầu tiên các công thức tính ứng suất nhiệt trong mặt đường bê tông xi măng.

Cũng trong thời gian đó, ở Liên Xô cũ Sêchchia (Shekter) thông qua việc giải bài toán tính tấm trên nền đàn hồi theo mô hình bán không gian đàn hồi, đã tìm ra công thức xác định mômen uốn trong trường hợp tải trọng tác dụng ở phần giữa tấm bê tông và có xét đến ảnh hưởng của bánh xe bên cạnh đến trị số mômen uốn xuất hiện dưới bánh xe tính toán. Sau đó Gorobunôp - Posadôp, Babkôp cũng đề ra những công thức gần đúng để xác định mômen uốn xuất hiện trong mặt đường theo mô hình bán không gian đàn hồi. Các công thức của Sêchchia, Gorobunôp - Posadôp được các giáo sư N.N. Ivanôp, Mednicôp, và nhiều người khác đánh giá cao vì cho là phản ánh chính xác hơn tình hình làm việc thực tế của mặt đường bê tông xi măng so với lời giải của Oettergat dựa theo mô hình nền Vincle và đã được sử dụng ở Liên Xô cũ từ trước đến nay. Tuy nhiên, về mặt toán học, do điều kiện biên của mô hình môđun đàn hồi không xác định nên các phương pháp của Sêchchia Gorobunôp - Posadôp không có công thức tính toán lý thuyết để tìm ứng suất trong trường hợp tải trọng tác dụng ở cạnh và góc tấm

(là những trường hợp nguy hiểm). Vì vậy sau khi tìm được ứng suất ở giữa tấm theo các phương pháp trên, phải nhân nó với các hệ số thực nghiệm (ví dụ các hệ số do Manvelôp tìm ra) để xác định ứng suất cho trường hợp tải trọng ở cạnh và ở góc tấm. Cũng do nhận định là mô hình môđun đàn hồi phản ánh chính xác thực tế hơn so với mô hình Vincle nên Mednicôp đã tìm cách biểu diễn các công thức tính ứng suất của Oettergat qua mô hình môđun đàn hồi. Kết quả là đã tìm được các công thức gần đúng (công thức Oettergat - Sêchchia - Mednicôp) để tính ứng suất cho 3 trường hợp tác dụng của tải trọng theo mô hình môđun đàn hồi E_0 . Ở nước ta trong thời gian qua, chúng ta vẫn sử dụng các công thức tính toán này để thiết kế chiều dày mặt đường bê tông xi măng.

Do sự tăng tải trọng và mật độ xe chạy trên đường người ta đã chú ý hơn tới tác dụng trùng phục của xe chạy. Nếu như trước đây người ta mới chú ý tới ảnh hưởng của sự trùng phục đến hiện tượng mỏi của tấm bê tông, thì ngày nay người ta còn chú ý đến sự tích lũy của biến dạng dư trong nền móng, nhất là trong khu vực dưới các khe ngang, do tác dụng trùng phục gây ra. Hiện tượng tích lũy biến dạng dư trong nền móng (còn gọi là hiện tượng lầy lún) đã được R.Egat đề cập đến từ năm 1932, nhưng mãi đến năm 1949 sau khi theo dõi trên đoạn đường thí nghiệm ở bang Merilan (Mỹ), người ta mới kết luận sự lầy lún xuất hiện nghiêm trọng cạnh các khe ngang và là nguyên nhân chủ yếu làm xuất hiện các đường nứt, nhất là trên các đoạn mặt đường bê tông xây dựng trên nền đất dính.

Kết quả theo dõi trên các đường ô tô đang khai thác ở Liên Xô cũ cũng cho thấy có khoảng 50% đường nứt xuất hiện ở khoảng một phần ba chiều dài tấm bê tông gần mép dọc phía ngoài của mặt đường do khu vực này thường xuyên ẩm ướt và chịu tác dụng trùng phục trực tiếp của xe chạy. Các thực nghiệm của tổ chức AASHO tiến hành ở hiện trường cũng đã đi đến một kết luận quan trọng là: "Các đường nứt trong mặt đường cứng sẽ phát triển cùng với sự tăng tải trọng hoặc tăng số lần tác dụng của tải trọng" và đã tìm được mối quan hệ giữa số lần tác dụng của tải trọng N với chỉ tiêu đường nứt C của mặt đường bê tông xi măng không có cốt thép như sau:

$$\lg N = 4,7 + 0,5 \lg C' - 2,62 \lg \frac{2P}{0,54} + 4,84 \lg \frac{h}{2,54} \pm 0,96$$

Trong đó:

C' - Chỉ tiêu đường nứt, bằng tỷ số của tổng chiều dài đường nứt các loại trên diện tích mặt đường bê tông có chiều dày h , theo AASHO $C' = 30m/100 m^2$;

P - Tải trọng tác dụng.

Dựa vào các kết quả thí nghiệm trên đây, tổ chức AASHO, Viện nghiên cứu khoa học cầu đường Liên Xô cũ, trường đại học đường ô tô Matxcova đã đề xuất các phương pháp tính toán mặt đường bê tông xi măng dưới tác dụng của tải trọng trùng phục.

Gần đây một số tác giả đã đề ra phương pháp tính toán tấm bê tông mặt đường theo tải trọng phá hoại (còn gọi là phương pháp tính tấm trên nền đàn hồi ngoài giới hạn đàn hồi), nhằm mô tả đúng bản chất làm việc của mặt đường cứng dưới tác dụng của xe chạy và các yếu tố của môi trường, do đó đặt cơ sở cho việc chọn kết cấu hợp lý nhất để tính và đánh giá độ bền và biết được dự trữ cường độ của mặt đường cứng. Tuy nhiên, hiện nay do chưa giải quyết được đầy đủ vấn đề làm việc ngoài giai đoạn đàn hồi của mặt đường cứng, nên phương pháp tính toán theo tải trọng phá hoại chưa được sử dụng rộng rãi.

Phần lớn các nước Âu Mỹ dùng phương pháp tính toán của Hiệp hội xi măng Poóc-lăng (PCA)* để tính chiều dày mặt đường bê tông. Phương pháp này dựa trên công thức của Piket là công thức nửa thực nghiệm, tìm được trên cơ sở các số liệu về sự làm việc thực tế của mặt đường và các kết quả thực nghiệm ở bang Arlinhton (Mỹ). Công thức Piket vẫn sử dụng tham số bán kính độ cứng của tấm bê tông của Oettergat với mô hình hệ số nền Vincle.

Ngoài việc sử dụng lời giải của bài toán tính tấm trên nền đàn hồi (mô hình hai lớp: tấm và bán không gian đàn hồi), người ta còn dùng lời giải của bài toán tính hệ nhiều lớp của lý thuyết đàn hồi để xác định ứng suất và chuyển vị (độ võng) ở khu vực giữa của tấm bê tông mặt đường. Các phương pháp của Buaromitstơ (Burmister) (Mỹ), Kogan (Liên Xô), phương pháp toán đồ của Giuphoroy - Basolê (Jeuffroy - Bachelez), chương trình tính mặt đường ALIZE3 của Pháp v.v... đã giải quyết vấn đề tính kết cấu mặt đường bê tông xi măng theo phương hướng này. Ưu điểm của các phương pháp trên là có thể tính toán ứng suất và chuyển vị trong tấm bê tông và trong các lớp móng của kết cấu mặt đường.

Như vậy cùng với sự phát triển của quy mô xây dựng, phương pháp tính toán mặt đường bê tông xi măng đã không ngừng phát triển. Hiện nay trên thế giới đang tồn tại hàng chục phương pháp tính toán, thiết kế khác nhau, thậm chí trong một nước cũng đang sử dụng vài ba phương pháp tính toán thiết kế khác nhau.

Thông qua các tài liệu của các hội nghị quốc tế trong những năm gần đây về đường ô tô và sách báo tạp chí đã được công bố liên quan đến tính toán thiết kế cấu tạo mặt đường bê tông xi măng, có thể rút ra những kết luận tương đối thống nhất sau đây:

1. Chiều dày tấm bê tông xi măng trên các đường trục ô tô thường vào khoảng $22 \div 25\text{cm}$. Gần đây một số nước như Pháp, Anh đã dùng các tấm bê tông dày $25 \div 28\text{cm}$ không có cốt thép và không đặt thanh truyền lực trong các khe co dãn. Việc xuất hiện loại kết cấu này chứng tỏ xu hướng đơn giản hoá kết cấu mặt đường để có thể sử dụng máy đổ bê tông ván khuôn trượt.

2. Phần lớn các nước đều dùng bê tông mác cao, với cường độ chịu uốn $R_u = 45 \div 55 \text{ kG/cm}^2$ để làm mặt đường.

* PCA: Portland Cement Association.

3. Loại kết cấu phổ biến nhất hiện nay là mặt đường bê tông xi măng không có cốt thép nhưng có bố trí thanh truyền lực ở các khe. Hiện có xu hướng giảm khoảng cách giữa các khe co xuống còn 5m, tăng đường kính thanh truyền lực lên đến $25 \div 30\text{mm}$, tăng khoảng cách giữa các khe dãn lên $100 \div 200\text{m}$, thậm chí bỏ khe dãn.

4. Một số nước sử dụng rộng rãi mặt đường bê tông cốt thép liên tục, vì loại mặt đường này bằng phẳng và chịu tải cao.

5. Các kết cấu mặt đường bê tông xi măng hiện đại thường có tầng móng dày nhiều lớp làm bằng các vật liệu khác nhau (hỗn hợp cát sỏi, bê tông nghèo) với tổng chiều dày từ 15 đến 60 cm hoặc dày hơn tùy theo điều kiện địa phương. Thường thì lớp móng dưới tấm mặt đường bê tông được làm bằng cát hoặc cấp phối đá gia cố xi măng, bê tông nghèo v.v... để vừa đảm bảo khả năng ổn định lâu dài dưới tác dụng của tải trọng trùng phục, vừa bảo đảm cho ôtô vận chuyển phục vụ thi công, cho các máy đổ bê tông vận hành khi thi công.

6. Các đường trục bê tông xi măng hiện đại phải có độ bằng phẳng cao và độ nhám tốt. Ở nhiều nước đã đề ra yêu cầu về độ bằng phẳng của mặt đường như sau: Khe hở giữa mặt đường và thước kiểm tra dài 3m, không được lớn hơn 3mm. Để đảm bảo an toàn cho xe chạy trên đường cao tốc, thường phải tạo các rãnh ngang để tăng độ nhám của mặt đường. Chiều sâu các rãnh này sau 3 năm khai thác không được nhỏ hơn 1mm.

7. Để tăng khả năng chống mài mòn các mặt đường, ở nhiều nước đã có xu hướng tăng cường độ của bê tông (dùng bê tông M500) - Cốt liệu của bê tông phải sạch có cường độ cao và có thành phần cấp phối tốt (thường chia thành 3-4 nhóm hạt để bảo đảm thành phần cấp phối). Nhiều nước đã sử dụng các chất phụ gia và các phương pháp khác để tăng cường độ và độ ổn định của bê tông.

8. Gần đây, ở các nước công nghiệp phát triển, người ta đã sử dụng rộng rãi loại máy đổ bê tông có ván khuôn trượt chạy trên bánh xích, có hệ thống kiểm tra tự động, năng suất cao, do đó đẩy nhanh được tốc độ thi công ($v \geq 2 \text{ km/ca}$), mà vẫn đảm bảo chất lượng.

9. Nhiều nước đã áp dụng kỹ thuật làm khe hiện đại: dùng máy xẻ khe có gắn đĩa dao kim cương nhân tạo để xẻ khe trong bê tông mới đông cứng và dùng vật liệu polime để làm chất chèn khe. Với kỹ thuật này hiện nay người ta đã làm được các khe rộng $2 \div 4 \text{ mm}$ do đó tăng độ bằng phẳng của mặt đường lên rất nhiều.

Về kỹ thuật bảo dưỡng hiện dùng phổ biến loại vật liệu tạo màng, phun thành một màng mỏng bọc kín mặt đường bê tông làm chậm sự bốc hơi trong bê tông, thay cho kỹ thuật bảo dưỡng bằng cách tưới ẩm vẫn dùng trước đây.

II. TÌNH HÌNH XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG Ở NƯỚC TA

Mặt đường bê tông xi măng được xây dựng ở nước ta từ trước năm 1945 cho một số sân bay và một vài đoạn đường ôtô, các tấm kích thước nhỏ (khoảng $2 \times 2\text{m}$, dày từ $15 \div 18\text{cm}$)

bằng bê tông mác thấp ($150 \div 200$) thi công theo phương pháp thủ công kỹ thuật đơn giản. Tuy vậy, thời gian sử dụng của những đoạn đường này cũng được trên $20 \div 25$ năm, như đoạn đường bê tông xi măng dài 100m trên quốc lộ 1A thuộc địa phận Kỳ Anh (Nghệ Tĩnh) cho đến năm 1970 vẫn còn tồn tại.

Từ 1954 - 1975 ở miền Bắc chúng ta tiếp tục khôi phục cải tạo và làm mới một số sân bay và đường ô tô bằng bê tông xi măng, như sân bay Nội Bài, đường ô tô ở thị trấn Xuân Hoà (Hà Nội), đường Hùng Vương và quảng trường Ba Đình (Hà Nội), v.v... Bằng phương pháp thi công thủ công kết hợp với một số thiết bị cải tiến, chúng ta đã có thể thi công các loại mặt đường bê tông xi măng, kể cả mặt đường bê tông cốt thép hiện đại (như kết cấu mặt đường của đường Hùng Vương) đảm bảo chất lượng.

Ở miền Nam, Mỹ cũng sử dụng làm một số sân bay và vài đoạn đường ô tô bằng bê tông xi măng.

Từ năm 1975 đến nay vì phải tập trung xi măng cho các nhu cầu khôi phục kinh tế và xây dựng nhà ở nên loại mặt đường bê tông xi măng chưa được phát triển.

Hiện nay cùng với sự phát triển kinh tế, mật độ xe chạy trên đường ngày càng tăng, trọng lượng xe cơ giới ngày càng nặng, khả năng sản xuất xi măng trong nước ngày càng dồi dào v.v... Vì vậy, việc nghiên cứu áp dụng rộng rãi mặt đường bê tông xi măng vào xây dựng đường ở nước ta là một vấn đề quan trọng và cấp thiết.

Trong điều kiện khí hậu ở Việt Nam với lượng mưa lớn, nhiệt độ không khí về mùa hè khá cao, bức xạ mặt trời rất mạnh, chế độ thủy nhiệt của nền mặt đường ở một số nơi lại thường bất lợi... là những nhân tố ảnh hưởng không tốt đến cường độ và độ ổn định của mặt đường nhựa.

Vì vậy, muốn cải tạo chất lượng mặt đường ở nước ta, cần phải chú ý đẩy mạnh việc xây dựng mặt đường bê tông xi măng.

Kinh nghiệm xây dựng và khai thác các đoạn đường bê tông xi măng trên QL3 (đoạn Thái Nguyên - Bắc Cạn, 1980), đường Quán Bính - Cửa Lò (1979), QL18 (đoạn Tiên Yên - Móng Cái, 1991), đường vào cầu Nông Tiến (Tuyên Quang, 1994) cho thấy làm mặt đường bê tông xi măng có mấy cái lợi:

1. Tận dụng được vật liệu tại chỗ: cát, sỏi sạn vốn rất sẵn ở các sông suối vùng núi và trung du, sử dụng xi măng địa phương (Nghệ Tĩnh, Tuyên Quang...).

2. Có thể thi công bằng phương pháp thủ công kết hợp cơ giới (khâu trộn và lu lèn) hoặc cũng có thể thi công hoàn toàn bằng thủ công với các đường địa phương.

3. Thích hợp với điều kiện khí hậu nước ta, thời gian sử dụng lâu và hầu như không phải bảo dưỡng, sửa chữa trong quá trình khai thác.

III. ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG

Mấy chục năm vừa qua, ngành vận tải ô tô trên thế giới và ở nước ta đã phát triển rất nhanh chóng. Trọng tải ô tô cũng như mật độ xe chạy trên đường không ngừng tăng lên, do đó yêu cầu về chất lượng của đường ô tô, mà trước hết là chất lượng của mặt đường cũng ngày càng được nâng cao.

Kinh nghiệm xây dựng và khai thác đường ô tô ở nước ta và nước ngoài cho thấy là mặt đường cứng (mặt đường bê tông xi măng) có thể đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu của mặt đường trong điều kiện giao thông hiện đại, bảo đảm được năng lực làm việc trong một thời gian phục vụ tương đối lâu (từ 30 - 40 năm). Chính vì vậy mà ở nước ngoài, kết cấu mặt đường bê tông xi măng ngày càng được sử dụng rộng rãi.

So với mặt đường nhựa, mặt đường bê tông xi măng có những ưu điểm sau:

1. Cường độ cao, thích hợp với tất cả các loại xe, kể cả xe xích. Cường độ của mặt đường không thay đổi theo nhiệt độ như mặt đường nhựa;
2. Rất ổn định đối với nước, vì vậy có thể thi công ở những đoạn đường bị ngập nước, các đoạn đường có chế độ thủy nhiệt bất lợi;
3. Hao mòn ít, độ hao mòn thường không quá $0,1 \div 0,2 \text{ mm/mm}$. Hệ số bám giữa bánh xe và mặt đường cao và không thay đổi khi mặt đường bị ẩm ướt;
4. Mặt đường có màu sáng để phân biệt với lề đường màu thẫm, do đó tăng độ an toàn chạy xe về ban đêm;
5. Sử dụng được nhiều năm (từ 30 - 40 năm), tuổi thọ của mặt đường bê tông xi măng tăng lên gấp đôi so với mặt đường bê tông nhựa;
6. Công tác duy tu bảo dưỡng ít và đơn giản. Chính nhờ ưu điểm này mà hiện nay ở nhiều nước như Pháp, Đức, Thụy Điển, và gần đây ở nước ta đã dùng bê tông xi măng để làm đường nông thôn;
7. Có thể cơ giới hoá hoàn toàn công tác xây dựng mặt đường bê tông xi măng, do đó đẩy mạnh được tốc độ thi công, tăng năng suất lao động và hạ giá thành thi công. Thời gian của mùa thi công dài hơn so với thi công mặt đường nhựa.

Nhược điểm của mặt đường bê tông xi măng là:

1. Không thông xe được ngay sau khi thi công mà phải bảo dưỡng một thời gian tương đối dài cho bê tông đạt cường độ thiết kế;
2. Cần phải xây dựng các khe co giãn trên mặt đường bê tông. Các khe này là những chỗ yếu nhất làm giảm độ bằng phẳng của mặt đường xuống rất nhiều;
3. Giá thành tương đối cao.

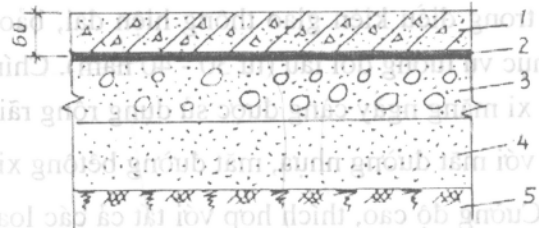
Tuy nhiên do thời hạn phục vụ tương đối dài, chi phí duy tu bảo dưỡng thấp, cho nên tổng giá thành xây dựng và khai thác của mặt đường bê tông chỉ lớn hơn chút ít so với mặt đường nhựa.

CHƯƠNG I

KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG ĐỎ TẠI CHỖ

1.1. KẾT CẤU VÀ PHÂN LOẠI MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG ĐỎ TẠI CHỖ

Mặt đường có lớp mặt bê tông xi măng đỏ tại chỗ là hình thức chủ yếu của kết cấu mặt đường bê tông xi măng, thường gồm các lớp sau đây (hình 1.1):



Hình 1.1. Kết cấu mặt đường bê tông xi măng.

1. Tấm bê tông xi măng là bộ phận chủ yếu của kết cấu mặt đường cứng có thể bằng bê tông xi măng thường, bê tông cốt thép, bê tông cốt thép dự ứng lực, bê tông cốt thép liên tục với chiều dày xác định theo tính toán.

1. Tấm bê tông xi măng; 2. Lớp làm bằng mặt;
3. Lớp móng; 4. Lớp móng phụ; 5. Nền đất.

2. Dưới tấm bê tông là lớp làm bằng mặt (dày $2 \div 3$ cm) bằng cát trộn nhựa, để tấm bê tông có thể di chuyển theo lớp móng khi nhiệt độ thay đổi.

3. Lớp móng thường bằng đất gia cố, cát gia cố xi măng, bê tông nghèo hoặc đá dăm.

Hiện chỉ làm lớp móng cát trên các đường có mật độ xe chạy ít và nhiều ô tô loại nhẹ.

4. Lớp móng phụ thường làm bằng vật liệu dễ thoát nước (có thể có hoặc không có lớp này).

Mặt đường cứng (hình 1.1) khác với mặt đường mềm ở chỗ là một trong các lớp kết cấu của nó (lớp mặt hoặc lớp móng) có độ cứng lớn, có cường độ chịu uốn cao và ổn định (không phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ). Độ cứng khi uốn của tấm bê tông cao là do mô đun đàn hồi của bê tông xi măng đạt đến $190.000 \div 380.000 \text{ kG/cm}^2$ tùy theo mác bê tông (xem bảng 1.1). Vì có trị số mô đun đàn hồi cao như vậy nên khi nhiệt độ thay đổi, trong lớp mặt (hoặc lớp móng) bê tông xi măng sẽ xuất hiện ứng suất kéo lớn. Để giảm bớt ứng suất do nhiệt độ thay đổi này, cần phải chia lớp mặt bê tông thành từng tấm riêng rẽ bằng cách làm các khe nhiệt độ ngang và dọc (hình 1.2).

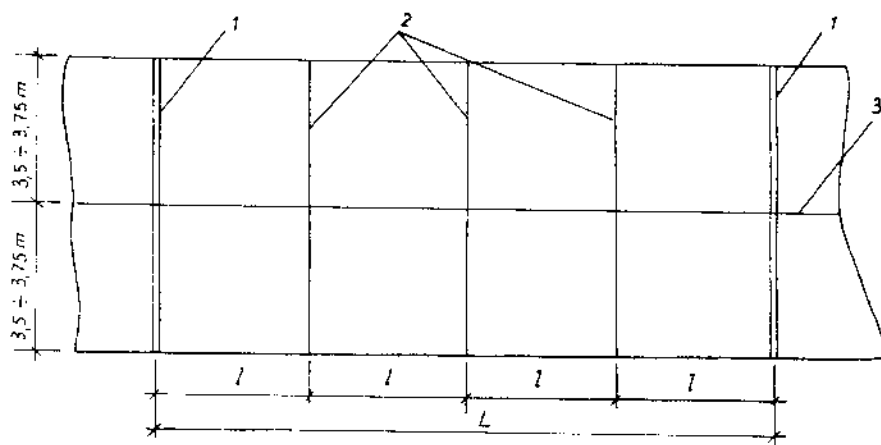
Mặt đường bê tông đỏ tại chỗ có thể chia thành mặt đường bê tông xi măng thường, mặt đường bê tông cốt thép, mặt đường bê tông dự ứng lực, mặt đường bê tông cốt thép liên tục.

- **Mặt đường bê tông xi măng thường (không cốt thép)** có thể làm một lớp hoặc hai lớp (bằng hai loại bê tông có cường độ khác nhau). Mác bê tông theo kéo uốn của mặt đường bê tông một lớp, hai lớp và lớp móng bê tông của mặt đường cấp cao, ở các đường cấp I-III của Liên Xô cũ cho ở bảng 1.2.

Bảng 1-1*Cường độ chịu nén giới hạn và môđun đàn hồi của bê tông làm đường (kg/cm^2)*

(Số liệu của Liên Xô theo GOST (8424-72))

Mác bê tông thiết kế theo kéo uốn	Cường độ chịu nén giới hạn	Môđun đàn hồi của bê tông $E_b \cdot 10^5$	Mác bê tông thiết kế theo kéo uốn	Cường độ chịu nén giới hạn	Môđun đàn hồi của bê tông $E_b \cdot 10^5$
20	100	1,90	40	300	3,15
25	150	2,30	45	350	3,30
30	200	2,65	50	400	3,50
35	250	2,90	55	500	8,30

**Hình 1.2. Sơ đồ bố trí khe của mặt đường bê tông xi măng**

1. Khe dẫn; 2. Khe co; 3. Khe dọc

- **Mặt đường bê tông cốt thép dự ứng lực:** Do bê tông làm đường có khả năng chịu nén rất tốt (cường độ chịu nén thường bằng 8-10 lần cường độ chịu kéo) cho nên nếu tạo nên một sự nén trước trong bê tông thì ứng suất kéo xuất hiện trong mặt đường chỉ bằng hiệu của ứng suất kéo hạn đầu với ứng suất nén trước.

Việc tạo ứng suất nén trước (dự ứng lực) trong bê tông có thể làm bằng cách nén trong hoặc nén ngoài. Mặt đường nén trong được tạo dự ứng lực bằng cách bố trí cốt thép "dây đàn" (kéo trước) hoặc bằng các bó cốt thép (kéo sau).

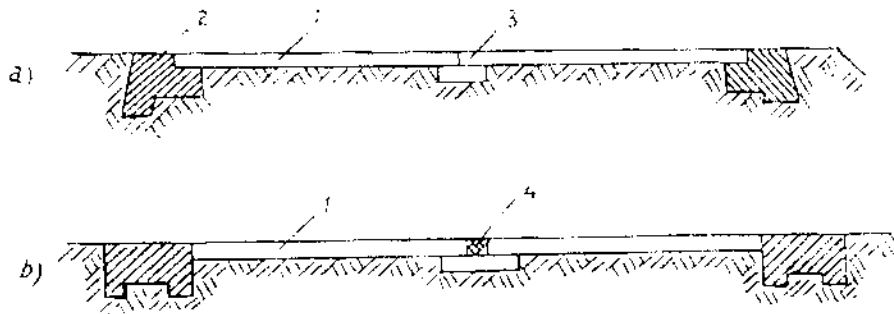
Mặt đường nén ngoài gồm các loại cố định và loại cơ động (hình 1.3).

Bảng 1.2

Kiến nghị về mác bê tông của mặt đường bê tông xi măng không cốt thép

Lớp kết cấu	Kiến nghị mác bê tông theo kéo uốn cho cấp đường	
	I-II	III
Mặt đường bê tông xi măng một lớp, hoặc lớp trên của mặt đường hai lớp	50	45
Lớp dưới của mặt đường hai lớp	40	35
Lớp móng của mặt đường cấp cao	35; 30	25; 20

Loại mặt đường nén ngoài cố định xuất hiện ứng suất nhiệt rất lớn, ứng suất này được truyền cho thiết bị neo bố trí ở hai đầu đoạn đường. Neo có thể là tường chắn, trụ chữ nhật hoặc tam giác, hay trụ cọc. Các khe đặt kích để nén ngoài cho bê tông (gọi là khe tạo lực) được bố trí trên tấm đệm và cách nhau từ $50 \div 100\text{m}$.



Hình 1.3. Mặt đường bê tông cốt thép dự ứng lực kiểu nén ngoài.

Mặt đường nén ngoài cơ động được nén trước bằng kích thủy lực và điều chỉnh được ứng suất bằng các bó dây thép nằm trong khe tạo lực của mặt đường.

- **Mặt đường bê tông cốt thép liên tục** được xây dựng đầu tiên ở Mỹ năm 1930, phát triển mạnh năm 1960 và đến năm 1974 đã có trên 25.000 km mặt đường loại này, rồi phát triển qua Tây Đức, Anh, Thụy Sĩ, Bỉ, v.v...

Sự khác nhau về nguyên tắc của mặt đường bê tông cốt thép liên tục so với mặt đường bê tông cốt thép thường là dưới ảnh hưởng của các nhân tố bên ngoài (mưa, nắng, nhiệt độ, độ ẩm, v.v...) và nhờ có cốt thép liên tục, sẽ sinh ra các đường nứt ngang, cách nhau từ $1,5 \div 3,0\text{m}$, rộng từ $0,2 \div 0,4\text{mm}$ trong mặt đường. Chiều rộng đường nứt nhỏ như vậy và không mở rộng do có cốt thép cho nên bảo đảm được sự truyền lực ngang giữa các tấm và hạn chế nước thấm qua mặt đường. Cũng như mặt đường bê tông ứng lực, loại mặt đường này không cần làm khe

co và chỉ cần xây dựng khe dãn trên một khoảng cách tương đối xa. Ở nước ngoài loại mặt đường này được xem là kinh tế, phí tổn cốt thép được bù lại nhờ tiết kiệm bê tông và chất lượng khai thác thì tốt hơn nhiều.

- **Móng bê tông xi măng.** Trường hợp không có vật liệu phù hợp để xây dựng mặt đường bê tông xi măng thì có thể thiết kế và xây dựng lớp móng bê tông. Lớp móng bê tông được làm bằng bê tông xi măng mác $200 \div 250$ hoặc bằng bê tông nghèo mác 50, 100 và 150.

Khi làm lớp móng bê tông có mác $200 \div 250$ thường bố trí các khe co cách nhau từ $10 \div 15\text{m}$ và không xây dựng khe dãn. Nhược điểm của kết cấu mặt đường có lớp móng bê tông xi măng là lớp mặt bê tông nhựa ở phía trên thường hay xuất hiện đường nứt ở vị trí khe co.

Lớp móng bê tông nghèo được sử dụng rộng rãi trong thực tế xây dựng đường. So với bê tông thường, lượng xi măng và nước trong hỗn hợp bê tông nghèo thường ít hơn, do đó có thể dùng lu để lèn chặt. Lượng nước được xác định từ điều kiện đầm nén hỗn hợp tốt nhất và thường bằng $6 \div 7\%$ khối lượng cốt liệu khô. Số lượng xi măng mác 400 tương ứng với các mác bê tông 50, 100 và 150 là $70 \div 80$, $100 \div 120$ và $150 \div 160 \text{ kg/m}^3$. Tỷ lệ đá dăm (đá sỏi) và cát vàng vào khoảng 1490: 650, 1490: 600 và 1440: 680 (kg).

Móng bê tông nghèo được xây dựng trên lớp đá dăm, hỗn hợp cát sỏi, cát gia cố xi măng chiều dày từ $10 \div 15\text{cm}$. Chiều dày lớp móng bê tông nghèo được xác định qua tính toán, thường vào khoảng $16 \div 24\text{cm}$. Khoảng cách giữa các khe từ $40 \div 80\text{m}$.

- **Mặt đường bê tông đầm chặt bằng lu - (béton compacté).**

Mấy năm gần đây ở nước ngoài, người ta bắt đầu xây dựng một loại mặt đường bê tông sử dụng các thiết bị thi công thông thường (dùng để thi công mặt đường bê tông nhựa) gọi là mặt đường bê tông đầm chặt bằng lu.

Theo quy định của Pháp, loại mặt đường này được tạm thời sử dụng trên các đường ô tô có mật độ giao thông cấp T_2 và T_3 (từ $3.000 \div 6.000$ và từ $1.000 \div 3.000$ xe/ngày đêm) và trên các đường có mật độ giao thông nhỏ hơn.

Đây là loại mặt đường mà hỗn hợp bê tông được trộn khô (với hàm lượng nước từ 4 - 7% khối lượng của hỗn hợp) nên thi công tương tự như thi công mặt đường bê tông nhựa: rải hỗn hợp bê tông bằng máy rải hoặc máy san rồi lu lèn bằng lu chấn động ($16 \div 20$ lần) và lu bánh lốp ($10 \div 12$ lần). Cũng do dùng hỗn hợp khô (tỷ lệ nước: xi măng nhỏ) nên không cần làm khe như mặt đường bê tông xi măng thông thường mà chỉ bố trí khe thi công ở cuối ca.

So với mặt đường có lớp móng bê tông nghèo, loại mặt đường này dùng nhiều xi măng hơn (từ $240 \div 340 \text{ kg}$ xi măng cho 1m^3 bê tông) và khi mật độ giao thông dưới 1.000 xe/ngày đêm thì không cần làm lớp bảo vệ. Với đường có nhiều xe chạy (mật độ giao thông $N > 1.000$ xe/ngày đêm) thì cần láng nhựa hai lớp để chống hao mòn.

Do công nghệ thi công đơn giản và chỉ cần dùng các máy làm đường thông thường để thi công nên loại mặt đường này có triển vọng được sử dụng rộng rãi.

1.2. KHE NỐI CỦA MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG

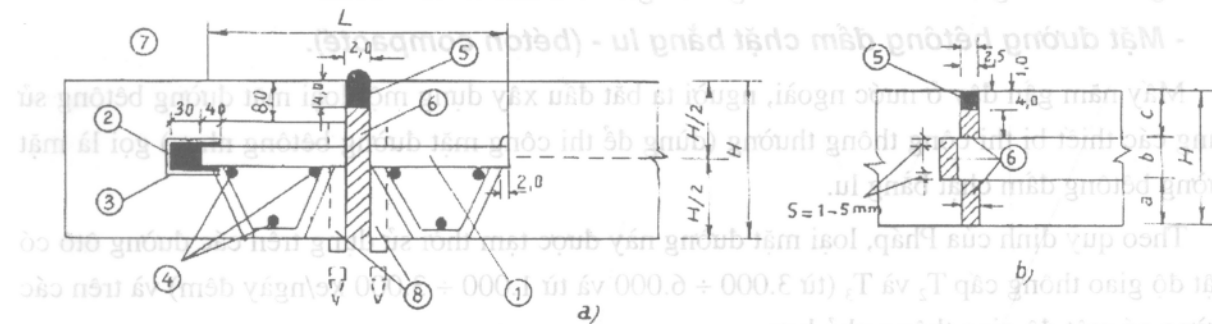
Cấu tạo khe nối trong mặt đường bê tông xi măng nhằm mục đích:

- Bảo đảm khả năng biến dạng bình thường của tấm bê tông (co, giãn hoặc uốn võng) do sự thay đổi của nhiệt độ và độ ẩm của bê tông gây ra.
- Giảm bớt các vết nứt dọc xuất hiện trong phần giữa của mặt đường do sự bất lợi về chế độ thủy nhiệt của nền đường gây ra.
- Bảo đảm sự tiếp xúc bình thường giữa các tấm bê tông.

Khi thiết kế mặt đường bê tông xi măng phải cố gắng giảm bớt số khe nối, bởi đây chính là bộ phận yếu nhất, ảnh hưởng xấu nhất đến chất lượng khai thác của mặt đường, làm phức tạp kỹ thuật thi công, tăng khối lượng công tác duy tu bảo dưỡng lên rất nhiều.

Hiện nay trong mặt đường bê tông xi măng người ta thường bố trí ba loại khe là: khe giãn, khe co, khe dọc (hình 1.2).

Khe giãn (hình 1.4): Cho phép tấm bê tông chuyển vị tự do trên lớp móng giảm bớt ứng suất sinh ra trong tấm khi bê tông giãn nở do nhiệt độ cao hơn nhiệt độ lúc đổ bê tông. Khi đổ bê tông theo từng vệt liên tục thì bố trí khe giãn có thanh truyền lực (hình 1.4a), khi đổ bê tông từng tấm một theo phương pháp thủ công thì thường làm khe giãn kiểu ngàm (hình 1.4b).



Hình 1-4. Cấu tạo của khe giãn (kích thước tính bằng cm)

a) Khe giãn có thanh truyền lực; b) Khe giãn kiểu ngàm.

1. Thanh truyền lực; 2 Ống tôn hoặc các tông; 3. Vật liệu mềm (mặt của tấm nhựa đường);

4. Thép cấu tạo 6mm; 5 Mattit nhựa; 6. Tấm gỗ đệm dày $1,5 \div 2\text{cm}$;

7. Quét nhựa; 8. Cọc gỗ $4 \times 4 \times 80\text{cm}$ đóng cách nhau 100cm.

Khe co (hình 1.5) có tác dụng làm giảm ứng suất trong mặt đường khi bê tông co ngót trong thời gian bê tông đông cứng, làm cho tấm bê tông có thể co lại khi nhiệt độ thấp và giãn dài (trong phạm vi nhất định) khi nhiệt độ cao so với nhiệt độ lúc đổ bê tông. Khi đổ bê tông theo từng vệt liên tục thì thường làm khe co có thanh truyền lực (hình 1.5a), khi đổ bê tông từng tấm theo phương pháp thủ công thì thường dùng khe co kiểu ngàm (hình 1.5b). Một số nước như Anh, Pháp hiện dùng loại khe giả không có thanh truyền lực.

23

Cần phải đặt các thanh truyền lực song song với mặt tấm bê tông và song song với trục đường (sai số không quá 3mm), muốn vậy thường bố trí các thanh truyền lực trên giá đỡ bằng cốt thép hàn.

Đường kính, chiều dài và số lượng các thanh truyền lực chủ yếu phụ thuộc vào chiều dày tấm bê tông, loại khe.

Trong khe dẫn, các thanh truyền lực thường đặt cách nhau $30 \div 40$ cm, gần mép tấm giảm xuống còn $15 \div 20$ cm, trong khe co thường đặt cách nhau 100 cm (xem hình 1.2).

Chiều dài và đường kính của thanh truyền lực thường lấy như sau:

Chiều dày tấm (cm)	$22 \div 24$	$20 \div 22$	$18 \div 20$
Đường kính thanh (mm)	$24 \div 26$	$20 \div 22$	$18 \div 20$
Chiều dài thanh (mm)	$60 \div 70$	$50 \div 60$	$40 \div 50$

Khe co giả (hình 1.5a) là loại khe co được sử dụng phổ biến ở nước ngoài. Để xây dựng khe này cần làm giảm yếu tiết diện ngang của mặt đường ở vị trí khe để sau khi bê tông chịu kéo do co ngót thì bị tách ra thành các tấm riêng rẽ. Để đảm bảo cho đường nứt luôn xuất hiện đúng vị trí khe, chiều sâu xẻ khe làm giảm yếu tiết diện tấm ít nhất phải lớn hơn $1/3$ chiều dày tấm bê tông. Chiều rộng của khe co giả được lấy theo khả năng xẻ khe trong bê tông. Nếu xẻ khe trong bê tông còn ướt thì lấy $12 \div 15$ mm, nếu xẻ khe trong bê tông mới đông cứng thì lấy bằng $4 \div 8$ mm. Cần bố trí các thanh truyền lực trong khe co giả trên các đường có nhiều xe nặng chạy. Trên các đường địa phương mà thành phần giao thông chủ yếu là xe nhẹ hoặc khi dưới tấm bê tông có lớp móng gia cố xi măng thì có thể không cần đặt thanh truyền lực.

Khe kiểu ngàm: có thể bố trí theo hướng ngang (hình 1.4b, hình 1.5b) khi đổ bê tông bằng phương pháp thủ công hoặc theo hướng dọc (khe dọc) khi đổ bê tông theo từng vệt có chiều rộng bằng chiều rộng tấm bê tông. Cấu tạo chi tiết của khe kiểu ngàm như vẽ ở hình 1.5b và bảng 1.3.

Cần bố trí kết thúc công tác đổ bê tông ở cuối ca đúng vị trí của khe dẫn, trường hợp đặc biệt thì có thể kết thúc ở vị trí của khe co (khi đó khe co giả trở thành khe co thật).

Khoảng cách giữa các khe: Tuỳ theo nhiệt độ không khí lúc đổ bê tông và chiều dày mặt đường mà khoảng cách giữa các khe co, khe dẫn sẽ thay đổi.

Với mặt đường bê tông không cốt thép, khoảng cách giữa các khe co (chiều dài tấm bê tông) thay đổi trong khoảng từ $3,8 \div 7,5$ m, phụ thuộc chủ yếu vào loại đá sử dụng. Với bê tông trộn bằng đá cường độ thấp (đá sỏi, gạch vỡ...) thì khoảng cách giữa 2 khe co lấy từ $3,8 \div 5$ m, với bê tông cường độ cao dùng đá tốt (granit hoặc đá dăm vôi) thì lấy từ $5 \div 7$ m.

Khoảng cách giữa các khe co, khe dẫn trong mặt đường bê tông xi măng theo quy phạm của Liên Xô cũ cho ở bảng 1.4.

Hiện nay ở nước ngoài người ta đang có xu hướng tăng khoảng cách giữa các khe dẫn lên. Ví dụ ở Mỹ, nhiều bang đã cho phép tăng khoảng cách giữa hai khe dẫn lên đến 180m, nhiều bang đã cho phép bỏ hẳn khe dẫn.

Bảng 1-3*Các kích thước của ngàm (xem hình 1.6)*

Chiều dày tấm bê tông (cm)	Các kích thước của ngàm (cm)			
	a	b	c	l
18	6	6	6	3,5
20	7	6	7	4,0
22	7,5	7	7,5	4,0
24	8	8	8	4,0
26	9	8	9	4,5
28	9,5	9	9,5	4,5
30	10	10	10	5,0
35	12	11	12	5,0
40	13,5	13	13,5	5,0

Bảng 1.4*Khoảng cách giữa các khe co dãn trong điều kiện khí hậu điều hoà của Liên Xô cũ (m)*

Loại kết cấu mặt đường và kiểu khe	Chiều dày mặt đường (cm)	Nhiệt độ không khí khi đổ bê tông (°C)			
		+5°C	5 ÷ 15	16 ÷ 25	26
Mặt đường bê tông xi măng không cốt thép trên móng cát và cát sỏi Khe dãn	24	30	48	60	Cuối ca
	20 ÷ 22	24	36	42	48
	18	20	25	30	40
	20 ÷ 24	6	6	6	6
	18	5	5	5	5
Mặt đường bê tông xi măng không cốt thép trên móng gia cố xi măng, móng đá dăm Khe dãn	24	30	54	72	Cuối ca
	20 ÷ 22	24	42	54	Cuối ca
	18	20	25	35	45
	20 ÷ 24	6	6	6	6
	18	5	5	5	5
Khe co	24	30	48	60	Cuối ca
	20 ÷ 22	24	36	42	48
	18	20	25	30	40
	20 ÷ 24	6	6	6	6
	18	5	5	5	5

Kinh nghiệm cho thấy có thể xây dựng mặt đường bê tông xi măng không có khe dãn, nhất là khi đổ bê tông về mùa hè bởi vì ứng suất phụ xuất hiện trong bê tông do tấm bê tông không dãn dài được nên không những không làm xấu sự làm việc của tấm, ngược lại còn tạo nên ứng

suất nén trước trong bê tông, làm giảm ứng suất kéo uốn trong mặt đường. Tuy nhiên khi bỏ khe dẫn cần phải có biện pháp thiết kế đặc biệt để tấm bê tông không bị đội lên.

Giáo sư Mednicôp (Liên Xô cũ) đã tiến hành nghiên cứu xác định nhiệt độ giới hạn gây nên sự uốn dọc trong tấm bê tông mặt đường có chiều dài vô hạn (do bỏ khe dẫn). Qua tính toán với các thông số tính toán bất lợi nhất, ông thấy rằng sự uốn dọc của tấm bê tông chỉ có thể xảy ra khi nhiệt độ đột nhiên lớn hơn 56°C . Trong thực tế vì mặt đường có bố trí khe co và vì sự co ngót của bê tông (tương đương với sự thay đổi nhiệt độ là 15°C) nên nhiệt độ đột biến có thể gây nên uốn dọc sẽ bằng $56 + 15 = 71^{\circ}\text{C}$. Rõ ràng sự thay đổi nhiệt độ lớn như vậy trong tấm bê tông đổ ở nhiệt độ dương là rất ít xảy ra. Từ đó Mednicôp đã kết luận là có thể bỏ khe dẫn khi xây dựng mặt đường bê tông xi măng ở Liên Xô cũ.

Giá trị gần đúng của ứng suất nén tác dụng lên các đầu tấm do tấm không dẫn nở được có thể tính theo công thức sau:

$$\sigma_n = E\alpha(T_{\max} - T_d - T_{cr}) \text{ (kG/cm}^2\text{)},$$

Trong đó:

σ_n - ứng suất nén tác dụng ở đầu tấm bê tông (kG/cm²);

E - môđun đàn hồi của bê tông (kG/cm²);

α - hệ số giãn nở do nhiệt độ của bê tông;

$T_{\max}$ - nhiệt độ lớn nhất của bê tông có thể xảy ra trong vùng xây dựng mặt đường, bằng nhiệt độ lớn nhất của không khí tăng lên $20 \div 25\%$;

T_d - nhiệt độ của hỗn hợp khi đổ bê tông;

T_{cr} - tác dụng co rút khi bê tông đông cứng, tương đương với sự thay đổi của nhiệt độ là 15°C .

Nếu nhiệt độ khi đổ bê tông là 10°C , nhiệt độ lớn nhất có thể xảy ra trong mặt đường bê tông là 65°C , $E = 350.000 \text{ kG/cm}^2$, $\alpha = 0,00001$ thì

$$\sigma_n = 350.000 \times 0,00001 \times (65 - 10 - 15) = 140 \text{ kG/cm}^2.$$

Trị số ứng suất này chỉ bằng khoảng 40% cường độ chịu nén giới hạn của bê tông mác 400.

1.3. LỚP MÓNG NHÂN TẠO DƯỚI TẤM BÊ TÔNG MẶT ĐƯỜNG

Những năm gần đây dựa vào kinh nghiệm khai thác mặt đường bê tông xi măng và dựa vào kết quả thí nghiệm sự làm việc của tấm bê tông mặt đường dưới tác dụng của tải trọng trùng phục của ô tô nặng, người ta bắt đầu chú ý đến vai trò của lớp móng nhân tạo dưới tấm bê tông mặt đường.

Nếu như trước kia người ta làm lớp móng nhân tạo với mục đích chủ yếu để đảm bảo sự đồng đều về chất lượng của nền móng và đảm bảo thoát nước dưới mặt đường, để phòng đất nền đường đùn qua khe nối và đường nứt... và lớp móng này thường được làm bằng vật liệu rời

(cát, hỗn hợp cát sỏi...), thì ngày nay người ta đã có một quan niệm toàn diện hơn, coi lớp móng là một bộ phận quan trọng của kết cấu mặt đường cứng, nó có ảnh hưởng quan trọng đối với cường độ và độ ổn định của lớp mặt bê tông xây dựng trên nó.

Các thí nghiệm mặt đường bê tông, dưới tác dụng của tải trọng trùng phục được tiến hành ở nhiều nước đã khiến người ta lưu ý nhiều đến hiện tượng tích lũy biến dạng dư trong lớp móng nhân tạo (nhất là trong móng cát) và trong nền đất ở gần mép và góc tấm, làm cho tấm tiếp xúc không đều với nền móng và bị nứt gãy ở các vị trí đó. Kinh nghiệm cũng cho thấy là mặt đường bê tông xi măng làm trên lớp móng cát, dù rất dày, sau một thời gian khai thác vẫn xuất hiện những chỗ không bằng phẳng, ảnh hưởng rất xấu đến độ bằng phẳng của mặt đường.

Hiện nay người ta đã thống nhất là lớp móng dưới mặt đường bê tông xi măng phải thoả mãn được các yêu cầu sau:

- Bảo đảm diện tích tiếp xúc giữa lớp mặt và lớp móng được ổn định và đồng đều.
- Bảo đảm việc vận chuyển phục vụ thi công và bảo đảm cho các thiết bị thi công có thể di chuyển và làm việc trên đó.

Do những lớp móng làm bằng vật liệu rời rạc dễ tích lũy biến dạng dư và không thoả mãn các yêu cầu trên đây, nhất là khi sử dụng các thiết bị thi công hiện đại, nên hầu hết các nước đã xây dựng lớp móng nhân tạo cứng, chắc bằng cát, đá gia cố xi măng, bê tông nghèo hoặc bằng đất gia cố xi măng, v.v.. Ở Pháp cấu tạo lớp móng bằng đá gia cố xi măng, cát gia cố xi măng dày 15 ÷ 18cm. Ở Anh, Tây Ban Nha cấu tạo móng đá gia cố xi măng dày 15 ÷ 20cm. Ở Mỹ có khoảng 50% lớp móng nhân tạo bằng bê tông nghèo. Ở Liên Xô cũ, Tiệp Khắc, Đức cũng đã sử dụng phổ biến loại móng cứng này. Ở nước ta, lớp móng dưới mặt đường bê tông (đường Hùng Vương trước lăng Bác) và một số sân bay khác cũng làm bằng cát gia cố xi măng.

Vì lớp móng nhân tạo bằng vật liệu gia cố dưới mặt đường bê tông xi măng có độ cứng tương đối lớn, có khả năng cùng chịu uốn với tấm bê tông mặt đường nên không thể bỏ qua ảnh hưởng của nó khi tính toán chiều dày tấm bê tông. Mặt khác các loại vật liệu gia cố này khá đắt tiền nên cần phải nghiên cứu kỹ về cấu tạo và tính toán lớp móng.

1.4. NỀN ĐẤT DƯỚI MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

Kinh nghiệm khai thác mặt đường bê tông xi măng trên các đường ô tô có nhiều xe nặng cho thấy cường độ và độ ổn định của các tấm bê tông phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng và trạng thái của nền đất. Tác dụng của tải trọng trùng phục thường làm xuất hiện các lỗ hổng gần các khe ngang và góc tấm, các lỗ hổng này là nguyên nhân sinh ra các đường nứt ngang, các chỗ gãy góc và không bằng phẳng.

Nếu nền đường không được đầm nén chặt và không có biện pháp thoát nước tốt thì độ lún sẽ tăng lên và thường xảy ra hiện tượng lún không đều, làm mặt đường bê tông ở trên bị hư hỏng nhanh chóng.

Vì vậy, cần phải đặc biệt chú ý đầm chặt đất đến độ chặt cao, bảo đảm không cho nền đường xuất hiện biến dạng dư ở dưới cạnh và góc tấm là vùng chịu ứng suất lớn nhất của tấm bê tông. Việc tăng độ chặt yêu cầu của đất, nhất là phần trên của nền đường, là một biện pháp đơn giản và kinh tế nhất để tăng cường độ và độ ổn định của mặt đường bê tông xi măng.

Hiện nay, nhiều nước đã tăng độ chặt yêu cầu của nền đất dưới mặt đường bê tông lên rất cao. Ví dụ theo quy phạm kỹ thuật xây dựng nền đường của Liên Xô cũ thì độ chặt yêu cầu ở phần trên của nền đắp (kể từ vai đường xuống 1,5m) không được nhỏ hơn 0,98, ở phần dưới không được nhỏ hơn 0,95 độ chặt tiêu chuẩn, với nền đào hoặc không đào không đắp cũng phải đầm nén đất đến độ chặt $0,98 \div 1,0$ độ chặt tiêu chuẩn trong phạm vi chiều sâu $0,4 \div 0,5$ m.

Các nước Đức, Mỹ, Bỉ đều đã tăng độ chặt yêu cầu lên đến $0,98 \div 1,0$ độ chặt tiêu chuẩn theo cốt Proctor cải tiến (cao hơn, khoảng 10% so với độ chặt tiêu chuẩn), với một số công trình quan trọng đã tăng lên đến $1,02 \div 1,04$.

Với nền đường đắp cao, việc đầm nén thành lớp từ chân đến vai đường đến độ chặt không nhỏ hơn $0,98 \div 1,0$ độ chặt tiêu chuẩn là tốt nhất. Cần lưu ý bảo đảm độ chặt đồng nhất cho các lớp đất nằm trực tiếp dưới mặt đường. Muốn vậy cần phải kiểm tra chặt chẽ độ chặt thực tế của các lớp đất nằm trong khu vực tác dụng của tải trọng, sao cho trị số độ chặt trên mặt cắt ngang không được chênh nhau quá 0,02.

CHƯƠNG II

CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG THEO LÝ THUYẾT TẤM TRÊN NỀN ĐÀN HỒI

2.1. SỰ LÀM VIỆC CỦA MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG VÀ CÁC YẾU TỐ TỰ NHIÊN

Mặt đường bê tông xi măng thuộc loại mặt đường cứng có cường độ chịu uốn cao, ổn định và có độ cứng khi uốn rất cao. Vì có độ cứng cao nên ứng suất nén thẳng đứng phân bố trên lớp móng theo một diện tích rộng so với mặt đường mềm. Đồng thời độ võng đàn hồi thẳng đứng cho phép của mặt đường cứng cũng nhỏ hơn độ võng tương ứng của mặt đường mềm từ 3 ÷ 4 lần. Cường độ của kết cấu mặt đường cứng phụ thuộc vào cường độ kéo uốn của bê tông xi măng, cường độ và độ đồng đều về cường độ của lớp móng, sự hình thành biến dạng dư trong đất nền đường và trong lớp móng phụ.

Ngoài tải trọng xe chạy còn có sự thay đổi của nhiệt độ và độ ẩm của bê tông, sự lún không đều của nền móng cũng có thể làm cho mặt đường bê tông chịu uốn. Sự phá hoại mặt đường bắt đầu từ việc hình thành các đường nứt ở những chỗ mà ứng suất uốn lớn hơn cường độ chịu kéo uốn của bê tông. Nếu tiếp tục tăng tải trọng thì các đường nứt tiếp tục phát triển, tấm mặt đường sẽ bị phá hoại và tách ra thành các tấm kích thước nhỏ.

Khi tải trọng xe chạy tác dụng ở giữa tấm, mặt đường bê tông sẽ bị uốn hình thành một mặt lõm có bán kính $1 \div 2m$. Nếu ứng suất do tải trọng gây ra lớn hơn cường độ kéo uốn cho phép của bê tông thì đầu tiên có thể xuất hiện các đường nứt hướng tâm. Nếu tiếp tục tăng tải, các đường nứt hướng tâm sẽ tiếp tục tăng lên, hình thành một hệ thống các tấm nhỏ hình nêm mà mũi nêm là vị trí tác dụng của tải trọng. Cuối cùng, sau khi xuất hiện các đường nứt vòng, cách vị trí đặt tải một khoảng cách nhất định thì tấm bê tông đứt gãy.

Khi tải trọng tác dụng ở cạnh tấm hoặc góc tấm thì với một tải trọng nhỏ hơn, mặt đường có thể đã bị phá hoại. Mức độ giảm nhỏ của tải trọng phá hoại này phụ thuộc chủ yếu vào việc bố trí các thanh truyền lực giữa các tấm có tốt hay không. Khi tải trọng tác dụng ở góc tấm thường hình thành các đường nứt vòng. Độ cứng của tấm càng lớn thì đường nứt càng cách xa góc tấm. Khi tải trọng tác dụng ở cạnh tấm thì đường nứt đầu tiên thường thẳng góc với một cạnh của tấm và chia tấm bê tông thành hai phần.

Sự trùng phục của tải trọng xe chạy, nhất là của các xe nặng, không những gây nên hiện tượng mỏi trong bê tông làm cho mặt đường bị phá hoại ngay khi ứng suất tác dụng còn thấp hơn nhiều so với cường độ kéo uốn của bê tông mà còn tích lũy biến dạng dư trong nền móng, nhất là ở gần các khe ngang và mép ngoài của mặt đường làm cho tấm bê tông bị nứt gãy ở vị trí đó.

Ngoài tải trọng ô tô, sự thay đổi nhiệt độ cũng gây ra ứng suất rất lớn trong mặt đường cứng. Nhiệt độ của tấm bê tông thay đổi tương ứng với sự thay đổi của nhiệt độ không khí theo các mùa trong năm. Về mùa đông tấm bê tông bị co lại, còn mùa hè thì tấm nở ra nhưng lực ma sát và lực dính giữa tấm bê tông và lớp móng cản trở sự co giãn đó và làm xuất hiện ứng suất kéo trong bê tông. Tấm càng lớn, chênh lệch nhiệt độ càng nhiều thì ứng suất đó càng lớn. Sự chênh lệch nhiệt độ theo chiều dày của tấm bê tông sẽ làm cho tấm bê tông có xu hướng uốn võng, nhưng trọng lượng bản thân của tấm và sự liên kết với các tấm chung quanh cản trở sự uốn võng này và làm xuất hiện ứng suất kéo uốn trong tấm bê tông. Giá trị của ứng suất uốn võng này thường khá lớn.

2.2. CÁC GIẢ THIẾT VÀ TIÊU CHUẨN TÍNH TOÁN KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG CỨNG

Do chế độ làm việc của mặt đường bê tông xi măng dưới tác dụng của tải trọng và của các nhân tố khác rất phức tạp, chưa được nghiên cứu đầy đủ, để đơn giản việc tính toán người ta đưa vào một số giả thiết sau:

1. Việc xác định nội lực (mômen uốn) và biến dạng (độ võng) dựa theo lời giải của bài toán tính "tấm trên bán không gian đàn hồi biến dạng tuyến tính".

2. Tính toán tiến hành với tải trọng bánh xe tác dụng tĩnh. Để xét đến tác dụng xung kích và tức thời thì dùng hệ số động nhân với tải trọng tĩnh.

Tác dụng trùng phục của tải trọng được xét đến trong hệ số điều kiện làm việc, hoặc hệ số an toàn của mặt đường.

3. Dùng trị số mô đun đàn hồi (biến dạng) hoặc hệ số nền xác định trong thời kỳ bất lợi nhất của nền đường làm giá trị tính toán.

4. Dựa vào các số liệu thí nghiệm các mẫu thử để xác định mô đun đàn hồi và các chỉ tiêu cường độ chịu uốn, chịu nén của bê tông. Để xét đến sự tăng cường của bê tông theo thời gian, thì nhân thêm một hệ số điều chỉnh vào cường độ kéo uốn tính toán của bê tông.

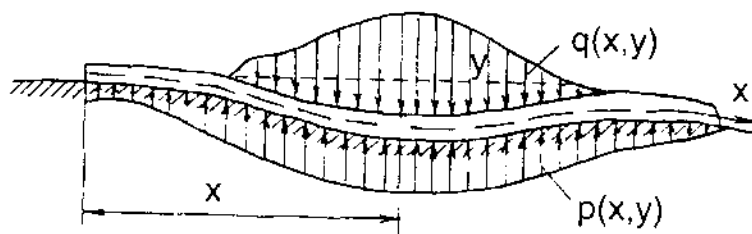
5. Ứng suất nhiệt có thể tính toán riêng hoặc xét gộp trong hệ số điều kiện làm việc.

Hiện nay việc tính toán mặt đường cứng vẫn chưa có phương pháp thống nhất. Đại bộ phận các phương pháp tính toán chỉ mới chú ý đến việc kiểm tra ứng suất kéo uốn xuất hiện trong tấm bê tông, mà chưa chú ý đến việc kiểm tra cường độ trong lớp móng và trong nền đất, chưa tiến hành kiểm tra độ võng đàn hồi thẳng đứng là chỉ tiêu đặc trưng cho cường độ của toàn kết cấu. Vì vậy gần đây một số tác giả đã kiến nghị nên tính toán mặt đường cứng theo ba tiêu chuẩn cường độ, nhằm đảm bảo tính toàn khối và độ bằng phẳng trong thời hạn phục vụ của mặt đường (xem 3-2).

2.3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA VIỆC TÍNH TOÁN MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

Để tính toán chiều dày tấm bê tông mặt đường người ta thường dùng bài toán tính "tấm trên nền đàn hồi" của môn cơ học kết cấu. Trong cơ học kết cấu muốn tính toán nội lực trong tấm trên nền đàn hồi, cần phải tìm ra hàm phản lực của móng do tải trọng gây ra với

giả thiết là độ lún của mặt lớp móng hoàn toàn trùng với độ võng của tấm dưới tác dụng của tải trọng (hình 2.1).



Hình 2.1. Sơ đồ tính tấm trên nền đàn hồi.

Đối với tấm điều kiện này được biểu thị bằng phương trình vi phân sau:

$$D \left(\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right) = q_0 f(x, y) - p_0 f(x, y) \dots \quad (2-1)$$

trong đó:

ω - độ võng thẳng đứng của tấm (cm);

x, y - toạ độ ở điểm giữa của mặt tấm;

$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}$ - độ cứng hình trụ của tấm (kGcm);

Với E, μ - môđun đàn hồi và hệ số Poatsông của vật liệu làm tấm (bê tông xi măng);

h - chiều dày tấm (cm);

$q_0 f(x, y)$ - tải trọng bên ngoài (kG/cm²);

$p_0 f(x, y)$ - phản lực thẳng đứng của lực đàn hồi (kG/cm²).

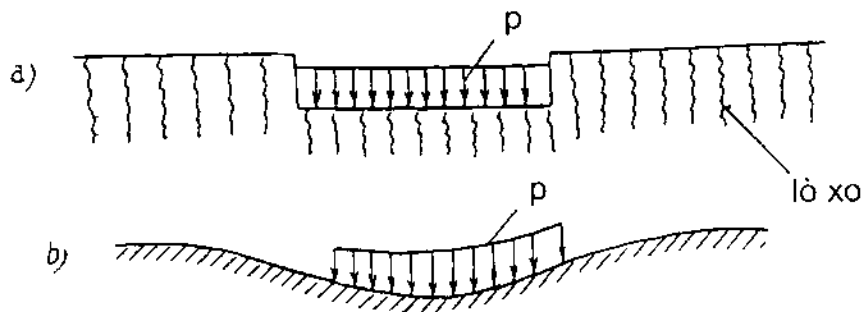
Vế trái của (2-1) là phương trình uốn của mặt tấm, vế phải là hiệu của tải trọng bên ngoài và của phản lực móng.

Căn cứ vào các giả thiết khác nhau về "mô hình nền" trong bài toán tính tấm trên nền đàn hồi mà hàm phản lực móng $p_0 f(x, y)$ có thể có nhiều hình thức biểu thị khác nhau.

Hiện nay khi giải bài toán uốn của tấm trên nền đàn hồi người ta thường sử dụng các mô hình sau:

1. Mô hình hệ số nền của Vincle (mà Oetterogat, Kisêlep, v.v... đã sử dụng) - Theo mô hình này thì độ lún ω_0 tại một điểm bất kỳ trong đất tỷ lệ thuận với áp lực P mà điểm đó thu nhận, tức $P = k\omega_0$ với k là hệ số nền, (kG/cm³). Như vậy độ lún của một điểm bất kỳ trong đất chỉ phụ thuộc vào áp lực tác dụng lên điểm đó và áp lực này không có ảnh hưởng gì tới các điểm lân cận. Do đó theo mô hình này tác dụng chịu nén của nền đất giống như tác dụng nén của một hệ lò xo cô lập (hình 2.2a). Thiếu sót của mô hình này là không xét đến sự phân bố lại

tải trọng qua tấm ép, làm cho mặt đất ngoài phạm vi đặt tải trọng cũng biến dạng như nhiều thí nghiệm đã cho thấy.



Hình 2.2. Các mô hình tính toán của nền đất

a) Mô hình hệ số nền; b) Mô hình bán không gian đàn hồi.

2. *Mô hình bán không gian đàn hồi.* Theo mô hình này tính chất đàn hồi của đất được đặc trưng bằng mô đun đàn hồi (biến dạng) E_0 và hệ số Poatsông μ_0 và không phải chỉ trong phạm vi tấm ép phát sinh biến dạng mà xung quanh tấm ép ở một phạm vi nhất định cũng bị lún (hình 2.2b).

Thiếu sót của mô hình này là đánh giá quá cao sự phân bố tải trọng của lớp đất mặt, do đó chiều dày mặt đường tính toán được có xu hướng lớn.

Đối với bài toán tính tấm trên nền đàn hồi, hiện nay có thể dùng các lời giải quen thuộc sau:

- Lời giải của Oettergat theo mô hình hệ số nền của Vincle cho trường hợp tải trọng tác dụng ở giữa, ở cạnh và ở góc tấm.

- Tấm trên bán không gian đàn hồi và trên lớp đàn hồi chiều dày hữu hạn có lời giải của Sêchchia cho tấm vô hạn, lời giải của Gorbunop - Pôsadop cho tấm tròn chịu tải trọng đối xứng. Các lời giải trên đây đã được lập thành bảng dùng để tính mômen uốn, độ võng, phản lực nền cho trường hợp tải trọng tác dụng ở giữa tấm.

Do mô hình của bài toán "tấm trên nền đàn hồi" là mô hình hai lớp (tấm bê tông xi măng và nền đàn hồi) cho nên các phương pháp tính toán trên đây không giải quyết chính xác việc tính toán kết cấu mặt đường cứng nhiều lớp (tấm bê tông, lớp móng nhân tạo có gia cố, lớp móng phụ, nền đất) là kiểu kết cấu điển hình của mặt đường bê tông xi măng hiện đại. Đây chính là nhược điểm chủ yếu của các phương pháp này.

Vì vậy gần đây nhiều tác giả đã đề nghị dùng lý thuyết bán không gian đàn hồi nhiều lớp để tính toán mặt đường cứng mà nội dung tính toán tương tự như việc tính toán mặt đường mềm theo phương pháp đàn hồi.

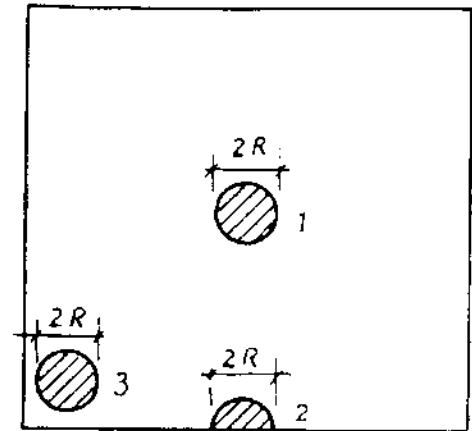
Phương pháp thiết kế mặt đường bê tông của Pháp (Thiết kế và tính toán các kết cấu mặt đường, SETRA - LCPC, 12/1994) là căn cứ theo lý thuyết tính toán này.

2.4. TÍNH TOÁN MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG THEO PHƯƠNG PHÁP OETTEROGAT (WESTERGAARD)

Phương pháp tính toán của Oetterogat dựa trên mấy tiên đề sau:

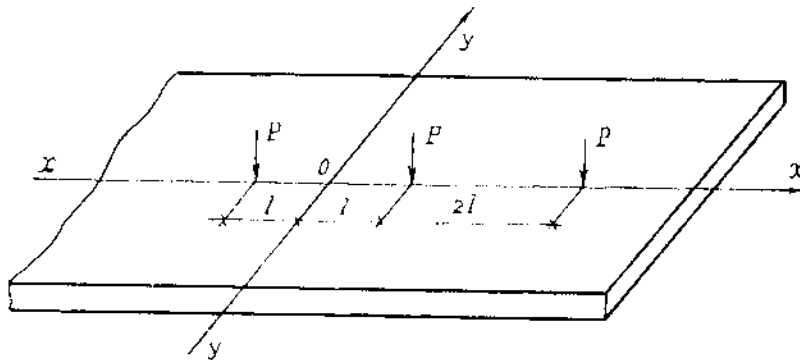
1. Xem tấm bê tông là một vật thể đàn hồi đẳng hướng và tuân theo giả thiết tiết diện phẳng.

2. Tính toán cho 3 trường hợp tác dụng tải trọng khác nhau ở giữa, ở cạnh và ở góc tấm (hình 2.3) và xem tấm bê tông là vô hạn được đặt trên nền đất dẻo bão hoà (mô hình nền của Vincle - Simeroman).



Hình 2.3. Các trường hợp tác dụng tải trọng

1. Ở giữa tấm; 2. Ở cạnh tấm; 3. Ở góc tấm



Hình 2.4. Sơ đồ tính tấm trên nền đàn hồi của Oetterogat (khi tải trọng ở giữa tấm).

Khi đó phương trình vi phân để tính độ võng của tấm chịu uốn theo hai hướng xx và yy sẽ như sau:

$$D \left(\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} \right) = \frac{P}{2l} - k\omega \dots \quad (2-2)$$

Sau khi giải phương trình vi phân (2-2) và tiến hành một số biến đổi rút ra

$$\omega = \omega_0 + \frac{P\lambda^2}{2lk} \sum_{m=2,4,6,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{m}{2}}}{\sqrt{\lambda^4 + U_m^4}} \cos \frac{m\pi x}{2l} e^{-\beta_m y} (\gamma_m \cos \gamma_m y + \beta_m \sin \gamma_m y) \dots, \quad (2-3)$$

trong đó:

$$\omega_0 = \frac{P\lambda}{4\sqrt{2lk}} e^{\frac{-\lambda y}{\sqrt{2}}} \left(\cos \frac{\lambda y}{\sqrt{2}} + \sin \frac{\lambda y}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\frac{m\pi}{2l} = U_m; \quad \frac{k}{D} = \lambda^4; \quad 2\beta_m^2 = \sqrt{U_m^4 + \lambda^4} + U_m^2$$

$$2\gamma_m^2 = \sqrt{U_m^4 + \lambda^4} - U_m^2$$

Ngay tại điểm tác dụng tải trọng P sẽ có độ võng lớn nhất ($\omega_{\max}$). Thay $x = l$ và $y = 0$ vào (2-3) ta được:

$$\omega_{\max} = \frac{P\lambda}{4\sqrt{2lk}} + \frac{P\lambda^2}{2lk} \sum_{m=2,4,6,\dots}^{\infty} \frac{\gamma_m}{\sqrt{\lambda^4 + U_m^4}} \quad (2-4)$$

Trường hợp chỉ có một tải trọng tập trung P tác dụng ở giữa tấm vô hạn, thay $2l = \infty$ vào (2-4) và tiến hành một số tính toán cần thiết, cuối cùng được:

$$\omega_{\max} = \frac{P\lambda^2}{8k} \dots \quad (2-5)$$

và phản lực lớn nhất của móng $P_{\max}$ là:

$$P_{\max} = k\omega_{\max} = \frac{P\lambda^2}{8} = \frac{P}{8} \sqrt{\frac{k}{D}} \dots \quad (2-6)$$

Tiếp tục tính toán và tiến hành một số biến đổi cần thiết, cuối cùng Oetterogat đã tìm được công thức tính ứng suất kéo lớn nhất ở đáy tấm khi tải trọng tác dụng ở giữa tấm như sau:

$$\sigma_1 = 0,275(1 + \mu) \frac{P}{h^2} \lg \frac{Eh^3}{kb^4} \dots \quad (2-7)$$

Tương tự khi tải trọng tác dụng ở cạnh tấm:

$$\sigma_2 = 0,529(1 + 0,54\mu) \frac{P}{h^2} \left[\lg \left(\frac{Eh^3}{kb^4} \right) - 0,71 \right] \dots, \quad (2-8)$$

trong đó:

h - chiều dày tấm và khi $R < 1,724h$ thì $b = \sqrt{1,6R^2 + h^2} - 0,675h$,

khi $R > 1,724h$ thì $b = R$

Với R - bán kính vòng tròn vệt bánh tương đương.

Khi tải trọng tác dụng ở góc tấm:

$$\sigma_3 = \frac{3P}{h^2} \left\{ 1 - \left[\frac{12(1 - \mu^2)k}{Eh^3} \right]^{0,15} (R\sqrt{2})^{0,6} \right\} \dots, \quad (2-9)$$

Trong thực tế vì ảnh hưởng của sự uốn vòng do nhiệt độ, góc tấm có thể tiếp xúc không tốt với lớp móng nên ứng suất thực tế có thể lớn hơn ứng suất tính theo công thức (2-9) một ít. Vì vậy có thể tính ứng suất khi tải trọng ở góc tấm theo công thức nửa kinh nghiệm sau:

$$\sigma_3 = \frac{3,36P}{h^2} \left(1 - \frac{\sqrt{\frac{R}{L}}}{0,925 + 0,22 \frac{R}{L}} \right) \quad (2-10)$$

trong đó:

L - Bán kính độ cứng tương đối của tấm

$$L = \sqrt[3]{\frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)k}} \quad (2-11)$$

Khi có bố trí các thanh truyền lực ở khe nối, dùng công thức (2-10) là thích hợp. Nếu góc tấm hoàn toàn tự do thì σ_3 phải tăng lên 20%.

Trong các công thức (2-7) và (2-11):

E - Môđun đàn hồi của bê tông (kG/cm²);

μ - Hệ số Poatsông của bê tông;

k - Hệ số nền (kG/cm²);

P - Tải trọng tác dụng trên bánh xe của ô tô tính toán (kG). Các ký hiệu khác đã ghi ở trên.

Theo nhận định của các hội nghị quốc tế gần đây về đường ô tô thì phương pháp Oettergat vẫn còn thích hợp để tính toán mặt đường cứng bằng cách điều chỉnh một số hệ số cho phù hợp với thực tế làm việc của mặt đường bê tông xi măng hiện đại. Mô hình hệ số nền của Vincle tuy đơn giản nhưng vẫn phản ánh tình hình làm việc thực tế của nền đường dưới tấm bê tông, nhất là với nền đường đất ẩm bão hoà ứng với trạng thái tính toán của nền đường. Vì vậy dùng các công thức của Oettergat vẫn bảo đảm được độ chính xác theo yêu cầu kỹ thuật, mà việc tính toán lại đơn giản, nhanh chóng nên hiện nay ở nhiều nước vẫn dùng phương pháp này để tính mặt đường bê tông xi măng.

Tuy nhiên, so với các công thức đầu tiên tìm ra năm 1927 các công thức của Oettergat hiện dùng đã được thay đổi nhiều và nó đã trở thành các công thức có tính chất nửa lý thuyết nửa thực nghiệm.

2.5. TÍNH TOÁN MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MÀNG THEO GIẢ THIẾT XEM NỀN ĐẤT LÀ BÁN KHÔNG GIAN ĐÀN HỒI

Cách giải bài toán tấm trên nền đàn hồi theo mô hình bán không gian đàn hồi là căn cứ vào sự bằng nhau về độ võng của tấm bê tông và độ lún của nền móng để tìm quy luật phân bố của phản áp lực $p = p_0 f(x_1, y_1)$ rồi tính độ lún của nền móng theo công thức:

$$\omega(x_1, y_1) = \frac{1 - \mu_0^2}{\pi E_0} \int_0^F \frac{p_0 f(x, y) dx dy}{\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}} \dots \quad (2-12)$$

Trong công thức trên, vế phải là tổng độ lún của một điểm nào đó trên mặt tấm với tọa độ (x_1, y_1) tức là độ lún do lực tác dụng lên vi phân diện tích dx, dy với tọa độ (x, y) gây ra. Khi đó có thể dùng công thức tính độ lún của một điểm bất kỳ trên bề mặt bán không gian đàn hồi dưới tác dụng của lực tập trung P của Boussinesq (Boussinesq) để tính toán:

$$\omega = \frac{1 - \mu_0^2}{\pi E_0} \cdot \frac{P}{r} \quad (2-13)$$

Chỉ có thể tìm được lời giải đầy đủ của các phương trình vi phân trên đây khi phản lực phân bố đối xứng qua trục tọa độ để dùng hệ tọa độ độc cực thay cho hệ tọa độ x, y . Khi đó phản lực, độ lún và mômen uốn tại các điểm của tấm có bán kính bằng nhau thì bằng nhau.

Đối với các tấm lớn chịu lực tập trung (tấm vô hạn), là loại tấm đối xứng qua trục thì Sêchchia đã tìm được cách giải chính xác phương trình (2-12) bằng cách sử dụng các hàm Betsen (Bessel). Lời giải của Sêchchia dựa trên giả thuyết xem nền đất là một bán không gian đàn hồi và giữa tấm bê tông với nền móng không có lực ma sát.

Sêchchia đã lập các bảng không thứ nguyên để tính mômen, độ võng, lực cắt của một mặt cắt ngang hướng tâm bất kỳ. Có thể dùng phương pháp Sêchchia để xác định mômen uốn và độ võng trong tấm vô hạn khi tải trọng phân bố đối xứng qua điểm giữa của tấm. Điều kiện để sử dụng công thức Sêchchia là bước sóng của độ võng do tác dụng của tải trọng gây ra không được lớn hơn kích thước của tấm.

Gorbunôp - Pôsadôp cũng tìm được cách giải phương trình vi phân (2-1) cho trường hợp các tấm tròn có kích thước tùy ý chịu tải trọng đối xứng, tải trọng tập trung hay phân bố đặt ở giữa tấm, nó cũng thích hợp với các trường hợp lực hoặc mômen tác dụng theo chu vi hoặc phân bố đều trên toàn diện tích tấm.

Gorbunôp - Pôsadôp cũng đã lập các bảng không thứ nguyên để tính mômen uốn, độ võng và phản lực nền cho một mặt cắt bất kỳ trong tấm.

Các phương pháp trên đây chỉ thích hợp cho trường hợp tải trọng tác dụng ở giữa tấm và chưa giải quyết được các trường hợp tải trọng ở góc và cạnh tấm (là các trường hợp bất lợi). Đối với các trường hợp này, hiện chỉ có một phương pháp duy nhất của Oetterogot với mô hình hệ số nền là giải quyết được. Nếu dùng phương pháp Sêchchia, Gorbunôp - Pôsadôp thì phải nhân mômen ở giữa tấm với một hệ số thực nghiệm để tìm mômen ở cạnh và ở góc tấm.

Trị số độ võng và sự phân bố nội lực trong tấm trên nền đàn hồi phụ thuộc vào các tham số sau đây:

1. Độ cứng của tấm biểu thị qua chiều dày h , môđun đàn hồi E_b và hệ số Poatsông μ_b của bê tông.

2. Độ cứng của móng (nền đất) biểu thị qua môđun đàn hồi E_0 và hệ số Poatsông μ_0 của nền móng.

3. Kích thước của tấm hay bán kính của tấm tròn tính đối R .

Gorbunốp - Pôsadốp đã căn cứ vào độ cứng mà chia tấm trên nền đàn hồi thành 3 cấp theo chỉ tiêu độ cứng sau:

$$S = 3 \frac{E_0 R^3 (1 - \mu_0^2)}{E_b h^3 (1 - \mu_b^2)} \quad (2-14)$$

trong đó:

E_0, μ_0 - Môđun đàn hồi và hệ số Poatsông của nền móng;

E_b, μ_b - Môđun đàn hồi và hệ số Poatsông của bê tông;

h - Chiều dày tấm;

R - Bán kính tấm tròn, hoặc $\frac{1}{2}$ cạnh ngắn của tấm chữ nhật.

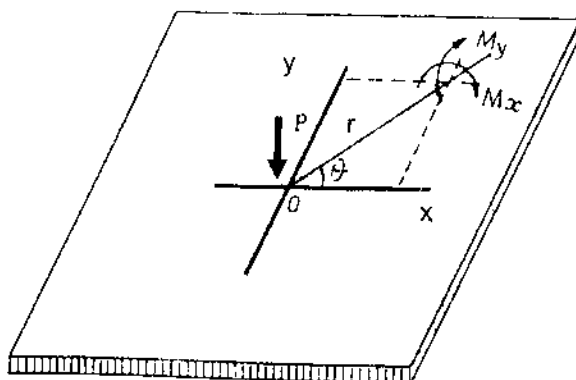
Khi $S = 0,5$ thì tấm tuyệt đối cứng, tức là dưới tác dụng của tải trọng, các điểm của tấm có một độ lún giống nhau, còn sự phân bố phản lực của móng thì giống như dưới tấm ép cứng.

Khi $0,5 \leq S \leq 10$ thì tấm thuộc loại tấm có độ cứng hữu hạn.

Khi $S > 10$ thì tấm thuộc loại tấm vô hạn.

Tiến hành phân tích nội lực và độ võng của các tấm có cấp độ cứng khác nhau, ta có thể rút ra được những nhận xét:

1. Khi tính nội lực trong tấm có thể dùng toạ độ độc cực hoặc toạ độ thẳng góc. Trong hệ toạ độ độc cực chịu tải trọng mômen (hình 2.5), tại một tiết diện bất kỳ của tấm sẽ phát sinh hai loại mômen uốn M_t và M_r ; M_t là mômen tiếp tuyến làm cho tấm bị uốn theo bán kính và gây ra các đường nứt hướng tâm;



Hình 2.5. Mômen uốn của tấm trong hai hệ toạ độ.

M_r là mômen hướng tâm, làm cho tấm bị uốn theo hướng thẳng góc với bán kính tạo thành các đường nứt vòng.

Gọi M_x, M_y là mômen uốn theo hai hướng x, y của hệ toạ độ thẳng góc do tải trọng gây ra trên cùng điểm đó, thì liên hệ giữa mômen uốn trong hai hệ toạ độ như sau:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= M_l \sin^2 \theta + M_r \cos^2 \theta \\ M_y &= M_l \cos^2 \theta + M_r \sin^2 \theta \end{aligned} \right\} \quad (2-15)$$

2. Ngay dưới tâm diện tích tác dụng của tải trọng, trị số mômen uốn sẽ lớn nhất và $M_l = M_r$. Ngoài phạm vi diện tích chịu tải, trị số mômen uốn sẽ giảm và tại một điểm bất kỳ có $M_l > M_r$; M_r có thể dương hoặc âm còn M_l thì luôn dương.

3. Tấm có độ cứng càng lớn thì độ võng và phản lực nền tương đối đồng đều.

4. Khi chiều dày và độ cứng của móng không đổi, kích thước của tấm cứng hữu hạn càng lớn thì mômen uốn càng lớn.

5. Có thể xác định được mômen uốn, phản lực nền và độ võng của tấm chịu tác dụng hỗn hợp của lực rải đều đối xứng, căn cứ vào nguyên tắc cộng tác dụng của các lực.

Phải dùng các công thức, bảng biểu tính toán khác nhau để tính mômen uốn, phản lực móng và độ võng của các loại tấm có độ cứng khác nhau, khi tải trọng tác dụng ở giữa tấm.

a) Với các tấm lớn $S > 10$ (tấm vô hạn) - Dùng phương pháp Sêchchia để xác định mômen uốn, ứng suất và độ võng với tải trọng P là lực tập trung hoặc phân bố trên vòng tròn bán kính r_0 đặt ở giữa tấm.

- Độ võng của một điểm bất kỳ của tấm tính theo công thức:

$$\omega = \bar{\omega} \frac{(1 - \mu_0^2) P}{E_0 L}, \quad (2-16)$$

trong đó:

$\bar{\omega}$ - Hệ số không thứ nguyên, tra bảng (2.1)

theo tỷ số $P = \frac{r}{L}$;

Với r - Bán kính tính từ điểm đặt của lực tác dụng đến điểm tính toán độ võng.

L - Đặc trưng đàn hồi của tấm, tính theo công thức:

$$L = h^3 \sqrt{\frac{E_b (1 - \mu_0^2)}{6 E_0 (1 - \mu_b^2)}} \quad (2-17)$$

- Mômen uốn tiếp tuyến và mômen uốn hướng tâm do tải trọng phân bố đều trên diện tích vòng tròn vệt bánh xe tương đương bán kính r_0 gây ra tại tâm vệt bánh xe được tính theo công thức:

$$M_t = M_r = C(1 + \mu_b) \frac{PL}{2\pi r_0}, \quad (2-18)$$

trong đó:

C - hệ số tra bảng 2.1 theo tỷ số $\rho = \frac{r_0}{L}$.

- Mômen uốn tiếp tuyến và mômen uốn hướng tâm do tải trọng các bánh xe lân cận gây ra đối với tiết diện tính toán ở giữa tám tính theo công thức:

$$M_t = (A + \mu_b B)P = \overline{M}_t P \quad (2-19)$$

$$M_r = (B + \mu_b A)P = \overline{M}_r P \quad (2-20)$$

trong đó:

A, B - các hệ số không thứ nguyên;

$\overline{M}_t, \overline{M}_r$ - mômen uốn tiếp tuyến và mômen uốn hướng tâm đơn vị khi $\mu_b = 0,15$; tra ở bảng 2.1 theo tỷ số $\rho = \frac{r}{L}$ (với r là bán kính từ điểm tác dụng tải trọng đến tiết diện tính toán).

Ngoài ra cũng có thể dùng các công thức gần đúng của Gorbunôp - Pôsadôp để tính:

- Mômen uốn tiếp tuyến và hướng tâm do tải trọng phân bố đều trên vòng tròn vệt bánh xe tương đương bán kính r_0 .

$$M_t = M_r = \left(0,0592 - 0,2137 \lg \frac{r_0}{L} \right) P... \quad (2-21)$$

- Mômen uốn hướng tâm và mômen uốn tiếp tuyến do tải trọng của các bánh xe lân cận gây ra đối với tiết diện tính toán:

$$M_r = \left(0,067 - 0,18 \lg \frac{r}{L} \right) P... \quad (2-22)$$

$$M_t = \left(0,005 - 0,20 \lg \frac{r}{L} \right) P... \quad (2-23)$$

Với các cụm bánh xe cần phải tìm giá trị lớn nhất của mômen uốn do các bánh xe trong cụm gây ra đối với tiết diện tính toán.

Ví dụ: Tính mômen uốn do một cụm gồm 4 bánh xe (hình 2.6a) gây ra khi có một bánh xe tác dụng ở tiết diện tính toán.

Mômen uốn do cụm 4 bánh xe gây ra ở tiết diện tính toán dưới bánh xe 1:

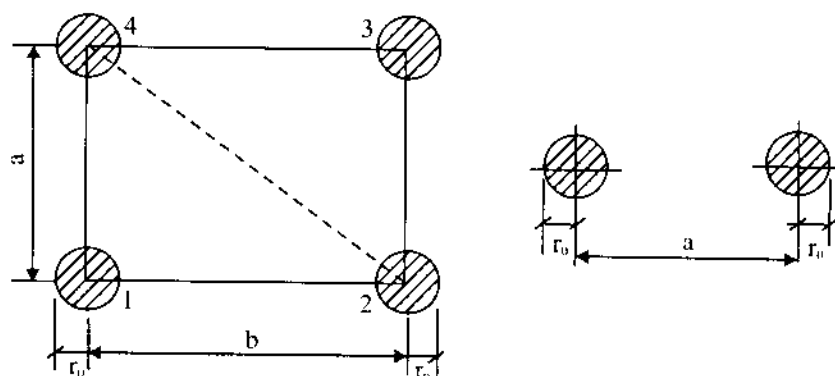
$$M_0 = P \left[C(1 + \mu) \frac{L}{2\pi r_0} M_{t2} + M_{t3} \sin^2 \theta - M_{r3} \cos^2 \theta + M_{r4} \right]... \quad (2-24)$$

Bảng 2.1

Các hệ số không thứ nguyên để tính độ võng và mômen uốn của tấm vô hạn chịu tác dụng của tải trọng tập trung P và tải trọng phân bố đều trên vòng tròn vệt bánh xe tương đương bán kính r_0 .

(Theo phương pháp của Sêchchia)

$\rho = \frac{r}{L}$ hoặc $\rho = \frac{r_0}{L}$	$\bar{\omega}$	A	B	$\mu_b=0,15$		C
				$\bar{M}_r$	$\bar{M}_t$	
1	2	3	4	5	6	7
0	0,385	∞	∞	∞	∞	∞
0,05	0,381	0,267	0,208	0,256	0,322	0,091
0,10	0,382	0,232	0,153	0,191	0,258	0,147
0,2	0,377	0,178	0,099	0,129	0,195	0,220
0,3	0,369	0,147	0,068	0,083	0,158	0,275
0,4	0,359	0,124	0,047	0,068	0,132	0,313
0,6	0,338	0,093	0,021	0,037	0,097	0,362
0,8	0,314	0,073	0,004	0,016	0,074	0,367
1,0	0,291	0,058	0,008	0,004	0,057	0,364
1,2	0,288	0,047	-0,013	-0,005	0,045	0,353
1,4	0,247	0,038	-0,017	-0,011	0,035	-
1,6	0,228	0,031	-0,018	-0,014	0,028	0,309
1,8	0,207	0,025	-0,019	-0,015	0,022	-
2,0	0,189	0,021	-0,020	-0,016	0,018	0,263
2,2	0,173	0,017	-0,019	-0,016	0,014	-
2,4	0,159	0,014	-0,018	-0,016	0,011	-
2,6	0,146	0,012	-0,017	-0,015	0,009	-
2,8	0,135	0,010	-0,016	-0,014	0,007	-
3,0	0,124	0,008	-0,014	-0,013	0,006	-
3,2	0,115	0,007	-0,013	-0,012	0,005	-
3,4	0,107	0,006	-0,012	-0,011	0,004	-
3,6	0,099	0,005	-0,011	-0,010	0,003	-
3,8	0,093	0,004	-0,009	-0,008	0,002	-
4,0	0,087	0,003	-0,008	-0,007	0,002	-



Hình 2.6. Các sơ đồ tính toán mặt đường bê tông xi măng, chịu tác dụng của các cụm bánh xe

a) Cụm 4 bánh; b) Cụm bánh kép; 1,2,3,4. Ký hiệu các bánh xe

Độ võng:
$$\omega_0 = \left(\bar{\omega}_1 + \bar{\omega}_2 + \bar{\omega}_3 + \bar{\omega}_4 \right) \frac{1 - \mu_0}{E_0 L} P \dots, \quad (2-25)$$

Trong đó:

C - Tra bảng 2.1 căn cứ vào $\rho_1 = \frac{r_0}{L}$;

$\bar{M}_{12}$; $\bar{\omega}_2$ - Tra bảng 2.1 căn cứ vào $\rho_2 = \frac{a}{L}$;

$\bar{M}_{13}$, $\bar{M}_{r3}$, $\bar{\omega}_3$ - Tra bảng 2.1 căn cứ vào $\rho_3 = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{L}$;

$\bar{M}_{r4}$, $\bar{\omega}_4$ - Tra bảng 2.1 căn cứ vào $\rho_4 = \frac{b}{L}$.

Trong các công thức (2-24) và (2-25):

P - Tải trọng bánh xe, $\bar{\omega}_0$ tra bảng 2.1 khi $\rho = 0$ ($\bar{\omega}_0 = 0,385$);

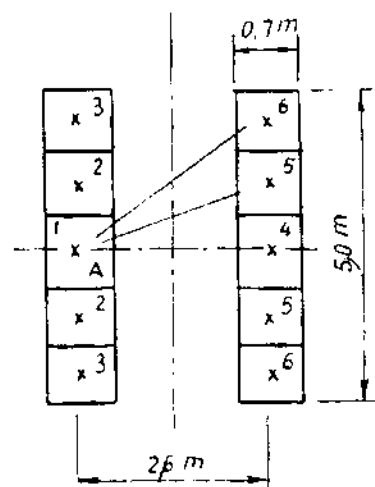
r_0 - Bán kính vòng tròn vệt bánh xe tương đương.

$$\sin^2 \theta = \frac{b^2}{a^2 + b^2}; \quad \cos^2 \theta = \frac{a^2}{a^2 + b^2}$$

Với cụm bánh kép (hình 2.6b) thì trong các công thức (2-24) và (2-25) có:

$$\bar{\omega}_3 = \bar{\omega}_4 = \bar{M}_{13} = \bar{M}_{r3} = \bar{M}_{r4} = 0$$

Dùng các công thức của Sêchchia còn có thể tìm được mômen uốn sinh ra trong tấm do tải trọng phân bố trên một diện tích rộng (ví dụ bánh xe lu, xe xích) gây ra. Khi đó cần chia diện tích vệt bánh xe lu hoặc xe xích thành một số diện tích nhỏ và tải trọng tác dụng trên các diện tích nhỏ này được thay bằng một tải trọng phân bố trên diện tích tròn tương đương hoặc bằng một lực tập trung đặt ở trọng tâm (hình 2.7). Sau đó dựa theo các công thức (2-18), (2-19), (2-20) để tìm mômen pháp tuyến và mômen tiếp tuyến đồng thời áp dụng công thức (2-26) tính đổi thành mômen theo hướng x và theo hướng y .



Hình 2-7. Sơ đồ tính mômen uốn do bánh xích gây ra trong tấm bê tông.

Khi tính mômen uốn phụ thêm do bánh xích B gây ra đối với điểm A (hình 2.7) thì lần lượt tính mômen uốn theo hướng x và theo hướng y do mỗi lực tập trung tác dụng trên từng diện tích nhỏ gây ra. Ví dụ mômen uốn do tải trọng tập trung Q ở diện tích cách điểm A một bán kính r , gây ra ở điểm A sẽ là:

$$\left. \begin{aligned} M_x &= M_r \cos^2 \theta + M_t \sin^2 \theta \\ M_y &= M_r \sin^2 \theta + M_t \cos^2 \theta \end{aligned} \right\} \quad (2-26)$$

Tương tự tính M_x , M_y do các tải trọng tập trung tác dụng ở các diện tích nhỏ khác rồi tổng cộng lại, lấy trị số lớn để tính toán chiều dày tấm bê tông.

Để tính ứng suất trong tấm khi tải trọng tác dụng ở cạnh và ở góc tấm thì công thức Sêchchia không thích hợp nữa. Khi đó có thể dùng công thức Oetterogot đã được các giáo sư Ivanốp và Mednicốp thay đổi bằng cách thay hệ số nền bằng môđun biến dạng theo mỗi tương quan (do Mednicốp tìm ra) sau đây:

$$K = \frac{Eh^3}{R^4 10^{\alpha_0}} \dots \quad (2-27)$$

$$\text{Với} \quad \alpha_0 = 1,91 K \frac{h}{R} \sqrt{\frac{E(1 - \mu_0^2)}{E_0(1 - \mu_b^2)}} \quad (2-28)$$

Nếu lấy $\mu_b = 0,15$, $\mu_0 = 0,3$ thì

$$\alpha_0 = 1,85 K \frac{h}{R} \sqrt{\frac{E}{E_0}} \quad (2-29)$$

Dựa vào mối tương quan trên, Mednicốp, Ivanốp và Môtulep đã soạn được các bảng tính toán để xác định chiều dày của tấm bê tông cho tất cả các trường hợp đặt tải trọng theo công thức:

$$h = \sqrt{\frac{\alpha_1 P}{[\sigma]}} \quad (2-30)$$

Với α_1 - Khi tải trọng đặt ở giữa tấm là α_1 , ở cạnh tấm là α_2 và ở góc tấm là α_3 .

Giá trị bằng số của α_1 cho trong các bảng 2.2, 2.3 và 2.4.

Bảng 2.2

Giá trị của hệ số α_1

$\frac{E_b}{E_0}$	Giá trị của hệ số α_1 với các tỉ số h/R khác nhau								
	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
2000	1,74	1,66	1,60	1,53	1,45	1,36	1,23	1,08	0,99
1500	1,67	1,63	1,56	1,50	1,41	1,30	1,17	1,54	0,95
1000	1,62	1,55	1,49	1,41	1,33	1,22	1,11	0,97	0,89
800	1,57	1,51	1,44	1,37	1,28	1,17	1,07	0,93	0,84
600	1,51	1,46	1,39	1,32	1,22	1,13	1,02	0,88	0,80
500	1,47	1,42	1,35	1,28	1,19	1,10	0,99	0,86	0,76
400	1,41	1,38	1,31	1,22	1,15	1,07	0,96	0,82	0,72
300	1,38	1,33	1,26	1,18	1,11	1,02	0,92	0,77	0,68
200	1,31	1,25	1,18	1,12	1,04	0,96	0,85	0,70	0,61
150	1,25	1,19	1,13	1,07	0,98	0,91	0,80	0,65	0,56
100	1,18	1,13	1,08	1,01	0,94	0,84	0,73	0,58	0,50
80	1,14	1,00	1,04	0,97	0,90	0,81	0,69	0,55	0,46

Bảng 2.3

Giá trị của hệ số α_2

$\frac{E_b}{E_0}$	Giá trị của hệ số α_2 với các tỉ số h/R khác nhau								
	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
2000	2,74	2,60	2,49	2,36	2,21	2,05	1,82	1,55	1,39
1500	2,62	2,54	2,42	2,30	2,14	1,95	1,71	1,47	1,32
1000	2,51	2,41	2,29	2,14	2,00	1,80	1,60	1,36	1,19
800	2,44	2,32	2,19	2,08	1,91	1,72	1,53	1,29	1,11
600	2,33	2,23	2,11	1,97	1,81	1,63	1,45	1,20	1,03
500	2,26	2,16	2,03	1,90	1,75	1,58	1,39	1,14	0,98
400	2,19	2,09	1,97	1,79	1,68	1,53	1,33	1,07	0,91
300	2,10	2,01	1,87	1,73	1,64	1,45	1,25	0,99	0,82
200	1,97	1,86	1,73	1,62	1,49	1,33	1,13	0,81	0,69
150	1,86	1,75	1,63	1,53	1,39	1,24	1,04	0,77	0,61
100	1,73	1,65	1,54	1,42	1,29	1,12	0,92	0,65	0,53
80	1,65	1,57	1,47	1,34	1,22	1,05	0,84	0,58	0,43

Bảng 2.4

Giá trị của hệ số α_3

$\frac{E_b}{E_0}$	Giá trị của hệ số α_3 với các tỉ số h/R khác nhau								
	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5
2000	2,37	2,31	2,25	2,47	2,09	1,97	1,80	1,62	1,49
1500	2,31	2,27	2,20	2,12	2,01	1,91	1,73	1,55	1,42
1000	2,26	2,19	2,13	2,01	1,95	1,80	1,66	1,47	1,41
800	2,20	2,14	2,07	1,99	1,88	1,75	1,69	1,40	1,36
600	2,11	2,09	2,02	1,93	1,80	1,68	1,51	1,33	1,19
500	2,11	2,01	1,97	1,85	1,75	1,64	1,49	1,23	1,14
400	2,07	2,00	1,93	1,81	1,72	1,60	1,44	1,21	1,08
300	2,01	1,95	1,86	1,75	1,66	1,51	1,38	1,15	1,00
200	1,92	1,84	1,76	1,67	1,57	1,44	1,28	1,03	0,87
150	1,81	1,77	1,69	1,61	1,50	1,31	1,19	0,95	0,80
100	1,76	1,68	1,62	1,52	1,41	1,26	1,08	0,81	0,69
80	1,70	1,62	1,56	1,14	1,35	1,20	1,02	0,78	0,54

b. Với các tấm có kích thước vừa và nhỏ thuộc loại tấm cứng hữu hạn (khi $0,5 \leq S \leq 10$).

Trị số mômen uốn M_0 và độ võng ω_0 sinh ra trong các tấm này được xác định theo phương pháp của Gorbunốp - Pôsadốp cho trường hợp chịu lực tập trung ở giữa tấm hoặc chịu lực phân bố đều trên vòng tròn vệt bánh xe đặt ở giữa tấm.

Độ võng của tấm khi chịu lực tập trung P đặt ở giữa tấm:

$$\omega = \bar{\omega} \frac{R^2}{D} P, \quad (2-31)$$

trong đó:

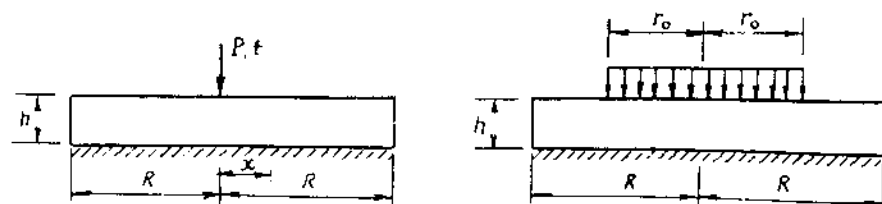
$$D - \text{Độ cứng hình trụ của tấm: } D = \frac{E_b h^3}{12(1 - \mu_b^2)} \quad (2-32)$$

$\bar{\omega}$ - Hệ số không thứ nguyên phụ thuộc vào độ cứng của tấm (bảng 2.5).

Giá trị của tham số $\bar{\omega}$

Độ cứng	$\frac{x}{R}$										
	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	0,285	0,284	0,281	0,278	0,274	0,270	0,266	0,261	0,258	0,253	0,245
1	0,154	0,153	0,150	0,147	0,143	0,139	0,136	0,131	0,127	0,124	0,121
2	0,087	0,086	0,083	0,081	0,077	0,073	0,070	0,066	0,062	0,058	0,054
3	0,064	0,063	0,060	0,058	0,054	0,051	0,048	0,044	0,041	0,038	0,039
5	0,044	0,043	0,040	0,038	0,035	0,032	0,029	0,026	0,023	0,020	0,017
10	0,027	0,026	0,024	0,022	0,019	0,017	0,015	0,012	0,010	0,008	0,005

R - bán kính của tấm tròn tương đương (xem hình 2.8).



Hình 2.8. Sơ đồ tính toán tấm có độ cứng hữu hạn.

- a) Chịu lực tập trung ở giữa tấm;
b) Chịu lực phân bố đều trên vòng tròn vệt bánh tương đương.

Mômen uốn hướng tâm và mômen uốn tiếp tuyến tính theo các công thức sau:

$$\bar{M}_r = \bar{M}_r P \quad (2-33)$$

$$\bar{M}_t = \bar{M}_t P, \quad (2-34)$$

trong đó:

$\bar{M}_r$ và $\bar{M}_t$ là các mômen đơn vị khi $P = 1$, (bảng 2.6 và 2.7)

Bảng 2.6

Giá trị của mômen uốn hướng tâm đơn vị $\overline{M}_r$

Độ cứng S	$\rho = \frac{x}{R}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	0,163	0,101	0,065	0,042	0,026	0,014	0,006	0,001	0,000	0
1	0,158	0,096	0,062	0,039	0,023	0,012	0,005	0,001	0,000	0
2	0,149	0,088	0,055	0,033	0,019	0,009	0,003	0,000	0	0
3	0,141	0,081	0,049	0,029	0,015	0,007	0,002	0,000	0	0
5	0,129	0,070	0,040	0,022	0,010	0,004	0,001	0,000	0	0
10	0,109	0,052	0,025	0,011	0,003	0,000	0,001	0,000	0	0

Bảng 2.7

Giá trị của mômen uốn tiếp tuyến đơn vị $\overline{M}_t$

Độ cứng S	$\rho = \frac{x}{R}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	0,230	0,166	0,129	0,104	0,086	0,071	0,060	0,051	0,044	0,039
1	0,224	0,161	0,124	0,100	0,082	0,067	0,057	0,049	0,042	0,037
2	0,215	0,152	0,116	0,093	0,075	0,062	0,052	0,044	0,038	0,034
3	0,207	0,146	0,109	0,086	0,069	0,057	0,048	0,041	0,035	0,031
5	0,195	0,133	0,098	0,077	0,061	0,049	0,041	0,035	0,030	0,027
10	0,174	0,113	0,080	0,061	0,047	0,037	0,031	0,027	0,023	0,021

Khi tải trọng phân bố đều trên diện tích vòng tròn vệt bánh tương đương bán kính r_0 thì mômen uốn hướng tâm bằng mômen tiếp tuyến ở giữa tấm và tính theo công thức:

$$M_r = M_t = (\overline{M}_A + \overline{M}_B) \quad (2-35)$$

trong đó:

$P = \pi r_0^2 q_0$ - Hợp lực của tải trọng phân bố đều trên vòng tròn vệt bánh tương đương bán kính r_0 ;

$\overline{M}_A, \overline{M}_B$ - Các tham số xác định theo độ cứng S của tấm và tỉ số $\frac{r_0}{R}$ (bảng 2.8 và 2.9).

Bảng 2.8

Giá trị của tham số $\bar{M}_A$

S	0,5	1	2	3	5	10
$\bar{M}_A$	-0,052	-0,056	-0,066	-0,074	-0,086	-0,108

Bảng 2.9

Giá trị của tham số $\bar{M}_B$

$\alpha = \frac{r_0}{R}$	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,75	0,10	0,15
$\bar{M}_B$	0,571	0,507	0,443	0,405	0,378	0,358	0,320	0,293	0,255

c. Tấm tuyệt đối cứng ($S < 0,5$)

Khi lực tập trung tác dụng ở giữa tấm (hình 2.9a), trị số mômen uốn tính theo công thức:

$$M_r = \bar{M}_r P \quad (2-36)$$

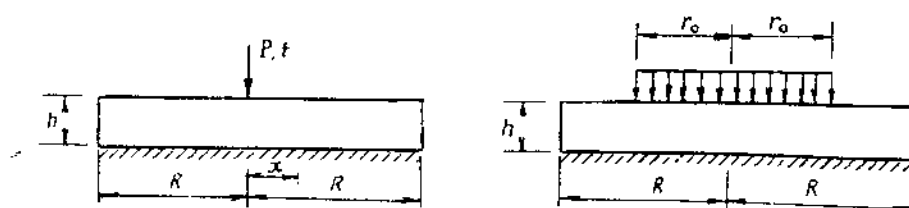
$$M_t = \bar{M}_t P, \quad (2-37)$$

 $\bar{M}_r$, $\bar{M}_t$ là các mômen uốn đơn vị, (tra theo bảng 2.10) phụ thuộc vào tỷ số $\rho = \frac{x}{R}$.

Bảng 2.10

Trị số $\bar{M}_r$, $\bar{M}_t$ dùng khi tính tấm tuyệt đối cứng

$\rho = \frac{x}{R}$	$\bar{M}_r$	$\bar{M}_t$	$\rho = \frac{x}{R}$	$\bar{M}_r$	$\bar{M}_t$
0	∞	∞	0,6	0,020	0,080
0,1	0,175	0,245	0,7	0,010	0,060
0,2	0,111	0,177	0,8	0,004	0,058
0,3	0,075	0,140	0,9	0	0,050
0,4	0,050	0,114	1,0	0	0,044
0,5	0,035	0,095			



Hình 2.9. Sơ đồ tính toán tấm tròn tuyệt đối cứng

a. Tải trọng tập trung tác dụng ở giữa tấm;

b. Tải trọng phân bố đều trên vòng tròn bán kính r_0 .

Khi chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều trên vòng tròn vệt bánh tương đương bán kính r_0 đặt ở giữa tấm:

$$M_l = M_r = \overline{M}P, \quad (2-38)$$

trong đó:

$P = \pi r_0^2 q_0$ - Hợp lực của tải trọng phân bố đều;

$\overline{M}$ - Mômen uốn khi $P = 1$.

Với tấm tuyệt đối cứng, giá trị của $\overline{M}$ lấy theo bảng 2.11.

Bảng 2.11

$\alpha = \frac{r_0}{R}$	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,075	0,10	0,15
$\overline{M}$	0,532	0,468	0,403	0,366	0,339	0,318	0,280	0,254	0,215

Độ lún của tấm tròn tuyệt đối cứng tính theo công thức Businec:

$$\omega = \frac{P(1 - \mu_0^2)}{2\pi E_0} \quad (2-39)$$

với E_0 - môđun đàn hồi (biến dạng) của nền móng, kG/cm^2 .

2.6. TÍNH TOÁN MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG DƯỚI TÁC DỤNG CỦA NHIỆT ĐỘ

Ngoài tác dụng của tải trọng, mặt đường bê tông xi măng còn chịu tác dụng của sự thay đổi nhiệt độ không khí hàng ngày và thời tiết từng mùa trong năm. Sự thay đổi nhiệt độ không khí sẽ gây ra ứng suất trong bê tông khi tấm không được co giãn tự do (do lực ma sát giữa tấm bê tông với lớp móng), hoặc không được uốn vòng tự do (do trọng lượng bản thân của tấm bê tông và sự cản trở của các tấm bê tông chung quanh).

Ứng suất nhiệt độ trong mặt đường bê tông có thể rất lớn và đặc biệt nguy hiểm với các tấm bê tông mới thi công xong, khi cường độ của nó còn rất thấp.

Muốn tính được ứng suất nhiệt cần phải biết được sự phân bố nhiệt độ trong tấm bê tông, tức là phải xác định được trường nhiệt độ - Trường nhiệt độ trong tấm bê tông phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ không khí và bức xạ của mặt trời. Trường nhiệt dao động có tính chu kỳ vì nhiệt độ không khí và bức xạ mặt trời cũng thay đổi một cách chu kỳ trong ngày đêm cũng như trong năm.

Sự thay đổi nhiệt độ trong ngày đêm theo thời gian và theo chiều sâu được xác định bằng cách giải phương trình vi phân của sự truyền nhiệt qua mặt đường:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \quad (2-40)$$

trong đó:

- t - Nhiệt độ mặt đường (°C);
- τ - Thời gian;
- z - Chiều sâu kể từ bề mặt ($z = 0$) đến điểm cần xét, (m);
- a - Hệ số truyền nhiệt của bê tông xi măng ($\text{m}^2/\text{giờ}$).

Phương trình (2-40) được giải theo điều kiện biên sau:

$$t(z=0, \tau) = t_{bq} + A \cos \omega \tau, \quad (2-41)$$

trong đó:

- $t(z=0, \tau)$ - Nhiệt độ bề mặt của mặt đường bê tông ở thời điểm τ (°C);
- t_{bq} - Nhiệt độ trung bình của bề mặt trong chu kỳ ngày đêm (°C);
- A - Biên độ lớn nhất của nhiệt độ bề mặt mặt đường so với trị số trung bình ngày đêm, gọi tắt là biên độ nhiệt độ bề mặt (°C);
- ω - Tần số dao động nhiệt độ trong ngày đêm (giờ^{-1})

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Với $T = 24$ chu kỳ trong một ngày đêm.

Lời giải của phương trình (2-40) với điều kiện biên (2-41) có dạng:

$$t(z, \tau) = t_{bq} + A e^{-z \sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \cdot \cos \left(\omega \tau - z \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right), \quad (2-42)$$

trong đó:

$t(z, \tau)$ - Nhiệt độ ở một điểm có độ sâu z ở thời điểm τ .

Biên độ nhiệt độ bề mặt A tính như sau:

$$\text{Về ban ngày} \quad A_{ng} = \frac{t_{\max}^k - t_{\min}^k}{2} + t_{td}, \quad (2-43)$$

$$\text{Về ban đêm} \quad A_{đ} = \frac{t_{\max}^k - t_{\min}^k}{2}, \quad (2-44)$$

trong đó:

- $t_{\max}^k$ - Nhiệt độ không khí lớn nhất bình quân hàng tháng;
- $t_{\min}^k$ - Nhiệt độ không khí nhỏ nhất bình quân hàng tháng;
- t_{td} - Nhiệt độ do bức xạ mặt trời đốt nóng thêm mặt đường;

$$t_{td} = \rho \frac{I}{a} k, \quad (2-45)$$

với ρ - Hệ số hấp thụ nhiệt độ của mặt đường bê tông xi măng thay đổi trong khoảng $\rho = 0,65-0,80$;

I - Cường độ bức xạ mặt trời, tính bằng kcal/m^2 giờ, là tổng lượng bức xạ đến 1m^2 mặt đường trong một đơn vị thời gian, khi tính thì lấy cường độ bức xạ vào tháng nóng nhất ở thời điểm 11 ÷ 12 giờ trưa;

k - Hệ số giảm cường độ bức xạ mặt trời do có nhiều bụi trong không khí, lấy $k = 0,5$;

a - Hệ số truyền nhiệt chung, $a = a_k + a_u$

a_k - Hệ số truyền nhiệt đối lưu, với mặt đường bê tông thường lấy $a_k = 16 \text{ kcal/m}^2$ độ giờ;

a_u - Hệ số truyền nhiệt bức xạ, với mặt đường bê tông $a_u = 4$.

Bảng 2.12 giới thiệu một số số liệu về nhiệt độ và bức xạ của khu vực Hà Nội (trạm Láng).

Bảng 2.12

Nhiệt độ không khí lớn nhất, nhỏ nhất bình quân trong tháng và cường độ bức xạ lớn nhất (kcal/m^2 giờ) của các tháng mùa hè thuộc khu vực Hà Nội

Chỉ tiêu	Tháng					
	4	5	6	7	8	9
Nhiệt độ không khí lớn nhất $t_{\max}^k$ (°C)	$t_{15} = 26,6$	$t_{15} = 30,2$	$t_{16} = 31$	$t_{15} = 31,4$	$t_{15} = 30,9$	$t_{15} = 29,7$
Nhiệt độ không khí nhỏ nhất $t_{\min}^k$ (°C)	$t_6 = 22,4$	$t_4 = 22,8$	$t_6 = 26,4$	$t_5 = 26,8$	$t_5 = 26,5$	$t_6 = 25,1$
Cường độ bức xạ lớn nhất I (kcal/m^2 , giờ)	930	849	888	909	900	861

Nhiệt độ không khí có trị số lớn nhất lúc 15 giờ chiều, nhỏ nhất lúc 5-6 giờ sáng. Bức xạ mặt trời lớn nhất trong khoảng từ 11 - 12 giờ trưa.

Bảng 2.13 tóm tắt kết quả tính nhiệt độ tương đương do bức xạ mặt trời đốt nóng thêm mặt đường bê tông xi măng, ứng với một số trạng thái khác nhau của mặt đường.

Hiệu số nhiệt độ của mặt trên và mặt dưới của tấm mặt đường bê tông xi măng (gradien nhiệt độ) được xác định một cách lý thuyết bằng cách trừ nhiệt độ bề mặt với nhiệt độ ở đáy tấm:

$$\Delta t = t_{(z=0, \tau)} - t_{(z=h, \tau)}$$

Thay $t_{(z=0, \tau)}$ bằng giá trị ở công thức (2-41) và $t_{(z=h, \tau)}$ bằng (2-42) (nhưng thay $z = h$) và tiến hành một số biến đổi, có:

$$\Delta t = A \left[\cos \omega \tau - e^{-h \sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \cdot \cos \left(\omega \tau - h \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right) \right] \quad (2-46)$$

Bảng 2.13

Nhiệt độ tương đương do bức xạ mặt trời đốt nóng thêm mặt đường bê tông xi măng thuộc khu vực Hà Nội, t_{td} (°C)

Trạng thái mặt đường	ρ	Tháng					
		4	5	6	7	8	9
1- Mặt đường bê tông xi măng cũ khô	0,65	45,11	13,79	11,43	14,77	14,62	13,99
2- Mặt đường bê tông xi măng còn ướt	0,73	16,97	15,49	16,20	16,59	16,42	15,71
3- Mặt đường bê tông xi măng mới đổ, đã khô	0,76	17,67	16,83	16,87	17,27	17,10	16,36
4- Mặt đường bê tông xi măng mới đổ, còn ướt	0,88	20,46	18,68	19,53	19,99	19,80	18,94
5- Mặt đường bê tông xi măng sau khi khai thác 1 năm	0,83	19,29	17,61	18,42	18,86	18,67	17,86

Bảng 2.14 tóm tắt kết quả tính biên độ nhiệt độ bề mặt A về ban ngày của mặt đường bê tông thuộc khu vực Hà Nội tính theo công thức (2-38) và các bảng 2.12, 2.13.

Bảng 2.14

Biên độ nhiệt độ bề mặt của mặt đường bê tông xi măng (biên độ A) khu vực Hà Nội

Trạng thái mặt đường	ρ	Tháng					
		4	5	6	7	8	9
1- Mặt đường bê tông xi măng cũ khô	0,65	17,29	17,19	16,73	17,07	16,82	16,29
2- Mặt đường bê tông xi măng còn ướt	0,73	19,07	19,19	18,50	18,89	18,62	18,01
3- Mặt đường bê tông xi măng mới đổ đã khô	0,76	19,77	19,83	19,17	19,57	19,30	18,96
4- Mặt đường bê tông xi măng mới đổ còn ướt	0,88	22,56	22,38	21,83	22,29	22,0	21,24
5- Mặt đường bê tông xi măng sau khi khai thác 1 năm	0,83	21,39	21,31	20,72	21,16	20,87	20,16

Khi $\tau = 0$ gradien nhiệt độ sẽ lớn nhất:

$$\Delta t_{\max} = A \left[1 - e^{-h \sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \cdot \cos \left(-h \sqrt{\frac{\omega}{2a}} \right) \right] \quad (2-47)$$

$$\text{Gọi} \quad M = e^{-h\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \cdot \cos\left(-h\sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \dots, \quad (2-48)$$

$$\text{ta có:} \quad \Delta t_{\max} = A(1 - M) \quad (2-49)$$

Giá trị của M phụ thuộc vào chiều dày mặt đường h và hệ số nhiệt của bê tông a như ở bảng 2.15.

Bảng 2.15

Giá trị của M tính theo công thức (2-48)

Chiều dày mặt đường (m)	Hệ số a (m ² /giờ)				
	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006
	Giá trị của M				
0	1	1	1	1	1
0,05	0,6160	0,6801	0,7178	0,7460	0,7729
0,10	0,3089	0,4081	0,4754	0,5235	0,5579
0,15	0,1041	0,2039	0,2756	0,3330	0,3795
0,20	-0,0094	0,6669	0,1322	0,1876	0,2346
0,25	-0,0580	-0,0156	0,0335	0,0797	0,0216
0,30	-0,0665	-0,0553	-0,0261	0,0075	0,0416
0,35	-0,0562	-0,0671	-0,0567	-0,0366	-0,0125

Bảng 2.16 giới thiệu một số kết quả tính gradien nhiệt độ của mặt đường bê tông xi măng vào tháng 7 của khu vực Hà Nội với bê tông xi măng mác 400 có a = 0,004.

Bảng 2.16

Gradien nhiệt độ trong mặt đường BTXM vào tháng 7 của khu vực Hà Nội (°C)

Trạng thái mặt đường	Chiều dài kể từ bề mặt, cm						
	5	10	15	20	25	30	35
1- Mặt đường bê tông xi măng cũ khô	4,81	8,95	14,38	14,81	16,49	17,52	18,04
2- Mặt đường bê tông xi măng còn ướt	5,33	9,91	13,68	16,19	18,25	19,38	19,96
3- Mặt đường bê tông xi măng mới đổ đã khô	5,52	10,27	11,18	16,98	18,91	20,08	20,68
4- Mặt đường bê tông xi măng mới đổ còn ướt	6,29	11,69	16,15	19,34	21,54	22,87	23,35
5- Mặt đường bê tông xi măng sau khi khai thác 1 năm	5,97	11,10	18,33	18,36	20,45	21,71	22,36

Rõ ràng là cách xác định gradien nhiệt độ bằng cách sử dụng lời giải phương trình vi phân về sự truyền nhiệt theo chiều sâu tấm bê tông là có căn cứ khoa học và sát với thực tế hơn. Vì vậy có thể dùng để tính ứng suất uốn vòng theo công thức "Oettergat - Braburi" thay cho giá trị $\Delta t = 0,67h$ là công thức tìm được bằng thực nghiệm trong điều kiện của nước Mỹ.

Nội dung của việc tính toán mặt đường bê tông xi măng dưới tác dụng của nhiệt độ gồm có hai phần:

1. Tính toán kích thước hợp lý của tấm khi nhiệt độ của bê tông thay đổi đều.
2. Tính ứng suất nhiệt độ tấm không thể uốn vòng tự do dưới tác dụng của gradien nhiệt độ Δt theo chiều sâu tấm.

1. Tính toán kích thước tấm bê tông khi nhiệt độ trọng tâm thay đổi đều

Khi nhiệt độ bình quân của tấm bê tông giảm xuống, chiều dài của nó ngắn lại bộ phận hai đầu di động về giữa tấm. Khi nhiệt độ tăng lên thì tấm giãn nở từ giữa ra ngoài (trong cả hai trường hợp xem phần giữa của tấm là không di chuyển). Tuy nhiên sự ma sát của đáy tấm với lớp móng cản trở sự di chuyển đó. Lực cản lại sự di chuyển T tác dụng ở mặt dưới tấm (hình 2.10) và có giá trị là:

$$T = \frac{LBh\gamma f}{2}, \quad (2-50)$$

trong đó:

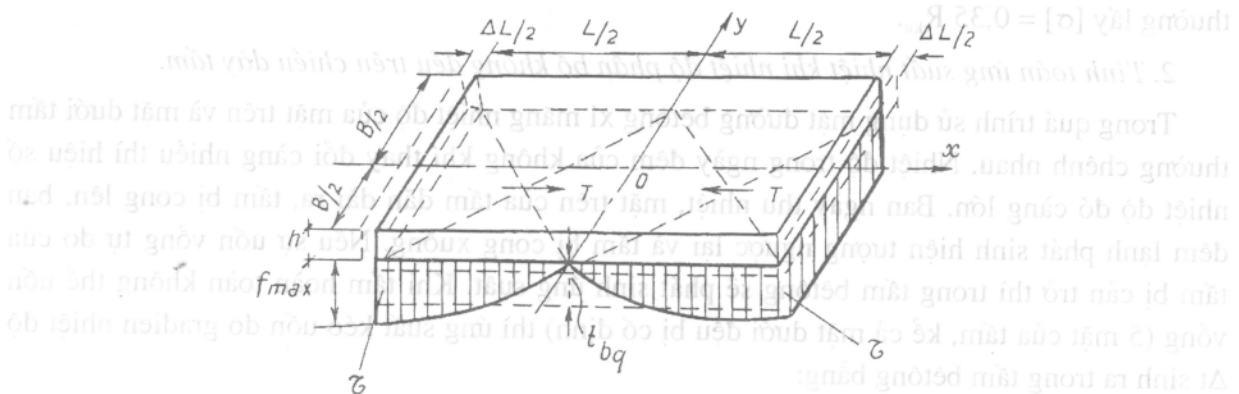
γ - Dung trọng bê tông ($\gamma = 0,0024 \text{ g/cm}^3$); L, B, h - Chiều dài, chiều rộng và chiều dày tấm (cm); f - Hệ số ma sát giữa đáy tấm và lớp móng.

Do lực T tác dụng lệch tâm (độ lệch tâm $e = \frac{h}{2}$) nên trong tấm xuất hiện ứng suất nhiệt σ xác định theo công thức:

$$\sigma = \frac{T}{Bh} \left(1 \pm \frac{6e}{h} \right) = \frac{T}{Bh} (1 \pm 3)$$

Trường hợp nguy hiểm nhất là khi tấm bị co ngắn, khi đó sẽ sinh ra ứng suất kéo ở thớ dưới của tấm. Thay T bằng giá trị của công thức 2-50:

$$\sigma = \frac{4LBh\gamma f}{2Bh} = 2\gamma Lf \dots \quad (2-51)$$



Hình 2.10. Sơ đồ tính toán ứng suất trong tấm bê tông xi măng khi nhiệt độ thay đổi đều.

Thiếu sót của công thức (2-51) là mới đánh giá gần đúng lực T khi xem hệ số ma sát giữa tấm và móng phân bố đều theo chiều dài tấm, vì vậy giáo sư Bab-kốp đã thay lại như sau:

$$\sigma = \frac{1,4(h\gamma \operatorname{tg} \varphi + C)L}{h}, \quad (2-52)$$

trong đó:

C, φ - lực dính và góc nội ma sát của lớp móng, tra bảng 2.17.

Bảng 2.17

Hệ số C, φ của các loại móng khác nhau

Vật liệu của lớp móng (nền)	C	$\operatorname{tg} \varphi$
Á sét	0,7	1
Lớp đệm cát	0,3	0,7
Lớp lót giấy dầu	0,5	0,9
Xỉ lò cao	0,9	0,8
Đá dăm chèn chèn	0,2	0,2
Á cát trộn nhựa	0,2 - 0,35	0,46 - 0,7
Á sét và á cát bột trộn nhựa	0,2 - 0,25	0,36 - 0,46
Sỏi sạn	0,5	0,58 - 0,84

Từ công thức (2-52) có thể tính được chiều dài tấm bê tông (khoảng cách giữa 2 khe co):

$$L = \frac{[\sigma]h}{1,4(h\gamma \operatorname{tg} \varphi + C)}, \quad (2-53)$$

trong đó $[\sigma]$ là ứng suất kéo uốn cho phép của bê tông khi tính toán dưới tác dụng của nhiệt độ, thường lấy $[\sigma] = 0,35 R_{ku}$.

2. Tính toán ứng suất nhiệt khi nhiệt độ phân bố không đều trên chiều dày tấm.

Trong quá trình sử dụng mặt đường bê tông xi măng nhiệt độ của mặt trên và mặt dưới tấm thường chênh nhau. Nhiệt độ trong ngày đêm của không khí thay đổi càng nhiều thì hiệu số nhiệt độ đó càng lớn. Ban ngày thu nhiệt, mặt trên của tấm dãn dài ra, tấm bị cong lên, ban đêm lạnh phát sinh hiện tượng ngược lại và tấm bị cong xuống. Nếu sự uốn vòng tự do của tấm bị cản trở thì trong tấm bê tông sẽ phát sinh ứng suất. Khi tấm hoàn toàn không thể uốn vòng (5 mặt của tấm, kể cả mặt dưới đều bị cố định) thì ứng suất kéo uốn do gradien nhiệt độ Δt sinh ra trong tấm bê tông bằng:

$$\sigma_0 = \frac{\alpha E_t \Delta t}{2(1 - \mu^2)}, \quad (2-54)$$

Trong trường hợp các tấm có tỷ số cạnh 1:1,5 trở lên công thức (2-54) đúng khi tấm bị uốn vòng theo mặt viên trụ.

Nếu tấm uốn vòng theo mặt cầu thì thay μ^2 bằng μ trong mẫu số.

Trường hợp sự uốn vòng của tấm bị cản trở một phần, Oetterogat - Braburi đề nghị tính ứng suất theo các công thức sau:

Ở cạnh tấm:

$$\sigma_c = \frac{C_x E_t \alpha \Delta t}{2} \quad (2-55)$$

Ở giữa tấm:

$$\sigma_x = \frac{E_t \alpha \Delta t}{2(1 - \mu^2)} (C_x + \mu C_y) \dots, \quad (2-56)$$

$$\sigma_y = \frac{E_t \alpha \Delta t}{2(1 - \mu^2)} (C_y + \mu C_x) \dots, \quad (2-57)$$

trong đó:

σ_c - Ứng suất uốn vòng theo hướng dọc ở cạnh tấm;

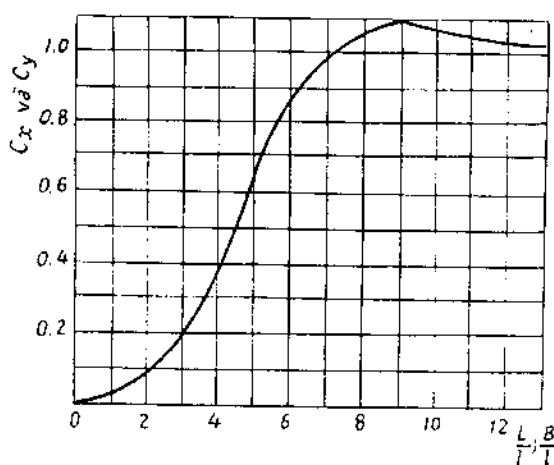
σ_x, σ_y - Ứng suất uốn vòng tác dụng theo hướng dọc và theo hướng ngang ở phần giữa tấm;

α - Hệ số giãn dài do nhiệt độ của bê tông, $\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;

E_t - Mô đun đàn hồi của bê tông xi măng khi chịu tác dụng của sự chênh lệch nhiệt độ lâu dài (từ 6 đến 9 giờ), thường lấy bằng $0,6E_b$ với E_b - mô đun đàn hồi của bê tông (kg/cm^2);

Δt - Gradient nhiệt độ giữa mặt trên và mặt dưới của tấm, theo số liệu đo được ở bang Arlington (Mỹ) có thể lấy gần đúng bằng $0,67h(^\circ\text{C})$ về ban ngày và bằng $0,22h(^\circ\text{C})$ về ban đêm, với h là chiều dày tấm bê tông tính bằng cm. Trong điều kiện nước ta có thể xác định Δt theo công thức (2-44);

C_x, C_y - Các hệ số tỷ lệ, thay đổi theo chiều dài tấm (l), chiều rộng tấm (B) và bán kính độ cứng tương đối (L) của tấm tính theo công thức (2-11) hoặc (2-17).



Hình 2.11. Giá trị của C_x, C_y trong các công thức (2-55), (2-56).

Giá trị của C_x , C_y có thể tra theo biểu đồ "Braburi" (hình 2.11), hoặc có thể tính theo công thức sau:

$$C_x \text{ hoặc } C_y = 1 - \frac{2 \cos \lambda \cdot \cos h\lambda}{\sin 2\lambda + \sin h\lambda} (\operatorname{tg} \lambda + \operatorname{tg} h\lambda) \quad (2.58)$$

Trong đó khi tính C_x thì lấy $\lambda = \frac{1}{L\sqrt{8}}$, khi tính C_y thì $\lambda = \frac{B}{L\sqrt{8}}$.

Qua tính toán nhận thấy là ứng suất nhiệt sinh ra do sự uốn vòng của tấm bị hạn chế thường lớn hơn 1,5 lần so với ứng suất sinh ra do sự ma sát giữa tấm và móng khi nhiệt độ thay đổi đều. Trong điều kiện khí hậu của Việt Nam ở khu vực Hà Nội trị số ứng suất này có thể đạt đến $15 \div 20 \text{ kG/cm}^2$, bằng $30 \div 50\%$ cường độ chịu uốn của bê tông mác 300.

2.7. CÁC THAM SỐ THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

Khi thiết kế mặt đường bê tông xi măng, trước hết cần phải xác định các tham số thiết kế trong đó có tải trọng thiết kế, hệ số an toàn của bê tông, cường độ của bê tông xi măng, các đặc trưng tính toán của nền đất, v.v...

1. Tải trọng thiết kế.

Khi tính toán chiều dày mặt đường bê tông xi măng không lấy tải trọng lớn nhất có thể chạy trên đường làm tải trọng thiết kế, mà lấy tải trọng của loại xe tương đối nặng thường xuyên chạy trên đường làm căn cứ tính toán. Khi chọn tải trọng thiết kế như vậy thì số lần trùng phục tăng lên làm cho bê tông mặt đường bị mỏi, do đó khi tính toán phải dùng hệ số an toàn tương đối lớn - Đồng thời phải nghiệm toán lại với tải trọng của xe nặng nhất có thể chạy trên đường. Khi nghiệm toán sẽ dùng hệ số an toàn tương đối thấp.

Theo quy định của Liên Xô 1977, tải trọng thiết kế của mặt đường cứng cũng lấy giống như tải trọng thiết kế mặt đường mềm (bảng 2.18).

Hiện nay việc quy định tải trọng thiết kế ở mỗi nước một khác. Ví dụ các nước Áo, Ý, Thụy Sĩ, Tây Đức, Tiệp, $P = 5T$ (tải trọng trục bánh 10T); các nước Pháp, Bỉ, Tây Ban Nha, $P = 6,5T$ (tải trọng trục bánh 13T), riêng nước Anh dùng $P = 5,5T$ (tải trọng trục bánh 11T).

Khi trên đường có xe xích chạy qua, phải nghiệm toán với tải trọng xe xích. Khi nghiệm toán có thể không tính hệ số xung kích và dùng hệ số giảm cường độ 0,65. Các chỉ tiêu chủ yếu của xe xích cho ở bảng 2.19.

2. Hệ số xung kích.

Tỷ số giữa lực tác dụng khi bánh xe va đập với mặt đường trên tải trọng tĩnh gọi là hệ số xung kích (hệ số động). Thí nghiệm cho thấy hệ số xung kích giảm khi tải trọng bánh xe tăng và tăng lên khi tốc độ xe chạy tăng lên. Ngoài ra hệ số xung kích còn liên quan với độ bằng phẳng của mặt đường và cấu tạo giảm chấn của ô tô.

Bảng 2.18

Các chỉ tiêu chủ yếu của tải trọng tính toán mặt đường cứng và mặt đường mềm của Liên Xô cũ

Đường	Nhóm tải trọng	Tải trọng tính lớn nhất trên trục đơn Q, (KG)	Áp lực tính toán trên lớp mặt p, KG/cm ²	Đường kính tính toán của vết bánh D, (cm)
Mạng lưới chung	Nhóm A			
	ô tô	10.000	6	33
	ô tô buýt	11.500	6	35
	Nhóm B			
	ô tô	6.000	5	28
Đường thành phố	ô tô buýt	7.000	5	30
	H30	12.000	6	36
	H10	9.50	5,5	33

Bảng 2.19

Các chỉ tiêu chủ yếu của xe xích

Chỉ tiêu	Đơn vị	Loại xe xích	
		T.80	T.60
Áp lực bánh xích	T/m	-	6
Chiều dài vết bánh xích	m	-	5,0
Chiều rộng bánh xích	m	0,8	0,7
Khoảng cách giữa 2 tim bánh xích	m	2,7	2,6

Với ô tô H10 lấy hệ số xung kích là 1,20 và với ô tô H30, ô tô buýt thì hệ số xung kích là 1,15. Trong giá trị các hệ số xung kích trên đây đã xét đến sự phân bố lại tải trọng giữa các bánh xe khi chạy trên đường không bằng phẳng gây ra.

3. Hệ số an toàn xét đến sự mỏi của bê tông.

Tải trọng trùng phục do xe chạy nhiều lần trên mặt đường bê tông sẽ gây ra trạng thái mỏi trong bê tông và là một nguyên nhân quan trọng làm hư hỏng mặt đường. Thí nghiệm cho thấy dưới tác dụng của tải trọng trùng phục, vật liệu có thể bị phá hoại khi ứng suất thấp hơn cường độ giới hạn của nó rất nhiều. Ứng suất phát sinh trong vật liệu dưới tác dụng của tải trọng trùng phục càng nhỏ thì số lần trùng phục mà vật liệu chịu đựng được trước khi phá hoại sẽ càng lớn. Theo Viện nghiên cứu khoa học đường bộ Liên Xô cũ thì hệ số an toàn mà mặt đường bê tông xi măng có thể chịu đựng được dưới tác dụng của tải trọng trùng phục như ở bảng 2.20.

Từ các số liệu ở bảng 2.20 ta thấy trên đường có nhiều xe nặng chạy nếu lấy hệ số an toàn $\geq 2,0$ thì mặt đường sẽ lâu bị phá hoại.

Bảng 2.20*Hệ số an toàn xét đến sự trùng phục của tải trọng*

Tỷ lệ % ứng suất phá hoại của bê tông xi măng trên cường độ giới hạn	Số lần trùng phục cho đến khi phá hoại	Hệ số an toàn
(80 - 85%) R_{ku}	1.400	1,2 ÷ 1,5
77% R_{ku}	4.500 - 5.000	1,30
55% R_{ku}	150.000 - 200.000	1,82
52,5% - 50%	1.000.000	1,90 - 2,0
≤ 50%	1.500.000	≥ 2,0
	(còn chưa bị phá hoại)	

Trường Đại học đường ô tô Mátxcova (MADI) và Viện nghiên cứu bê tông cốt thép (N.I.I.J.Ba) của Liên Xô đã đề nghị xác định hệ số an toàn do mỏi của bê tông theo mật độ giao thông tổng cộng N vào cuối thời kỳ phục vụ của đường theo công thức:

$$K_y = 1,08(N)^{-0,063} \dots \quad (2-59)$$

trong đó
$$N = n \frac{q^T - 1}{q - 1} \sum N_p \quad (2-60)$$

Với $n = 365$ - Số ngày đêm trong một năm;

q - Công bội tăng xe hàng năm, với đường ô tô ngoài thành phố thường thay đổi trong phạm vi từ 1,05 đến 1,15;

T - Thời hạn phục vụ của mặt đường (tuổi thọ của mặt đường), với mặt đường bê tông xi măng $T = 30$ năm;

$\sum N_p$ - Mật độ của các loại ô tô chạy trong 1 ngày đêm theo một hướng và trên một làn xe đã tính đổi về xe tính toán.

$$\sum N_p = \sum K_i N_i \dots \quad (2-61)$$

$$K_i = \left(\frac{P_i}{P} \right)^{4,64} \quad (2-62)$$

N_i - Số lần đi qua của ô tô trọng lượng P_i (xe/ngày đêm);

K_i - Hệ số tính đổi từ ô tô tải trọng P_i về ô tô tính toán (xem bảng 2.21);

P - Tải trọng trên bánh xe của ô tô tính toán (kG);

P_i - Tải trọng trên bánh xe của ô tô cần tính đổi.

4. Cường độ của bê tông xi măng

Cường độ là đặc tính chủ yếu nhất của bê tông làm đường. Thường dùng hai chỉ tiêu cường độ: cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ chịu nén, trong đó cường độ kéo uốn là chỉ tiêu chủ yếu của bê tông không cốt thép. Cường độ chịu nén là đặc tính chủ yếu của độ chống mòn của bê tông làm đường. Kết quả nghiên cứu cho thấy nếu dùng bê tông có cường độ chịu nén trên 300 kg/cm^2 thì sẽ bảo đảm cường độ chống mài mòn dưới tác dụng của xe chạy.

Mô đun đàn hồi của bê tông cũng là một tham số tính toán chủ yếu, đặc trưng cho khả năng biến dạng của bê tông dưới tác dụng của hoạt tải. Vì tấm bê tông làm việc chủ yếu trong giai đoạn đàn hồi, chịu tác dụng của tải trọng tức thời cho nên dùng trị số mô đun đàn hồi đo được trong thí nghiệm kéo uốn khi ứng suất của bê tông bằng 0,2 ứng suất phá hoại. Tuy nhiên trị số mô đun đàn hồi khi nén và khi uốn gần giống nhau nên có thể lấy theo mức bê tông.

Bảng 2.21

Hệ số tính đổi về ô tô tính toán

Loại tải trọng	Giá trị của hệ số K_1 khi tải trọng trên trục của ô tô tính đổi (T)							
	4	6	7	8	9,5	10	11,5	12
Nhóm A								
Ô tô	0,02	0,10	0,36	0,43	0,68	1,0	-	-
Ô tô buýt	0,01	0,50	0,18	0,21	0,34	0,5	1,0	-
Nhóm B								
Ô tô	0,20	1,00	-	-	-	-	-	-
Ô tô buýt	0,03	0,05	1,00	-	-	-	-	-
H 30	0,01	0,05	0,18	0,22	0,35	0,5	0,8	1,0
H 10	0,03	0,15	0,55	0,65	1,00	-	-	-

Các chỉ tiêu cường độ và mô đun đàn hồi của bê tông làm đường đã cho ở bảng 1.1 và sẽ giới thiệu kỹ ở chương III.

5. Các đặc trưng tính toán của nền đất.

Cường độ của nền đất trong kết cấu mặt đường bê tông xi măng cũng được biểu thị bằng mô đun đàn hồi hoặc mô đun biến dạng. Nhưng do độ lún của tấm bê tông dưới tác dụng của tải trọng là rất nhỏ và đường kính của diện tích phân bố tải trọng dưới tấm bê tông lên đến 2-3m, nên biến dạng tương đối của bề mặt nền đất nhỏ, chỉ bằng khoảng 0,0001 - 0,005. Vì vậy trị số tính toán của mô đun biến dạng của nền đất dưới tấm bê tông được lấy cao hơn mô đun biến dạng dưới mặt đường mềm từ 3-4 lần, và được xem như là mô đun đàn hồi.

Bảng 2.22

Các đặc trưng tính toán của nền đất

Đất	Đặc trưng của đất	Giá trị tính toán của đất ứng với độ ẩm tương đối so với giới hạn chung						
		0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Á cát nhẹ (không bụi)	E (kG/cm ²)	450	420	390	370	350	-	-
	φ (độ)	35	35	34	34	33	-	-
	C (kG/cm ²)	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	-	-
Á cát bụi, á sét và sét	E (kG/cm ²)	600	420	340	280	240	210	200
	φ (độ)	24	21	18	15	13	11	10
	C (kG/cm ²)	0,32	0,26	0,19	0,15	0,10	0,07	0,05
Cát hạt lớn và cát sỏi	E (kG/cm ²)	1300	(không phụ thuộc độ ẩm) (nt)					
	φ (độ)	43						
Cát hạt vừa	E (kG/cm ²)	1200						
	φ (độ)	40						

Theo quy định của Liên Xô cũ, giá trị của môđun đàn hồi của nền đất dùng khi thiết kế mặt đường cứng cũng lấy giống như trị số môđun đàn hồi của nền đất dùng khi thiết kế mặt đường mềm (bảng 2.22).

Nếu đã làm thí nghiệm xác định môđun biến dạng của nền đất, thì có thể căn cứ vào đường cong $p - \lambda$ thực đo để tính ra môđun ứng với biến dạng tương đối λ .

Dựa theo lý thuyết tấm trên nền đàn hồi *Séchéchia* đã tìm được áp lực lớn nhất mà tấm truyền trên nền đất σ_0 dưới tác dụng của lực tập trung P là:

$$\sigma_0 = 0,19 Pa^2 \dots, \quad (2-63)$$

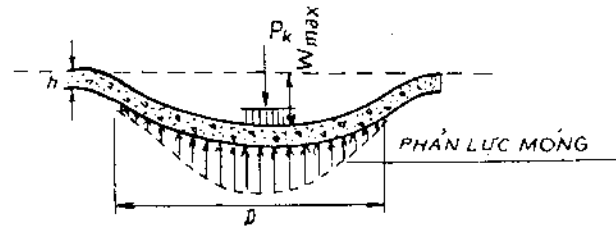
$$\text{Trong đó: } a = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{6E_0}{E}}$$

Giả thiết áp lực σ_0 phân bố đều trên diện tích vòng tròn đường kính D (hình 2.12) thì giữa D và σ_0 có quan hệ sau:

$$\sigma_0 = \frac{4P}{\pi D^2} \dots \quad (2-64)$$

Từ (2-63) và (2-64) ta có:

$$D = \frac{2,58}{a} = 1,42h \sqrt[3]{\frac{E}{E_0}} \dots \quad (2-65)$$



Hình 2.12

Trị số độ võng khi tấm bê tông chịu uốn tính theo bảng 2.1 của Sêchchia là:

$$l_{\max} = 0,385 \frac{Pa(1 - \mu_0^2)}{E_0} \dots \quad (2-66)$$

Từ các công thức (2-66) và (2-65) sẽ tính được λ của lớp mặt nền đất dưới mặt đường cứng, sau đó dựa theo đường cong thực nghiệm $p-\lambda$ để tìm ra E_0 .

Do trong các công thức trên có chứa E_0 và h nên trước hết phải giả định E_0 và h rồi tính mò dần.

Khi sử dụng phương pháp *Oetterogat* thì phải xác định hệ số nền K (kg/cm^3).

Hệ số nền K là áp lực đơn vị dưới tấm ép có đường kính $D = 760\text{mm}$ để gây nên một độ lún là $0,127\text{ cm}$ và được tiến hành thí nghiệm trong điều kiện bất lợi nhất có thể xảy ra trong nền đất sau khi xây dựng mặt đường.

Do phương pháp thí nghiệm xác định hệ số nền khá phức tạp nên theo kiến nghị quy trình thiết kế mặt đường cứng của tổ chức OSJD năm 1976 có thể thay bằng phương pháp đo mô đun đàn hồi tĩnh E_p bằng cách nén tấm ép có đường kính $D = 300 - 350\text{mm}$ khi đất có độ đồng nhất đến độ sâu 1m và tính đổi theo công thức:

$$K = \frac{E_p}{125} \left(\text{kg/cm}^3 \right) \quad (2-67)$$

Bảng 2.23

Các đặc trưng tính toán của vật liệu lớp móng

Vật liệu	Mô đun đàn hồi $E(\text{kg/cm}^2)$	Cường độ kéo uốn giới hạn (kg/cm^2)	Các tham số xác định sức chịu cắt		Chú thích
			φ (độ)	$C(\text{kg/cm}^2)$	
1	2	3	4	5	6
Vật liệu đá địa phương cường độ thấp, trong đó có cả đá thải của xí nghiệp nghiền đá, gia cố xi măng poóc lăng.	3000 ÷ 4500	3 ÷ 4	-	-	Trị số thấp là ứng với đá sỏi.
Vật liệu đá dăm và đá sỏi thành phần chọn lọc bằng đá không thấp hơn cấp 3 gia cố xi măng poóc lăng với số lượng:					
6 - 7%	6000 ÷ 7000	6 ÷ 8	-	-	nt
4 - 5%	4000 ÷ 5000	4 ÷ 6	-	-	nt
Đá dăm tiêu chuẩn rải theo phương pháp đá chèn đá					
bằng đá cấp 1-2	4000 ÷ 4500	-	-	-	Trị số cao ứng với đá gốc vôi
bằng đá cấp 3	3500	-	-	-	
Đá dăm kích cỡ mở rộng					
bằng đá cấp 1-2	3000 ÷ 3500	-	-	-	
bằng đá cấp 3	2500	-	-	-	
bằng đá cấp 4	2000	-	-	-	

1	2	3	4	5	6
Vật liệu sỏi sạn phụ thuộc vào thành phần hạt					
Các hạt > 2mm. Các hạt < 0,5mm					
> 85% < 3%	2500 ÷ 2700	-	45	0,2 ÷ 0,5	
" 70% " 7%	2000 ÷ 2300	-	42	0,2 ÷ 0,5	
" 60% " 10%	1700 ÷ 2000	-	37	0,2 ÷ 0,5	
" 50% " 12%	1500 ÷ 1700	-	35	0,2 ÷ 0,5	
Đá có thành phần hạt tốt nhất gia cố xi măng poóc lăng số lượng					
4%	2000	1,5	-	-	
6%	3000	2,5	-	-	
8%	4000	3,5	-	-	
10%	5000	4,0	-	-	
Đất á cát nhẹ và cát với các loại hạt khác nhau gia cố xi măng poóc lăng số lượng					
4%	1800	1,0	-	-	
6%	2800	1,5	-	-	
8%	3500	2,0	-	-	
Đất á cát bột và á sét gia cố xi măng poóc lăng số lượng					
4%	2000	1,2	-	-	
6%	2500	1,6	-	-	
8%	2800	2,0	-	-	
Bê tông nghèo bằng đá sỏi	75000				
Bê tông xi măng mác 150	150.000		-	-	-
Bê tông xi măng mác 200	180.000		-	-	

Hệ số nền trên mặt của lớp móng gia cố được tính theo công thức (2-68) (hình 2.13) của Áysinmen (Eisenman):

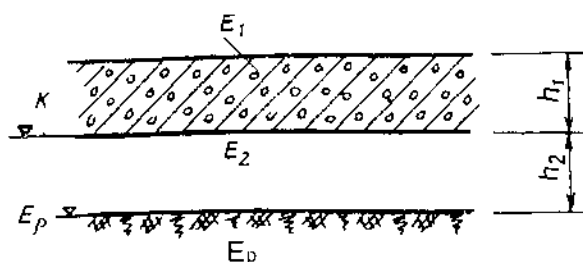
$$K = \frac{E_p}{(h_1^*)^2 \left[\frac{1}{h^*} - \frac{h_2}{h^*} \left(\frac{1}{h^*} - \frac{1}{h_1^*} \right) \right]} \quad (\text{kG/cm}^3) \quad (2-68)$$

Trong đó:

$$h_1^* = 0,9h_1 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_p}} \quad (\text{cm})$$

$$h_2^* = 0,9h_2 \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_p}} \quad (\text{cm})$$

$$h^* = h_1^* + h_2^* \quad (\text{cm})$$



Hình 2-13 .

E_1 - môđun đàn hồi của lớp mặt chiều dày h_1 ;

E_2 - môđun đàn hồi của lớp móng gia cố chiều dày h_2 ;

E_p - môđun đàn hồi tĩnh của lớp đất không gia cố được xác định bằng cách nén tấm ép có đường kính $D = 300 - 350\text{mm}$ theo phương pháp tĩnh.

$$E_p = 1,5 \frac{\Delta p \cdot r}{\Delta S} \dots \quad (2-69)$$

Với

$$\Delta P = P_2 - P_1;$$

$$P_2 = 0,7 P_{\max}; P_1 = 0,3 P_{\max};$$

$P_{\max}$ = Pha cuối cùng của cấp tải trọng đầu.

$$\Delta S = S_2 - S_1;$$

Với: S_2 - Độ lún của tấm ép dưới tải trọng P_2 ;

S_1 - Độ lún của tấm ép dưới tải trọng P_1 ;

r - Bán kính tấm ép.

6. Các đặc trưng tính toán của vật liệu làm lớp móng

Có thể tham khảo các số liệu ở bảng 2.23.

2.8. TÍNH LỚP MÓNG DƯỚI TẤM MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG

Mặc dù các tấm mặt đường bê tông xi măng đều đặt trên các lớp móng nhân tạo (xem mục 3.1), mô hình của kết cấu mặt đường bê tông xi măng thường là mô hình ba lớp: tấm bê tông, lớp móng nhân tạo, nền đất, nhưng cho đến nay vẫn chưa có một phương pháp tính toán nào có lý luận chặt chẽ để tính loại kết cấu này.

Các phương pháp thiết kế mặt đường bê tông xi măng hiện dùng (như các phương pháp của Oettergat, Sêchchia, Gorbunôp - Pôsadôp) nêu trong chương này đều dựa trên lời giải của bài toán tính "Tấm trên nền đàn hồi" là không thích hợp để tính toán các kết cấu mặt đường bê tông đặt trên lớp móng nhân tạo (nhất là các lớp móng gia cố) vì bản thân mô hình "Tấm trên nền đàn hồi" là mô hình hai lớp (tấm bê tông và nền đàn hồi).

Do hiện nay đại bộ phận các lớp móng dưới tấm bê tông xi măng đều là móng gia cố hoặc móng bê tông nghèo có độ cứng rất lớn, không thể bỏ qua ảnh hưởng của lớp móng đến sự làm việc của tấm bê tông mặt đường nên gần đây nhiều tác giả đã đề xuất một số phương pháp tính lớp móng dưới mặt đường bê tông xi măng. Tuy nhiên phần lớn các phương pháp này đều là các phương pháp gần đúng và có nhiều chỗ chưa thật hợp lý.

Có thể chia các phương pháp tính toán này thành hai nhóm:

1. Xác định chiều dày lớp móng trên cơ sở bảo đảm cho các thiết bị thi công và ô tô vận chuyển bê tông có thể đi lại và làm việc trên đó, rồi tính chiều dày tấm bê tông có xét đến ảnh hưởng của lớp móng đó.

Ảnh hưởng của lớp móng được xét đến trong hệ số nền tương đương K_{td} hoặc trong môđun đàn hồi tương đương E_{td} trên bề mặt lớp móng, với hệ số nền tương đương xác định theo công thức (2-68) của Áysinmen (xem 2.7), còn môđun đàn hồi tương đương thì xác định theo phương pháp dẫn tảng của Kogan.

Tìm được K_{td} hoặc E_{td} thì thay vào công thức của Oettergat hoặc công thức của Sêchchia, Gorbunôp - Pôsađôp.

Theo cách tính toán này thì do làm một lớp móng cứng bằng cát gia cố xi măng dày 15 cm có thể giảm thiểu chiều dày tấm bê tông xuống 2cm, tuy nhiên nếu tiếp tục tăng chiều dày lớp móng lên nữa thì chiều dày tấm bê tông chỉ giảm xuống rất ít, khi lớp móng dày hơn 30cm thì chiều dày lớp móng không ảnh hưởng đến chiều dày tấm.

2. Các phương pháp tính chiều dày lớp móng căn cứ vào điều kiện không cho phép xuất hiện biến dạng dẻo trong nền đất:

a. Phương pháp Krivitski

Điều kiện không cho phép xuất hiện biến dạng dẻo (trượt) trong nền đất và trong vật liệu kèm dính của lớp móng dưới tấm mặt đường bê tông xi măng do tác dụng của tải trọng trùng phức cũng tương tự như với kết cấu mặt đường mềm:

$$\tau_{aM} + \tau_{aB} \leq kC_d \quad (2-70)$$

trong đó:

τ_{aM} - Ứng suất cắt hoạt động lớn nhất do hoạt tải gây ra dưới mặt đường bê tông xi măng;

τ_{aB} - Ứng suất do tĩnh tải (trọng lượng bản thân của các lớp kết cấu phía trên) gây ra;

C_d - Lực dính tiêu chuẩn của đất, tra bảng 2.22;

k - Hệ số xét đến ảnh hưởng của sự trùng phức tải trọng và của các nhân tố khác.

τ_{aM} được xác định qua việc nghiên cứu trạng thái ứng suất tại điểm cân bằng giới hạn trong nền đất qua vòng tròn Mohr dưới tác dụng của lực tập trung P trên tấm bê tông xi măng:

$$\tau_{aM} = \frac{P_l}{2L^2 \cos \varphi} [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi] \quad (2-71)$$

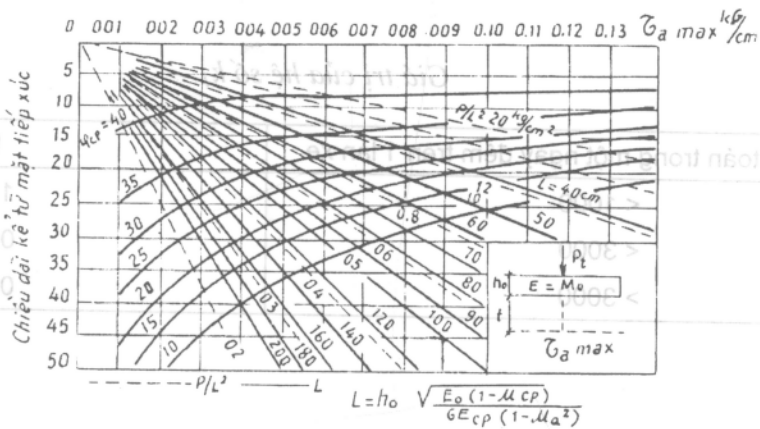
Với P_l - Tải trọng tính toán: $P_l = 1,2P$;

L - Đặc trưng đàn hồi của tấm;

φ - Góc nội ma sát của đất hoặc vật liệu lớp móng;

σ_1 và σ_3 - Ứng suất chính lớn nhất và nhỏ nhất trong điểm cân khảo sát theo trục của diện tích chịu tải.

Để đơn giản tính toán Giêlêdnikôp đã lập toán đồ xác định τ_{aM} theo công thức (2-71), tương tự như các toán đồ của Krivitski. Chỗ khác nhau của toán đồ này (hình 2.14) so với toán đồ của Krivitski là xem tải trọng tác dụng trên lớp móng (hoặc nền đất) được phân bố trên một diện tích là L^2 .



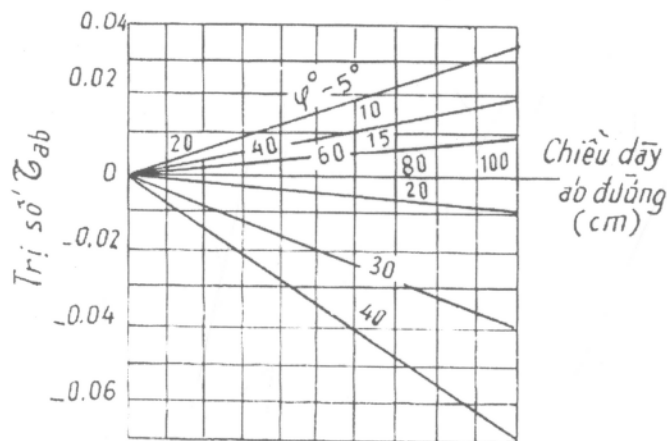
Hình 2.14. Toán đồ xác định τ_{aM} dưới mặt đường bê tông xi măng.

τ_{aB} cũng được xác định theo toán đồ (hình 2.15) giống như khi tính toán mặt đường mềm. Hệ số k được xác định theo công thức:

$$k = k_1 k_2 \dots \quad (2-72)$$

trong đó:

k_1 - Hệ số xét đến sự không đồng nhất của điều kiện làm việc của mặt đường cứng theo chiều dài đường, lấy theo bảng 2.24.



Hình 2.15. Toán đồ xác định τ_{aB} .

k' - Hệ số tổng hợp xét đến tác dụng trùng phục của tải trọng, sự làm việc khác nhau giữa thanh truyền lực và ngàm ở khe nối, sự phân bố hoạt tải trên một diện tích lớn do ảnh hưởng của lớp móng cứng và xét đến ảnh hưởng của cạnh và góc tấm, k' lấy theo bảng 2.25.

b. Tính chiều dày lớp móng dưới tấm bê tông xi măng căn cứ vào trị số ứng suất nén giới hạn xuất hiện trong lớp móng (xem mục 3.2).

Bảng 2.24*Giá trị của hệ số k_1*

Số ô tô tính toán trong một ngày đêm trên 1 làn xe	k_1
< 1000	1,00
< 3000	0,85
> 3000	0,75

Bảng 2.25*Giá trị của hệ số k'*

Loại móng nhân tạo	Giá trị của k' khi các tấm bê tông	
	Liên kết bằng thanh truyền lực	Liên kết tự do
Gia cố xi măng	0,65	0,75
Vật liệu hạt gia cố nhựa	0,75	0,65

CHƯƠNG III

CÁC PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG THƯỜNG DÙNG Ở NƯỚC NGOÀI

Hiện nay trên thế giới đang tồn tại hàng chục phương pháp thiết kế mặt đường cứng khác nhau, mỗi nước dùng một phương pháp thích hợp với điều kiện riêng của mình, thậm chí có nước đang sử dụng đồng thời hai ba phương pháp thiết kế khác nhau.

Mấy thập kỷ gần đây cùng với sự xuất hiện nhiều loại kết cấu mặt và móng đường cứng mới như mặt đường bê tông cốt thép liên tục, mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu, lớp móng cấp phối đá gia cố xi măng nên ngoài những phương pháp thiết kế kết cấu mặt đường cứng quen thuộc lại có thêm các phương pháp tính toán các loại kết cấu mặt đường mới trên đây.

Vì vậy trong chương này chỉ tập trung giới thiệu một số phương pháp có tính chất đại diện:

1. Các phương pháp thực nghiệm.

- Phương pháp của AASHTO dựa trên kết quả thí nghiệm đường được tiến hành ở Mỹ trong các năm 1959 - 1960, sử dụng hệ số nền k (môđun phản ứng nền).

- Phương pháp của Vương quốc Anh theo Road Note 29 sử dụng chỉ tiêu CBR để xác định năng lực chịu tải của nền đường.

2. Các phương pháp lý thuyết dựa trên lời giải của bài toán "Tấm trên nền đàn hồi":

- Phương pháp của Liên Xô cũ, sử dụng môđun đàn hồi để đặc trưng cho cường độ của nền đường.

- Phương pháp Westergaard, - Shokter, Mednicov là phương pháp được sử dụng trong tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm 22TCN 223-95.

3. Phương pháp thiết kế mặt đường bê tông của Pháp, sử dụng lời giải của bài toán "bán không gian nhiều lớp đàn hồi" của Burmister.

3.1. THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG CỨNG THEO PHƯƠNG PHÁP CỦA AASHTO

Phương pháp thiết kế được giới thiệu dưới dạng các toán đồ giải các phương trình thực nghiệm rút ra được từ kết quả của đợt thí nghiệm đường của AASHTO tiến hành trong hai năm 1959-1960 ở Mỹ, có sửa chữa qua phân tích lý thuyết - Các phương trình này được tìm ra dựa trên những giả thiết sau:

(1) Các phương trình cơ bản biểu thị mối tương quan giữa sự giảm khả năng phục vụ, lượng giao thông và chiều dày mặt đường. Sự giảm khả năng phục vụ được biểu thị qua chỉ số phục vụ, lượng giao thông được biểu thị bằng số lần trùng phục của các trục bánh tiêu chuẩn, còn chiều dày mặt đường thì biểu thị trực tiếp bằng inch.

(2) Phương trình cơ bản tìm được từ một loại đất nền đường duy nhất, có thể mở rộng áp dụng cho các loại đất nền khác nhờ thang môđun phản ứng nền k .

(3) Cũng như với mặt đường mềm, sự không đổi của tải trọng trục trong hai năm làm thí nghiệm có thể mở rộng cho các tải trọng trục thay đổi tác dụng trong niên hạn thiết kế của mặt đường bằng cách sử dụng các hệ số tính đối tượng đương.

(4) Phương trình cơ bản chỉ được lập cho một mác bê tông, có thể mở rộng cho các mác bê tông khác bằng cách sử dụng thang ứng suất làm việc của bê tông f_t .

(5) Có thể xây dựng công trình đạt chất lượng cao và đồng đều nếu bảo đảm dung trọng, loại và chất lượng của vật liệu và độ bằng phẳng của mặt đường theo hướng dọc và hướng ngang.

1. Các tính chất của bê tông và các chi tiết của tấm bê tông

Cường độ kéo uốn của bê tông trên đoạn đường thí nghiệm vào khoảng 600 lb/in² (42 kG/cm²) ở 28 ngày tuổi. Nếu cường độ của bê tông khác với trị số này thì ứng suất làm việc (f_t) được lấy bằng 0,75 x cường độ giới hạn ở 28 ngày tuổi xác định bằng thí nghiệm AASHTO T97.

Môđun đàn hồi tĩnh của bê tông lấy trung bình là 4.200.000 lb/in² (294.000 kG/cm²). Theo hướng dẫn thiết kế của Mỹ thì không cần bố trí khe dãn, trừ với các tấm bê tông tiếp giáp với các kết cấu cố định. Trong trường hợp này chiều rộng khe dãn thường vào khoảng 20 ÷ 25mm. Khe co có thể xẻ trong bê tông cứng hoặc trong bê tông ướt. Khe phải có chiều sâu vào khoảng $\frac{1}{4}h$ (h - chiều dày tấm) và phải bảo đảm việc truyền tải trọng thích đáng. Các khe dọc được sử dụng để ngăn ngừa xuất hiện các đường nứt không quy cách và có thể làm theo kiểu khe ngầm hoặc khe giả.

Thiết bị truyền lực là thanh thép tròn, đường kính, chiều dài và khoảng cách giữa các thanh cho ở bảng 3-1.

Bảng 3-1

Chi tiết của các thanh truyền lực của AASHTO

Chiều dày mặt đường (in)	Đường kính thanh truyền lực (in)	Chiều dài thanh (in)	Khoảng cách giữa các thanh (in)
6	3/4	18	12
7	1	18	12
8	1	18	12
9	1 $\frac{1}{4}$	18	12
10	1 $\frac{1}{4}$	18	12

2. Cốt thép

Mục đích của việc bố trí cốt thép trong mặt đường bê tông không phải để ngăn ngừa sự xuất hiện các đường nứt mà chỉ để giữ cho các đường nứt đã hình thành không mở rộng, bảo toàn sự dính bám của cốt liệu.

Diện tích mặt cắt ngang của cốt thép yêu cầu A_s trên một đơn vị chiều rộng tấm bê tông được xác định theo công thức:

$$A_s = \frac{FLW}{2f_s}$$

trong đó: F - hệ số ma sát giữa tấm và móng;
 L - khoảng cách giữa các khe ngang hoặc khe dọc;
 W - khối lượng của mặt đường trên một đơn vị chiều rộng;
 f_s - ứng suất cho phép của cốt thép.

Có thể xác định A_s bằng đồ thị cho ở hình 3-1.

3. Chiều dày tấm bê tông

Chiều dày tấm bê tông được xác định theo các toán đồ 3-2 và 3-3 với các khả năng phục vụ cuối cùng tương ứng là 2,5 và 2,0 khi đã biết ứng suất cho phép (f_t), mô đun phản ứng nền (K) và số lần tác dụng của tải trọng trục bánh dự kiến.

Ví dụ sử dụng toán đồ (xem trên các hình 3-2, 3-3).

3.2. PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG CỨNG CỦA ANH (Theo Road Note 29)

Mặt đường bê tông xi măng có thể xuất hiện ứng suất do các nguyên nhân sau:

(1) Do xi măng bị co rút khi đông cứng và xuất hiện các đường nứt dè. Có thể khống chế không cho xuất hiện các đường nứt bất kỳ bằng cách làm khe co, bằng cách làm tốt công tác bảo dưỡng bê tông, giảm tỷ lệ mất nước trong tấm bê tông trong thời gian đầu.

(2) Tác dụng của nhiệt độ, sinh ra ứng suất do việc co, giãn tự do của tấm (khi nhiệt độ giảm hoặc tăng so với nhiệt độ lúc đổ bê tông) bị cản trở và ứng suất uốn vòng sinh ra khi có sự chênh lệch nhiệt độ ở đỉnh và đáy tấm bê tông. Có thể khống chế bằng cách bố trí các khe co, giãn và khe uốn vòng trong mặt đường bê tông.

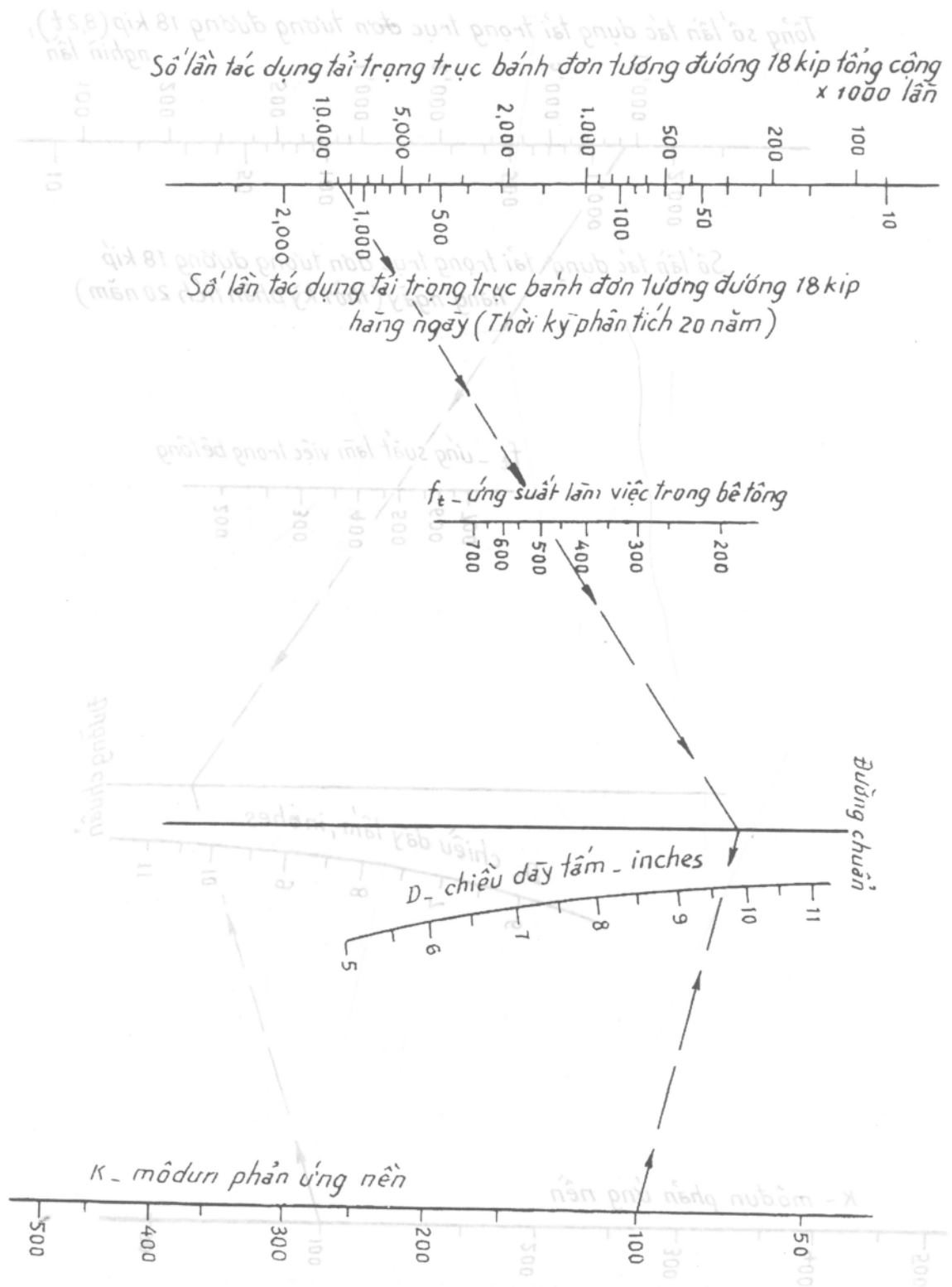
(3) Ứng suất do tải trọng gây ra.

Tấm không bị phá hoại khi ứng suất của bánh xe gây ra một lần trong tấm bê tông lớn hơn cường độ giới hạn của bê tông mà bị phá hoại sau nhiều lần tác dụng lặp lại của tải trọng - Thường thì tấm bị phá hoại sau khoảng 5.000 lần tác dụng của tải trọng gây ra ứng suất bằng khoảng 60% cường độ giới hạn của bê tông. Khi ứng suất do tải trọng gây ra nhỏ hơn 50% cường độ giới hạn thì sự phá hoại do mỏi của tấm bê tông ít xảy ra.

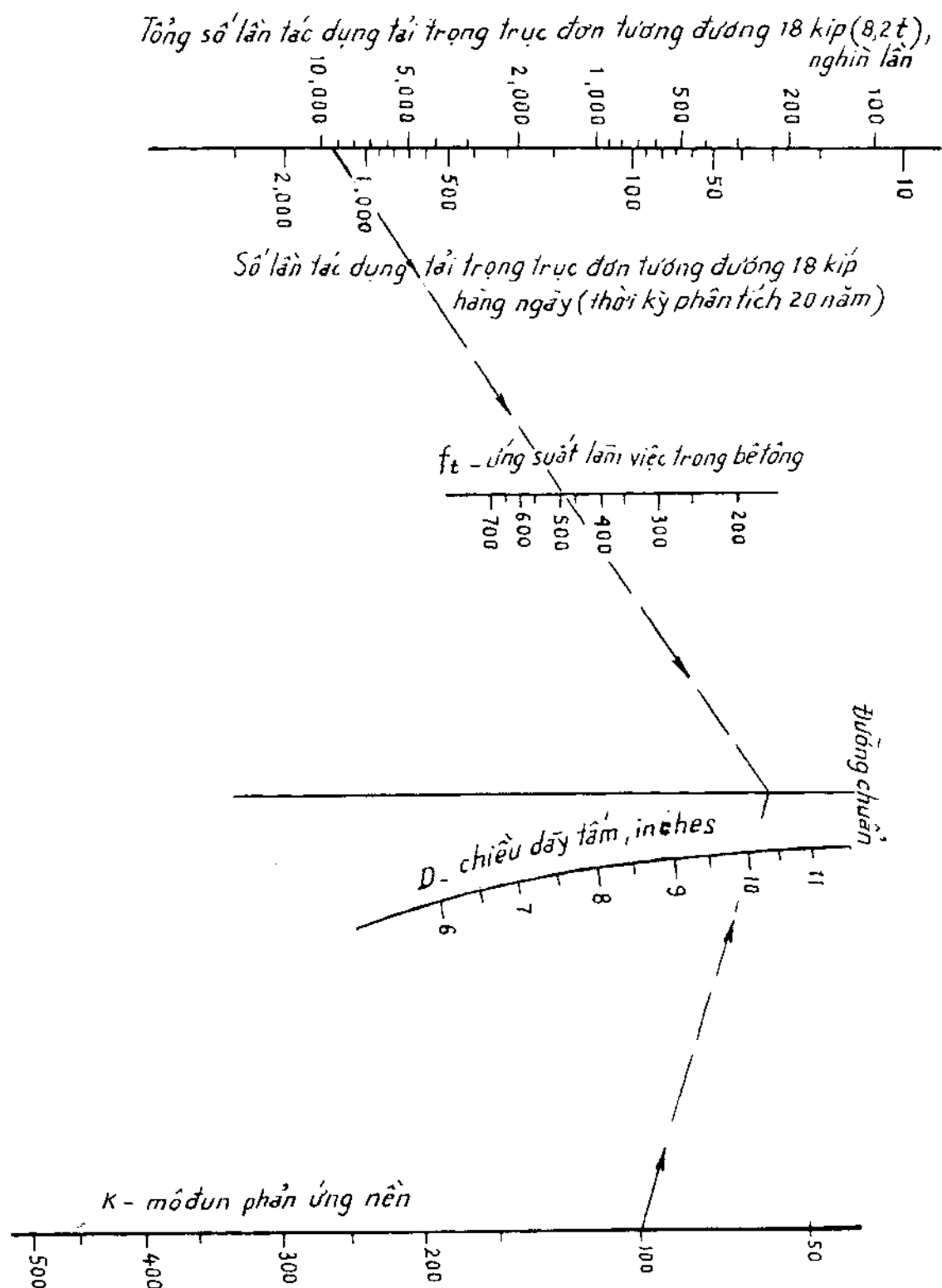
Tuy nhiên việc xác định ứng suất do các nguyên nhân trên gây ra và so sánh chúng với cường độ của bê tông thường khá phức tạp và đôi khi cho kết quả thiếu chính xác, vì vậy ở Anh thường thiết kế theo phương pháp gần đúng dựa theo kinh nghiệm sử dụng các kết cấu mặt đường hiện hữu.

Chiều dày của tấm bê tông thường hoặc của tấm bê tông có tăng cường cốt thép được xác định theo toán đồ lập sẵn cho ở hình 3.4 phụ thuộc vào loại nền đường và tổng số trục bánh xe tiêu chuẩn tích lũy tác dụng lên mặt đường trong suốt cuộc đời của nó. Chiều dày tra được lấy tròn đến 1cm.

70



Hình 3-2. Toán đồ thiết kế mặt đường cứng $P_1 = 2,0$.



Hình 3-3. Toán đồ thiết kế mặt đường cứng, $P_t = 2,5$.

Tiêu chuẩn kỹ thuật các công trình cầu đường của Anh đã phân loại năng lực chịu tải của các kết cấu mặt đường cứng khác nhau như ở bảng 3-2.

Bảng 3-2

Phân loại năng lực chịu tải của các kết cấu mặt đường cứng

Chiều dày tấm (mm) khi CBR của nền, (%)			Số trục bánh tiêu chuẩn tích lũy (triệu lần)	Lượng cốt thép tối thiểu (chỉ với các tấm tăng cường cốt thép)	
≤ 2	2 < CBR ≤ 15	> 15		Lưới thép (kg/m ²)	Thép thanh (mm ² /m rộng)
305	280	255	≥ 60	5,3	620
290	265	240	40 - 60	4,9	570
270	245	220	20 - 40	4,34*	500
250	225	200	11 - 20	3,9	450
235	210	185	5 - 11	3,41*	390
215	190	165	2,5** - 5	3,1	340

Chiều dày lớp móng (mm)***

Khi CBR của nền (%)

$\frac{3 \div 4}{180}$	$\frac{4 \div 6}{130}$	$\frac{6 \div 15}{80}$	$\frac{> 15}{0}$
------------------------	------------------------	------------------------	------------------

Kích thước thanh truyền lực (mm)

Chiều dày tấm	Khe dãn		Khe co		
	φ	L	φ	L (thanh đặt trước) trên giá đỡ	L (thanh chấn động trong bê tông ướt)
≥ 240	32	750	25	650	400
190 ÷ 239	25	650	20	550	400

Chú thích: * - Ký hiệu của lưới thép tiêu chuẩn - Các lưới thép khác dùng dây thép φ5mm, cách nhau 400mm theo hướng ngang.

** - Khi số trục bánh tiêu chuẩn tích lũy dưới 2,5 triệu thì chiều dày xác định theo hình 11 Road Note 29.

Các chiều dày tấm bê tông cho ở bảng trên đây là tính với bê tông có cường độ chịu kéo gián tiếp ở 28 ngày tuổi không nhỏ hơn 2,3 N/mm².

*** - Nếu nền đất nhạy cảm với băng giá thì có thể tăng chiều dày lớp móng cho đến khi tổng chiều dày kết cấu mặt đường bằng 450mm.

Ảnh hưởng của cường độ nền đường đối với mặt đường cứng không lớn so với mặt đường mềm. Vì vậy nền đường dưới mặt đường bê tông xi măng được chia thành ba cấp với phạm vi tương đối rộng như sau:

Xấu: Tất cả các nền đường có CBR $\leq 2\%$.

Bình thường: Các nền đường khác không thuộc loại xấu và loại rất ổn định.

Rất ổn định: Tất cả các nền đường có CBR $\geq 15\%$, kể cả loại móng đường không phá hoại kết cấu.

Nếu CBR của nền đường bằng hoặc nhỏ hơn 2% thì phải làm một lớp nền đường cải thiện bằng cát thiên nhiên có thành phần hạt tốt nhất, bằng sỏi sạn, đá dăm dày 280mm cùng với chiều dày lớp móng là 130mm.

Chiều dày của lớp móng ứng với các nền đất có CBR khác nhau cho ở bảng 3-3.

Bảng 3-3

Chiều dày của lớp móng

CBR (%) của đất nền	Chiều dày lớp móng (mm)
≤ 2	130(*)
Trên 2-4	180
4-6	130
6-15	80
> 15	0

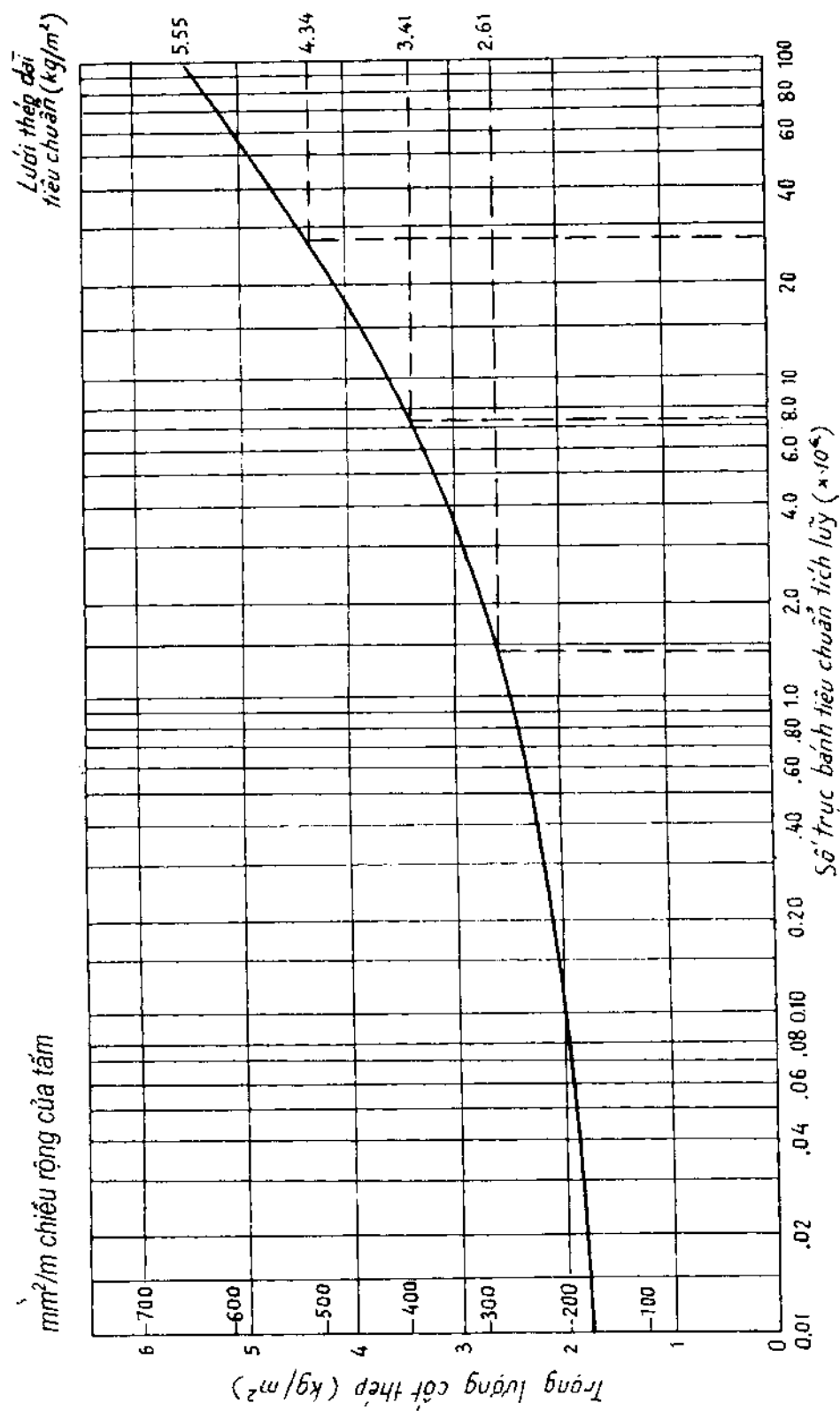
Chú thích: (*) Cộng thêm 280mm chiều dày của lớp nền cải thiện.

Với các tấm bê tông có tăng cường lưới thép hoặc cốt thép, trọng lượng nhỏ nhất của thép tăng cường thay đổi theo số lần tác dụng của trục bánh tiêu chuẩn lên tấm bê tông trong suốt đời của nó. Lớp bê tông phủ trên lưới thép phải là $60 \pm 10\text{mm}$, trừ trường hợp với tấm dày 150mm thì lớp phủ là $50 \pm 10\text{mm}$. Trọng lượng tối thiểu của cốt thép xác định theo toán đồ 3-5. Khoảng cách giữa các khe trong các tấm bê tông có tăng cường lưới thép (hoặc cốt thép) phụ thuộc vào trọng lượng thép tăng cường sử dụng (và không nhỏ hơn số lượng xác định ở toán đồ 3-5) tra được ở toán đồ 3-6.

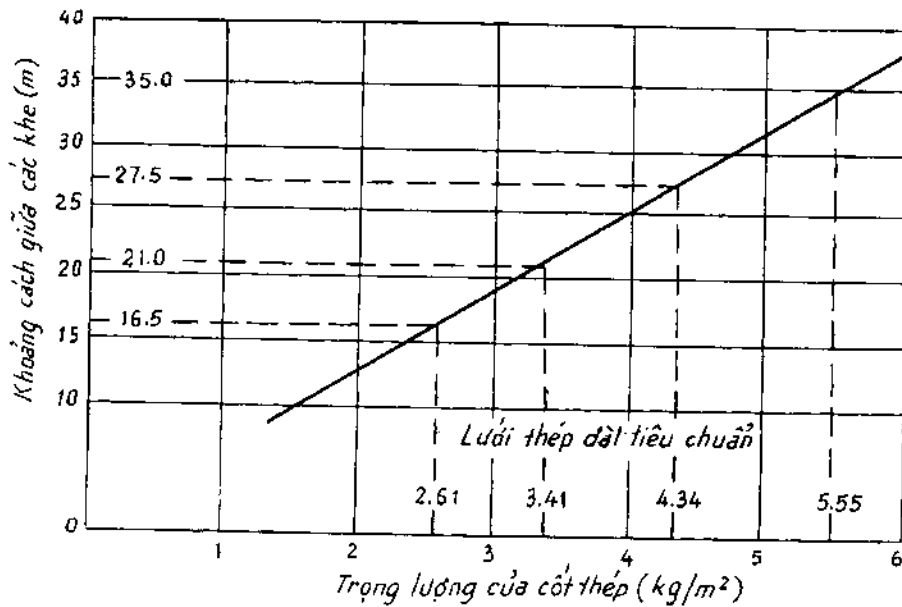
Cứ ba khe thì bố trí một khe dẫn, các khe còn lại là khe co. Nếu đổ bê tông trong các tháng mùa hè thì không làm khe dẫn, trừ các khe tiếp giáp với các kết cấu cố định. Nếu cốt liệu của bê tông là đá vôi thì có thể tăng khoảng cách giữa các khe lên 20%.

Khi chiều rộng tấm bê tông lớn hơn 4,65m thì phải bố trí khe dọc, trừ trường hợp có bố trí cốt thép ngang trong tấm bê tông.

Khoảng cách lớn nhất giữa các khe dẫn trong các tấm bê tông không cốt thép dày $\geq 200\text{mm}$ là 60m, với các tấm mỏng hơn là 40m; khoảng cách giữa các khe co trung gian là 5m. Với cốt liệu đá vôi thì khoảng cách tương ứng giữa các khe dẫn là 72m và 48m và khoảng cách giữa các khe co là 6m.



Hình 3-5. Trọng lượng tối thiểu của cốt thép (Theo Road Note 29).



Hình 3-6. Khoảng cách giữa các khe trong tấm bê tông cốt thép (Theo Road Note 29).

3.3. PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG CỦA PHÁP

1. Lý thuyết tính toán

Việc tính toán được tiến hành theo lời giải của bài toán "bán không gian nhiều lớp đàn hồi" (hoặc hệ nhiều lớp đàn hồi) của Burmister với các điều kiện liên kết giữa các lớp như sau:

- Mặt tiếp giáp giữa lớp móng và nền đất: dính chặt.
- Mặt tiếp giáp giữa tấm bê tông và lớp móng: không dính - trượt (giữa tấm bê tông và lớp móng có làm một lớp cách ly).

Tiêu chuẩn tính toán là ứng suất kéo tính toán xuất hiện ở đáy tấm bê tông (σ_t) và dưới đáy lớp móng (σ_{mg}) dưới tác dụng của tải trọng thiết kế phải nhỏ hơn ứng suất kéo cho phép của vật liệu các lớp này:

$$\sigma_t < [\sigma_{bt}] \text{ và } \sigma_{mg} < [\sigma_{mg}].$$

a. Ứng suất kéo cho phép trong tấm bê tông xi măng $[\sigma_{bt}]$ được tính theo công thức:

$$[\sigma_{bt}] = \sigma_{bt} (NE) \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_v,$$

trong đó:

$[\sigma_{bt}] (NE)$ - ứng suất kéo khi ép chế gây phá hoại mẫu bê tông hình trụ sau NE lần tác dụng tải trọng;

$\sigma_N (NE) = \sigma_6 (NE/10^6)^b$ với σ_6 - ứng suất phá hoại của bê tông sau 10^6 chu kỳ tác dụng tải trọng;

NE - số lần tác dụng tải trọng tương đương tính toán theo lượng giao thông tích lũy N và hệ số quy đổi tải trọng của xe tải nặng về trục bánh tính toán CAM:

$$NE = N \times CAM$$

N - số lần tích lũy của xe tải nặng trong thời kỳ tính toán p năm,

$$N = 365 \times MJA \times C$$

MJA - số xe tải nặng trung bình hàng năm của làn xe chịu tải nặng nhất ở năm đưa đường vào sử dụng

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau$$

τ - tỷ lệ tăng xe trong thời kỳ tính toán.

CAM - hệ số quy đổi trung bình từ xe tải nặng về trục bánh tính toán, trong điều kiện của Pháp với mặt đường bê tông xi măng và vật liệu gia cố chất liên kết rắn trong nước thì CAM = 1,3.

K_r - hệ số phụ thuộc vào độ rủi ro tính toán và kết quả thí nghiệm mỗi của vật liệu, được tính theo công thức thực nghiệm sau:

$$K_r = 10^{-u/6},$$

với u - biến số phụ thuộc vào độ rủi ro r% - Độ rủi ro r% được chọn phụ thuộc vào cấp giao thông. Với mặt đường bê tông xi măng, độ rủi ro quy định như sau: (bảng 3-4).

Bảng 3-4

Cấp giao thông		T_0 (MJA = 1200)	T_1 (MJA = 500)	T_2 (MJA = 200)	T_3 (MJA = 85)
Độ rủi ro r	Lớp mặt	(750 - 2000) 2,8	(300 - 750) 5	(150 - 300) 7,5	(50 - 150) 11,5
	Lớp móng	5,6	10	15	23

Giá trị của u được tra theo bảng dưới: (bảng 3-5)

Bảng 3-5

r(%)	2,8	5	5,6	7,5	10	11,5	15	23
u	-1,911	-1,645	-1,590	-1,439	-1,282	-1,200	-0,739	

b - độ dốc của quy luật mỗi của vật liệu được xác định theo kết quả thí nghiệm mỗi của vật liệu làm mặt đường. Với bê tông xi măng lấy theo bảng 3-6.

Bảng 3-6

Cấp bê tông	σ_b (MPa)	-1/b	SN	S_h	K_c
BC 5	2,15	16	1	S_h phụ thuộc vào thiết bị thi công	1,5
BC 4	1,95	15	1		1,5
BC 3	1,63	15	1	Thiết bị loại A $S_h = 0,03$	1,5
BC 2	1,37	14	1	Thiết bị loại B, C $S_h = 0,01$	1,5

Ghi chú: * σ_b - ứng suất kéo của bê tông với 1 triệu lần tác dụng tải trọng

$$\delta = [SN^2 + (c^2/b^2)S_h^2]^{0.5},$$

với SN, S_h , b tra ở bảng trên; $c = 0,02 \text{ cm}^{-1}$

K_d : hệ số phụ thuộc vào điều kiện truyền lực:

với mặt đường bê tông có bố trí thanh truyền lực $K_d = 1/1,47$;

với các tấm bê tông không bố trí thanh truyền lực $K_d = 1/1,7$.

K_c - hệ số điều chỉnh kết quả tính toán theo tình hình quan sát tạo mặt đường, với mặt đường bê tông xi măng $K_c = 1,5$.

b) Ứng suất kéo cho phép của lớp móng bê tông nghèo hoặc vật liệu gia cố chất liên kết rắn trong nước $[\sigma_{mg}]$, tính theo công thức:

$$[\sigma_{mg}] = \sigma_{mg} (NE) K_r K_d K_c K_s,$$

trong đó:

$\sigma_{mg} (NE)$ - ứng suất kéo khi ép chế của mẫu vật liệu lớp móng ở 360 ngày tuổi sau NE lần tác dụng tải trọng;

NE - số lần tác dụng tải trọng tương đương tính toán theo lượng giao thông tích lũy và hệ số quy đổi tải trọng CAM = 1,3;

$$K_r = 10^{-0.08\delta}$$

với mặt đường bê tông, r của lớp móng dưới bằng 50% và $u = 0$. Từ đó $K_r = 1$;

K_d - hệ số xét tới ảnh hưởng của sự phân tằm của mặt đường bê tông đến lớp móng;

$K_d = 1$: với lớp móng cấp phối đá gia cố cấp G2 hoặc G3;

$K_d = 1/1,25$ với lớp móng cấp phối đá gia cố cấp G4 hoặc G5 và bê tông lên chặt bằng lu;

$K_c = 1,5$ với lớp móng dưới mặt đường bê tông;

K_s - hệ số xét tới ảnh hưởng của sự không đồng nhất cục bộ của sức chịu tải của một lớp có độ cứng thấp dưới các lớp có gia cố chất liên kết. K_s được xác định theo bảng 3-7 phụ thuộc vào mô đun của nền đất (hoặc của lớp móng không gia cố).

Bảng 3-7

Môđun (MPa)	$E < 50$ MPa	$50 \leq E < 120$	$E \geq 120$
K_s	1/1,2	1/1,1	1

c. Chọn trị số độ rủi ro khi thiết kế kết cấu mặt đường bê tông xi măng

- Với các kết cấu không bố trí thanh truyền lực, nếu r_1 là độ rủi ro của lớp mặt thì độ rủi ro của lớp móng là $r_2 = 2r_1$.

- Với các kết cấu có bố trí thanh truyền lực thì độ rủi ro của lớp móng $r_2 = 50\%$.

d. Ứng suất kéo tính toán ở đáy của tấm bê tông σ_b và ở đáy lớp móng σ_{mg} có thể xác định nhanh chóng bằng cách sử dụng chương trình ALIZÉ 5-87 (hoặc chương trình ALIZÉ 5) của Viện Thí nghiệm cầu đường trung tâm Pháp (LCPC) lập ra trên cơ sở lời giải của Burmister.

2. Các tham số tính toán

a. Tải trọng thiết kế

Chương trình ALIZÉ có thể tính toán với mọi loại tải trọng với điều kiện phải biết áp lực tác dụng, đường kính của vết bánh xe tác dụng lên mặt đường và khoảng cách giữa các trục bánh xe.

b. Các tham số của vật liệu

- Cường độ cơ học của bê tông để thiết kế mặt đường là cường độ chịu kéo khi ép chế ở 28 ngày tuổi σ_{tk} . Mẫu ép chế là mẫu hình viên trụ có đường kính $d = 15\text{cm}$ và chiều cao $h = 30\text{cm}$.

Bê tông được chia thành bốn cấp (từ cấp 5 đến cấp 2) theo σ_{tk} (MPa) (bảng 3-8).

Bảng 3-8

Cấp bê tông	σ_{tk} (MPa)	E (MPa)
BC 5	3,3	35000
BC 4	3	24000
BC 3	2,5	24000
BC 2	2,1	20000

Khi lượng giao thông lớn hơn T3 (MJA > 150 xe/ngày) phải chọn bê tông cấp 4 trở lên.

Với lượng giao thông nhỏ (<150 xe/ngày) thì dùng bê tông cấp 3.

- Để tính toán chiều dày mặt đường thường dùng ứng suất phá hoại của bê tông sau 10^6 chu kỳ tác dụng tải trọng (ký hiệu là σ_6).

Thông thường thì $\sigma_6 = 0,65 \sigma_{tk}$.

- Vật liệu làm lớp móng thường là bê tông nghèo (BC 3, BC 4) hoặc cấp phối đá gia cố xi măng mà cường độ cũng được xác định bằng thí nghiệm ép chế.

- Hệ số Poisson của bê tông xi măng và vật liệu làm lớp móng đều lấy $\mu = 0,25$.

- Môđun đàn hồi của nền đất lấy theo bảng 2-22.

Hệ số Poisson của nền đất thường lấy $\mu_0 = 0,35$.

c. Thép liên kết

Thép liên kết được bố trí ở khe dọc để bảo đảm cho khe không mở rộng và tải trọng có thể truyền qua tấm bên cạnh thông qua khớp ngàm. Thép liên kết dùng loại thép có gờ, chiều dài mỗi thanh 0,6m phù hợp NF A35-016. Tiết diện của thép liên kết trên 1m dài khe xác định theo công thức:

$$S = (f_l P) / L_s,$$

f - hệ số ma sát của tấm bê tông trên lớp móng, lấy bằng 1,5;

l - chiều rộng từ khe dọc đến cạnh tự do gần nhất;

P - trọng lượng của 1m² mặt đường;

L_s - ứng suất cho phép của thép, lấy bằng 75% giới hạn dẻo.

Đường kính của thanh thép liên kết được chọn theo tiết diện S sao cho khoảng cách giữa các thanh nằm trong khoảng từ 07 ÷ 1m.

d. Các thanh truyền lực

Các thanh truyền lực là thép tròn trơn phù hợp tiêu chuẩn NFA 35-015 được bố trí ở giữa chiều dày của tấm bê tông và song song với trục đường.

Kích thước và khoảng cách giữa các thanh truyền lực lấy như sau: (bảng 3-9)

Bảng 3-9

Chiều dày tấm bê tông (cm)	Đường kính thanh (cm)	Chiều dài thanh (cm)	Khoảng cách giữa các thanh (cm)
13 - 15	20	40	30
16 - 20	25	45	30
21 - 28	30	45	30
29 - 40	40	50	40
41 - 50	45	55	45

3. Ví dụ áp dụng

Thiết kế kết cấu mặt đường bê tông xi măng (BC5) trên lớp móng bê tông nghèo (BC2) - mặt đường hai má rộng 8m có khe dọc giữa mặt đường.

Các khe ngang có bố trí thanh truyền lực.

a. Số liệu tính toán:

- Lượng giao thông MJA = 475 xe/ngày, tỉ lệ tăng xe hàng năm 7%.

Tuổi thọ tính toán: 20 năm.

Lượng giao thông tích lũy trên một làn xe

$$\begin{aligned} N &= 365 \times MJA \times C \\ &= 365 \times 475 \times [1 + 0,07]^{20} - 1 / 0,07 = 7,10 \times 10^6 \end{aligned}$$

Số trục bánh tương đương:

$$NE = N \times CAM = 7,10 \times 10^6 \times 1,3 = 9,24 \times 10^6$$

- Hệ số rủi ro tính toán:

Lớp bê tông mặt đường $r = 5\%$ (ứng với đường có lượng giao thông T1).

Lớp móng bê tông nghèo $r = 50\%$.

- Nền đất có $E_0 = 50 \text{ MPa}$, hệ số Poisson $\mu_0 = 0,35$.

- Các đặc trưng cơ học của vật liệu (bảng 3-10).

Bảng 3-10

	E (MPa)	σ_c (MPa)	b	SN
Bê tông lớp mặt	35000	2,15	-1/16	1
Bê tông nghèo lớp móng	24000	1,63	-1/15	1

Hệ số Poisson $\mu = 0,25$.

- Độ phân tán chiều dày của lớp mặt khi thi công $S_h = 1 \text{ cm}$

của lớp móng khi thi công $S_h = 3 \text{ cm}$

- Hệ số điều chỉnh $K_c = 1,5$.

b. Xác định ứng suất cho phép của bê tông lớp mặt

$$[\sigma_m] = \sigma_m (\text{NE}) \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_c$$

$$\sigma_m (\text{NE}) = \sigma_c \times (9,24 \times 10^6 / 10^6)^b = 2,15 \times 9,24^{-1/16} = 1,87 \text{ MPa}$$

$$K_r = 10^{-u\delta}$$

$$r = 5\% \rightarrow u = -1,645 \text{ (tra bảng 3-5)}$$

$$b = -1/16$$

$$c = 0,02$$

$$\begin{aligned} \delta &= \left[SN^2 + \left(\frac{c_2}{b^2} \right) S_h^2 \right]^{0,5} \\ &= \left[1 + \left[\frac{0,02^2}{(-1/16)^2} \right] \times 1 \right]^{0,5} = 1,050 \end{aligned}$$

$$\text{Từ đó: } K_r = 10^{1,645 \times \left(-\frac{1}{16} \right) \times 1,05} = 10^{-0,1079} = 0,78$$

$$K_r = 0,78$$

$$K_d = 1/1,47$$

$$K_c = 1/5$$

$$\text{Vậy } [\sigma_m] = 1,87 \times 0,78 \times \frac{1}{1,47} \times 1,5 = 1,49 \text{ MPa}$$

c. Xác định ứng suất cho phép của lớp móng bê tông nghèo

$$[\sigma_{mg}] = \sigma_{mg} (\text{NE}) \cdot K_r \cdot K_c \cdot K_s$$

- $\sigma_{mg} (NE) = 1,63 \times 9,24^{1/15} = 1,41 \text{ MPa}$
- $K_r = 1$
- $K_c = 1,5$
- $K_s = 1/1,1$

Vậy $[\sigma_{mg}] = 1,63 \times 1,65 \times 1/1,1 = 1,92 \text{ MPa}$.

d. Tính toán mặt đường

Chiều dày của lớp móng bê tông nghèo lấy bằng chiều dày tối thiểu theo quy định là 15 cm (ứng với lượng giao thông T1 trong thời hạn 20 năm).

Sử dụng chương trình ALIZÉ với các thông số tính toán dưới đây ta tìm được các kết quả như sau:

Các thông số tính toán:

- Tải trọng tính toán: trục bánh kép 6,5t, áp lực phân bố $q = 0,66 \text{ MPa}$.
- Chiều dày lớp bê tông: 22cm.

Modun đàn hồi của bê tông $E_b = 35000 \text{ MPa}$, $\mu_b = 0,25$

- Chiều dày lớp móng: 15cm, $E_{mg} = 24000 \text{ MPa}$, $\mu_{mg} = 0,25$.

Modun đàn hồi của nền đất $E_n = 50 \text{ MPa}$, $\mu_n = 0,35$.

Kết quả tính toán:

- Ứng suất kéo ở đáy lớp mặt bê tông xi măng: $\sigma_{T1} = 1,40 \text{ MPa}$;
- Ứng suất kéo ở đáy của lớp móng $\sigma_{T2} = 0,66 \text{ MPa}$;

Kết quả tính toán cho thấy ứng suất kéo ở đáy lớp móng bê tông nghèo rất thấp so với ứng suất cho phép ($0,60 \text{ MP} \ll 1,92 \text{ MPa}$).

Vì vậy ta có thể tiếp tục tính toán xem nếu tăng chiều dày lớp móng dưới và giảm chiều dày lớp mặt thì kết cấu có kinh tế hay không.

Các kết quả tính toán ghi ở bảng 3-11 cho thấy kết cấu hợp lý gồm có:

20cm lớp mặt bê tông,

17cm lớp móng bê tông nghèo.

Bảng 3-11

Chiều dày lớp móng (cm)	15		16		17	
Chiều dày lớp mặt (cm)	21	22	20	21	19	20
Ứng suất ở đáy lớp mặt (MPa)	1,48	1,40	1,49	1,43	1,49	1,44
Ứng suất ở đáy lớp móng (MPa)	0,72	0,66	0,80	0,74	0,88	0,81

e. Thép liên kết ở khe dọc

Tiết diện cốt thép trên 1m dài của khe dọc

$$S = f.l.P/L_s,$$

với $f = 1,5$; $l = 4\text{m}$, $P = 0,21 \times 2400 \times 10 = 5,04 \text{ kPa}$, $L_s = 300 \text{ MPa}$

Từ đó $S = 1,01 \text{ cm}^2/\text{m}$ dài - Chọn thép $\phi 10$ đặt cách nhau 0,8m.

3.4. TÍNH TOÁN MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG THEO PHƯƠNG PHÁP CỦA LIÊN XÔ CŨ

Từ năm 1976, việc thiết kế mặt đường cứng ở Liên Xô được tiến hành theo phương pháp nêu trong "Cẩm nang kỹ sư đường" (xuất bản năm 1977).

1. Tiêu chuẩn thiết kế.

Kết cấu mặt đường cứng được thiết kế theo 3 tiêu chuẩn cường độ sau đây:

a. *Tiêu chuẩn cường độ thứ nhất* - Ứng suất kéo uốn xuất hiện nhiều lần ở mặt đường cứng trong suốt thời kỳ khai thác đường không được lớn hơn cường độ kéo uốn của bê tông xi măng. Việc thiết kế được tiến hành với lượng giao thông tổng cộng ở cuối thời kỳ phục vụ của đường. Căn cứ theo tiêu chuẩn này để xác định chiều dày cần thiết của tấm bê tông xi măng mà với chiều dày đó mặt đường sẽ không bị nứt.

b. *Tiêu chuẩn cường độ thứ hai* - Ứng suất cắt chủ động lớn nhất trong lớp móng phụ và trong đất nền đường không được lớn hơn sức chịu cắt của vật liệu làm lớp móng và của đất. Tiêu chuẩn này được bảo đảm nếu phản áp lực xuất hiện nhiều dưới tấm không lớn hơn ứng suất nền tới hạn tính toán (mà với ứng suất này thì sẽ không xuất hiện khu vực trượt trong lớp móng). Căn cứ vào tiêu chuẩn này để xác định chiều dày yêu cầu của lớp móng dưới tấm bê tông.

c. *Tiêu chuẩn cường độ thứ ba*: Dưới tác dụng của tải trọng ô tô tính toán, độ võng đàn hồi của tấm xuất hiện trong thời kỳ tính toán không được lớn hơn trị số độ võng cho phép. Trị số độ võng cho phép này được xác định theo lượng giao thông tổng cộng. Căn cứ vào tiêu chuẩn này để xác định cường độ chung yêu cầu (độ cứng tương đương) trên bề mặt lớp móng của kết cấu mặt đường cứng.

2. Các tham số tính toán.

a. Tải trọng tính toán của mặt đường cứng cũng lấy giống như tải trọng tính toán của mặt đường mềm (theo quy trình thiết kế mặt đường mềm của Liên Xô BCH-16-72) (bảng 2-18).

b. Mô đun đàn hồi của vật liệu lớp móng và của đất nền đường được lấy giống như khi tính toán mặt đường mềm (theo BCH 46-72) (xem bảng 2-22).

c. Các đặc trưng của bê tông làm đường cho ở bảng 1-1.

3. Tính chiều dày tấm bê tông xi măng.

Để tính toán tấm bê tông xi măng (lớp mặt và lớp móng) cần phải xác định mômen uốn do tải trọng tính toán gây ra, chọn vật liệu và xác định các chỉ tiêu cường độ của chúng, xác định điều kiện làm việc và tính toán chiều dày tấm. Sử dụng lời giải của bài toán tấm trên nền đàn hồi của Sêchchia (hình 3.7), để xác định mômen uốn khi tải trọng tác dụng ở giữa tấm (tải trọng phân bố đều trên diện tích hình tròn có bán kính R).

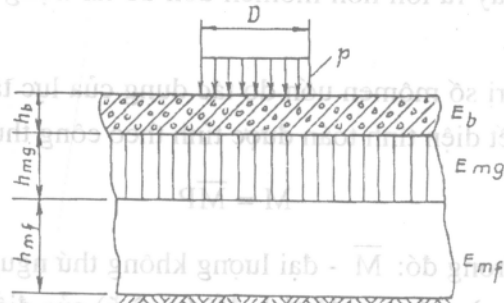
Trong đó:

$$M = M_{ht} = M_t = P(1 + \mu_b) \cdot \bar{u} \left(\frac{R}{L} \right)$$

$$P = \pi p R^2$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{2D(1 - \mu_{td}^2)}{E_{td}}}$$

$$D = \frac{E_b h^3}{12(1 - \mu_b^2)}$$



Hình 3-7. Sơ đồ tính toán mặt đường cứng

M_{ht} - mômen uốn hướng tâm (pháp tuyến) trên đơn vị chiều rộng của tiết diện (kG cm); P - tải trọng tác dụng trên hình tròn có đường kính $2R$ (kG); M_t - mômen uốn tiếp tuyến trên đơn vị chiều rộng của tiết diện (kG cm); p - tải trọng phân bố đều trên diện tích vệt bánh tương đương (kG/cm²); μ_b - hệ số Poatsông của bê tông ($\mu_b = 0,2$); $\bar{u} \left(\frac{R}{L} \right)$ - hàm không thứ nguyên của bán kính vệt bánh tính đối (bảng 3-

12); L - đặc trưng đàn hồi của tấm (cm); E_{td} - mô đun đàn hồi tương đương trên mặt lớp móng (kG/cm²); μ_{td} - hệ số Poatsông tương đương của lớp móng; E_b - mô đun đàn hồi của bê tông xi măng (kG/cm²); h - chiều dày tấm (cm).

Bảng 3-12

Giá trị của hàm $\bar{u} \left(\frac{R}{L} \right)$

$\frac{R}{L}$	$\bar{u} \left(\frac{R}{L} \right)$	$\frac{R}{L}$	$\bar{u} \left(\frac{R}{L} \right)$
0	0,0	0,30	0,77
0,05	0,214	0,10	0,056
0,10	0,159	0,50	0,031
0,20	0,106		

Để tính toán trong thực tế thường dùng công thức gần đúng của Gorbunôp - Pôsadôp:

$$M = P \left(0,0592 - 0,09284 \ln \frac{R}{L} \right)$$

Các công thức của Sêchchia Gorbunôp - Pôsadôp dùng để tính mômen uốn ở giữa tấm khi xem nền đất là bán không gian đàn hồi. Giá trị mômen uốn tìm được theo các công thức trên lớn hơn giá trị mômen uốn tìm được khi xem nền đất là lớp đàn hồi có chiều dày hữu hạn (chênh nhau khoảng 10 ÷ 15%). Vì vậy nên dùng các công thức trên để xác định chiều dày của bê tông xi măng (tiết diện tính toán ở cạnh tấm) theo mô hình lớp đàn hồi hữu hạn. Trong công thức không cần nhân với hệ số điều chỉnh vì mômen uốn do tải trọng tác dụng ở cạnh

tấm gây ra lớn hơn mômen uốn do tải trọng tác dụng ở giữa tấm (chênh nhau khoảng 10-15%).

Trị số mômen uốn do tác dụng của lực tập trung đặt tại các điểm khác của tấm gây ra đối với tiết diện tính toán được tính theo công thức:

$$M = \bar{M}P$$

Trong đó: $\bar{M}$ - đại lượng không thứ nguyên của mômen uốn xác định theo bảng 3-13 phụ thuộc vào các tọa độ tính đối (η và ξ) của điểm đang xét. Các tọa độ này tính theo công thức:

$$\eta = \frac{x}{L}; \xi = \frac{y}{L}$$

Với x, y - tọa độ thực tế của điểm đang xét, khi gốc tọa độ ở tâm của vị trí phân bố tải trọng (tiết diện tính toán).

Bảng 3-13

Đại lượng không thứ nguyên $\bar{M}_x (\bar{M}_y)$

$\eta(\xi)$	Giá trị của $\bar{M}_x \bar{M}_y$ khi $\xi(\eta)$										
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,0	00	0,129	0,068	0,036	0,016	0,004	-0,005	-0,011	-0,014	-0,015	-0,017
0,2	0,194	0,133	0,072	0,039	0,018	0,005	-0,003	-0,019	-0,013	-0,014	-0,017
0,4	1,132	0,110	0,071	0,042	0,021	0,006	-0,002	-0,018	-0,011	-0,013	-0,015
0,6	0,096	0,087	0,063	0,042	0,023	0,009	0,001	-0,006	-0,009	-0,012	-0,013
0,8	0,074	0,068	0,054	0,039	0,023	0,011	0,002	-0,004	-0,010	-0,010	-0,012
1,0	0,067	0,054	0,044	0,034	0,022	0,012	0,004	-0,001	-0,008	-0,008	-0,011
1,2	0,045	0,042	0,037	0,031	0,020	0,011	0,006	-0,000	-0,004	-0,007	-0,009
1,4	0,035	0,034	0,030	0,023	0,017	0,011	0,006	-0,002	-0,003	-0,006	-0,007
1,6	0,028	0,027	0,024	0,020	0,015	0,010	0,005	0,002	-0,002	-0,004	-0,006
1,8	0,022	0,021	0,019	0,017	0,013	0,008	0,005	0,002	-0,001	-0,002	-0,004
2,0	0,018	0,018	0,015	0,014	0,011	0,007	0,004	0,003	0,000	-0,002	-0,003
2,2	0,014										

Nhờ bảng 3-11 có thể xác định các mômen uốn M_x và M_y theo hai hướng thẳng góc với nhau. Để xác định M_y thì ở hàng trên thay ξ bằng η và ở cột trái thay η bằng ξ .

Để xét đến thời gian tác dụng tức thời của tải trọng, với mặt đường bằng phẳng, có thể dùng trị số mômen đàn hồi động có giá trị cao hơn trị số môđun đàn hồi tĩnh. Tuy nhiên trong quá trình sử dụng độ bằng phẳng của mặt đường giảm dần nên trong thực tế tính toán thường dùng trị số môđun đàn hồi tĩnh (của đất và các vật liệu khác) để đảm bảo an toàn.

Ngoài tải trọng ô tô, sự thay đổi nhiệt độ cũng gây nên ứng suất rất lớn trong mặt đường cứng. Tuy nhiên với các tấm dài 5-6m, ứng suất nhiệt xuất hiện trong bê tông do tấm không được co ngán tự do khi nhiệt độ giảm xuống đều trên toàn tiết diện là không đáng kể và có thể bỏ qua. Ngược lại, ứng suất uốn vòng xuất hiện trong tấm khi có sự chênh lệch nhiệt độ theo chiều dày tấm thường rất lớn. Theo phương pháp này, ứng suất uốn vòng được xét đến và thể hiện trong hệ số điều kiện làm việc của bê tông (xác định theo từng khu vực khí hậu và chiều dày tấm).

Chiều dày tấm bê tông mặt đường được xác định theo công thức:

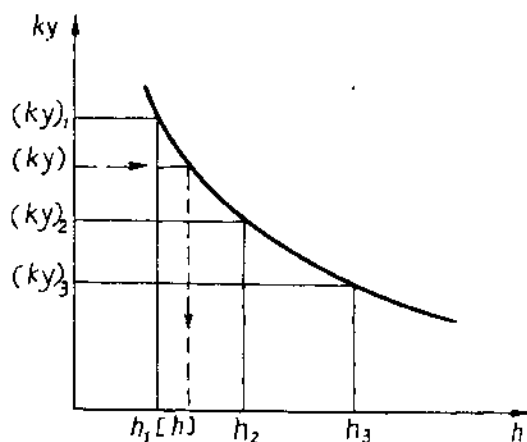
$$h = \sqrt{\frac{6M}{k_b \cdot k_t \cdot k_o \cdot k_y \cdot R_{ku}}}$$

Trong đó: M - mômen uốn trên đơn vị chiều rộng xác định theo công thức Sêchchia hoặc Gorbunốp - Pôsadốp; k_b - hệ số điều kiện làm việc của bê tông trong mặt đường, có xét đến ứng suất nhiệt và đến khe hở giữa tấm và móng do sự uốn vòng khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa mặt và đáy tấm, được xác định cụ thể cho từng địa phương; k_t - hệ số xét đến sự tăng cường độ của bê tông theo thời gian với bê tông làm đường tính đến cuối thời kỳ phục vụ, $k_t = 1,25$; k_o - hệ số xét đến sự không đồng nhất của bê tông theo cường độ kéo uốn, trong điều kiện thi công của Liên Xô $k_o = 0,80$; k_y - hệ số xét đến ảnh hưởng của sự mỏi của bê tông, dưới tác dụng của tải trọng trùng phục, khi lượng giao thông tổng cộng ở cuối thời kỳ phục vụ $N \leq 10^8$, chu kỳ và độ ẩm của bê tông bằng 0,8 độ ẩm bão hoà thì lấy $k_y = 1,08 N^{0,063}$ (trong đó N xác định theo công thức (2-60)).

Để đơn giản việc tính chiều dày tấm bê tông, thường sơ bộ giả định trước chiều dày tấm h_i (với $i = 1, 2, 3$) rồi theo công thức:

$$(k_y)_i = \frac{6M_i}{(h_i)^2 (k_b)_i \cdot k_t \cdot k_o \cdot R_{ku}}$$

Để xác định các trị số $(k_y)_i$ tương ứng với các chiều dày h_i và dựa vào kết quả đó vẽ đường cong quan hệ h, k_y (hình 3-8), dùng đồ thị để xác định chiều dày của tấm cần tìm tương ứng với giá trị tính toán k_y (tính theo công thức (2-59) ứng với lượng giao thông tổng cộng N).



Hình 3-8. Đồ thị để xác định chiều dày tấm bê tông xi măng.

4. Tính chiều dày lớp móng.

Chiều dày lớp móng dưới tấm bê tông mặt đường được tính theo công thức:

$$h_{mg} = \frac{R}{\left[\left(\frac{1}{1 - \frac{P_{gh}}{P_{pl}}} \right)^{2/3} - 1 \right]^{1/2}}$$

Trong đó: R - bán kính vòng tròn vệt bánh tương đương của ô tô tính toán (cm);

P_{gh} - ứng suất giới hạn tính toán (ứng suất chịu nén tiêu chuẩn tính toán (kG/cm^2)),

với

$$P_{gh} = k_n k_u \left[\frac{\pi \left(\gamma h + \frac{C}{\tan \varphi} \right)}{\cot \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \right],$$

k_n - hệ số xét đến ảnh hưởng trùng phục của tải trọng, $k_n = 0,6$;

k_u - hệ số xét đến ảnh hưởng của sự tương đồng nhất về cường độ của đất, thường lấy

$k_u = 0,5$; γ và h - dung trọng (kG/cm^3) và chiều dày (cm) của tấm bê tông xi măng đặt trên lớp móng; C và φ - lực dính (kG/cm^2) và góc nội ma sát (độ) của đất.

P_{pl} - phản áp lực (kG/cm^2) xuất hiện dưới tấm do tác dụng của tải trọng đặt ở cạnh tấm,

$$P_{pl} = \bar{P}_k \frac{\bar{P}_h}{\bar{P}_\infty} \frac{P}{L^2}$$

$\bar{P}_k$, $\bar{P}_h$, $\bar{P}_\infty$ - các đại lượng không thứ nguyên của phản áp lực lấy theo các bảng 3-14 và 3-15 phụ thuộc vào khoảng cách tính đối δ từ tâm vệt bánh xe đến cạnh tấm và chiều dày tính đối của lớp đàn hồi $\frac{H}{L}$; P - tải trọng bánh xe tính toán (kG).

L - đặc trưng đàn hồi của tấm. Chiều dày lớp đàn hồi H của mặt đường cứng khi tải trọng tác dụng ở cạnh tấm, lấy trong khoảng 1,3 + 1,6m.

Bảng 3-14

Giá trị của $\bar{P}_k$

$\delta = \frac{d^{(*)}}{L}$	$\bar{P}_k$	$\delta = \frac{d^{(*)}}{L}$	$\bar{P}_k$	$\delta = \frac{d^{(*)}}{L}$	$\bar{P}_k$
0	1,06	0,4	0,76	1,2	0,24
0,1	0,98	0,6	0,62	1,6	0,10
0,2	0,91	0,8	0,18	2,0	0,07

Chú thích: $d^{(*)}$ - khoảng cách thực tế từ tâm vệt bánh xe tính toán đến cạnh tấm (cm).

Bảng 3-15

Giá trị của $\overline{P_h}$

$\frac{H}{L}$	0	0,06	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00	3,00	∞
$\overline{P_h}$	∞	0,791	0,563	0,405	0,338	0,299	0,257	0,235	0,221	0,205	0,198	0,194	0,192

Khi $P_{gh} > P_{pl}$ thì không cần làm lớp móng theo tính toán mà lấy theo cấu tạo.

5. Kiểm tra độ võng đàn hồi của kết cấu mặt đường cứng.

Độ võng đàn hồi cho phép [I] của kết cấu mặt đường cứng được xác định tùy theo lượng giao thông tổng cộng N và cho ở bảng 3-16.

Bảng 3-16

Độ võng cho phép của kết cấu mặt đường cứng

Lượng giao thông tổng cộng N	Độ võng đàn hồi cho phép [I] (mm)	
	Đo bằng chuyê động lực	Đo bằng nén tấm ép
10^5	0,61	0,75
10^6	0,32	0,39
10^7	0,23	0,28
10^8	0,14	0,17

Từ hệ số của bảng 3-16 có thể tính được trị số môđun đàn hồi tương đương yêu cầu trên lớp móng của kết cấu mặt đường cứng:

$$E_{td}^{yc} = \frac{P_{pl} \cdot D_{mg}}{[I]}$$

Trong đó:

D_{mg} - đường kính tác dụng tải trọng lên mặt lớp móng, thường lấy $D_{mg} = D + h$.

Giá trị gần đúng của E_{td}^{yc} trên móng của kết cấu mặt đường cứng cho ở bảng 3-17.

Bảng 3-17

Giá trị của E_{td}^{yc}

N	E_{td}^{yc} (kG/cm ²)		N	E_{td}^{yc} (kG/cm ²)	
	Động	Tĩnh		Động	Tĩnh
10^5	250	200	10^7	800	650
10^6	500	400	10^8	1100	900

Giá trị của E_{td} đưa vào công thức tính đặc trưng đàn hồi [I] của tấm không được nhỏ hơn giá trị của E_{td}^{yc} cho ở bảng 3-17.

6. Một số vấn đề cần giải quyết để áp dụng phương pháp tính toán này.

Phương pháp tính toán của Liên Xô cũ là phương pháp tính mật đường cứng khá hoàn chỉnh, có căn cứ khoa học và tương đối đơn giản có thể áp dụng để tính mật đường cứng ở nước ta.

Để áp dụng phương pháp thiết kế này cần phải xác định:

- Hệ số điều kiện làm việc k_b thích hợp với điều kiện khí hậu của Việt Nam.
- Hệ số k_y (để xác định hệ số này cần biết công bội tăng xe của tuyến đường thiết kế).

Để áp dụng phương pháp này ở Việt Nam, tác giả đã tiến hành tính toán giá trị của hệ số k_b trong điều kiện khí hậu của khu vực Hà Nội dựa theo công thức kinh nghiệm sau đây của Liên Xô cũ:

$$k_b = \frac{1}{k_3} \left[\frac{\sum (k_i \sum T_i)}{3 \sum T_2} + \frac{2(T_n - \sum T_2)}{3T_n} \right]^{-0,063}$$

trong đó:

$$k_i \left(\frac{\sigma_{p0}}{\sigma_p} \right)^{15,9} = \left(\frac{\sigma_p + \sigma_0}{\sigma_p} \right)^{15,9} \text{ là hệ số tính đổi khi có sự tác dụng phối hợp của } \sigma_p + \sigma_0$$

thành σ_p ; $\alpha_1 = 0,3552 - 0,55704 \ln \frac{R}{L}$ hoặc $\alpha_1 = 0,3552 - 1,28494 \lg \frac{R}{L}$; σ_p - là ứng suất do tải trọng tính toán gây ra, xác định theo công thức:

$$\sigma_p = \frac{\alpha_1 P}{h^2}$$

R - bán kính vòng tròn vệt bánh tương đương; L - đặc trưng đàn hồi của tấm bê tông.

σ_0 - ứng suất do nhiệt độ xác định theo các công thức (1-37) - (1-40) của tài liệu^(*).

k_3 - hệ số xét đến ảnh hưởng của khe hở giữa tấm và lớp móng đến việc tăng ứng suất trong tấm dưới tác dụng của tải trọng, với các tấm có chiều dày từ 12 - 30cm thì $k_3 = 1,08$.

ΣT_1 - số giờ trong năm xuất hiện một biên độ nhất định của nhiệt độ không khí với nhiệt độ bình quân tháng và được xác định theo số liệu của khí tượng.

ΣT_2 - tổng số giờ trong năm được lấy để tính toán ứng suất nhiệt, thường lấy gần đúng bằng một nửa tổng số giờ trong năm T_n ($T_n = 8770$ giờ, vậy $\Sigma T_2 = 4385$ giờ).

$\frac{1}{3}$ và $\frac{2}{3}$, tỷ lệ phân chia mật độ xe chạy về ban đêm và ban ngày, tỷ số này có thể thay đổi tùy theo tình hình cụ thể của từng tuyến đường.

(*) - Xây dựng mật đường bê tông xi măng đường ô tô - Konovalov V.I., NXB Đại học, Moskva 1975.

Tác giả đã tiến hành thu thập chỉnh lý các số liệu về nhiệt độ không khí của Trạm khí tượng Láng (Hà Nội) trong 20 năm (từ 1958 - 1977) để tìm tổng số giờ xuất hiện các biên độ nhiệt không khí giống nhau ΣT_i trong một năm từ biên độ nhỏ nhất là $0,5^{\circ}\text{C}$ đến biên độ lớn nhất là $13,5^{\circ}\text{C}$ với khoảng cách các biên độ là 1°C .

Bảng 3-18 tóm tắt một số kết quả tính hệ số k_b của mặt đường bê tông xi măng khu vực Hà Nội.

Bảng 3-18

Chiều dày tấm bê tông xi măng (cm)	Hệ số k_b khi tính với tải trọng	
	H10	H30
18	0,894	-
20	0,853	0,883
22	0,816	0,862
24	0,755	0,823

Ví dụ áp dụng:

Hãy thiết kế kết cấu mặt đường bê tông xi măng theo các số liệu tính toán sau:

Đường ô tô cấp II, mật độ xe chạy hàng ngày cho các loại xe có tải trọng tác dụng lên trục bánh sau (T) trong năm đầu đưa vào sử dụng là:

50 xe, mỗi xe có trọng lượng trục bánh sau 10T;

100 xe, mỗi xe có trọng lượng trục bánh sau 8T;

200 xe, mỗi xe có trọng lượng trục bánh sau 6T;

1200 xe, mỗi xe có trọng lượng trục bánh sau $\leq 4T$.

Tỷ lệ tăng xe trung bình hàng năm 1,05. Thời hạn sử dụng đường trong 30 năm. Kích thước tấm bê tông $3,75 \times 6\text{m}$; bê tông mác 300 có $E_b = 3,5 \cdot 10^5$, $R_{ku} = 45 \text{ kG/cm}^2$.

Đất nền đường, đất á sét, nước ngầm không ảnh hưởng đến sự ổn định của kết cấu mặt đường $E_0 = 340 \text{ kG/cm}^2$, $\varphi = 18^{\circ}$, $C = 0,19$.

Khu vực xây dựng đường Hà Nội. Giá trị hệ số k_b lấy ở bảng 3-18.

Giải:

1. Xác định mật độ giao thông trên một làn xe (theo tải trọng tính toán thuộc nhóm A bảng 2.21):

$$\Sigma N_{ii} = (50 \times 1 + 100 \times 0,43 + 200 \times 0,1 + 1200 \times 0,02) \times 0,7 = 96 \text{ xe/ngày đêm (cho 1 làn xe)}$$

2. Xác định số chu kỳ tác dụng tải trọng ở cuối thời kỳ phục vụ của đường (30 năm):

$$N = 365 \frac{1,05^{30} - 1}{1,05 - 1} \times 96 = 2,328 \times 10^6$$

Tra bảng 3.17 được trị số môđun đàn hồi tương đương yêu cầu trên mặt lớp móng (ứng với $N = 2,328 \times 10^6$)

$$E_{ud}^{vc} = 458 \text{ kG/cm}^2.$$

3. Xác định giá trị lớn nhất của mômen uốn tính toán theo sơ đồ tải trọng vẽ ở hình 3-9.

Tải trọng tính toán trên bánh xe:

$$P_1 = (10000 : 2) \times 1,2 = 6000 \text{ kG}$$

- Giả định chiều dày tấm bê tông lần lượt là

$$h_1 = 22 \text{ cm}; h_2 = 24 \text{ cm}; h_3 = 26 \text{ cm}.$$

Tính các đặc trưng đàn hồi L_{hi} tương ứng.

Với $h_1 = 22 \text{ cm}$ có

$$L_{h1=22} = 22 \sqrt[3]{\frac{35 \times 10^5 (1 - 0,3^2)}{6 \times 458 (1 - 0,15^2)}} = 108,08 \text{ cm}$$

$$\text{Với } h_2 = 24 \text{ cm có } L_{h2=24} = 117,90 \text{ cm}$$

$$\text{Với } h_3 = 26 \text{ cm có } L_{h3=26} = 127,73 \text{ cm}.$$

Mômen uốn do tải trọng P_1 gây ra, được xác định theo công thức gần đúng của Gorbunốp - Pôsadốp:

$$M_{x1} = M_{y1} = P_1 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{R}{L} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Với } h_1 = 22 \text{ cm, có } M_{x1} = M_{y1} &= 6000 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{16,5}{108,08} \right) \\ &= 1403,28 \text{ kGcm/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Với } h_2 = 24 \text{ cm, có } M_{x1} = M_{y1} &= 6000 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{16,5}{117,9} \right) \\ &= 1451,77 \text{ kGcm/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Với } h_3 = 26 \text{ cm, có } M_{x1} = M_{y1} &= 6000 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{16,5}{127,73} \right) \\ &= 1496,43 \text{ kGcm/cm} \end{aligned}$$

Mômen uốn do tải trọng P_2 gây ra tại tiết diện tính toán (dưới vị trí tác dụng tải trọng P_1), tính theo công thức:

$$M_{x2} = \overline{M}_{x2} \cdot P_2; M_{y2} = \overline{M}_{y2} \cdot P_2$$

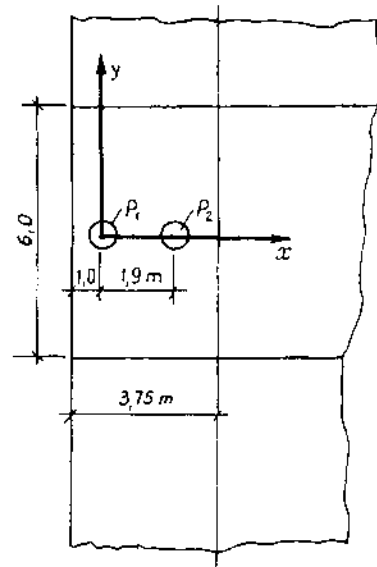
$$\text{Với } h_1 = 22 \text{ cm có } \xi = \frac{x}{L_{h1}} = \frac{1,9}{1,08} = 1,759; \eta = 0.$$

Tra bảng 3-13 được:

$$\overline{M}_{x2} = 0,0148; \overline{M}_{y2} = 0,0232$$

$$M_{x2} = -0,0148 \times 6000 = -88,8 \text{ kGcm/cm},$$

$$M_{y2} = 0,0232 \times 6000 = 139,2 \text{ kGcm/cm},$$



Hình 3-9. Sơ đồ tác dụng tải trọng khi tính mặt đường bê tông.

Với $h_2 = 24 \text{ cm}$, có $\xi = \frac{1,9}{1,179} = 1,61, \eta = 0$

$$\overline{M}_{x2} = -0,014; \overline{M}_{y2} = 0,028,$$

$$M_{x2} = -0,014 \times 6000 = -84 \text{ kGcm/cm}$$

$$M_{y2} = 0,028 \times 6000 = 168 \text{ kGcm/cm}$$

Với $h_3 = 26 \text{ cm}$ có $\xi = \frac{1,9}{1,277} = 1,49, \eta = 0$

$$\overline{M}_{x2} = -0,0123; \overline{M}_{y2} = 0,032,$$

$$M_{x2} = -0,0123 \times 6000 = -73,3 \text{ kGcm/cm},$$

$$M_{y2} = 0,032 \times 6000 = 192 \text{ kGcm/cm},$$

Mômen uốn tính toán tổng cộng:

Với $h_1 = 22 \text{ cm}$, Có $M_{y(h1)} = 1.403,28 + 139,2 = 1542,48 \text{ kGcm/cm}$

Với $h_2 = 24 \text{ cm}$, Có $M_{y(h2)} = 1451,77 + 168 = 1619,7 \text{ kGcm/cm}$

Với $h_3 = 26 \text{ cm}$, Có $M_{y(h3)} = 1496,43 + 192 = 1688,43 \text{ kGcm/cm}$

4. Tính hệ số $(k_y)_{hi}$ ứng với các chiều dày h_1, h_2, h_3 :

$$(k_y)_{hi} = \frac{6M_{y(hi)}}{(h_i)^2 (K_b)_{hi} \cdot K_1 K_o R_{ku}}$$

Với $h_1 = 22 \text{ cm}$, có $(k_y)_{h1=22} = \frac{6 \times 1542,48}{22^2 \times 0,862 \times 1,25 \times 0,80 \times 45} = 0,5163$

Với $h_2 = 24 \text{ cm}$, có $(k_y)_{h2=24} = \frac{6 \times 1619,77}{24^2 \times 0,823 \times 1,25 \times 0,80 \times 45} = 0,4556$

Với $h_3 = 26 \text{ cm}$, có $(k_y)_{h3=26} = \frac{6 \times 1688,43}{26^2 \times 0,784 \times 1,25 \times 0,80 \times 45} = 0,4247$

Từ các giá trị $(k_y)_{hi}$ tính ở trên, vẽ được biểu đồ cho quan hệ giữa k_y và h như ở hình 3-8.

5. Tính hệ số (k_y) và xác định h :

$$[k_y] = 1,08 N^{0,063}$$

Với $N = 2,326 \times 10^6$

$$[k_y] = 1,08 \times (2,326 \times 10^6)^{0,063} = 0,4288$$

Từ biểu đồ hình 3-8 tra được $h = 26 \text{ cm}$.

Vậy chiều dày tấm bê tông xi măng thiết kế là $h = 26 \text{ cm}$.

6. Tính chiều dày lớp móng:

Áp dụng công thức
$$h_{mg} = \frac{R}{\left[\left(\frac{1}{1 - \frac{p_{gb}}{p_{pl}}} \right)^{2/3} - 1 \right]^{0,5}}$$

trong đó:

$$\begin{aligned}
 P_{gh} &= k_n k_o \left[\frac{\pi \left(\gamma h + \frac{C}{\operatorname{tg} \varphi} \right)}{\cot \operatorname{tg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \right] = \\
 &= 0,6 \times 0,5 \left[\frac{\pi \left(0,0024 \times 26 + \frac{0,19}{\operatorname{tg} 18''} \right)}{\cot 18'' + \frac{\pi}{10} - \frac{\pi}{2}} + 0,0024 \times 26 \right] = \\
 &= 0,3 \left[\frac{\pi \left(0,0624 + \frac{0,19}{0,324} \right)}{3,077 - \frac{4\pi}{10}} + 0,0624 \right] \\
 &= 0,3 \left(\frac{2,038}{1,82} + 0,0624 \right) = 0,3(1,1195 + 0,0624) = 0,354 \text{ kG/cm}^2 \\
 P_{pl} &= \bar{P}_k \frac{\bar{P}_H}{P_\infty} \frac{P}{L^2}
 \end{aligned}$$

với $\bar{P}_k = 0,49$ (tra bảng 3-14 theo $\delta = \frac{d}{L} = \frac{1}{1,27} = 0,783$),

$\bar{P}_H = 0,221$ (tra bảng 3-15 theo $\frac{H}{L} = 1$),

$\bar{P}_\infty = 0,192$,

$P = 6000 \text{ kG}$; $L = 1,277 \text{ m}$.

Vậy $P_{pl} = 0,49 \times \frac{0,221}{0,192} \times \frac{6000}{127,7^2} = 0,207 \text{ kG/cm}^2$

Do $P_{gh} > P_{pl}$ ($0,354 > 0,207$) nên chỉ cần bố trí lớp móng theo cấu tạo.

3.5. THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG CỨNG THEO PHƯƠNG PHÁP OETTEROGAT SÊCHCHIA - MEDNICÔP

1. Nguyên tắc và các thông số thiết kế.

Mặt đường cứng ở đây là mặt đường bê tông xi măng đổ tại chỗ. Kết cấu mặt đường được tính toán dựa trên nguyên lý tính tám trên nền đàn hồi với lời giải của Oetterogát cho ba trường hợp tải trọng ở giữa, ở cạnh và ở góc tám. Tuy nhiên do các công thức của Oetterogát dựa trên mô hình hệ số nền K (là một thông số khó xác định và kém chính xác) nên giáo sư

Liên Xô cũ I.A.Mednicôp đã tính đổi chúng từ mô hình hệ số nền sang mô hình bán không gian đàn hồi E_0 , với quan hệ giữa K và E_0 tìm được bằng cách đồng nhất các công thức tính ứng suất cho trường hợp tải trọng ở giữa tấm của Oettergat và của Sêchchia (xem mục 2-5). Kết quả là Mednicôp đã tìm được các công thức đơn giản để xác định chiều dày tấm bê tông cho ba trường hợp tác dụng của tải trọng với mô hình nền E_0 , gọi là công thức Oettergat - Sêchchia - Mednicôp.

Tải trọng thiết kế phải căn cứ vào mục đích sử dụng và tính chất giao thông trên đường để quyết định. Trên các đường quan trọng, phải lấy tải trọng thiết kế không nhỏ hơn tải trọng của xe H.13 tác dụng, trên các đường khác phải lấy không nhỏ hơn tải trọng của xe H.10 tác dụng. Sau khi đã tính toán với tải trọng thiết kế, cần phải kiểm tra lại với các loại xe vượt tải và đặc biệt có thể chạy trên đường đó nhưng lấy hệ số an toàn nhỏ hơn.

Tiêu chuẩn các cấp tải trọng thiết kế cho ở bảng 3.19.

Bảng 3-19

Tiêu chuẩn các cấp tải trọng thiết kế

Loại tải trọng	Ô tô thiết kế		Ô tô vượt tải		Hệ số xung kích
	Tải trọng bánh xe P (KG)	Đường kính vết bánh D (cm)	P (KG)	D (cm)	
H.10	3500	30	4750	30	1,2
H.13	4550	30	6175	34	1,15
H.18	6000	32	2 x 6000	34	1,15

Trên các đường thường có xe xích đi lại, phải nghiệm toán với xe xích.

Các chỉ tiêu cường độ và môđun đàn hồi của bê tông làm đường xem bảng (1-1) và (1-2).

Cường độ chịu uốn cho phép của bê tông làm đường bằng cường độ kéo uốn giới hạn (R_{ku}) nhân với hệ số chiết giảm cường độ n (bảng 3-20).

Bảng 3-20

Giá trị của hệ số chiết giảm cường độ n

Tổ hợp tải trọng	Hệ số chiết giảm cường độ n	Hệ số an toàn $K = \frac{1}{n}$
1. Tính với tải trọng thiết kế	0,5	2,0
2. Kiểm toán với xe vượt tải	0,59 ÷ 0,63	1,7 ÷ 1,58
3. Kiểm toán với xe xích	0,65	1,51
4. Tác dụng đồng thời của hoạt tải và của ứng suất nhiệt	0,85 ÷ 0,90	1,18 ÷ 1,11
5. Tính khoảng cách giữa hai khe dãn	0,30 ÷ 0,35	3,33 ÷ 3,42

Trị số môđun đàn hồi của đất và nền đường có thể lấy theo bảng 3-21 hoặc tham khảo bảng 2-22.

Các tấm bê tông xi măng phải được đặt trên lớp móng nhân tạo bằng cát, đá dăm, vật liệu gia cố xi măng hoặc các chất liên kết vô cơ khác có cường độ và độ ổn định đảm bảo... Tuy nhiên phương pháp này không yêu cầu tính chiều dày lớp móng mà chỉ lấy theo cấu tạo (khoảng 15cm).

Bảng 3-21

Trị số môđun đàn hồi của nền đất dưới mặt đường bê tông xi măng

Loại đất	Môđun đàn hồi tính toán E_0 (kG/cm ²)
Á cát thô ($h \leq 1m$)	800-1000
Á cát nhỏ, cát bột	500-700
Á sét nhẹ, á sét nặng	400-500
Á sét nhẹ bột, á sét nặng bột, á cát bột	200-250

2. Tính chiều dày tấm bê tông xi măng.

Chiều dày tấm bê tông mặt đường được xác định theo công thức sau:

$$h = \sqrt{\frac{\alpha_i P_l}{|\sigma|}},$$

trong đó:

h - chiều dày tấm (cm); P_l - tải trọng của bánh xe tính toán đã nhân với hệ số xung kích (kG); $|\sigma|$ - cường độ chịu uốn cho phép của bê tông xi măng (kG/cm²) bằng cường độ kéo uốn giới hạn R_{ku} nhân với hệ số chiết giảm n cho ở bảng 3-12 tùy theo tổ hợp tải trọng tính toán;

α_i - hệ số, có giá trị thay đổi tùy theo vị trí của tải trọng, tỷ số $\frac{E}{E_0}$ và $\frac{h}{R}$ (E - môđun đàn hồi của bê tông; E_0 - môđun đàn hồi tính toán của nền đất; R - bán kính vệt bánh xe tính toán).

Khi tính toán chiều dày cho trường hợp tải trọng tác dụng ở giữa tấm, cạnh tấm và góc tấm thì phân biệt dùng các hệ số $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ và chọn dùng trị số lớn trong ba trị số này.

Giá trị của các hệ số $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ lần lượt cho trong các bảng 2-2, 2-3, 2-4.

Trường hợp ở mép đường có bó vỉa và lát hè thì có thể dùng các bảng 2-2 và 2-4, trên các đường ô tô khác thì dùng các bảng 2-2 và 2-4.

Để tính chiều dày tấm bê tông theo công thức Mednicôp cũng phải dùng phương pháp mò dần, đầu tiên giả định h , tìm h/R rồi tra các hệ số α_i trong các bảng trên và thay vào công thức. Nếu trị số h tìm ra không phù hợp với giả định thì phải giả định lại chiều dày và tính lại cho đến khi phù hợp mới thôi.

Chiều dày tấm bê tông cũng có thể được tính theo công thức sau:

$$h = \sqrt{\frac{6M_t}{[\sigma]}}$$

trong đó:

M_t - mômen tính toán đơn vị (kGcm) xác định theo công thức:

$$M_t = \frac{\alpha_i P_t}{6}$$

Với α_i - hệ số tra bảng 3-22 phụ thuộc vào vị trí đặt tải trọng và hệ số $A = 0,55 \frac{R}{L}$. Các ký hiệu khác như trên.

Bảng 3-22

Giá trị của các hệ số α_i để tính chiều dày tấm bê tông.

Vị trí tác dụng của tải trọng	Giá trị của α_i khi $A = 0,55 \frac{R}{L}$									
	0,0275	0,055	0,110	0,165	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,88
Giữa tấm	2,00	1,62	1,21	1,01	0,86	0,645	0,505	0,40	0,325	0,212
Cạnh tấm	3,35	2,47	1,77	1,40	1,14	0,754	0,502	0,311	0,51	-
Góc tấm	2,39	2,08	1,57	1,22	0,905	0,357	-	-	-	-

$$h = \sqrt{\frac{6 \sum M}{[\sigma]}}$$

trong đó:

$\sum M$ - tổng mômen uốn hướng tâm hoặc mômen uốn tiếp tuyến do tải trọng phân bố đều trên diện tích vòng tròn vệt bánh tương đương gây ra ngay dưới bánh xe và do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh gây ra, xác định theo các công thức (2-18), (2-19), (2-20).

Cũng có thể xác định mômen uốn như sau:

1. Mômen uốn hướng tâm và mômen uốn tiếp tuyến do tải trọng phân bố đều trên vòng tròn vệt bánh tương đương R sinh ra ngay dưới vệt bánh xe:

$$M_t = M_r = \frac{CP_t(1+\mu)}{2\pi aR}$$

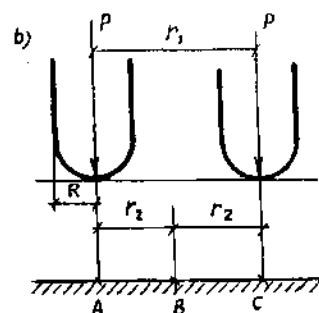
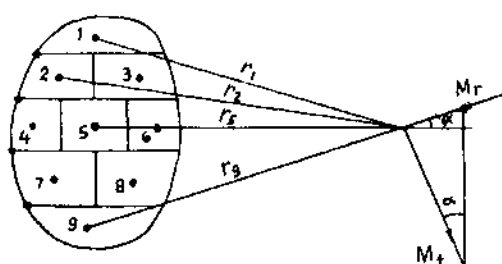
2. Mômen uốn hướng tâm và mômen uốn tiếp tuyến do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh gây ra:

$$M_t = (A + \mu B)P_t$$

$$M_r = (B + \mu A)P_t$$

trong đó:

A, B - các hệ số xác định theo tích aR ; C - hệ số xác định theo tích aR . Giá trị của aR và aR tra ở bảng (3-23). Các hệ số A, B, C tra ở các toán đồ và ở hình (3-11), (3-12).

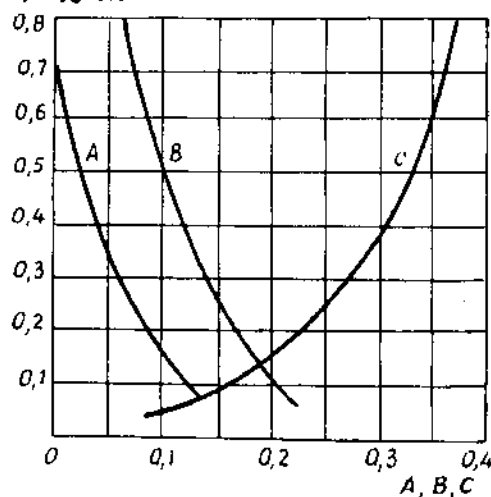


Hình 3-10. Sơ đồ xác định mômen uốn thiết kế trong tấm bê tông

a) Dùng các lực tập trung thay thế cho tải trọng phân bố đều.

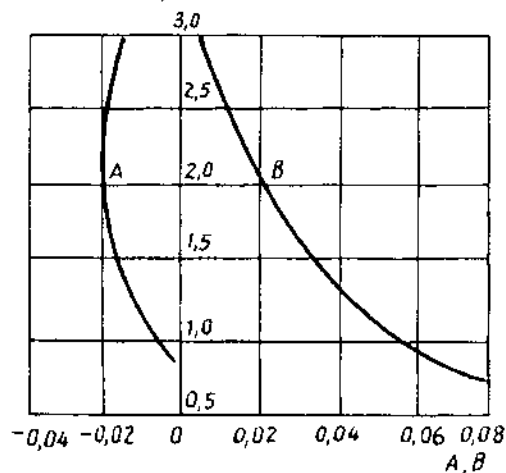
b) Ảnh hưởng của bánh xe kép.

αr và αR



Hình 3-11. Giá trị của các hệ số A, B, C (khi $0 < ar < 1$).

αr



Hình 3-12. Giá trị của các hệ số A, B khi $ar > 1$.

4. Kiểm toán với ứng suất nhiệt.

Ứng suất nhiệt xác định theo công thức Oettergat và Brabbury (xem phần 2-6).

Khi kiểm toán tác dụng phối hợp của ứng suất do nhiệt độ và ứng suất do tải trọng xe chạy nếu thấy ứng suất tổng hợp lớn hơn ứng suất cho phép của bê tông thì phải giảm bớt chiều dài hoặc tăng chiều dày của tấm rồi kiểm toán lại.

Bảng 3-23

Giá trị của αR

E/E_0 \ $h/r, (h/R)$	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
2000	0,072	0,080	0,090	0,103	0,120	0,144	0,180	0,240	0,288	0,360	0,180	0,720	1,440
1500	0,079	0,088	0,099	0,114	0,133	0,159	0,198	0,265	0,318	0,397	0,530	0,795	1,590
1200	0,085	0,095	0,107	0,122	0,143	0,171	0,214	0,285	0,342	0,427	0,569	0,855	1,710
1000	0,091	0,101	0,114	0,130	0,152	0,182	0,227	0,301	0,364	0,454	0,605	0,910	1,820
800	0,098	0,108	0,122	0,140	0,163	0,195	0,244	0,326	0,390	0,487	0,650	0,975	1,950
600	0,108	0,120	0,135	0,154	0,181	0,216	0,270	0,360	0,432	0,510	0,720	1,080	2,160
500	0,114	0,127	0,142	0,163	0,191	0,228	0,286	0,381	0,456	0,570	0,760	1,140	2,280
400	0,123	0,137	0,154	0,176	0,206	0,246	0,308	0,410	0,492	0,615	0,820	1,230	2,461
300	0,135	0,151	0,169	0,194	0,226	0,271	0,338	0,452	0,542	0,677	0,902	1,355	2,710
200	0,155	0,172	0,194	0,222	0,259	0,310	0,387	0,512	0,620	0,775	1,033	1,550	3,100
150	0,171	0,190	0,214	0,244	0,285	0,342	0,426	0,570	0,684	0,860	1,137	1,710	3,420
100	0,195	0,216	0,244	0,279	0,326	0,390	0,487	0,650	0,780	0,975	1,300	1,950	3,900
80	0,210	0,233	0,262	0,300	0,351	0,420	0,525	0,700	0,840	1,050	1,398	2,100	4,200

5. Tính toán cốt thép tăng cường ở cạnh tấm.

Khi dùng tấm bê tông có tiết diện không đổi, chiều dày h , có cốt thép tăng cường ở cạnh tấm, tiết diện cốt thép được tính toán theo phương pháp gần đúng của Ivanôp.

Lực phụ thêm tác dụng lên một dải rộng 100cm ở gần cạnh tấm mà cốt thép phải chịu, được xác định trên cơ sở giả thiết là ứng suất σ_2 ở cạnh tấm giảm dần đến σ_1 ở giữa tấm (trong phạm vi 100cm đó) và biểu thị bằng công thức:

$$Q = \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_1 \right) \frac{h}{4} 100.$$

Nếu xem $\sigma_2 = 1,5 \sigma_1$ thì $Q = 6,25 h \sigma_1$.

Diện tích tiết diện cốt thép cần thiết (F) để chịu lực phụ thêm trên đây là

$$F = \frac{Q}{[\sigma_a]},$$

trong đó:

$[\sigma_a]$ - ứng suất chịu kéo cho phép của cốt thép (kg/cm^2).

Căn cứ vào $F(\text{cm}^2)$ để tính ra số thanh cốt thép cần phải bố trí trong phạm vi 80cm kể từ mép vào. Thường dùng loại cốt thép có đường kính $\phi = 10 \div 14\text{mm}$.

Trường hợp tổng diện tích cốt thép bằng nhau thì nên sử dụng loại cốt thép có tiết diện nhỏ để tăng số thanh lên, nhưng phải đảm bảo cho khoảng cách giữa các thanh cốt thép không nhỏ hơn 10cm, lớp bảo vệ của cốt thép không nhỏ hơn 5cm và đặt cách đáy tấm bê tông $\frac{1}{4}h$ (nhưng không nhỏ hơn 5cm).

6. Ví dụ áp dụng.

Ví dụ 1: Thiết kế kết cấu mặt đường bê tông xi măng của đường ô tô cấp II với tải trọng thiết kế là ô tô H-13, hệ số xung kích $k = 1,2$; kiểm toán với xe xích T-60, xe H-13 vượt tải.

Đặc trưng của vật liệu: bê tông xi măng M400, mô đun đàn hồi $E = 3,5 \times 10^5 \text{ kG/cm}^2$, $R_{ku} = 50 \text{ kG/cm}^2$, $\mu = 0,15$.

Đất nền đường là á cát bột, đầm chặt $K = 0,95$, chất lượng đồng đều, bảo đảm thoát nước tốt, mô đun đàn hồi $E_0 = 250 \text{ kG/cm}^2$.

Giải:

1. *Tìm ứng suất cho phép của bê tông mặt đường:*

$$R_{ku} = 50 \text{ kG/cm}^2$$

Lấy hệ số chiết giảm cường độ là 0,5 vậy ứng suất kéo uốn cho phép là

$$[\sigma] = 0,5 \times 50 = 25 \text{ kG/cm}^2$$

Tải trọng tính toán

$$P_1 = 4550 \times 1,2 = 5460 \text{ kG}, R = 15 \text{ cm}.$$

2. *Tính chiều dày tấm bê tông xi măng:*

Giả định $h = 24 \text{ cm}$.

$$\frac{h}{R} = \frac{24}{15} = 1,6; \quad \frac{E}{E_0} = \frac{3,5 \times 10^5}{250} = 1,4 \times 10^3$$

Tra bảng 2-3 và 2-4 được $\alpha_2 = 2,394$

$$\alpha_1 = 2,186.$$

Vì $\alpha_2 > \alpha_1$, nên tính chiều dày của tấm theo α_2

$$h = \sqrt{\frac{\alpha_2 P_1}{[\sigma]}} = \sqrt{\frac{2,394 \cdot 5460}{25}} = 22,86 \text{ cm} < 24 \text{ cm}$$

Giả định lại $h = 23 \text{ cm}$

$$\frac{h}{R} = \frac{23}{15} = 1,53; \quad \frac{E}{E_0} = 1,4 \times 10^3$$

Tra bảng 2-3 được $\alpha = 2,350$

$$h = \sqrt{\frac{2,35 \times 5460}{25}} = 22,65 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}$$

Vậy lấy $h = 23 \text{ cm}$.

3. Kiểm toán với xe H-13 vượt tải:

Xe H-13 vượt tải có trục bánh kép, khoảng cách giữa 2 trục bánh là $r = 1,70 \text{ m}$, $P = 6175 \text{ kG}$, $R = 17 \text{ cm}$, $k = 1,15$.

$$\frac{h}{R} = \frac{23}{17} = 1,35; \frac{E}{E_0} = 1,4 \times 10^3,$$

Tra bảng 3-23 được $aR \approx 0,131$.

Từ toán đồ ở hình 3-11 tra được $C = 0,17$.

$$M_f = M_t = \frac{C \cdot P_i (1 + \mu)}{2\pi a R} = \frac{0,17 \times 6175 \times 1,15 (1 + 0,15)}{2 \times 3,14 \times 0,131} = 1686,87 \text{ kGcm/cm}.$$

Tìm mômen uốn do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh (của trục bánh kép) gây ra:

$$\frac{h}{r} = \frac{23}{170} = 0,135; \frac{E}{E_0} = 1,4 \times 10^3$$

Tra bảng (3-23) được $ar = 1,344$.

Tra toán đồ ở hình 3-11 được $A = -0,014$, $B = 0,042$.

$$M'_t = (A + \mu B) P_i = (-0,014 + 0,15 \times 0,042) \times 6175 \times 1,15 = -54,68 \text{ kGcm/cm},$$

$$M'_l = (B + \mu A) P_i = (0,042 + 0,15 \times -0,014) \times 6175 \times 1,15 = 203,34 \text{ kGcm/cm},$$

$$\text{Vậy} \quad \Sigma M_t = 1688,87 - 54,68 = 1632,19 \text{ kGcm/cm},$$

$$\Sigma M_l = 1688,87 + 203,34 = 1890,21 \text{ kGcm/cm},$$

$$\Sigma M_l > \Sigma M_t \text{ nên kiểm toán với } \Sigma M_l.$$

$$h = \sqrt{\frac{6 \Sigma M_l}{[\sigma]}} = \sqrt{\frac{6 \times 1890,21}{30}} = 19,44 \text{ cm} < 23 \text{ cm}$$

(trong đó $[\sigma]' = 0,6 \times 50 = 30 \text{ kG/cm}^2$, lấy hệ số chiết giảm cường độ $n = 0,6$).

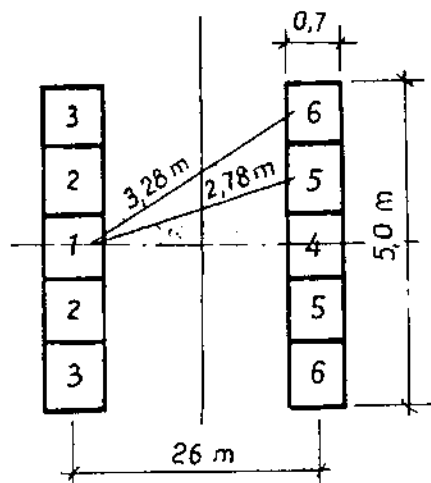
Như vậy tấm bê tông làm việc an toàn với xe H-13 vượt tải.

4. Kiểm toán với xe xích T-60:

Tổng trọng lượng của xe xích T-60 là 60T, áp lực của bánh xích là 6T/m, chiều dài của vệt bánh xích là 5m, chiều rộng xích là 0,7m, khoảng cách giữa 2 tim bánh xích là 2,60m (xem hình 3-13).

Do xe xích chạy chậm nên không xét đến hệ số xung kích. Chia vệt bánh xích thành 5 ô đều nhau, tại mỗi ô chịu tác dụng của một lực tập trung $P = 6T$.

Khi tính toán mômen uốn do lực tác dụng trên các ô gây ra đối với điểm A (tiết diện tính toán ở trọng tâm ô 1) thì xem tải trọng tác dụng trên ô 1 là tải trọng phân bố đều trên vòng tròn tương



Hình 3-13. Sơ đồ phân bố tải trọng xe xích T-60.

đương bán kính $R = \sqrt{\frac{1 \times 0,7}{\pi}} = 0,47 \text{ m}$. Các tải trọng tác dụng trên các ô từ 2 ÷ 6, được xem là các lực tập trung đặt tại tâm các ô đó và cách điểm A một khoảng nhất định. Việc tính toán mômen uốn do các lực tác dụng gây ra tại điểm A được tóm tắt trong các bảng 3-24 và 3-25.

Từ các kết quả tóm tắt trong 2 bảng trên đây, ta tìm được mômen uốn có giá trị dương lớn nhất do tải trọng xe xích gây ra tại điểm A là 2324 kGcm/cm. Ứng suất kéo uốn lớn nhất do xe xích gây ra ở đáy tấm là $\sigma = \frac{6 \times 2324}{23^2} = 26,3 \text{ kG/cm}^2$ nhỏ hơn ứng suất kéo uốn cho phép $[\sigma] = 50 \times 0,65 = 32,5 \text{ kG/cm}^2$ (với hệ số chiết giảm cường độ $n = 0,65$). Như vậy $h = 23 \text{ cm}$ là đủ.

Bảng 3-24

Mômen uốn do bánh xích trái gây ra đối với điểm A

Ký hiệu	aR hoặc ar	A	B	C	$M_1 = \frac{C \cdot P_1 (1 + \mu)}{2\pi aR}$ $M_1 = (B + \mu A)P_1$	$M = \frac{C P_1 (1 + \mu)}{2\pi aR}$ $M = (A + \mu B)P_1$
M_1	0,321			0,28	$\frac{0,28 \times 6000 (1 + 0,15)}{2 \times 3,14 \times 0,321} = 957$	957
$2M_2$	0,706	0,01	0,08		$2(0,08 + 0,15 \times 0,01) \times 6000 = 978$	$2(0,01 + 0,15 \times 0,08) \times 6000 = 264$
$2M_3$	1,467	0,017	0,035		$2(0,035 + 0,15 \times -0,017) \times 6000 = 389$	$2(-0,017 + 0,15 \times 0,035) \times 6000 = -141$
					$\Sigma M_1 = 2324$	$\Sigma M_1 = 1080$

Mômen uốn do bánh xích bên phải gây ra đối với điểm A

Ký hiệu	ar	A	B	$M_t = (A + \mu B)P_t$	$M_t = (B + \mu A)P_t$	$\cos^2 \alpha$	$\sin^2 \alpha$	$M_y = M_t \cos^2 \alpha + M_t \sin^2 \alpha$	$M_x = M_t \sin^2 \alpha + M_t \cos^2 \alpha$
M_4	1,785	-0,02	0,026	138	-96,6	1	0	138	-96,6
$2M_5$	1,88	-0,02	0,024	252	-197	$\left(\frac{2,6}{2,78}\right)^2$	$\left(\frac{1,0}{2,78}\right)^2$	194,9	-136,8
$2M_6$	2,22	-0,019	0,017	170	-197	$\left(\frac{2,6}{3,28}\right)^2$	$\left(\frac{2,0}{3,28}\right)^2$	34,0	-60,7
				$\Sigma M_t = 560$	$\Sigma M_t = -490,6$			$\Sigma M_y = 366,9$	$\Sigma M_x = -297,1$

5. Kiểm toán ứng suất dưới tác dụng đồng thời của nhiệt độ và tải trọng:

Lấy chiều rộng của tấm bê tông B = 3,5m, chiều dài l = 5m. Ứng suất kéo uốn cho phép của bê tông trong trường hợp này là $[\sigma] = 0,85 \times 50 = 42,5 \text{ kG/cm}^2$ (lấy hệ số chiết giảm cường độ n = 0,85).

Đặc trưng đàn hồi của tấm bê tông:

$$L = 0,6 h \sqrt{\frac{E}{E_n}} = 0,6 \times 23 \sqrt{1,4 \times 10^3} = 154,38 \text{ cm}$$

$$\frac{B}{L} = \frac{350}{154,38} = 2,27, \quad \frac{l}{L} = \frac{500}{154,38} = 3,24$$

Tra toán đồ Brabury (hình 2-11) được $C_y = 0,07$, $C_x = 0,18$.

Gradient nhiệt độ theo chiều dày tấm bê tông tính theo công thức:

$$\begin{aligned} \Delta t &= 0,67h \\ &= 0,67 \times 23 = 15,41^\circ \text{C}. \end{aligned}$$

a) Nghiệm toán ứng suất giữa tấm bê tông:

- Ứng suất nhiệt:

$$\begin{aligned} \sigma_t &= (C_x + C_y \mu) \Delta t \\ &= (0,18 + 0,07 \times 0,15) \times 15,41 = 2,93 \text{ kG/cm}^2. \end{aligned}$$

- Ứng suất lớn nhất do tải trọng sinh ra

$$\sigma_{\max} = [\sigma] = 0,5 \times R_{ku} = 0,5 \times 50 = 25 \text{ kG/cm}^2.$$

Ứng suất tổng cộng:

$$2,93 + 25 = 27,93 \text{ kG/cm}^2 < 42,5 \text{ kG/cm}^2.$$

Tấm bê tông đủ chịu.

b) Nghiệm toán ứng suất ở cạnh tấm:

- Ứng suất nhiệt

$$\sigma_t = C_x \Delta t = 0,18 \times 15,41 = 2,77 \text{ kG/cm}^2.$$

- Ứng suất lớn nhất do tải trọng

$$\sigma_{\max} = [\sigma] = 25 \text{ kG/cm}^2$$

Ứng suất tổng cộng:

$$2,77 + 25 = 27,77 \text{ kG/cm}^2 < 43,5 \text{ kG/cm}^2.$$

Tấm bê tông đủ chịu.

Ví dụ 2:

Kết cấu mặt đường cấp cao gồm lớp mặt bằng bê tông nhựa có chiều dày 8cm, lớp móng bằng bê tông xi măng mác 200. Tải trọng thiết kế là ô tô H-13. Lớp móng bê tông xi măng đặt trên lớp đệm cát và toàn bộ kết cấu mặt đường đặt trên nền đất có $E_0 = 600 \text{ kG/cm}^2$.

Hãy tính chiều dày lớp móng bê tông xi măng.

Giải:

Tính chiều dày lớp móng bê tông M 200:

a) Tính chiều dày h_{td} với xe H-13

Giả định $h_{td} = 22 \text{ cm}$,

$$\frac{h_{td}}{R} = \frac{22}{15} = 1,5; \quad \frac{E}{E_0} = \frac{200000}{600} = 333$$

Tra bảng 2-3 được $\alpha_2 = 1,83$.

$$h = \sqrt{\frac{\alpha_2 P_t}{[\sigma]}} = \sqrt{\frac{1,83 \times 4550}{0,5 \times 35}} = 21,81 \approx 22 \text{ cm}$$

Lấy $h_{td} = 22 \text{ cm}$.

b) Kiểm toán với xe H-13 vượt tải ($P = 6175 \text{ kG}$, $R = 17 \text{ cm}$).

$$\frac{h_{td}}{R} = \frac{22}{17} = 1,3; \quad \frac{E}{E_0} = 333; \quad \mu = 0,15.$$

Tra bảng (3-23) được $aR = 0,197$. Tra toán đồ vẽ ở hình 3-11 được $C = 0,22$.

$$\text{Vậy } M_r = M_t = \frac{C P_t (1 + \mu)}{2\pi aR} = \frac{0,22 \times 6175 \times (1 + 0,15)}{2 \times 3,14 \times 0,197} = 1262,80 \text{ kGcm/cm}$$

Tìm mômen uốn do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh gây ra:

$$\frac{h_{td}}{r} = \frac{22}{170} = 0,129; \quad \frac{E}{E_0} = 333$$

Tra bảng 3-23 được $ar = 2,155$.

Tra toán đồ 3-11 được $A = -0,019$; $B = 0,018$

$$M_r = (A + \mu B)P_t = (-0,019 + 0,15 \times 0,018) \times 6175 = -100,65 \text{ kGcm/cm}$$

$$M_t = (B + \mu A)P_t = (0,018 + 0,15 \times (-0,019)) \times 6175 = 93,55 \text{ kGcm/cm}$$

$$\text{Vậy } \Sigma M_r = +1262,80 - 100,65 = 1162,15 \text{ kGcm/cm}$$

$$\Sigma M_t = 1262,80 + 93,55 = 1356,35 \text{ kGcm/cm.}$$

Vì $\Sigma M_t > \Sigma M_r$ nên kiểm toán với ΣM_t ,

$$h = \sqrt{\frac{6 \Sigma M_t}{[\sigma]}} = \sqrt{\frac{6 \times 1356,35}{0,6 \times 35}} = 19,7 < 22 \text{ cm}$$

c) Tính chiều dày lớp móng bê tông M200 dưới lớp bê tông nhựa dày 8cm.

Mô đun của bê tông nhựa $E_{bn} = 10000 \text{ kG/cm}^2$.

$$\begin{aligned} h_{bx} &= h_{td} - h_{bn} \sqrt[3]{\frac{E_{bn}}{E}} \\ &= 22 - 8 \times \sqrt[3]{\frac{10000}{200000}} = 22 - 2,94 = 19,06 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lấy chiều dày lớp móng bê tông $h_{bx} = 20 \text{ cm}$.

3.6. THIẾT KẾ MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG LẤP GHÉP

Mặt đường bê tông lấp ghép là loại mặt đường dùng các tấm bê tông hoặc bê tông cốt thép đúc sẵn để lát thành mặt đường.

Việc tính toán kết cấu các tấm bê tông lấp ghép có thể tiến hành theo nhiều phương pháp khác nhau như các phương pháp của Sêchchia, Gorbunốp - Pôsadốp, Kônôvalốp, Mednicốp...

Ở đây chỉ giới thiệu phương pháp của Gorbunốp - Pôsadốp là phương pháp được dùng phổ biến ở Liên Xô cũ.

1. Tính toán kết cấu mặt đường bê tông lấp ghép theo phương pháp của Gorbunốp - Pôsadốp:

Gorbunốp - Pôsadốp đã dựa vào tỉ số $\frac{a}{b}$ (a - chiều dài, b - chiều rộng tấm) để phân loại tấm:

Các tấm có $\frac{a}{b} \leq 2$ được tính như tấm tròn có diện tích tương đương.

Khi $2 < \frac{a}{b} < 7$ được tính như một hình băng trên nền đàn hồi.

Khi $\frac{a}{b} \geq 7$ được tính như một dầm trên nền đàn hồi.

a. Trường hợp tính như một tấm tròn có diện tích tương đương, $\left(\frac{a}{b} \leq 2 \right)$.

Gorbunốp - Pôsadốp đã dựa vào chỉ tiêu độ cứng S (xác định theo công thức 2-10) để phân các tấm bê tông thành ba loại: tấm tuyệt đối cứng ($S < 0,5$), tấm có độ cứng hữu hạn ($0,5 < S < 10$) và tấm vô hạn ($S > 10$). Đồng thời tiến hành tính toán M, Q, p phân biệt cho từng loại tấm như đã giới thiệu ở mục 2-5.

b. Trường hợp tính như một tấm hình băng đặt trên nền đàn hồi, $\left(2 < \frac{a}{b} < 7 \right)$

Để chia tấm hình băng thành các loại, Gorbunop - Pôsadop đã dùng chỉ số mềm t xác định theo công thức:

$$t = 10 \frac{E_0}{E_1} \frac{\bar{a}^3}{h^3} \quad (3-1)$$

với : $\bar{a}$ - một nửa chiều dài tấm hình băng (cm);

h - chiều dày tấm (cm).

Tấm hình băng có 3 loại;

- Tấm hình băng cứng khi $t < 1$.
- Tấm hình băng ngắn khi $1 \leq t \leq 10$.
- Tấm hình băng dài khi $t > 10$.

Với tấm hình băng cứng và tấm hình băng ngắn:

$$\text{Mômen uốn: } M = \bar{M} \cdot \bar{a} \cdot P \text{ (kG/cm)} \quad (3-2)$$

$$\text{Lực cắt: } Q = \bar{Q} \cdot P \text{ (kG)} \quad (3-3)$$

$$\text{Phản lực: } p = \bar{p} \frac{P}{\bar{a}b} \text{ (kG/cm}^2\text{)} \quad (3-4)$$

Trong đó:

b - chiều rộng tấm (cm); P - tải trọng tập trung tác dụng trên tấm (kG);

$\bar{M}, \bar{Q}, \bar{p}$ - các đại lượng không thứ nguyên tra bảng (3-26); các ký hiệu khác như trên.

Bảng 3-26

Giá trị các đại lượng không thứ nguyên $\bar{M}, \bar{Q}, \bar{p}$

Ký hiệu	Giá trị các đại lượng $\bar{M}, \bar{Q}, \bar{p}$ khi chỉ số mềm t bằng						
	0	1	2	3	5	7	10
$\bar{M}$	0,32	0,29	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22
$\bar{Q}$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
$\bar{p}$	0,32	0,39	0,45	0,50	0,58	0,65	0,74

Với tấm hình băng dài (băng mềm):

Việc tính toán được tiến hành theo trình tự sau:

- Tính toán đặc trưng đàn hồi của tấm theo công thức:

$$L = h \sqrt[3]{\frac{E}{6E_0}} \text{ (cm)} \quad (3-5)$$

trong đó:

h - chiều dày tấm (cm); E - môđun đàn hồi của tấm (kG/cm^2);

E_0 - môđun đàn hồi của nền (kG/cm^2).

- Xác định khoảng cách tính đổi từ điểm đặt tải trọng đến các đầu mút của tấm:

$$\alpha = \frac{d}{L}, \quad (3-6)$$

trong đó:

d - khoảng cách thực tế từ điểm đặt lực đến đầu mút tấm (cm);

L - đặc trưng đàn hồi của tấm.

Nếu: $\alpha > 2$ - tấm hình băng dài vô hạn.

$\alpha \leq 2$ - tấm hình băng nửa vô hạn.

Mômen uốn: $M = \overline{M}LP (\text{kGcm}) \quad (3-7)$

Lực cắt: $Q = \overline{Q}P (\text{kG}) \quad (3-8)$

Phản áp lực: $p = \overline{p} \frac{P}{bL} (\text{kG/cm}^2) \quad (3-9)$

Trong đó:

$\overline{M}, \overline{Q}, \overline{p}$ - các đại lượng không thứ nguyên.

Với các tấm dài vô hạn: $\overline{M} = 0,38, \overline{Q} = 0,5, \overline{p} = 0,38$.

Với các tấm nửa vô hạn thì tra bảng 3-27 phụ thuộc vào giá trị của α .

Bảng 3-27

Giá trị của $\overline{M}, \overline{Q}, \overline{p}$ của tấm hình băng nửa vô hạn

Ký hiệu	Giá trị của $\overline{M}, \overline{Q}, \overline{p}$ khi α bằng										
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\overline{M}$	0	0,04	0,11	0,18	0,24	0,28	0,32	0,37	0,49	0,42	0,40
$\overline{Q}$	0	0,34	0,49	0,54	0,55	0,54	0,53	0,51	0,48	0,48	0,48
$\overline{p}$	-	1,40	0,88	0,62	0,50	0,44	0,41	0,38	0,38	0,39	0,39

c. Trường hợp tính như dầm trên nền đàn hồi: $\left(\frac{a}{b} \geq 7 \right)$

Khi tính tấm mặt đường hình băng theo sơ đồ dầm trên nền đàn hồi thì cần phải kiểm tra độ mềm theo hướng ngang t_n .

- Đầu tiên xác định chỉ số mềm t_n theo công thức:

$$t_n = \frac{3\pi(1-\mu^2)E_0 b'^3}{(1-\mu_0^2)Eh^3}, \quad (3-10)$$

trong đó:

μ, μ_0 - hệ số Poatsông của bê tông và của nền đất; E_0 - môđun biến dạng của nền (kG/cm^2);
 E - môđun biến dạng của tấm bê tông (kG/cm^2); b' - một nửa chiều rộng tấm (cm); h - chiều dày tấm (cm).

Nếu $t_n < 1$ thì xem như tấm cứng.

Đặc trưng đàn hồi của tấm tính theo công thức :

$$L = \frac{2EI(1-\mu_0^2)}{bE_0}, \quad (3-11)$$

trong đó:

I - mômen quán tính của dầm (cm^4);

b - chiều rộng dầm (cm).

Chỉ số mềm của dầm tính theo công thức :

$$t = \frac{\pi E_0 \bar{a}^3 b'}{2(1-\mu_0^2)EI} \quad (3-12)$$

Nếu $t < 0,5$ và $0,5 \leq t \leq 1$; $\alpha < 20 \left(\alpha = \frac{\bar{a}}{b} \right)$ thì xem như dầm cứng.

Có thể xem như dầm dài, nếu:

$$0,01 < \beta < 0,15 \text{ và } \lambda > 1,0,$$

$$0,15 \leq \beta \leq 0,30 \text{ và } \lambda > 2,0,$$

$$0,30 < \beta \leq 0,5 \text{ và } \lambda > 3,5.$$

Trong đó:

$\beta = \frac{b}{2L}$ là một nửa chiều rộng tính đối của dầm.

$\lambda = \frac{1}{2L}$ là một nửa chiều dài tính đối của dầm.

Tính như dầm cứng:

$$\text{Mômen uốn: } M = \overline{M}Pa \text{ (kGcm)} \quad (3-13)$$

$$\text{Lực cắt } Q = \overline{Q}P \text{ (kG)} \quad (3-14)$$

$$\text{Phản áp lực} \quad p = \bar{p} \frac{P}{a} \text{ (kG/cm}^2\text{)} \quad (3-15)$$

$$\text{Độ lún} \quad y = \bar{y} \frac{1-\mu_0^2}{E_0} \frac{P}{a} \text{ (cm)} \quad (3-16)$$

Trong đó:

a = một nửa chiều dài tấm; P - tải trọng tập trung tính toán (kG);

E_0, μ_0 - môđun đàn hồi và hệ số Poatsông của nền; $\bar{M}, \bar{Q}, \bar{p}, \bar{y}$ - giá trị của các đại lượng không thứ nguyên tra ở bảng 3-28 phụ thuộc vào tỉ số α .

Bảng 3-28

Giá trị của các đại lượng $\bar{M}, \bar{Q}, \bar{p}, \bar{y}$

α	$\bar{M}$	$\bar{Q}$	$\bar{p}$	$\bar{y}$
7	0,2710	-0,5000	0,4310	-
10	0,2703	-0,5000	0,4310	1,0810
15	0,2672	-0,5000	0,4470	1,2100
20	0,2654	-0,5000	0,4520	1,3020
30	0,2634	-0,5000	0,4580	1,4310
50	0,2615	-0,5000	0,4610	1,5950

• Tính như dầm dài:

$$\text{Mômen uốn:} \quad M = \bar{M}PL \text{ (kGcm)} \quad (3-17)$$

$$\text{Lực cắt} \quad Q = \bar{Q}P \text{ (kG)} \quad (3-18)$$

$$\text{Phản áp lực} \quad p = \bar{p} \frac{P}{L} \text{ (kG/cm}^2\text{)} \quad (3-19)$$

$$\text{Độ lún} \quad y = \bar{y} \frac{1-\mu_0^2}{E_0} \frac{P}{L} \text{ (cm)} \quad (3-20)$$

Trong đó:

P - tải trọng tập trung tính toán tác dụng ở giữa dầm; $\bar{M}, \bar{Q}, \bar{p}, \bar{y}$ - các đại lượng không thứ nguyên (tra bảng 3-29), phụ thuộc vào trị số β ; các ký hiệu khác như trên.

• Tính như dầm ngắn (trường hợp dầm không thuộc loại dầm cứng hoặc loại dầm dài).

Dùng các trường hợp tính toán cho trường hợp tấm cứng.

Giá trị các đại lượng $\bar{M}, \bar{Q}, \bar{p}, \bar{y}$ khi tính toán theo dầm dài

Ký hiệu	Giá trị các đại lượng không thứ nguyên khi β bằng					
	0,01 - 0,04	0,04 - 0,10	0,10 - 0,20	0,20 - 0,40	0,40 - 0,70	0,70 - 0,00
$\bar{M}$	0,176	0,214	0,230	0,282	0,300	0,380
$\bar{Q}$	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	0,500
$\bar{p}$	0,761	0,620	0,555	0,490	0,440	0,380
y	2,140	1,570	1,070	0,780	0,600	-

2. Ví dụ áp dụng:

Kiểm tra cường độ của tấm bê tông lắp ghép mác 400 để lát mặt đường trong khu nhà ở:

Tấm bê tông (hình 3-14) có dạng hình sáu cạnh, với chiều dày 16cm. Tấm được đặt trên lớp cát dày 25cm và trên nền đất á sét. Cường độ kéo uốn của bê tông $R_{ku} = 50 \text{ kG/cm}^2$, hệ số đồng nhất của bê tông là 0,5.

Giải:

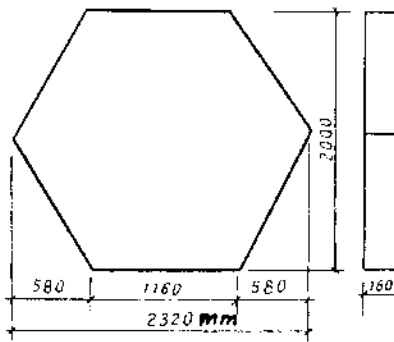
Tải trọng thiết kế của đường trong khu nhà ở là ô tô H-10 với tải trọng trên bánh xe $P_0 = 4550 \text{ kG}$ và đường kính vòng tròn vệt bánh tương đương là 34cm.

Các tấm hình sáu cạnh được thiết kế như các tấm tròn có diện tích tương đương và sử dụng các công thức của Gorbunốp - Pôsadốp để xác định mômen uốn lực cắt khi tải trọng tác dụng ở giữa tấm.

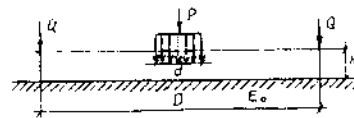
Đường kính của tấm tròn ở đây lấy bằng đường kính của vòng tròn nội tiếp trong hình sáu cạnh, nghĩa là $D = 200 \text{ cm}$.

Trên hình 3-15 là sơ đồ tính toán tấm có tải trọng phân bố trên diện tích vòng tròn đường kính 34cm với áp lực phân bố 5 kG/cm^2 .

Theo chu vi tấm là lực cắt Q phân bố đều có trị số tương đương với phản lực của các tấm bên cạnh.



Hình 3-14. Tấm bê tông hình sáu cạnh lát mặt đường trong khu nhà ở.



Hình 3-15. Sơ đồ tính toán tấm.

Xác định chỉ tiêu độ cứng của tấm:

$$S = 3 \frac{(1 - \mu^2) E_o D^3}{(1 - \mu_o^2) E_b 8h^3} = 3 \frac{(1 - 0,15^2) \times 400 \times 200^3}{(1 - 0,3^2) \times 310000 \times 8 \times 16^3} = 1,36$$

Vì $0,5 < 1,36 < 10$ nên tấm thuộc loại có độ cứng hữu hạn.

Mômen do hoạt tải gây ra nhưng không xét đến ảnh hưởng của các tấm bên cạnh được xác định theo công thức:

$$M = P (\bar{M}_A + \bar{M}_B)$$

với

$$P = n \cdot k_d \cdot P_0 = 1 \times 1,2 \times 4550 = 5460 \text{ kG}$$

trong đó:

$$n = 1, K_d = 1,2, P_0 = 4550$$

$$\bar{M}_A = -0,06 \text{ (tra bảng 2-8)}, \bar{M}_B = 0,241 \text{ (tra bảng 2-9)}.$$

$$\text{Vậy } M = 5160 (-0,06 + 0,241) = 983 \text{ kGcm/cm}.$$

Lực cắt do ảnh hưởng của các tấm bên cạnh xác định theo công thức:

$$Q = \bar{Q} \frac{P}{L},$$

với

$$\bar{L} = \frac{D}{L} \sqrt{\frac{1}{2S}}.$$

Giá trị của $\bar{Q}$ lấy theo bảng 3-30 phụ thuộc vào tỉ số $D/2L$.

Bảng 3-30

D/2L	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2
Q	1,582	0,779	0,506	0,367	0,204	0,15	0,105	0,074	0,053	0,38	0,27	0,019

Đặc trưng chiều dài tính toán theo công thức:

$$L = \frac{200}{2} \sqrt{\frac{1}{2 \times 1,36}} = 71 \text{ cm},$$

và

$$\frac{D}{2L} = \frac{200}{2 \times 71} \approx 1,4.$$

Theo bảng 3-30, $\bar{Q} = 0,053$, từ đó lực cắt

$$Q = 0,053 \times \frac{5460}{71} = 3,85 \text{ kG/cm}.$$

Mômen uốn (M_Q) ở giữa tấm do ảnh hưởng của lực cắt Q theo chu vi, được xác định theo công thức

$$M_Q = -\bar{M}_Q \times Q \times \frac{D}{2}$$

Giá trị của $\bar{M}_Q$ lấy theo bảng (3-31), phụ thuộc vào S .

Bảng 3-31

S	0,5	1	2	3	5	10
$\bar{M}_Q$	0,264	0,247	0,22	0,197	0,161	0,106

Từ $S = 1,36$ được $\bar{M}_Q = 0,235$. Như vậy mômen cần tìm phụ thuộc vào lực cắt:

$$M_Q = -0,235 \times 3,85 \times \frac{200}{2} = -90 \text{ kGcm/cm}$$

Mômen tổng cộng do tải trọng tính toán và tải trọng do các tấm bên cạnh truyền qua là:

$$M = M_p + M_Q = 983 - 90 = 893 \text{ kGcm/cm}$$

Ứng suất ở giữa tấm:

$$\sigma = \frac{6M}{mh^2} = \frac{6 \times 893}{0,9 \times 16^2} = 24,4 \text{ kG/cm}^2 < R_{ku}$$

trong đó:

$$R_{ku} = R_{ku}^{tch} \times k_b = 50 \times 0,5 = 25 \text{ kG/cm}^2$$

$m = 0,9$ - hệ số điều kiện làm việc.

Do tấm có kích thước nhỏ nên không tính ứng suất nhiệt.

CHƯƠNG IV

BÊTÔNG LÀM ĐƯỜNG

4.1. PHÂN LOẠI BÊTÔNG LÀM ĐƯỜNG

Bê tông xi măng làm đường thường được phân loại theo độ lớn của cốt liệu và theo loại cốt liệu.

Dựa theo độ lớn của cốt liệu người ta chia ra:

- Bê tông hạt lớn với cốt liệu có $D_{\max} = 70\text{mm}$ được sử dụng để làm lớp móng.
- Bê tông hạt vừa với cốt liệu có $D_{\max} = 40\text{mm}$ được dùng để làm lớp mặt và lớp móng.

- Bê tông hạt nhỏ với cốt liệu có $D_{\max} = 10\text{mm}$ được dùng để làm lớp mặt nhưng hiện rất ít sử dụng vì giá thành của đá dăm nhỏ khá đắt. Một dạng khác của bê tông hạt nhỏ là bê tông cát trong đó cốt liệu chỉ gồm có cát với $D_{\max} = 5\text{mm}$ và được sử dụng để làm mặt đường bê tông một lớp và hai lớp hoặc làm lớp móng ở các vùng thiếu đá nhưng sẵn cát hạt lớn. So với bê tông thường, bê tông cát có khả năng biến dạng và chịu mài mòn tốt hơn.

Dựa theo loại cốt liệu, người ta chia thành bê tông thường với cốt liệu như là cát sỏi thiên nhiên, bê tông cacbônát, bê tông cát, bê tông kêrămdit...

- Bê tông cacbônát là một dạng mới của bê tông làm đường, thường dùng để làm lớp móng của mặt đường bê tông nhựa. Đây là loại bê tông mà cốt liệu lớn và nhỏ đều bằng đá trầm tích cacbônát (đá vôi và đô-lô-mít) nên sự dính bám của cốt liệu và xi măng rất tốt. Sử dụng bê tông cacbônát ở các vùng gần các xí nghiệp đá dăm vôi và thiếu cát thiên nhiên là hợp lý nhất. Dùng bê tông cacbônát sẽ tiết kiệm được khoảng $10 \div 20\%$ lượng xi măng so với bê tông thường có cùng cường độ.

- Bê tông kêrămdit là loại bê tông xi măng và cốt liệu lớn là vật liệu nhân tạo kêrămdit (đất nung), được sử dụng ở các vùng thiếu đá và có điều kiện sản xuất kêrămdit.

Gần đây ở nước ngoài người ta thường dùng bê tông nghèo mác $75 \div 150$ để làm lớp móng dưới mặt đường bê tông nhựa. Hàm lượng xi măng và nước của bê tông nghèo rất nhỏ so với bê tông thường có cùng cường độ, nên có thể dùng lu (hoặc lu chấn động) để lèn chặt. Do dùng lu lèn chặt hỗn hợp bê tông khô nên tiết kiệm được xi măng trong hỗn hợp.

Dùng bê tông nghèo làm móng dưới mặt đường bê tông nhựa thì cường độ và độ ổn định của kết cấu mặt đường sẽ tăng thêm. Nhược điểm của bê tông nghèo là độ đồng nhất thấp và chất lượng bề mặt của tấm bê tông xấu, vì vậy bê tông nghèo để làm lớp móng là thích hợp.

4.2. ĐẶC ĐIỂM VÀ TÍNH CHẤT CỦA BÊTÔNG LÀM ĐƯỜNG

Thành phần, tính chất và yêu cầu đối với bê tông làm đường khác nhiều so với các loại bê tông nặng dùng trong xây dựng công nghiệp, dân dụng và thủy lợi.

Bê tông làm đường trực tiếp chịu tác dụng của tải trọng xe chạy, tác dụng của điều kiện khí hậu thời tiết, của điều kiện địa hình địa chất và chế độ thủy nhiệt của khu vực xây dựng đường.

Tải trọng của ô tô, xe xích và các xe vận tải khác, nhất là sự tác dụng trùng phức của nó, sẽ gây nên ứng suất kéo nguy hiểm trong bê tông, gây ra lực xung kích mặt bê tông.

Sự thay đổi của nhiệt độ và độ ẩm của môi trường chung quanh sẽ làm xuất hiện biến dạng nhiệt, biến dạng co rút và ứng suất trong bê tông.

Để cho bê tông làm đường có thể chịu được các tác dụng trên đây mà không bị phá hoại, lúc đầu khai thác bê tông phải có cường độ và độ ổn định cần thiết. Đồng thời hỗn hợp bê tông (sau này hình thành bê tông với các đặc tính trên đây) phải hoàn toàn thích hợp với các phương pháp và phương tiện thi công bê tông sẽ dùng.

Đặc điểm công nghệ của bê tông làm đường là bê tông không có cốt thép đổ tại chỗ và được đông cứng trong điều kiện tự nhiên. Việc đổ bê tông, đầm và hoàn thiện bê tông thường được tiến hành bằng bộ máy chuyên dụng thích hợp để thi công các hỗn hợp bê tông tương đối khô.

Cường độ là đặc tính chủ yếu nhất của bê tông làm đường, thường được đánh giá bằng hai chỉ tiêu: Cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ chịu nén, trong đó cường độ kéo uốn là chỉ tiêu chủ yếu. Cường độ chịu nén dùng để đánh giá độ ổn định chống mòn của bê tông lớp mặt. Kết quả nghiên cứu cho thấy dùng bê tông có cường độ chịu nén trên 300 kg/cm^2 sẽ đảm bảo điều kiện ổn định chống mòn trong điều kiện khai thác bình thường. Tỷ số giữa cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ chịu nén ($R_{ku}; R_n$) có thể đặc trưng cho khả năng biến dạng của bê tông làm đường. Tỷ số ($R_{ku}; R_n$) càng lớn thì khả năng biến dạng, cường độ chống lại tải trọng và tải trọng trùng phức của bê tông càng cao. Cường độ chịu tác dụng của tải trọng trùng phức, còn gọi là cường độ chịu mỏi, là chỉ tiêu tính toán chủ yếu của bê tông làm đường.

Cường độ của bê tông phụ thuộc chủ yếu vào mác của xi măng (R_x) và tỷ lệ nước: xi măng ($N:X$), được biểu thị bằng công thức kinh nghiệm có dạng:

$$R = AR_x \left(\frac{X}{N} - B \right),$$

trong đó:

B là hệ số phụ thuộc vào trạng thái ứng suất (với ứng suất nén $B = 0,5$);

A là hệ số phụ thuộc vào chất lượng cốt liệu của bê tông.

Với bê tông làm đường thường dùng cốt liệu có cường độ lớn hơn cường độ bê tông ít nhất từ 2-3 lần. Khi dùng cốt liệu bảo đảm được điều kiện cường độ như vậy thì bề mặt phá hoại của bê tông sẽ đi qua phần đá xi măng và phần tiếp xúc giữa bê tông với đá, đồng thời cường độ của cốt liệu lớn không ảnh hưởng đến cường độ bê tông. Khi đó lực dính bám giữa vữa bê tông và cốt liệu đá, độ bẩn, độ nhám, thành phần hạt và hình dáng các hạt đá sẽ ảnh hưởng lớn đến cường độ của bê tông.

Ngoài ra, thời gian và điều kiện đông cứng cũng ảnh hưởng đến cường độ của bê tông. Sự tăng cường độ bê tông theo thời gian được biểu thị như sau:

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28} ,$$

trong đó:

R_{28} và R_n là cường độ của bê tông sau 28 và sau n ngày. Trong tháng đầu cường độ của bê tông tăng nhanh nhất. Cường độ bê tông sau 7 ngày có thể đạt từ 60 ÷ 75% cường độ của bê tông sau 28 ngày. Cường độ của bê tông sau 3 tháng khoảng 125%, sau 6 tháng đạt 150% và sau 12 tháng đạt đến 175% của R_{28} , (ứng với điều kiện đông cứng tiêu chuẩn ở nhiệt độ 15 ÷ 20°C và độ ẩm tương đối của không khí là 90%).

Để tạo điều kiện tốt cho quá trình thủy phân và thủy hoá xi măng, cần phải để cho bê tông đông cứng trong môi trường ẩm ướt (trong nước hoặc trong không khí ẩm). Nếu không bảo dưỡng tốt, để bê tông đông cứng trong không khí khô thì bê tông sẽ bị mất nước, làm tăng biến dạng co rút, làm chậm và gián đoạn quá trình đông cứng của bê tông, nhất là ở lớp bề mặt.

- **Độ ổn định** của bê tông làm đường được đánh giá bằng tuổi thọ của nó dưới tác dụng đồng thời của tải trọng và các điều kiện của môi trường xung quanh.

- **Tính chất biến dạng** cũng là một đặc tính quan trọng của bê tông làm đường, nó đặc trưng cho khả năng biến dạng của bê tông dưới tác dụng của tải trọng và sự thay đổi của nhiệt độ, độ ẩm.

Tính chất biến dạng của bê tông được đánh giá bằng trị số mô đun đàn hồi, hệ số giãn do nhiệt độ, hệ số Poatsông. Tính chất biến dạng cùng với cường độ kéo uốn của bê tông là những tham số chủ yếu của bê tông sử dụng khi tính toán mặt đường bê tông.

- **Mô đun đàn hồi của bê tông (E)** đặc trưng cho khả năng biến dạng của bê tông dưới tác dụng của hoạt tải. Vì bê tông là vật liệu đàn hồi dẻo nên đúng ra phải dùng mô đun biến dạng để đánh giá tính chất biến dạng của nó. Tuy nhiên bộ phận biến dạng dẻo của bê tông chỉ xuất hiện khi chịu tải lâu dài hoặc khi tải trọng tác dụng tức thời rất lớn (lớn hơn 0,5 tải trọng phá hoại). Hơn nữa tấm bê tông làm việc chủ yếu trong giai đoạn đàn hồi, chịu tác dụng tải trọng tức thời, cho nên dùng trị số mô đun đàn hồi làm được trong điều kiện kéo uốn khi ứng suất bằng 0,2 ứng suất phá hoại để đặc trưng cho tính chất đàn hồi của bê tông.

Trong thực tế vì giá trị của E khi kéo uốn và khi nén gần giống nhau nên có thể lấy E tùy theo loại và mác bê tông như bảng 4-1 hoặc theo bảng 1-1 (số liệu của Liên Xô cũ).

Bảng 4-1

Trị số E của bê tông làm đường

Loại bê tông làm đường	Trị số E.10 ³ (KG/cm ²) của bê tông với cường độ kéo uốn khác nhau							
	20	25	30	35	40	45	50	55
Bê tông thường theo ГОСТ 8424-72	190	230	265	290	315	330	350	380
Bê tông cát theo BCH 171-70	-	-	150	200	225	250	285	300
Bê tông các-bô-nát	160	195	225	245	265	280	195	320

Trị số môđun đàn hồi của bê tông phụ thuộc chủ yếu vào tính chất đàn hồi của cốt liệu, của đá xi măng và của các thành phần khác trong bê tông. Khi tăng lượng xi măng và tỷ lệ “nước: xi măng” trong bê tông (tức là giảm độ chặt của bê tông) và khi dùng cốt liệu kém đàn hồi thì trị số E của bê tông sẽ giảm. Vì vậy bê tông càng chắc thì trị số E càng lớn. Môđun đàn hồi của bê tông cát thấp hơn so với môđun của bê tông thường có cùng cường độ từ $1,3 \div 1,5$ lần (vì bê tông cát không có bộ khung cứng bằng cốt liệu hạt lớn). Môđun đàn hồi của bê tông cacbônát cũng thấp hơn môđun đàn hồi của bê tông thường (vì cốt liệu của loại bê tông này rỗng hơn so với cốt liệu của bê tông thường).

- **Trị số của hệ số giãn dài do nhiệt (α_t)** của bê tông làm đường chủ yếu phụ thuộc vào thành phần cốt liệu. Trị số α_t của các loại bê tông làm đường có thể tham khảo ở bảng 4-2.

Bảng 4-2

Trị số α_t của bê tông làm đường

Loại bê tông làm đường	Trị số $\alpha_t \cdot 10^{-6}$ khi nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0 đến + 40°C
Bê tông hạt vừa bằng cát thạch anh và đá dăm granit	8,1
Bê tông hạt vừa bằng cát thạch anh và đá dăm vôi	5,6
Bê tông hạt nhỏ (cát)	10,0
Bê tông cacbônát	5,0

Giá trị hệ số Poatsông μ của bê tông làm đường cũng phụ thuộc vào tính chất của cốt liệu. Với bê tông granit $\mu = 0,18$, bê tông đá dăm vôi và bê tông cát $\mu = 0,20$, bê tông cacbônát $\mu = 0,22$.

- **Sự co rút của bê tông** tức là sự giảm thể tích của bê tông theo thời gian, do xi măng bị co rút thể tích và do bê tông bị mất nước khi đông cứng, là một tính chất quan trọng của bê tông, cần phải xét đến khi thiết kế và đặc biệt quan trọng khi thi công xây dựng mặt đường bê tông xi măng. Trong trường hợp xấu, biến dạng do co rút có thể làm xuất hiện các đường nứt nhỏ trong bê tông, làm giảm nhiều độ ổn định của mặt đường. Biến dạng co rút phát triển mạnh nhất sau khi đổ bê tông khoảng vài giờ, lúc bê tông bắt đầu đông cứng, do đó nếu bê tông không được bảo dưỡng tốt rất dễ xuất hiện đường nứt, vì khi đó cường độ của bê tông hãy còn rất thấp.

Chất lượng, số lượng xi măng và tỷ lệ “nước: xi măng” trong hỗn hợp bê tông ảnh hưởng rất lớn đến độ co rút của nó. Giảm thấp tỷ lệ “nước: xi măng” và lượng xi măng trong một đơn vị thể tích của bê tông thì độ co rút cũng giảm xuống. Vì vậy, giảm lượng nước trong hỗn hợp bê tông (nhờ sử dụng cốt liệu sạch, có thành phần hạt tốt nhất và giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông) sẽ có khả năng giảm nhỏ biến dạng do co rút. Biến dạng co rút có quan hệ chặt chẽ với sự thay đổi độ ẩm của bê tông, cho nên thực hiện tốt các bước bảo dưỡng bê tông bằng cách ngăn ngừa sự bốc hơi nước trong bê tông lúc bắt đầu đông cứng là một vấn đề quan trọng.

Trong điều kiện đông cứng bất lợi, độ co rút của bê tông hạt vừa có thể đạt $5 \div 6$ mm/m.

4.3. YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI BÊTÔNG LÀM ĐƯỜNG VÀ ĐỐI VỚI CỐT LIỆU CỦA BÊTÔNG

1. Yêu cầu kỹ thuật chủ yếu đối với bê tông làm đường là yêu cầu về cường độ của nó

Để bảo đảm yêu cầu về cường độ, cần phải chọn và kiểm tra mác bê tông theo cường độ kéo uốn và cường độ chịu nén sau khi xây dựng.

Yêu cầu về cường độ của bê tông đã cho trong bảng 1-1. Để xác định mác (số hiệu) của bê tông cần phải tiến hành nén các mẫu lập phương, mẫu hình trụ và uốn các mẫu dầm cho đến khi phá hoại.

Ngoài phương pháp phá hoại mẫu còn có thể sử dụng các phương pháp không phá hoại kết cấu (phương pháp phóng xạ, siêu âm v.v...) để kiểm tra nửa chừng và đánh giá cường độ của bê tông trực tiếp tại mặt đường.

Để xác định cường độ chịu nén của bê tông, tùy theo D_{max} của cốt liệu mà đúc các mẫu lập phương 30 x 30 x 30cm, 20 x 20 x 20cm, 10 x 10 x 10cm, 7,07 x 7,07 x 7,07 cm ($D_{max} \nless a$, với a là cạnh của khối lập phương); hoặc các mẫu hình trụ đường kính 19,5; 15 và 7,14cm, chiều cao 39,30 và 14,3cm, trong số các mẫu này, mẫu tiêu chuẩn là khối lập phương 20 x 20 x 20cm, hoặc khối viên trụ có đường kính 15cm, cao 30cm.

Để xác định cường độ chịu kéo khi uốn, tùy theo D_{max} của cốt liệu mà thí nghiệm uốn các mẫu dầm 20 x 20 x 80 cm; 15 x 15 x 60cm hoặc 10 x 10 x 40cm, trong đó mẫu tiêu chuẩn là 15 x 15 x 60cm. Với bê tông làm đường thường dùng mẫu dầm tiêu chuẩn, với bê tông hạt nhỏ (hoặc bê tông cát) dùng mẫu 10 x 10 x 40cm; với bê tông mà cốt liệu có $D_{max} = 70\text{mm}$ và dùng làm lớp móng, thì đúc mẫu 20 x 20 x 80cm.

Bảng 4-3

Giá trị của hệ số α

Kích thước mẫu, cm	Giá trị của hệ số α khi mác bê tông theo nén (KG/cm ²)			
	100	200	300	400
Khối lập phương:				
30x30x30	1,06	1,05	1,05	1,04
20x20x20	1	1	1	1
15x15x15	0,96	0,94	0,92	0,90
10x10x10	0,87	0,85	0,83	0,81
7,07x7,07x7,07	0,91	0,88	0,86	0,84
Khối viên trụ:				
13,5x30	1,24	1,24	1,26	1,28
15x30	1,19	1,20	1,24	1,25

Chú thích: Với bê tông mà số hiệu không ghi trong bảng này thì xác định hệ số α bằng cách nội suy.

Việc chế tạo và bảo quản các mẫu thí nghiệm phải tiến hành theo đúng quy phạm. Tải trọng thí nghiệm phải được tăng đều và liên tục với tốc độ $6 \pm 4 \text{ kG/cm}^2$ khi thí nghiệm nén và $0,5 \pm 0,2 \text{ kG/cm}^2$ khi thí nghiệm uốn.

Cường độ chịu nén của bê tông R_n (kG/cm^2) được tính theo công thức:

$$R_n = \alpha \frac{P}{F} (\text{kG/cm}^2),$$

trong đó:

α - hệ số tính đối phụ thuộc vào kích thước mẫu xác định bằng thí nghiệm hoặc lấy theo bảng 4-3;

P - tải trọng phá hoại mẫu (kG);

F - diện tích trung bình của tiết diện mẫu (cm^2).

Cường độ chịu nén trung bình của bê tông (với độ chính xác 1 kG/cm^2) là trị số cường độ trung bình của các mẫu thí nghiệm nén trong tổ mẫu. Nếu cường độ của một trong các mẫu nhỏ hơn 15% cường độ của mẫu có trị số lớn nhất thì mẫu đó bị loại bỏ và chỉ lấy trị số trung bình của các mẫu còn lại.

Thí nghiệm uốn được tiến hành theo sơ đồ vẽ ở hình 4-1 (thí nghiệm uốn thuần túy), trong đó nhịp tính toán của dầm mẫu $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ là 30cm , của dầm $15 \times 15 \times 60\text{cm}$ là 45cm , của dầm $20 \times 20 \times 80\text{cm}$ là 60cm .

Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông R_{ku} (kG/cm^2) tính theo công thức:

$$R_{ku} = \delta \frac{Pl}{h^3},$$

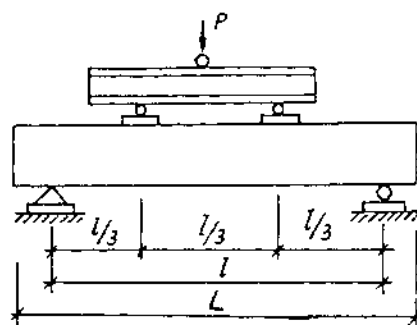
trong đó:

δ - hệ số tính đối, phụ thuộc vào kích thước của dầm mẫu, tra theo bảng 4-4;

P - tải trọng phá hoại (kG);

l - nhịp tính toán của dầm mẫu (cm);

h - chiều cao dầm (cm).



Hình 4-1. Sơ đồ thí nghiệm uốn dầm mẫu bê tông.

Bảng 4-4

Giá trị của hệ số δ

Kích thước dầm mẫu (cm)	Hệ số δ
20x20x80	0,95
15x15x60	1,00
10x10x40	1,05

Nếu mẫu thí nghiệm không bị phá hoại ở trong khoảng phân ba giữa nhịp thì không đạt yêu cầu; cường độ kéo uốn trung bình của bê tông cũng tính như cường độ chịu nén.

2. Yêu cầu đối với vật liệu trộn bê tông

a. Yêu cầu đối với xi măng

Xi măng là thành phần chủ yếu của bê tông, nên phải căn cứ vào sự làm việc của bê tông trong kết cấu mặt đường để đề ra các yêu cầu riêng cho xi măng làm mặt đường và lớp móng đường.

Yêu cầu chung đối với xi măng là thời gian ngưng kết của nó không được sớm trước 2 giờ, do phải bảo đảm thời gian gián cách giữa bước trộn bê tông và bước đổ bê tông giữ được tính dẻo cần thiết. Nếu không bảo đảm được yêu cầu trên thì có thể hỗn hợp bê tông khi đưa đến nơi thi công đã mất hết độ lưu động, khó hoặc không thể đầm chặt được.

Với bê tông làm mặt đường, phải dùng xi măng poóc-lăng mác 500 và 400, riêng làm lớp móng có thể dùng xi măng poóc-lăng xi lò cao mác không dưới 300.

Mác xi măng được chọn theo cường độ thiết kế của bê tông. Thông thường mác xi măng phải cao hơn mác bê tông. Nếu không bảo đảm yêu cầu này thì phải tăng lượng xi măng, vừa không kinh tế vừa giảm độ ổn định của bê tông.

Không cho phép trộn các chất phụ gia trợ như cát nghiền bột đá hoặc chất hoạt tính (đi-oxit, trêpen, tras hoặc tro bay, xỉ nghiền) vào xi măng, bởi các chất này sẽ làm kém phẩm chất của hỗn hợp và ảnh hưởng đến sự đông cứng bình thường của bê tông (nếu tăng lượng nước trong hỗn hợp quá quy định sẽ làm giảm hoạt tính của xi măng, tăng biến dạng co rút và nở...). Vì vậy chỉ được dùng xi măng poóc-lăng có chất phụ gia khoáng vật để làm lớp móng.

b. Yêu cầu đối với cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ dùng trong bê tông làm đường là cát thiên nhiên, cát nghiền và cát cải thiện (trộn 2 hoặc 3 nhóm cát khác nhau).

Thành phần hạt (đặc trưng bằng môđun độ lớn và lượng cát còn sót trên sàng 0,63) là đặc trưng quan trọng của cát.

Môđun độ lớn (M_k) được xác định bằng cách sàng cát (nhóm 0 ÷ 5mm) trên bộ sàng tiêu chuẩn và tính theo công thức:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100},$$

trong đó: $A_{2,5}$; $A_{1,25}$... $A_{0,14}$ - lượng còn sót lại trên sàng có mắt sàng 2,5; 1,25; 0,14mm. Dựa theo M_k người ta chia thành cát hạt lớn ($M_k > 2,5$), cát hạt vừa ($M_k = 2,0 \div 2,5$), cát hạt nhỏ ($M_k = 1,5 \div 2,0$) và rất nhỏ (cát mịn) ($M_k = 1,0 \div 1,5$).

Không cho phép dùng cát mịn trong bê tông làm mặt đường, có thể dùng cát nhỏ để làm lớp móng; nếu dùng cát nhỏ để làm lớp mặt thì phải trộn thêm cát hạt lớn và cát xay.

Tổng số giới hạn của từng nhóm hạt tính theo lượng đá còn lại toàn bộ trên sàng, bảo đảm cho đá có thành phần hạt tốt nhất với độ rỗng không quá 45% như sau:

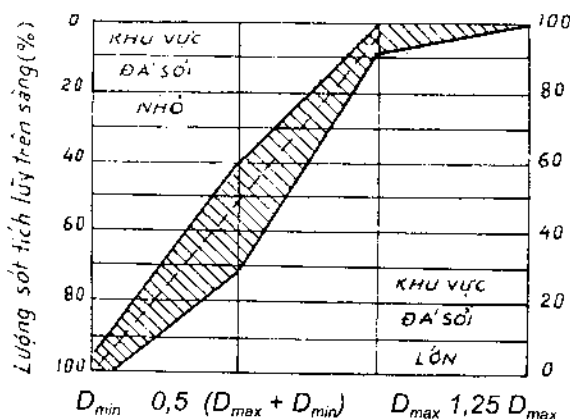
$$D_{\min} = 100 \div 95\%; 0,5 (D_{\min} + D_{\max}) = 40 \div 70\%$$

$$D_{\max} = 0 \div 5\% \text{ và } 1,25 D_{\max} = 0.$$

Nếu biểu diễn các giới hạn trên đây bằng đồ thị, ta sẽ được phạm vi có thành phần hạt tốt nhất của vật liệu đá là khu vực gạch chéo trên hình 4-2.

Bất kỳ loại đá dăm (hoặc đá sỏi) nào mà đường cong thành phần hạt của nó đi ra ngoài khu vực gạch chéo này đều không đạt yêu cầu về thành phần hạt (hoặc là có độ rỗng lớn, hoặc là có tỉ diện các hạt lớn, hoặc là cả độ rỗng và tỷ diện hạt đều lớn).

Hàm lượng của các hạt có cường độ thấp trong đá dăm (đá sỏi) của mặt đường bê tông một lớp và lớp trên của mặt đường hai lớp không được quá 7% theo khối lượng, của lớp móng và lớp dưới của mặt đường bê tông hai lớp thì không được quá 10%.



Hình 4-2. Biểu đồ thành phần hạt của đá dăm và đá sỏi.

Yêu cầu đối với đá gốc để sản xuất cốt liệu lớn của bê tông làm mặt đường một lớp và lớp trên của mặt đường hai lớp cho trong bảng 4-5.

Bảng 4-5

Yêu cầu đối với đá gốc của cốt liệu lớn

Loại cốt liệu lớn	Cường độ chịu nén giới hạn của đá gốc khi bão hoà (KG/cm ²)		Hao hụt về khối lượng sau khi thí nghiệm mài mòn Los-Angeles	
	Lớp mặt	Lớp móng	Cho lớp mặt	Cho lớp móng
Đá dăm sản xuất từ đá phun xuất	1200	800	25	45
Đá dăm sản xuất từ đá trầm tích và biến chất	800	300	40	50
Đá sỏi và đá dăm sản xuất từ xỉ lò cao	-	-	30	50

d. Yêu cầu đối với nước dùng trong hỗn hợp bê tông

Nước là thành phần quan trọng để tạo thành bê tông. Nước thực hiện các phản ứng hoá học với các khoáng vật của xi măng để tạo thành đá xi măng là chất kết dính của bê tông. Phải dùng nước không chứa các chất có hại cho xi măng và cốt thép để trộn hỗn hợp bê tông. Không được dùng nước có hàm lượng của muối hoà tan trên 5000 mg/lít và ion SO_4^{2-} lớn hơn 2700 mg/lít, bởi vì nước có nồng độ cao hơn có thể ăn mòn đá xi măng và cốt thép. Độ pH của nước không được nhỏ hơn 4 và tốt nhất là dùng nước uống được. Nếu dùng nước không uống được để trộn bê tông thì cần phải tiến hành phân tích hoá học.

Yêu cầu đối với nước để rửa cốt liệu cũng giống như đối với nước để trộn bê tông, vì phần nước còn lại sau khi rửa cũng sẽ tham gia tác dụng với xi măng.

d. Các chất phụ gia hoạt tính và chất tạo màng

Để tăng nhanh quá trình đông cứng của bê tông xi măng, thường dùng muối clorua canxi làm chất phụ gia. Tuy nhiên loại muối này có thể ăn mòn cốt thép, nên không được dùng trong mặt đường bê tông cốt thép.

Với bê tông làm đường, thường dùng hai loại chất phụ gia chính: chất phụ gia tăng dẻo (hoạt tính) và chất phụ gia hút khí.

Chất phụ gia tăng dẻo thường dùng được chế biến từ nước bã giấy (hiện nay ở ta đã chế tạo được chất phụ gia này, gọi là "dịch đen"). Trộn thêm chất phụ gia này (số lượng từ 0,15 ÷ 0,25% khối lượng xi măng) thì độ sệt của hỗn hợp bê tông có thể thay đổi trong một phạm vi rộng, do đó có thể giảm nhỏ tỷ lệ $\frac{N}{X}$. Tuy nhiên khi tăng tỷ lệ phụ gia này lên quá 1% thì độ sệt của hỗn hợp bê tông không tăng lên nữa.

- Các chất phụ gia hút khí có tác dụng nâng cao độ ổn định ở nhiệt độ âm của bê tông đã đông cứng vì vậy chất phụ gia này được sử dụng chủ yếu khi đổ bê tông ở nhiệt độ thấp và bảo vệ cho bê tông khỏi bị phá hoại do đóng băng và tan băng ở các nước xứ lạnh (có nhiệt độ thấp hơn 0°C).

Hiện nay ở một số nước người ta còn trộn thêm tro bay (khoảng 30 ÷ 100 kg/m³) vào hỗn hợp bê tông để cải thiện thành phần hạt của hỗn hợp, nhất là điều chỉnh thành phần hạt của cát thiếu các nhóm hạt nhỏ. Hợp lý nhất là trộn thêm tro bay vào các hỗn hợp bê tông khô, hỗn hợp bê tông nghèo (mà có lượng xi măng ít).

- Vật liệu tạo màng được phun trên mặt đường bê tông mới đổ để giữ cho nước trong bê tông khó bốc hơi, tạo điều kiện cho bê tông đông cứng mà không cần tưới nước dưỡng hộ. Vật liệu tạo màng phải thoả mãn được các yêu cầu:

1. có thể tạo thành một màng mỏng đàn hồi không thấm nước hoặc hơi nước và giữ được các tính chất này ít nhất là 1 tháng;
2. không chứa các chất có hại làm ảnh hưởng đến cường độ và độ ổn định của bê tông.

Trước đây dùng nhựa lỏng, nhũ tương để làm lớp tạo màng bảo dưỡng bê tông, tuy nhiên loại vật liệu này hấp thụ nhiệt mạnh, làm tăng nhiệt độ lớp mặt, gây nguy hiểm cho bê tông; nên hiện nay thường dùng các hoá chất có màu sáng như pomaron, pôlietylen... để bảo dưỡng bê tông.

4.4. YÊU CẦU ĐỐI VỚI HỖN HỢP BÊTÔNG LÀM ĐƯỜNG

Mặt đường bê tông xi măng sẽ đạt chất lượng cao nếu trong khi thi công hỗn hợp bê tông được đầm nén đến độ chặt lớn nhất. Muốn vậy, hỗn hợp bê tông lúc thi công mặt đường phải có độ dễ thi công (độ linh động) phù hợp với khả năng đầm chặt của thiết bị đầm nén được sử dụng (chấn động, đầm, lu chấn động v.v...).

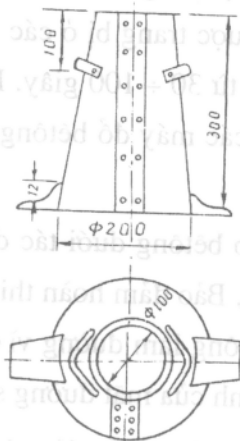
Độ dễ thi công của hỗn hợp bê tông được đặc trưng bằng các chỉ tiêu nói lên khả năng có thể đổ, đầm chặt hỗn hợp bê tông đến độ chặt cần thiết một cách nhanh chóng và tốn ít năng lượng nhất, bảo đảm cho bê tông có độ chặt cao và có kết cấu đồng nhất. Các chỉ tiêu đó là độ sệt (độ lưu động) và độ dẻo của hỗn hợp bê tông.

Độ sệt của hỗn hợp bê tông được đánh giá bằng độ sụt của hình nón tiêu chuẩn (tính bằng mm) hoặc được đánh giá bằng độ cứng tính theo thời gian (bằng giây), cần để làmбет một khối hỗn hợp bê tông hình nón tiêu chuẩn thành một khối lập phương hoặc khối hình trụ khi chấn động trên bàn chấn động tiêu chuẩn.

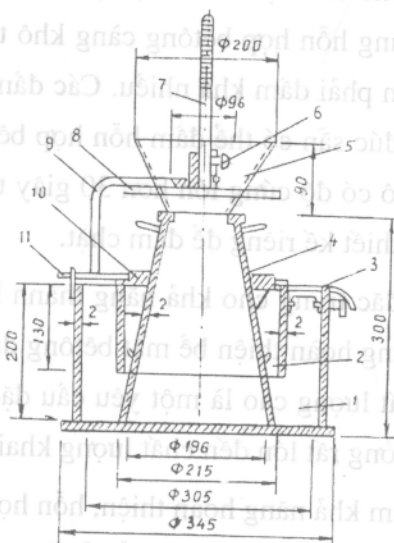
Độ sụt của hỗn hợp bê tông được xác định bằng thí nghiệm với hình nón tiêu chuẩn (hình 4-3). Cho hỗn hợp bê tông vào hình nón (sau khi đã làm ướt mặt trong) thành ba lớp chiều cao giống nhau, mỗi lớp xọc 25 lần bằng thanh sắt $\phi 10\text{mm}$. Sau khi đầm xong, gạt phần bê tông thừa rồi từ từ nhấc hình nón lên và đo độ sụt của hỗn hợp bê tông, đó là chỉ tiêu độ sụt hình nón.

Độ sụt là trung bình cộng của kết quả hai lần xác định độ sụt với độ chính xác đến 1cm (cho hỗn hợp dẻo) và 0,5cm (cho hỗn hợp ít dẻo).

Chỉ tiêu độ cứng được xác định bằng thiết bị đo độ cứng hoặc bằng phương pháp đơn giản (độ cứng có giá trị bằng trung bình cộng của hai lần thí nghiệm với độ chính xác 5 giây). Thiết bị đo độ cứng vẽ ở hình 4-4.



Hình 4-3. Hình nón tiêu chuẩn.



Hình 4-4. Thiết bị đo độ cứng.

Cũng có thể xác định độ cứng bằng phương tiện đơn giản là gắn khuôn mẫu lập phương kim loại (cạnh = 20cm) lên bàn chấn động tiêu chuẩn (tần số 2800 ± 200 lần/phút, biên độ 0,35mm) và đặt hình nón tiêu chuẩn vào trong. Cho bê tông vào hình nón và dùng que xọc như làm với thí nghiệm hình nón tiêu chuẩn. Sau khi lấy hình nón ra thì mở bàn chấn động và đồng hồ bấm giây. Dưới tác dụng chấn động, hình nón hỗn hợp bê tông sẽ bị chảy ra lấp đầy khối lập phương. Thời gian chấn động cần thiết, tính bằng giây, để làm cho hỗn hợp lấp đầy khối lập phương chia cho hệ số 1,5 chính là độ cứng của hỗn hợp.

Dựa theo độ sệt (độ sụt hoặc độ cứng) người ta chia hỗn hợp bê tông thành hỗn hợp khô, hỗn hợp ít dẻo và hỗn hợp dẻo. Hỗn hợp khô có độ cứng từ $30 \div 15$ giây và hỗn hợp dẻo có độ cứng bằng hoặc nhỏ hơn 15 giây. Hỗn hợp khô thường dùng để đúc các cấu kiện lắp ghép. Hỗn hợp ít dẻo (tương đối khô) dùng để thi công mặt đường bê tông đổ tại chỗ. Khi dùng hai loại hỗn hợp này phải chú ý đầm lên cẩn thận, nếu không bê tông sẽ còn nhiều lỗ rỗng và bị rỗ tổ ong.

Bảng 4-6

Quan hệ giữa độ sụt và độ cứng của hỗn hợp bê tông với phương pháp đầm nén

Phương pháp đầm lên hỗn hợp bê tông	Độ sụt hình nón (cm)	Độ cứng (giây)
- Đầm và hoàn thiện mặt đường bằng bộ máy đổ bê tông	$1 \div 2$	$30 \div 20$
- Đầm và hoàn thiện mặt đường bằng đầm bàn và đầm ngựa	$2 \div 3$	$20 \div 15$
- Đầm lớp móng	-	$40 \div 50$

Bảng 4-6 cho các trị số của độ sụt và độ cứng của hỗn hợp bê tông tùy theo phương pháp đầm, khi sử dụng hỗn hợp bê tông càng khô thì trị số của độ sụt càng nhỏ, trị số của độ cứng càng lớn và cần phải đầm khá nhiều. Các đầm rung hiện đại được trang bị ở các xí nghiệp sản xuất cấu kiện đúc sẵn có thể đầm hỗn hợp bê tông có độ cứng từ $30 \div 100$ giây. Khi dùng hỗn hợp bê tông khô có độ cứng lớn hơn 30 giây thì phải sử dụng các máy đổ bê tông có đầm chấn động đặc biệt thiết kế riêng để đầm chặt.

- Độ dẻo đặc trưng cho khả năng thành hình của hỗn hợp bê tông dưới tác dụng của máy đầm và khả năng hoàn thiện bề mặt bê tông đạt chất lượng cao. Bảo đảm hoàn thiện mặt đường bê tông đạt chất lượng cao là một yêu cầu đặc biệt đối với bê tông làm đường vì chất lượng bề mặt có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng khai thác và độ ổn định của mặt đường sau này.

Để bảo đảm khả năng hoàn thiện, hỗn hợp bê tông cần phải có một độ dẻo nhất định, tức là phải có một lượng vừa cần thiết để dễ gia công và hoàn thiện mặt đường. Với bê tông thường lượng vừa trong hỗn hợp được biểu thị bằng hệ số chảy (còn gọi là hệ số thừa vừa) K_p .

$$K_p = \frac{N + \frac{X}{\delta_x} + \frac{C}{\delta_c}}{\alpha \frac{D}{\gamma_{od}}},$$

trong đó:

X, N, C, D - lượng xi măng, nước, cát, đá dăm trong 1 m³ hỗn hợp (kg);

α - hệ số rỗng của đá dăm;

δ_x và δ_c - độ chặt của xi măng và cát (kg/cm³);

γ_{od} - dung trọng của đá dăm (kg/m³).

Trị số hệ số chảy K_p tốt nhất của bê tông làm đường là 1,6 ÷ 1,9 cho lớp mặt và 1,3 ÷ 1,6 cho lớp móng. Khi thiết kế thành phần bê tông phải xác định K_p bằng thực nghiệm và sau đó kiểm tra ở hiện trường.

Thiết kế thành phần của hỗn hợp bê tông làm đường

Thiết kế thành phần của hỗn hợp bê tông tức là chọn vật liệu và xác định tỷ lệ giữa các vật liệu trong thành phần hỗn hợp (xi măng, nước, cát, đá) để cho hỗn hợp bê tông xi măng chế tạo ra có độ dễ thi công cần thiết và đạt được cường độ yêu cầu với số lượng xi măng sử dụng ít nhất.

Khi chọn thành phần trong hỗn hợp bê tông phải thí nghiệm các vật liệu xi măng, cát, đá... theo đúng yêu cầu của các tiêu chuẩn hiện hành. Để chọn thành phần bê tông cần phải có các số liệu sau: mác bê tông thiết kế R_u , độ dễ thi công cần thiết của hỗn hợp, đặc tính của các loại vật liệu (loại và mác của xi măng, dung trọng và độ chặt của cốt liệu và của xi măng, độ rỗng của đá dăm).

Thường thiết kế thành phần bê tông theo phương pháp thể tích tuyệt đối theo trình tự sau:

1. Xác định tỷ lệ nước và xi măng theo các công thức gần đúng

$$R_u = 0,34 R_x \left(\frac{X}{N} - 0,1 \right).$$

Từ đó rút ra:

$$\frac{N}{X} = \frac{0,34 R_x}{R_u + 0,034 R_x},$$

trong đó:

R_u - cường độ chịu kéo uốn của bê tông (mác bê tông thiết kế) (kg/cm²);

R_x - mác xi măng theo uốn (kg/cm²).

2. Theo bảng 4-7 hoặc theo kinh nghiệm xác định lượng nước trong $1m^3$ bê tông.

Bảng 4-7

Lượng nước trong $1m^3$ hỗn hợp bê tông

Đặc tính của hỗn hợp bê tông		Kích cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu (mm)							
		Đá sỏi				Đá dăm			
		10	20	40	70	10	20	40	70
Độ sụt (cm)	Độ cứng (giây)	Lượng nước trong $1m^3$ hỗn hợp (l)							
3.5	-	195	180	165	150	210	195	180	165
1-2	-	185	170	155	140	200	185	170	155
-	30-50	165	160	150	-	175	170	160	-
-	60-80	155	150	140	-	165	160	150	-
-	90-120	145	110	135	-	160	155	140	-

3. Lượng xi măng (kg) cho $1m^3$ bê tông tính theo công thức:

$$X = N : \frac{N}{X}$$

4. Lượng cốt liệu lớn (kg) cho $1m^3$ bê tông xác định theo công thức:

$$Đ = \frac{1000 \gamma_{od} \gamma'_{od}}{k_p \gamma_{od} - (k_p - 1) \gamma'_{od}},$$

trong đó:

k_p - hệ số chảy xác định như trên;

γ_{od} - dung trọng hạt của cốt liệu lớn (kg/l);

γ'_{od} - dung trọng trong trạng thái chất đông của cốt liệu lớn (kg/l).

5. Lượng cát (kg) trong $1m^3$ bê tông xác định theo công thức:

$$C = \left[1000 - \left(\frac{X}{\delta_x} + \frac{Đ}{\gamma_{od}} + N + V_k \right) \right] \delta_c,$$

trong đó:

δ_x, δ_c - độ chặt của xi măng và của cát;

V_k - thể tích trung bình của không khí trong bê tông (l/m^3).

Sau khi đã chọn được thành phần gần đúng của hỗn hợp bê tông theo trình tự trên đây thì phải thông qua thí nghiệm trong phòng thí nghiệm để kiểm tra lượng nước có bảo đảm độ sụt và độ cứng yêu cầu hay không. Kiểm tra hệ số chảy, tỷ lệ N/X và lượng xi măng bằng cách đúc mẫu kiểm tra cường độ kéo uốn và cường độ chịu nén.

Cuối cùng là lập bảng chi phí vật liệu cho $1m^3$ bê tông trong đó ngoài số lượng xi măng, nước, cát, đá còn phải tính cả số lượng các chất phụ gia trong trạng thái khô.

Kết quả việc chọn thành phần bê tông tìm được theo phương pháp trên đây chỉ cho ta thành phần danh nghĩa, bởi chưa xét đến độ ẩm của cốt liệu. Cần phải điều chỉnh theo độ ẩm thực tế của cốt liệu để có được thành phần của bê tông dùng trong sản xuất ở hiện trường.

CHẾ TẠO HỖN HỢP BÊTÔNG

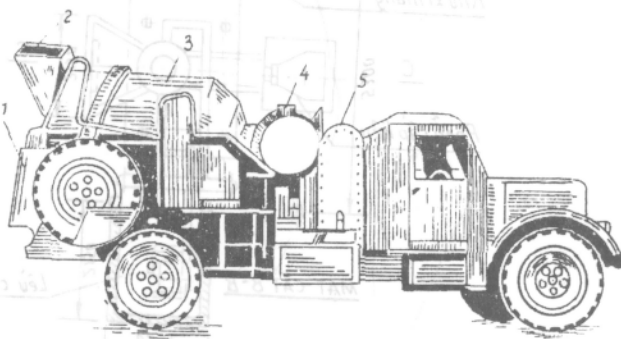
5.1. ĐẶC ĐIỂM CỦA VIỆC CHẾ TẠO HỖN HỢP BÊTÔNG TRONG XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG

Quá trình chế tạo hỗn hợp bê tông xi măng gồm có các bước sau: bốc dỡ, bảo quản, gia công, vận chuyển nội bộ, cân đong và thí nghiệm các loại vật liệu (ximăng, cát, đá, nước, chất phụ gia), trước khi trộn chúng lại với nhau.

Trong điều kiện xây dựng mặt đường bê tông ximăng, việc tổ chức các bước công nghệ này có những đặc điểm riêng là nơi đổ bê tông phải thay đổi hàng ngày. Do thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông bị hạn chế, nên tùy theo điều kiện xây dựng cụ thể, có thể chọn một trong ba hình thức chế tạo hỗn hợp bê tông sau đây:

1. Trộn bê tông trực tiếp ở mặt đường trong các máy trộn di động

Các máy trộn di động thường đặt trên ô tô và di chuyển dọc theo lề đường mở rộng, hoặc trên phần mặt đường đã thi công xong. Hình 5-1 giới thiệu một loại máy trộn di động đặt trên ô tô. Cũng có trường hợp máy trộn di động được di chuyển trên đường ray của khuôn ray như máy đổ bê tông. Vật liệu (ximăng, cát, đá...) được cân đong trước ở xí nghiệp bê tông (hoặc ở kho bãi vật liệu) rồi dùng ô tô ben chở đến đổ vào máy trộn.



Hình 5-1. Máy trộn bê tông di động đặt trên ô tô.

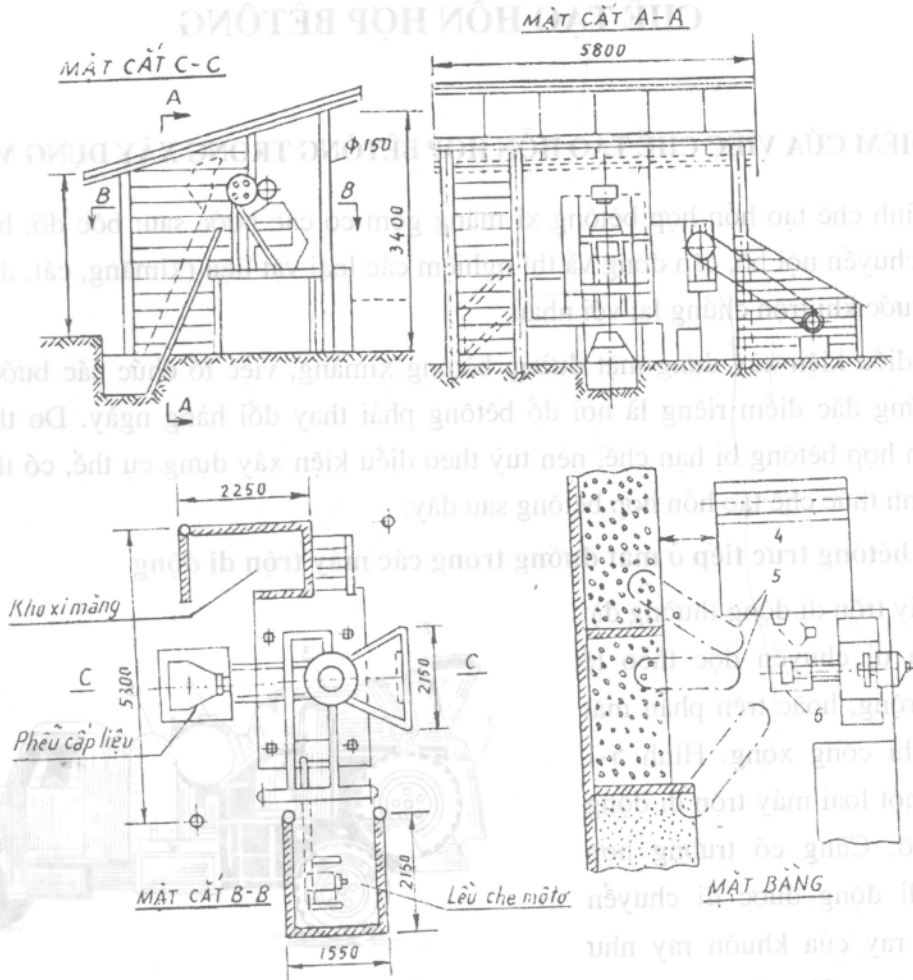
1. Máng tháo hỗn hợp trộn xong; 2. Phễu cấp liệu;
3. Thùng trộn; 4. Thùng đựng nước; 5. Động cơ.

Nước được chở bằng xitéc hoặc được dẫn theo đường ống tạm đặt dọc theo tuyến đường thi công.

Ưu điểm của việc trộn bê tông trong máy trộn di động là tránh được hiện tượng phân tầng của hỗn hợp bê tông khi vận chuyển, có thể đổ bê tông ngay sau khi trộn, tránh được hiện tượng xi măng bị ngưng kết trước khi hoàn thiện xong mặt đường. Với hình thức trộn bê tông này, có thể kéo dài phạm vi phục vụ của các xí nghiệp bê tông, tránh được hình thức bố trí các trạm trộn cỡ nhỏ dọc theo tuyến đường thi công. Tuy nhiên, năng suất của các máy trộn di động thường rất thấp và giá thành hỗn hợp bê tông thường cao hơn so với bê tông trộn ở xí nghiệp.

2. Trộn hỗn hợp bê tông trong các trạm trộn cỡ nhỏ bố trí gần địa điểm thi công

Sơ đồ bố trí trạm trộn cỡ nhỏ này như ở hình 5-2.



Hình 5-2. Trạm trộn hỗn hợp bê tông cỡ nhỏ đặt dọc theo tuyến đường thi công.

1. Đống cát; 2. Đống đá dăm nhỏ; 3. Đống đá dăm lớn; 4. Kho xi măng; 5. Xe cải tiến chở vật liệu;
6. Phễu cấp liệu; 7. Vách ngăn vật liệu ở máy trộn.

Vị trí đặt trạm trộn phải đủ chỗ để bố trí các đống vật liệu, kho xi măng, bàn cân vật liệu và máy trộn. Cần chú ý sắp xếp đống vật liệu ở gần máy trộn: đá bố trí ở giữa để vận chuyển gần nhất, cát và xi măng bố trí ở hai bên. Nếu vận chuyển bằng xe cải tiến thì nên bố trí bàn cân chôn ngầm trên đường vận chuyển ở gần thùng cấp liệu.

Thường đặt máy trộn trên giá gỗ để tiện đổ hỗn hợp ra xe vận chuyển. Có thể đào hố hạ thùng cấp liệu xuống đó để dễ đổ vật liệu vào máy. Thành hố phải có cọc chắn giữ cho xe cải tiến không sa xuống hố khi đổ vật liệu. Toàn bộ trạm trộn này đều có mái che.

Hình thức bố trí các trạm trộn cỡ nhỏ này chỉ thích hợp với trường hợp đổ bê tông bằng phương pháp thủ công. Đặc điểm của nó là năng suất rất thấp, phải di chuyển trạm trộn nhiều lần khi địa điểm thi công thay đổi, vì vậy hiện rất ít dùng.

3. Trộn ở xí nghiệp sản xuất hỗn hợp bê tông cố định hoặc nửa cố định rồi dùng ô tô ben để chở đến mặt đường. Một xí nghiệp sản xuất hỗn hợp bê tông như vậy có thể đảm bảo cung cấp bê tông để xây dựng một đoạn đường làm mới tối đa là $30 + 50$ km.

Trộn hỗn hợp bê tông ở xí nghiệp thì có thể cơ giới hoá và tự động hoá đến mức cao nhất toàn bộ quá trình công nghệ, giảm giá thành và tăng chất lượng của bê tông lên nhiều. Tuy nhiên khi trộn bê tông ở xí nghiệp thì cự ly vận chuyển hỗn hợp bị hạn chế (do thời gian ngưng kết của xi măng).

Ở các nước công nghiệp phát triển, người ta thường trộn hỗn hợp bê tông theo hình thức này.

Ở xí nghiệp sản xuất chế tạo hỗn hợp bê tông xi măng thường phải tiến hành các loại công tác sau: tiếp nhận và bảo quản vật liệu; vận chuyển vật liệu trong nội bộ xí nghiệp; cân đong vật liệu và trộn hỗn hợp bê tông; vận chuyển hỗn hợp đã trộn xong từ xí nghiệp đến nơi sử dụng.

Như vậy ở một xí nghiệp bê tông xi măng thường gồm các phân xưởng sau: Các kho bãi vật liệu, phân xưởng vận chuyển, phân xưởng trộn và phân xưởng cung cấp năng lượng. Ngoài ra còn phải bố trí phòng thí nghiệm, kho xăng dầu, kho phụ tùng, trạm sửa chữa cơ khí, nhà làm việc, nhà ở, v.v...

5.2. CÔNG TÁC TIẾP NHẬN VÀ BẢO QUẢN VẬT LIỆU

Muốn cho công tác ở xí nghiệp sản xuất hỗn hợp bê tông xi măng tiến hành được đều đặn liên tục, cần phải bố trí một hệ thống kho bãi để tiếp nhận bảo quản xi măng, đá dăm, sỏi, cát và các vật liệu khác, trong đó quan trọng nhất là xi măng nhất là khi sử dụng xi măng rời.

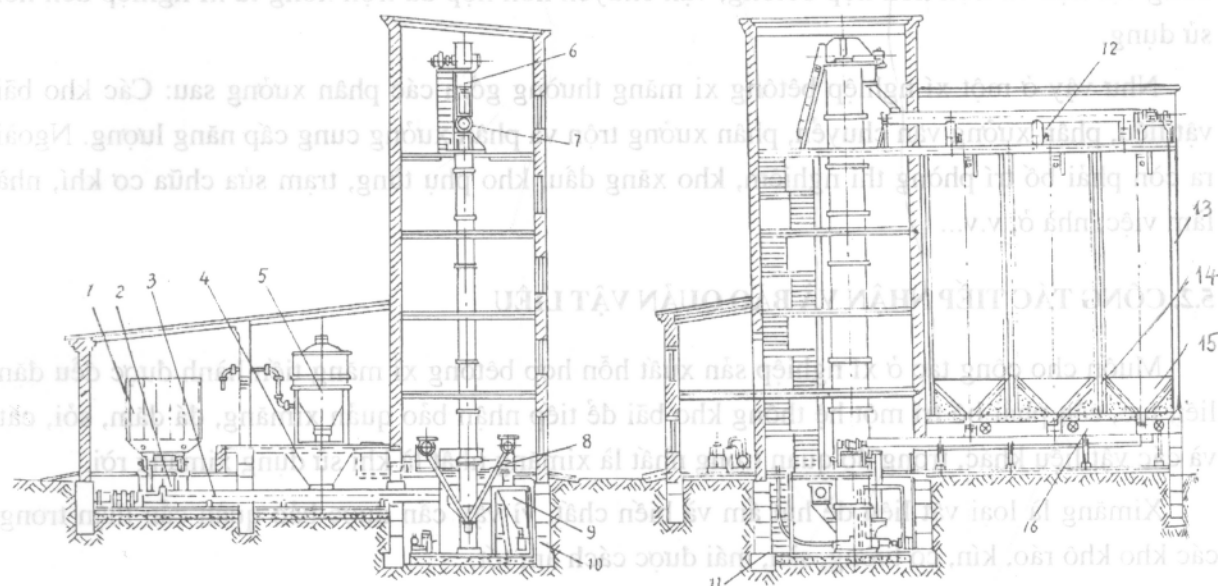
Xi măng là loại vật liệu dễ hút ẩm và biến chất, vì vậy cần được bảo quản cẩn thận trong các kho khô ráo, kín, có tường, sàn, mái được cách ẩm tốt.

Với xi măng đóng bao, cần dựa theo số hiệu xi măng và lô sản xuất để phân biệt bảo quản trong kho. Để tránh cho những bao xi măng phía dưới bị chặt lại, chỉ nên chất thành các đồng cao từ 10 - 12 bao, chiều rộng đồng từ 5 - 10 bao, mỗi đồng không quá 1000 bao. Không nên xếp thành một đồng to liền, mà trong mỗi đồng nên xếp thành từng hàng, mỗi hàng gồm hai bao gối đầu vào nhau, hàng nọ cách hàng kia và cách tường vách chung quanh ít nhất là 0,7m. Giữa hai đồng phải chừa đường đi rộng ít nhất là 1 m.

Khi bảo quản lâu dài, xi măng hút ẩm và chặt lại (dung trọng từ $1 \div 1,2$ T/m³ tăng đến $1,5 \div 1,7$ T/m³), cường độ bị giảm dần. Theo kinh nghiệm, với xi măng đóng bao, sau khi bảo quản trong kho 3 tháng cường độ đã giảm xuống 20%, sau 6 tháng cường độ giảm 30% và sau 1 năm thì giảm 40%. Vì vậy cần theo dõi việc nhập và xuất xi măng cẩn thận, xi măng nhập trước phải xuất trước. Thời gian kể từ khi xuất xưởng đến khi sử dụng xi măng không được quá 6 tháng. Khi cấp phát xi măng không nên lấy từ trên xuống mà phải lấy từ hai bên đồng trước, tránh làm tăng mặt tiếp xúc của xi măng với mái và tường vách của kho.

Với xi măng rời có thể bảo quản trong các kho kiểu vừa thóc, kho hình phễu, kho nửa hình phễu và kho xilô. Kho kiểu vừa thóc có nhược điểm là khó cơ giới hoá khâu tiếp nhận và bảo quản nên ít được sử dụng. Kho hình phễu cũng có nhược điểm: kết cấu kho chưa hợp lý, bốc dỡ không thuận tiện và khó xây dựng. Kho nửa hình phễu có thể bảo quản trong 10 ÷ 12 nghìn tấn xi măng rời, cơ giới hoá thuận tiện, tuy nhiên chất lượng bảo quản không tốt lắm.

Các kho kiểu xilô làm bằng thép hoặc xi măng lưới thép dùng để bảo quản xi măng rời thuận tiện hơn cả. Loại kho này gồm có những ngăn xilô riêng rẽ dạng hình ống, mỗi ngăn chỉ bảo quản loại xi măng cùng số hiệu và do một nhà máy sản xuất. Phần dưới của mỗi ngăn có dạng hình nón mà đáy được trang bị một hệ thống vận chuyển, bốc dỡ xi măng bằng hơi ép. Hình 5-3 là sơ đồ của kho xilô chứa xi măng dung tích 600T.



Hình 5-3. Sơ đồ kho xi măng cơ giới hoá.

1. Toa xe tự đổ; 2. Thiết bị bốc dỡ; 3. Thiết bị chuyển tải kiểu guồng xoắn; 4. Phễu tiếp nhận;
5. Máy dỡ xi măng; 6. Băng chuyển gầu thẳng đứng; 7. Guồng tải trên xilô; 8. Guồng tải chuyển tiếp;
9. Phễu phối liệu; 10. Bơm hơi ép; 11. Ống dẫn xi măng; 12. Miệng chảy hai ống; 13. Xilô;
14. Tấm chắn; 15. Đáy thông khí; 16. Guồng tải dưới xilô.

Có mấy phương pháp bốc dỡ xi măng từ các phương tiện vận chuyển vào kho:

1. Bốc dỡ bằng trọng lực: áp dụng trong trường hợp xi măng rời được vận chuyển trong các toa tự đổ kiểu hình phễu, trong các ô tô chuyên dụng chở xi măng có xitéc nghiêng v.v... và khi xi măng được đổ vào các thiết bị thu nhận thấp hơn độ cao của đường vận chuyển.

2. Dùng các máy bốc dỡ cưỡng bức trong trường hợp xi măng chở trong các toa kín và các ô tô chở xi măng có lắp thiết bị bốc dỡ kiểu cánh quạt để cho xi măng vào thùng chứa hoặc bốc dỡ xi măng theo trọng lực.

3. Phương pháp bốc dỡ bằng hơi ép: dùng hơi ép để bốc dỡ xi măng đựng trong các toa kín và ô tô chuyên dụng chở xi măng để đổ xi măng vào các thiết bị thu nhận đặt cao hơn vị trí toa xe hoặc chuyển vào các xitéc tự hành đặt cách xa 50m.

Vận chuyển xi măng rời bằng hơi ép là phương pháp hợp vệ sinh và thuận tiện nhất. Nguyên tắc tác dụng của phương pháp này dựa trên năng lực vận chuyển của không khí theo đường ống với tốc độ bảo đảm di chuyển được các hạt xi măng lơ lửng trong luồng không khí.

Khi cự ly dưới 200m có thể dùng bơm hơi ép kiểu hộp để vận chuyển xi măng. Loại bơm này cấu tạo đơn giản, không cần động cơ để truyền động, không có nhiều chi tiết phức tạp và chống mòn. Nguyên tắc làm việc của bơm này (hình 5-4) là dựa vào tác dụng của không khí nén để đôn ép vật liệu dạng bột vào ống dẫn. Lưu lượng không khí của bơm từ $22 \div 45 \text{ m}^3/\text{phút}$, áp lực công tác $4 \div 6 \text{ kg/cm}^2$, năng suất đạt $40 \div 100 \text{ T/h}$.

Để cơ giới hoá đồng bộ các khâu bốc, dỡ, vận chuyển xi măng trên các công trường xây dựng loại nhỏ, có thể dùng các ô tô chở xi măng chuyên dụng của Liên Xô C-596 và C-927. Các ô tô chuyên dụng này có thể bơm xi măng rời vào các kho xilô hoặc các toa kín chở xi măng, vận chuyển xi măng và khi cần thiết thì hút xi măng từ các kho xilô, hoặc toa xe kín vào ô tô.

Năng suất của ô tô chuyên dụng chở xi măng phụ thuộc vào cự ly vận chuyển, dung tích của xitéc và được xác định theo công thức:

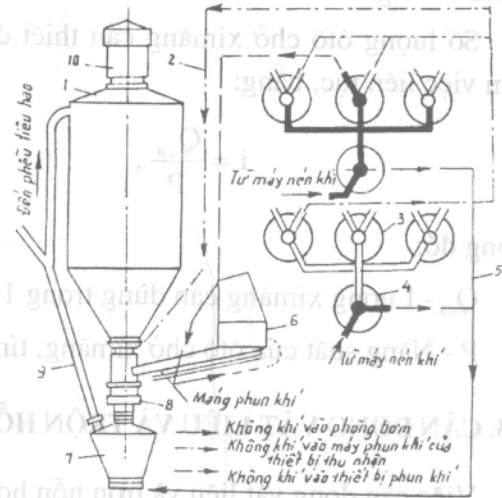
$$P = \frac{T \cdot 60 q_k k_T}{t_{bq} + \sum t},$$

trong đó:

T - Thời gian làm việc trong một ca (giờ); t_{bq} - Thời gian bốc dỡ 1 tấn xi măng (giờ);

$\sum t$ - Thời gian chạy xe (phút), $\left(\sum t = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} \right)$ với L_1 - Cự ly chạy xe có hàng (km);

L_2 - Cự ly chạy xe không (km); v_1, v_2 - Tốc độ chạy xe có hàng và chạy xe không (km/giờ);



Hình 5-4. Sơ đồ vận chuyển xi măng trong kho xilô bằng bơm hộp.

1. Xilô chứa xi măng; 2. Ống vận chuyển xi măng; 3. Vòi phun phối hơi ép của thiết bị bơm khí của xilô; 4. Vòi phun phối hơi ép của bơm hộp; 5. Ống gió; 6. Phân tiếp nhận xi măng từ toa xe và ô tô chuyên dụng; 7. Bơm hộp; 8. Rãnh hơi; 9. Ống dẫn xi măng; 10. Bộ lọc.

q - Trọng tải của ô tô chở xi măng (T); k_t - Hệ số sử dụng thời gian; k_T - Hệ số sử dụng trọng tải.

Cự ly vận chuyển hợp lý xi măng bằng các loại ô tô chuyên dụng chở xi măng có thể tham khảo ở bảng 5-1.

Số lượng ô tô chở xi măng cần thiết để bảo đảm cho xí nghiệp sản xuất hỗn hợp xi măng làm việc liên tục, bằng:

$$i = \frac{Q_{ca}}{P},$$

trong đó:

Q_{ca} - Lượng xi măng cần dùng trong 1 ca của xí nghiệp (T);

P - Năng suất của ô tô chở xi măng, tính như trên.

5.3. CÂN ĐONG VẬT LIỆU VÀ TRỘN HỖN HỢP BÊTÔNG

Việc cân đong vật liệu và trộn hỗn hợp bê tông được tiến hành trong trạm trộn bê tông.

Các trạm trộn bê tông phải bảo đảm được yêu cầu là sản xuất hỗn hợp bê tông theo đúng thành phần thiết kế, có độ linh động (độ sệt hoặc độ cứng) và độ đồng nhất cần thiết. Thiết bị cân đong và thiết bị trộn là hai bộ phận chủ yếu của trạm trộn, nhằm bảo đảm được yêu cầu trên.

Bảng 5-1

Cự ly vận chuyển xi măng hợp lý của một số ô tô chuyên dụng của Liên Xô cũ

Tên xe	Trọng tải của ô tô chở xi măng (T)	Dung tích xitéc (m ³)	Cự ly vận chuyển hợp lý (km)	Cự ly chuyển xi măng khi bốc dỡ (m)
C - 853	8	7	50	25/50*
C - 507A	12	11	100	25/50
C - 972	13,5	11,8	100	25/50
C - 652	22	21,0	300	25/50
C - 956	3,5	3,2	25	25/50
C - 927	8	7	50	25/50

Ghi chú: * Tỷ số là cự ly chuyển theo hướng thẳng đứng, mẫu số là cự ly chuyển theo hướng nằm ngang.

Yêu cầu độ chính xác khi cân đong các thành phần của bê tông như sau: xi măng và nước không quá $\pm 1\%$, cốt liệu không quá $\pm 3\%$ theo trọng lượng. Nói chung thiết bị cân đong của các trạm trộn bê tông đảm bảo được yêu cầu này, nhưng cần phải chú ý điều chỉnh lượng nước kịp thời khi độ ẩm của cốt liệu thay đổi (do mưa, nắng...).

Thiết bị trộn hỗn hợp bê tông được phân loại theo cách đưa vật liệu vào máy, theo nguyên tắc trộn hoặc theo sự bố trí của thiết bị trong không gian.

Dựa theo nguyên tắc trộn người ta chia thành máy trộn tự do, máy trộn cưỡng bức và máy trộn chấn động.

Dựa theo cách đưa vật liệu vào máy người ta chia thành máy trộn tác dụng chu kỳ (trộn theo từng mẻ trộn) và máy trộn tác dụng liên tục.

Với máy trộn chu kỳ, vật liệu được cân đong theo từng mẻ bảo đảm độ chính xác cao nhưng năng suất thấp và cần phải lắp đặt thiết bị trên tháp trộn khá cao.

Với máy trộn tác dụng liên tục, việc cho vật liệu vào và đổ bê tông ra được tiến hành đồng thời. Ưu điểm của nó là sản xuất hỗn hợp bê tông ra liên tục, do đó năng suất rất cao. Khuyết điểm chủ yếu là khó kiểm tra thành phần phối hợp và tình hình trộn, nên chất lượng bê tông không đồng đều.

Hiện nay khi xây dựng mặt đường bê tông ở Liên Xô cũ đã sử dụng phổ biến loại máy trộn tác dụng liên tục C-780 để trộn các loại bê tông với cốt liệu lớn nhất 40mm, năng suất 30 m³/h. Năm 1975 khi xây dựng mặt đường bê tông xi măng đường Hùng Vương (Hà Nội), ta cũng đã sử dụng trạm trộn C-780 này rất có hiệu quả.

Quá trình công nghệ chế tạo hỗn hợp bê tông xi măng thường gồm các bước sau đây: phân loại đá thành hai nhóm (hạt lớn và nhỏ), cân đong vật liệu đá, cát, xi măng, các chất phụ gia và nước rồi phối hợp các vật liệu đó với nhau và tiến hành trộn.

Bước công nghệ chủ yếu khi chế tạo bê tông là giai đoạn trộn hỗn hợp. Tùy theo loại hỗn hợp cần trộn (hỗn hợp khô hoặc hỗn hợp dẻo), độ sệt của bê tông, trình tự đưa vật liệu vào máy trộn, thời gian trộn, kiểu máy trộn. .. mà hiệu quả trộn sẽ khác nhau. Chất lượng trộn sẽ tốt nhất nếu cho vật liệu vào máy theo trình tự sau: đầu tiên trộn đá dăm với nước (khoảng 15-20% lượng nước toàn bộ) rồi cho xi măng vào trộn, sau đó cho phần nước còn lại và cát vào. Thời gian cần thiết để trộn đều một mẻ bê tông, kể từ lúc đổ toàn bộ vật liệu vào máy đến lúc bắt đầu đổ bê tông ra phải do thí nghiệm quyết định. Nếu giảm thời gian trộn 10% so với thời gian quy định thì cường độ bê tông đã giảm xuống khá nhiều. Tuy nhiên tăng thời gian trộn lên thì cường độ chỉ tăng lên chút ít nhưng năng suất lại giảm. Khi dùng đá nhỏ thì nên tăng thời gian trộn lên 20 ÷ 30% để đảm bảo chất lượng bê tông. Trộn hỗn hợp bê tông khô dùng để xây dựng mặt đường bằng máy trộn cưỡng bức hoặc máy trộn chấn động, vì như vậy có thể tăng cường độ nén 20 ÷ 30%, tăng cường độ chịu uốn 10 ÷ 20% so với khi trộn bằng máy trộn tự do.

Để tránh cho máy trộn làm việc quá tải thì tổng thể tích vật liệu cho vào máy không được lớn hơn thể tích thùng trộn 10%. Cần chú ý là nếu máy trộn có thể tích thùng trộn là V thì mỗi mẻ chỉ sản xuất được một khối lượng hỗn hợp bê tông là kV (với k là hệ số sản lượng thường bằng 0,68 ÷ 0,70).

5.4. CÁC VẤN ĐỀ CHỦ YẾU KHI THIẾT KẾ XÍ NGHIỆP BÊTÔNG XIMĂNG

Khi thiết kế và tổ chức xí nghiệp sản xuất hỗn hợp bê tông xi măng (trạm trộn bê tông xi măng) phải căn cứ vào tốc độ, thời hạn thi công mặt đường, kết cấu mặt đường; căn cứ vào tình hình cung cấp vật liệu và các điều kiện cụ thể khác của địa phương, tình hình đường công vụ, nguồn nước, nguồn điện, tình hình cung cấp nhiên liệu và các điều kiện khác. Xí nghiệp phải đảm bảo cung cấp đầy đủ, kịp thời khối lượng hỗn hợp bê tông có chất lượng tốt để xây dựng đường. Khi thiết kế xí nghiệp bê tông xi măng phải giải quyết các vấn đề sau:

1. Chọn vị trí của xí nghiệp

Khi chọn vị trí, ngoài những yêu cầu chung ở trên còn phải lưu ý đến một đặc điểm riêng là hỗn hợp bê tông xi măng phải được thi công xong trước khi xi măng bắt đầu ngưng kết. Vì vậy phải căn cứ vào loại xe và tình hình đường vận chuyển để chọn khoảng cách từ xí nghiệp đến nơi thi công cho thích đáng.

2. Xác định năng suất của xí nghiệp và số lượng vật liệu cần thiết

Năng suất yêu cầu của xí nghiệp bê tông xi măng trong 1 năm (P_n) hoặc 1 mùa xây dựng xác định theo công thức:

$$P_n = m_1 S_1 h_1 + m_2 S_2 h_2 + Q (m^3),$$

trong đó:

m_1, m_2 - Hệ số xét đến khối lượng hỗn hợp bê tông phải tăng lên do lớp móng không bằng phẳng, $m_1 = 1,02 \div 1,03$; $m_2 = 1,05 \div 1,07$; S_1, S_2 - Diện tích (m^2) của lớp trên và lớp dưới mặt đường bê tông với chiều dày tương ứng h_1, h_2 (m); Q - Khối lượng bê tông dùng để chế tạo các cấu kiện đúc sẵn và cho các nhu cầu khác (m^3).

Số lượng vật liệu cần thiết để chế tạo hỗn hợp bê tông được tính toán theo tỷ lệ phối hợp.

3. Chọn sơ đồ công nghệ và máy móc thiết bị

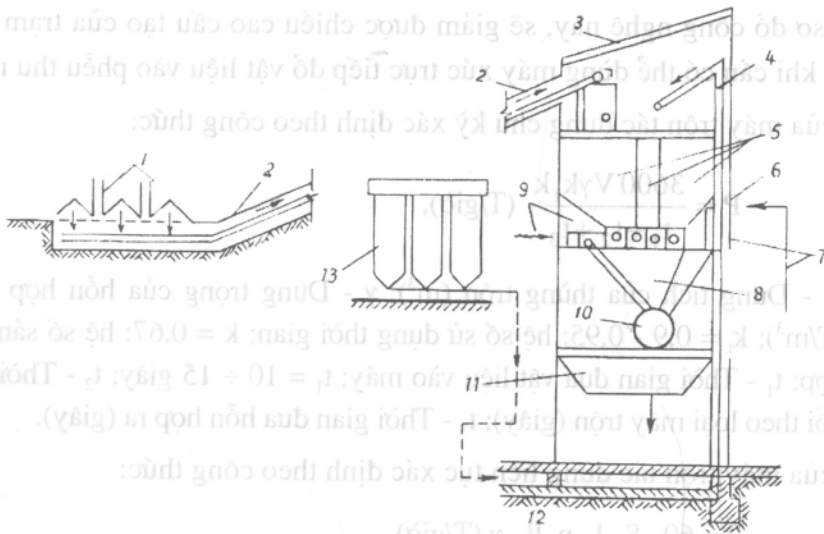
Việc chế tạo hỗn hợp bê tông có thể tiến hành theo sơ đồ công nghệ một cấp hoặc sơ đồ công nghệ hai cấp.

Hình 5-5 giới thiệu một xí nghiệp làm việc theo sơ đồ công nghệ một cấp để chế tạo hỗn hợp bê tông trong máy trộn tác dụng chu kỳ.

Theo sơ đồ công nghệ này, băng chuyền sẽ vận chuyển đá dăm và cát từ các đồng vật liệu đến phễu nhập và phân loại đá cát rồi qua thiết bị cân đong vào phễu cấp liệu có van tháo và sau đó vào máy trộn. Nước và các chất phụ gia cũng được đưa vào máy trộn theo khối lượng tính toán. Sau khi trộn xong thì tháo hỗn hợp xuống phễu phân phối để đi vào xe vận chuyển.

Áp dụng sơ đồ công nghệ này thì có thể cơ giới hoá và tự động hoá các bước công nghệ chủ yếu, tuy nhiên cần phải xây dựng tháp trộn cao khoảng 20m tốn nhiều vật liệu và thời gian lắp dựng, vì vậy thường áp dụng ở các xí nghiệp bê tông cố định.

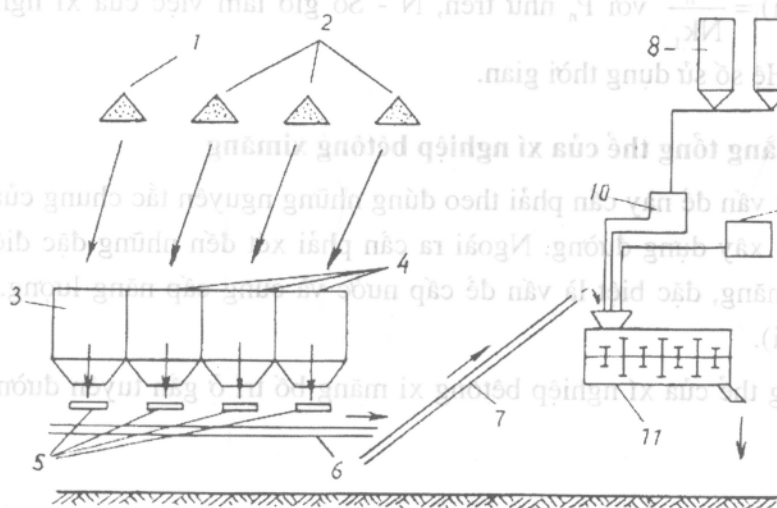
Với các xí nghiệp làm việc theo sơ đồ công nghệ hai cấp thì trong cấp thứ nhất vật liệu được đưa đến phễu thu nhận rồi qua thiết bị cân đong và tập trung vào băng chuyền tập hợp. Cấp thứ hai vật liệu được đưa từ băng chuyền tập hợp vào máy trộn, hỗn hợp bê tông trộn xong được tháo vào phễu phân phối hoặc xe vận chuyển.



Hình 5-5. Sơ đồ quá trình công nghệ chế tạo bê tông xi măng trong máy trộn tác dụng chu kỳ.

1. Các đồng hồ đo; 2. Băng vận chuyển nhiều gầu; 3. Phễu nhập và phân loại đá, cát; 4. Băng chuyên gầu cấp xi măng; 5. Phễu thu nhập vật liệu; 6. Thiết bị cân đong; 7. Thiết bị cấp và đong nước; 8. Phễu cấp vật liệu có van tháo; 9. Thiết bị cấp và cân các chất phụ gia; 10. Máy trộn tác dụng chu kỳ; 11. Phễu phân phối đưa vật liệu ra; 12. Đường ống cấp xi măng; 13. Kho xi măng.

Hình 5-6 giới thiệu sơ đồ xí nghiệp bê tông làm việc theo sơ đồ công nghệ hai cấp để chế tạo hỗn hợp bê tông trong máy trộn tác dụng liên tục.



Hình 5-6. Sơ đồ quá trình công nghệ chế tạo hỗn hợp trong máy trộn tác dụng liên tục.

1. Đống cát; 2. Các đồng hồ đo các loại; 3. Phễu cát; 4. Phễu đá dăm; 5. Thiết bị cân đong liên tục (băng chuyên cân); 6. Băng chuyên tập hợp; 7. Băng chuyên; 8. Kho xi măng; 9. Thùng đựng nước; 10. Thiết bị cân xi măng; 11. Máy trộn liên tục.

Bố trí theo sơ đồ công nghệ này, sẽ giảm được chiều cao cấu tạo của trạm trộn, tiết kiệm công xây lắp và khi cần có thể dùng máy xúc trực tiếp đổ vật liệu vào phễu thu nhập.

Năng suất của máy trộn tác dụng chu kỳ xác định theo công thức:

$$P = \frac{3600 V \gamma k_1 k}{t_1 + t_2 + t_3} \text{ (T/giờ)},$$

trong đó: V - Dung tích của thùng trộn (m^3); γ - Dung trọng của hỗn hợp bê tông xi măng (T/m^3); $k_1 = 0,9 - 0,95$: hệ số sử dụng thời gian; $k = 0,67$: hệ số sản lượng của hỗn hợp; t_1 - Thời gian đưa vật liệu vào máy; $t_1 = 10 \div 15$ giây; t_2 - Thời gian trộn, thay đổi theo loại máy trộn (giây); t_3 - Thời gian đưa hỗn hợp ra (giây).

Năng suất của máy trộn tác dụng liên tục xác định theo công thức:

$$P = 60 \cdot S \cdot l \cdot n \cdot \beta \cdot \gamma \text{ (T/giờ)},$$

trong đó: S - Diện tích tiết diện vật liệu trên băng chuyển (m^2); l - Bước của trục máy trộn (m); n - Số vòng quay của trục (vòng/phút); $\beta = 0,5$ - Hệ số xét đến sự ma sát của hỗn hợp với cánh của máy trộn; γ - Dung trọng của hỗn hợp (T/m^3).

Số lượng các máy trộn cùng loại cần thiết:

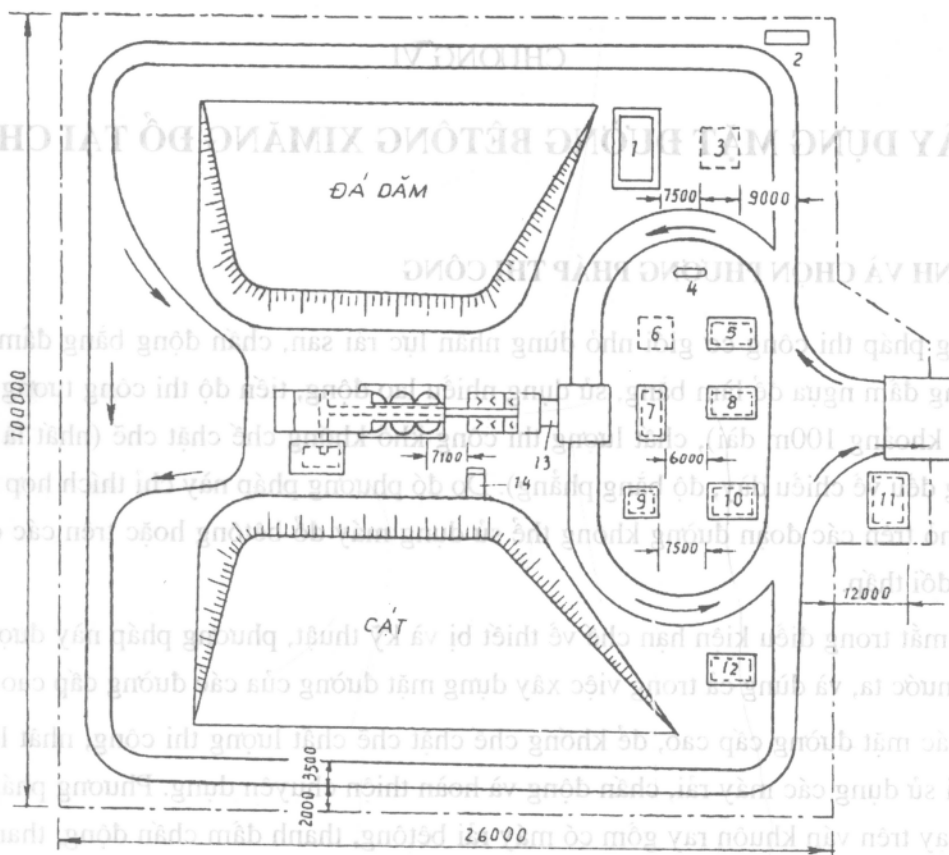
$$N = \frac{P_n(h)}{P},$$

trong đó: P - Năng suất của máy trộn trong 1 giờ, lấy theo lý lịch máy hoặc tính theo các công thức trên; $P_n(h)$ - Năng suất yêu cầu trong 1 giờ của xí nghiệp,
 $P_n(h) = \frac{P_n}{Nk_1}$ với P_n như trên, N - Số giờ làm việc của xí nghiệp trong năm,
 k_1 - Hệ số sử dụng thời gian.

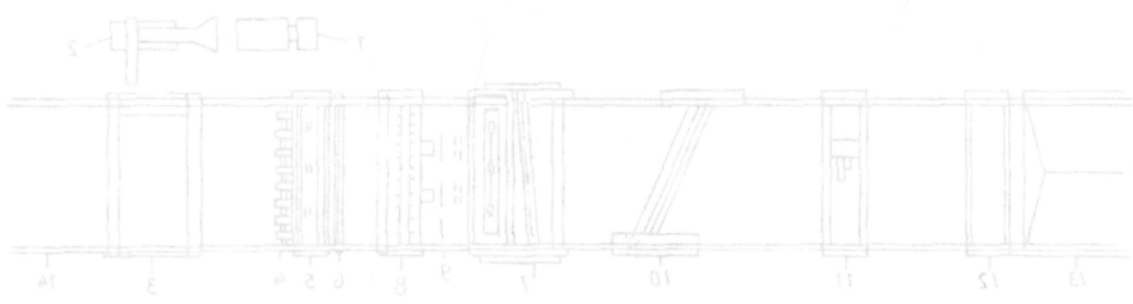
4. Bố trí mặt bằng tổng thể của xí nghiệp bê tông xi măng

Khi giải quyết vấn đề này cần phải theo đúng những nguyên tắc chung của việc bố trí các xí nghiệp phục vụ xây dựng đường. Ngoài ra cần phải xét đến những đặc điểm riêng của xí nghiệp bê tông xi măng, đặc biệt là vấn đề cấp nước và cung cấp năng lượng, hơi ép (để vận chuyển xi măng rời).

Mặt bằng tổng thể của xí nghiệp bê tông xi măng bố trí ở gần tuyến đường thi công vẽ ở hình 5-7.



**Hình 5-7. Mặt bằng tổng thể của xí nghiệp bê tông xi măng
bố trí ở gần tuyến đường thi công.**



Hình 6-1. Bộ máy đồ mặt đường bê tông chạy trên khuôn ray.

1. Ô tô tự đổ; 2. Thiết bị tiếp nhận bê tông; 3. Máy rải bê tông kiểu phễu; 4. Gường san hỗn hợp bê tông; 5. Thanh chắn động; 6. Thanh xoa phẳng; 7. Máy đầm - hoàn thiện; 8. Thiết bị gạt thanh truyền lực của khe ngang; 9. Thiết bị gạt thanh truyền lực của khe dọc;
10. Thanh lá cheo; 11. Máy tạo nhám bề mặt; 12. Phun lớp tạo màng bảo dưỡng; 13. Mũi che;

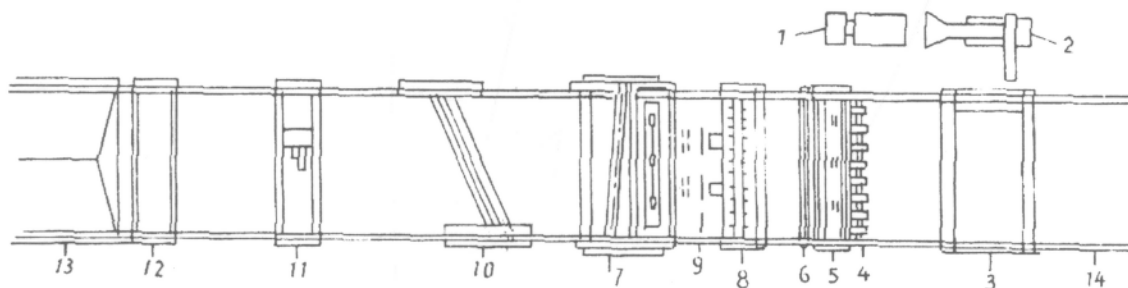
XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XIMĂNG ĐỔ TẠI CHỖ

6.1. SO SÁNH VÀ CHỌN PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG

Phương pháp thi công cơ giới nhỏ dùng nhân lực rải san, chấn động bằng đầm dùi, đầm bàn và dùng đầm ngựa để làm bằng, sử dụng nhiều lao động, tiến độ thi công tương đối chậm (mỗi ngày khoảng 100m dài), chất lượng thi công khó khống chế chặt chẽ (nhất là cường độ và độ đồng đều về chiều dày, độ bằng phẳng). Do đó phương pháp này chỉ thích hợp trong một phạm vi nhỏ trên các đoạn đường không thể sử dụng máy đổ bê tông hoặc trên các đường ô tô cấp tương đối thấp.

Trước mắt trong điều kiện hạn chế về thiết bị và kỹ thuật, phương pháp này được sử dụng rộng rãi ở nước ta, và dùng cả trong việc xây dựng mặt đường của các đường cấp cao.

Trên các mặt đường cấp cao, để khống chế chặt chẽ chất lượng thi công, nhất là độ bằng phẳng phải sử dụng các máy rải, chấn động và hoàn thiện chuyên dụng. Phương pháp rải bằng máy rải chạy trên ván khuôn ray gồm có máy rải bê tông, thanh đầm chấn động, thanh là hoàn thiện, thiết bị bố trí cốt thép ở khe nối và thanh truyền lực - Tổ hợp các loại máy này vẽ ở hình 6-1. Ưu điểm của phương pháp thi công này là dùng các thiết bị thi công tương đối đơn giản, yêu cầu kỹ thuật đối với nhân viên thao tác và sửa chữa không cao. Tiến độ thi công mỗi ngày khoảng 100 - 150m dài và cần nhiều nhân lực.



Hình 6-1. Bộ máy đổ mặt đường bê tông chạy trên khuôn ray.

1. Ô tô tự đổ; 2. Thiết bị tiếp nhận bê tông; 3. Máy rải bê tông kiểu phễu; 4. Guồng san hỗn hợp bê tông; 5. Thanh chấn động; 6. Thanh xoa phẳng; 7. Máy đầm - hoàn thiện; 8. Thiết bị đặt thanh truyền lực của khe ngang; 9. Thiết bị đặt thanh truyền lực của khe dọc; 10. Thanh là chéo; 11. Máy tạo nhám bề mặt; 12. Phun lớp tạo màng bảo dưỡng; 13. Mái che.

Phương pháp thi công bằng bộ máy đổ bê tông chạy trên đường ray cần đặt một số lượng lớn ván khuôn và các thanh chắn ngang vì vậy ảnh hưởng đến tốc độ thi công. Phương pháp đổ bê tông bằng máy rải có ván khuôn trượt bỏ được ván khuôn, dùng hệ thống dẫn hướng và tự động khống chế phương hướng và cao trình rải và dùng một dàn máy hoàn thành việc rải, đầm chặt, hoàn thiện và đặt thanh truyền lực và thanh chịu kéo. Phương pháp này giảm được nhiều sức lao động và máy móc, tốc độ thi công tương đối nhanh (mỗi ngày được từ 400 - 500m dài). Tuy nhiên do tốc độ thi công nhanh, cần phải cung ứng nhiều vật liệu, hỗn hợp bê tông và thiết bị vận chuyển nên chi phí xây dựng tương đối cao. Đồng thời kỹ thuật thao tác và bảo dưỡng sửa chữa thiết bị cũng yêu cầu cao.

Phương pháp đổ bê tông đầm chặt bằng lu cũng không sử dụng ván khuôn - Phương pháp này dùng máy san hoặc máy rải bê tông nhựa để đổ bê tông sau đó dùng lu chấn động và lu bánh lốp để lu chặt bê tông. Tốc độ thi công theo phương pháp này cũng rất cao, mỗi ngày có thể hoàn thành 200 - 250m dài. Phương pháp này có ưu điểm là có thể thông xe ngay sau khi thi công và có thể thay một bộ phận chất liên kết bằng tro bay. Tuy nhiên đặc trưng bề mặt (độ bằng phẳng) thấp hơn lớp mặt bê tông thi công theo phương pháp chấn động, do đó hiện mới sử dụng cho các đường cấp tương đối thấp hoặc phải rải một lớp bê tông nhựa lên trên.

6.2. TRỘN VÀ VẬN CHUYỂN BÊ TÔNG

Hỗn hợp bê tông thường được trộn tại các trạm trộn bê tông dọc tuyến rồi dùng ô tô vận chuyển đến nơi thi công.

Trạm trộn bố trí cạnh các bãi chứa vật liệu và kho xi măng. Cốt liệu và xi măng thường cân theo trọng lượng, nước và phụ gia thì đo theo thể tích. Sai số cho phép khi cân đo: nước và xi măng 1%, cốt liệu 3%, phụ gia 2%. Nước chứa trong cốt liệu, nước trộn phụ gia cũng phải được tính vào lượng nước sử dụng.

Có thể trộn hỗn hợp bê tông bằng máy trộn cưỡng bức hoặc máy trộn rơi tự do, thông qua việc cân các bộ phận vật liệu và cho vào máy trộn theo một trình tự nhất định - Thời gian cần thiết để trộn thay đổi theo số lượng trộn mỗi mẻ, trình tự cho vật liệu vào và độ sệt, phải thông qua việc trộn thử mà xác định.

Thời gian trộn tối thiểu với máy trộn rơi tự do là 90s, với máy trộn cưỡng bức là 60s, thời gian trộn không được vượt quá thời gian quy định 3 lần vì trộn quá lâu thì cốt liệu có thể bị vỡ nát.

Sản lượng của trạm trộn phải xác định theo yêu cầu của tiến độ thi công và thể tích bê tông cần rải cho 1m dài mặt đường. Ví dụ, đối với phương pháp đổ bê tông bằng máy chạy trên đường ray, khoảng cách từ nơi rải đến nơi phun lớp màng bảo dưỡng là 50m, nếu yêu cầu toàn bộ công tác thi công bê tông phải hoàn thành trong vòng 2h sau khi trộn, thì sản lượng của trạm trộn bê tông ít nhất phải cung cấp đủ lượng hỗn hợp rải phía trước 30 m/h; nếu chiều rộng rải là 7,5m và chiều dày lớp bê tông là 0,30m thì mỗi giờ phải có một sản lượng là $30 \times 7,5 \times$

$0,30 = 67,5\text{m}^3$. Phải dựa vào sản lượng yêu cầu này để chọn loại và số lượng máy trộn của trạm trộn.

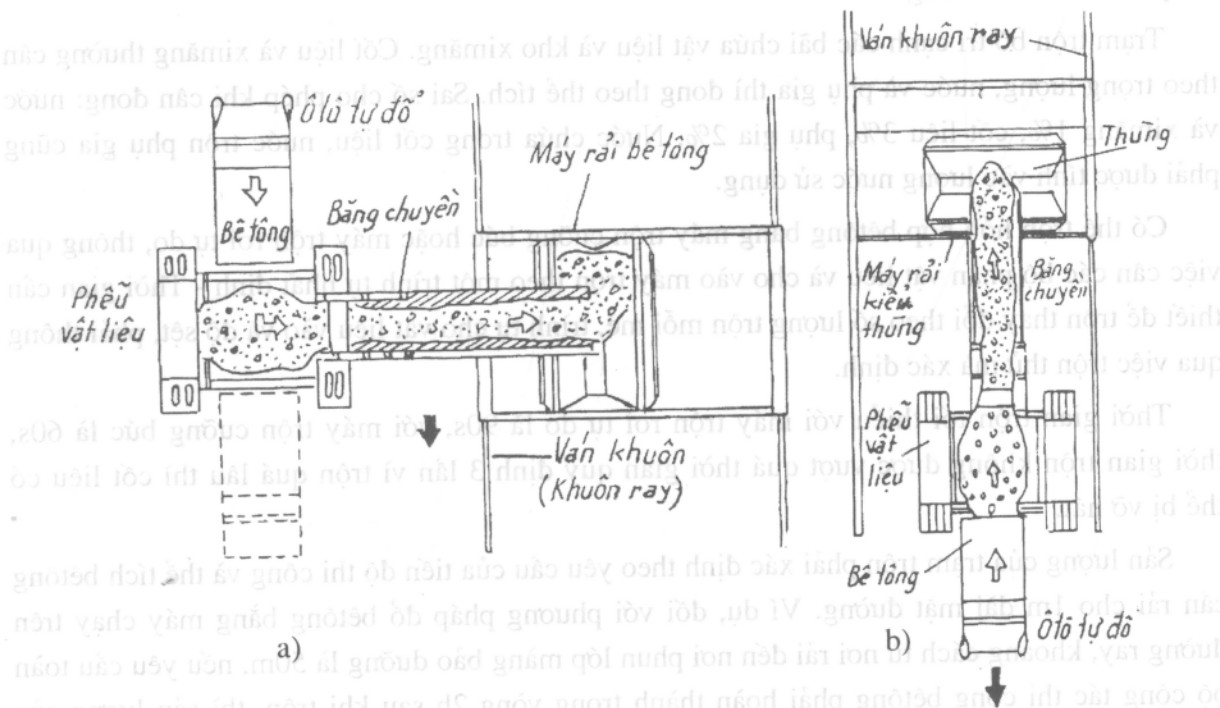
Hỗn hợp bê tông trộn xong thường được vận chuyển tới nơi thi công bằng ô tô tự đổ. Để chống bay hơi nước và phân tầng bê tông, cự ly từ trạm trộn đến nơi thi công không được quá xa, xa nhất cũng không quá 15km, tốt nhất là trong vòng 5 - 6 km. Đồng thời thời gian từ khi bắt đầu trộn đến khi rải không quá 1 giờ. Căn cứ vào thời gian vận chuyển, thời gian lấy và đổ hỗn hợp và tốc độ rải thì có thể chọn loại và số xe vận chuyển. Trong quá trình vận chuyển phải phủ bạt chống nước bay hơi.

6.3. RẢI VÀ ĐÁM CHẶT BÊTÔNG

Khi thi công theo phương pháp cơ giới nhỏ hoặc bằng máy rải trên đường ray thì phải đặt ván khuôn hai bên trước khi rải. Ván khuôn bằng thép và dùng đinh sắt cố định với lớp móng. Mặt đỉnh ván khuôn phải cùng cao độ thiết kế của mặt đường, khe hở giữa đáy ván khuôn và lớp móng phải được chèn kín bằng vữa xi măng cát. Vị trí của ván khuôn xác định bằng máy kinh vĩ, cao độ đỉnh ván khuôn xác định bằng máy cao đạc thủy bình. Sau khi đặt ván khuôn chính xác về vị trí và cao độ thì quét một lớp dầu mỏng chống dính khi tháo khuôn.

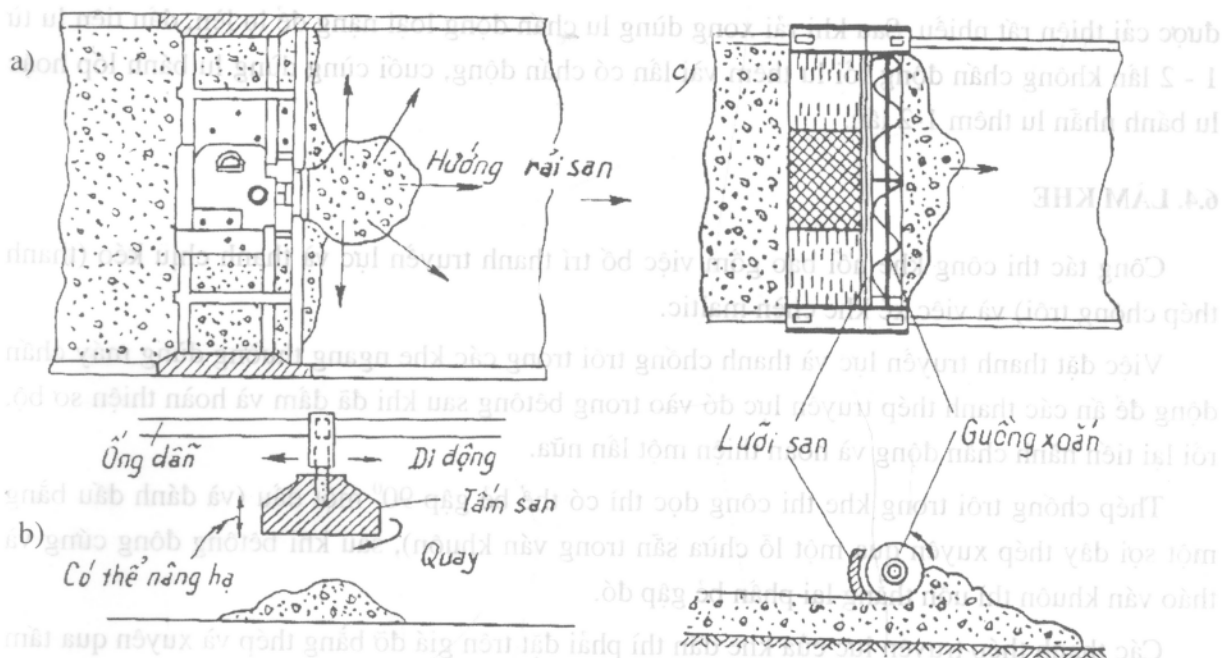
Sau khi vận chuyển hỗn hợp bê tông đến hiện trường có thể đổ trực tiếp vào nơi rải hoặc đổ vào máy tiếp liệu (xem hình 6-2).

Có các máy rải kiểu thùng, kiểu bàn gạt và kiểu giường (hình 6-3).



Hình 6-2. Máy tiếp vật liệu bê tông.

a. Kiểu đổ bên; b. Kiểu đổ dọc.



Hình 6-3. Máy rải bê tông.

- a. Máy rải kiểu thùng;
- b. Máy rải kiểu lưới san;
- a. Máy rải kiểu guồng xoắn.

Máy rải rải hỗn hợp bê tông liên tục và đồng đều trên toàn bộ chiều rộng, gạt hỗn hợp bê tông với chiều dày bằng chiều dày thiết kế nhân với hệ số rời xốp. Thường thì hệ số rời xốp vào khoảng 1,15 - 1,30, có quan hệ với độ sụt hình nón của hỗn hợp, phải thông qua rải thử tại hiện trường để xác định.

Sau khi rải hỗn hợp thì tiến hành san bằng lại, đầm lèn chấn động và hoàn thiện thô bằng máy chấn động - hoàn thiện. Công tác san do bàn san lắp trước máy tiến hành, công tác chấn động do thanh đầm chấn động tần số từ 3.500 - 4.000 lần/phút tác dụng trên bề mặt của bê tông. Việc hoàn thiện do một thanh chấn động đơn treo sau máy tiến hành.

Khi thi công bằng phương pháp cơ khí nhỏ thì thường đổ hỗn hợp trực tiếp trên lớp móng và dùng xẻng, cào để san bằng. Sau đó dùng đầm dùi và đầm bàn chấn động để dùi cạnh mép ván khuôn và chấn động trên toàn bề mặt. Sau khi chấn động bằng đầm dùi và đầm bàn thì dùng đầm ngựa là phẳng để hoàn thiện sơ bộ bề mặt. Đầm ngựa làm bằng một thanh thép hình hoặc thanh gỗ phẳng trên gắn một thiết bị chấn động. Sau đó dùng ống nước gạt lại làm cho bề mặt thật phẳng.

Khi đầm mặt đường bằng máy lu thì sau khi đổ hỗn hợp trên lớp móng thì dùng máy san san đều hỗn hợp trên toàn chiều rộng hoặc dùng máy rải hỗn hợp bê tông nhựa để rải đều hỗn hợp bê tông trên toàn chiều rộng. Khi rải bằng máy rải bê tông nhựa thì thiết bị chấn động của máy có thể đầm hỗn hợp đạt đến 90% độ chặt lớn nhất, độ bằng phẳng của mặt đường cũng

được cải thiện rất nhiều. Sau khi rải xong dùng lu chấn động loại nặng để lu lên, đầu tiên lu từ 1 - 2 lần không chấn động rồi lu thêm vài lần có chấn động, cuối cùng dùng lu bánh lốp hoặc lu bánh nhân lu thêm 1-2 lần.

6.4. LÀM KHE

Công tác thi công khe nối bao gồm việc bố trí thanh truyền lực và thanh chịu kéo (thanh thép chống trôi) và việc xẻ khe chèn maltic.

Việc đặt thanh truyền lực và thanh chống trôi trong các khe ngang thường dùng máy chấn động để ấn các thanh thép truyền lực đổ vào trong bê tông sau khi đã đầm và hoàn thiện sơ bộ, rồi lại tiến hành chấn động và hoàn thiện một lần nữa.

Thép chống trôi trong khe thi công dọc thì có thể bẻ gấp 90° một đầu (và đánh dấu bằng một sợi dây thép xuyên qua một lỗ chừa sẵn trong ván khuôn), sau khi bê tông đông cứng và tháo ván khuôn thì uốn thẳng lại phần bẻ gấp đó.

Các thanh thép truyền lực của khe dẫn thì phải đặt trên giá đỡ bằng thép và xuyên qua tấm gỗ đệm đã cố định trên lớp móng. Giá đỡ phải chịu được tác dụng của đầm chấn động không làm nghiêng lệch các thanh truyền lực - Có thể đổ trước tại vị trí khe dẫn một ít hỗn hợp bê tông và dùng đầm dùi đầm chặt xung quanh vị trí khe dẫn, sau khi bảo đảm vị trí chính xác của thanh truyền lực thì mới cho máy rải đi qua.

Việc làm khe đổ maltic có thể dùng phương pháp xẻ khe trong bê tông mới cứng và phương pháp nén (xẻ khe trong bê tông ướt). Phương pháp xẻ khe không chấn động lại bê tông và có thể tạo thành các khe rất bằng phẳng, nhưng phải xác định đúng thời gian xẻ khe. Xẻ khe quá sớm cường độ của bê tông không đủ, mép khe có thể bị sụt mẻ hoặc sứt; xẻ khe quá chậm thì ứng suất co rút có thể tạo thành các đường nứt ngang trong bê tông. Thời gian thích hợp phải tùy theo điều kiện khí hậu địa phương mà định, thường phải hoàn thành sau khi hoàn thiện bê tông trong vòng 8 - 18h. Khí hậu khô nóng và nhiều gió, hoặc nhiệt độ sáng sớm và chiều tối có đột biến có thể sinh ra chênh lệch nhiệt độ hoặc độ ẩm tương đối lớn thì phải xẻ khe trước 8 giờ. Ngoài ra có thể dùng phương pháp cắt khe trong bê tông còn ướt để giảm chiều dài tấm, ví dụ như cứ cách 4 khe xẻ trong bê tông mới đông cứng thì làm một khe xẻ trong bê tông còn ướt.

6.5. HOÀN THIỆN BỀ MẶT

Mục đích của công tác hoàn thiện bề mặt là làm cho bề mặt bằng phẳng và nhám.

Việc làm bằng phẳng có thể tiến hành bằng máy hoặc bằng thủ công. Máy làm bằng phẳng có hai loại: máy làm bằng theo hướng dọc và máy làm bằng theo hướng chéo. Máy làm bằng theo hướng dọc thì bàn xoa di động theo hướng ngang khi máy chạy theo hướng dọc để loại bỏ các gợn sóng nhỏ theo hướng dọc. Máy hoàn thiện theo hướng chéo thì bàn xoa di động chéo khi máy chạy theo hướng dọc.

Khi hoàn thiện bằng thủ công thì dùng bàn xoa gỗ xoa bằng cho đến khi bề mặt không đọng nước thì thôi.

Sau khi làm phẳng bề mặt thì dùng bàn chải chát dẻo, bàn chải sắt quét ngang mặt đường tạo thành các rãnh nhỏ ngang. Chiều sâu tạo rãnh có thể kiểm tra bằng phương pháp "đo chiều cao cát".

6.6. BẢO DƯỠNG BÊTÔNG

Sau khi hoàn thiện bề mặt thì tiến hành công tác bảo dưỡng để bề mặt phòng nước trong bê tông bốc hơi nhanh và giảm bớt tác dụng bức xạ của mặt trời. Bốc hơi hay bức xạ đều có thể làm thay đổi nhiệt độ và độ ẩm quá nhiều, gây ra các đường nứt do co rút. Bảo dưỡng cũng đồng thời ảnh hưởng đến sự tăng trưởng cường độ của bê tông.

Thường phun lớp tạo màng lên bề mặt của bê tông ướt để bảo dưỡng. Vật liệu tạo màng là chất dẻo có chứa bột nhôm. Cũng có thể bảo dưỡng bằng cách tưới ẩm.

Trong những giờ đầu để tránh bức xạ và mưa gió nên dùng các mái che tam giác để che kín mặt đường bê tông mới đổ. Thời gian bảo dưỡng xác định bằng thí nghiệm cho đến khi cường độ kháng uốn của bê tông đạt 3,5 MPa, thường là 14 ngày khi dùng xi măng poóc lăng bình thường.

Sau khi đổ bê tông 60h thì có thể tháo ván khuôn. Khi không có xe chạy, nhiệt độ không thấp hơn 10°C thì sau 20h có thể tháo khuôn.

6.7. ĐỂ PHÒNG CÁC ĐƯỜNG NÚT SỚM

Các đường nứt xuất hiện sau khi đổ bê tông vài ngày gọi là các đường nứt sớm. Phần lớn các đường nứt này là do sự thay đổi nhiệt độ và độ ẩm làm bê tông bị co rút mà sinh ra.

Để phòng xuất hiện các đường nứt sớm, có thể dùng các biện pháp sau:

1. Tận dụng giảm bớt lượng xi măng trong một đơn vị thể tích và dùng xi măng có lượng phát nhiệt và độ co rút nhỏ, giảm bớt lượng nước dùng cho 1 m³ bê tông bằng cách dùng phụ gia tăng dẻo và dùng cốt liệu có cấp phối tốt để đảm bảo độ dễ thi công.

2. Giảm bớt hệ số ma sát ở đỉnh lớp móng (rải giấy dầu hoặc làm lớp màng chất dẻo). Tưới ẩm đủ nước trên mặt lớp móng trước khi đổ bê tông.

3. Nhiệt độ đổ bê tông phải thấp hơn 30°C, về mùa hè có thể thấp hơn 35°C.

4. Phải khống chế tốt thời gian xe khe, phải kịp thời điều chỉnh theo thời gian đổ bê tông và sự thay đổi thời tiết, cứ khoảng 30m dài nên làm một khe trong bê tông còn ướt.

5. Trong quá trình hoàn thiện bề mặt không để mặt trời trực tiếp chiếu vào.

6.8. KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH

Việc kiểm tra chất lượng công trình bao gồm 3 mặt: nền móng, vật liệu bê tông và mặt đường BTXM.

Sau khi hoàn thành nền móng phải kiểm tra cường độ (mô đun đàn hồi và độ chặt) độ bằng phẳng và kích thước hình học (chiều rộng, chiều dày, cao độ và độ dốc ngang) của nó. Sai số cho phép của các hạng mục kiểm tra như sau: (bảng 6-5).

Bảng 6-5

Sai số cho phép khi kiểm tra chất lượng nền móng của mặt đường BTXM

Hạng mục	Sai số cho phép	Yêu cầu kiểm tra		Phương pháp kiểm tra
		Phạm vi	Số điểm	
Trị số mô đun đàn hồi	Không nhỏ hơn yêu cầu thiết kế	50m	2	Đo độ lún hiện trường
Độ chặt	Không nhỏ hơn yêu cầu thiết kế	1000 (500m ²)	1	Dao đai hoặc rót cát
Độ bằng phẳng	10 mm	50m (1000m ²)	1	Thước dài 3 m
Chiều rộng	Không nhỏ hơn quy định	50m	1	Thước dây
Chiều dày	± 10%	50m (2000m ²)	1	Thước
Cao độ theo hướng dọc	± 10 (5) mm	20 (10)m	1	Dùng máy thủy bình
Độ dốc ngang	± 1 (0,5)%	100m	3 (B' mặt < 9m) 5 (9 - 15m) 7 (> 15m)	Dùng máy thủy bình

Lấy cường độ kéo uốn ở 28 ngày tuổi làm chuẩn để kiểm tra cường độ bê tông. Có thể thí nghiệm uốn mẫu dầm, với tấm BTXM đã đông cứng thì khoan mẫu hình trụ và xác định cường độ ép chẻ và quy đổi về cường độ kéo uốn bằng thí nghiệm mẫu dầm theo quan hệ kinh nghiệm sau:

Với BTXM dùng đá dăm vôi và đá dăm hoa cương:

$$\sigma_t = 1,868 \sigma_c^{0,871}$$

Với BTXM dùng đá dăm badan :

$$\sigma_t = 3,035 \sigma_c^{0,423}$$

trong đó: σ_t và σ_c là cường độ kéo uốn (MPa) và cường độ ép chẻ (MPa).

Việc kiểm tra chất lượng của mặt đường BTXM bao gồm: cường độ, độ bằng phẳng, kích thước hình học (dài, rộng, dày), khe nối (độ thẳng) và cấu tạo bề mặt.

Sai số cho phép ghi ở bảng 6-6.

Sai số cho phép khi kiểm tra chất lượng mặt đường BTXM

Hạng mục	Sai số cho phép	Yêu cầu kiểm tra		Phương pháp kiểm tra
		Phạm vi	Số điểm	
Cường độ	Không nhỏ hơn quy định	Mỗi ngày hoặc cứ 200 (400) m ³	2 tổ mẫu	1. Thí nghiệm uốn mẫu đầm
Độ bằng phẳng	5 (3) mm	cứ 1000 - 2000m ³	tăng 1 tổ mẫu	2. Thí nghiệm ép chẻ mẫu khoan
		50m	1 ($B'_{\text{mặt}} < 9\text{m}$)	Dùng thước 3m đo 3 lần, lấy trị số trung bình của 3 điểm lớn nhất
			2 (9 - 15m) 3 (> 15m)	
Độ cập kênh của các tấm gần nhau	±3 (2) mm	mỗi khe dãn	2	Đo bằng thước
Cao trình dốc dọc	± 10 (5)mm	20m	1	máy thuỷ bình
Dốc ngang	± 0,25 (0,15)%	100m	3 ($B'_{\text{mặt}} < 9\text{m}$) 5 (9 - 15m) 7 (> 15m)	máy thuỷ bình
Chiều dài tấm	±20 (10)mm	100m	2	
Chiều rộng tấm	±20 (1/2000)	100m	2	
Chiều dày tấm	±10 (5)mm	100m	2	
Độ thẳng của khe dọc	15 (10)mm	100m khe	1	
Độ thẳng của khe ngang	10mm	20 khe ngang	2 khe	
Độ thẳng mép tấm	±5mm			
Độ nhám	1-2mm	100m	2 tấm	

Chú ý: * $B_{\text{mặt}}$: chiều rộng mặt đường

BTXM là vật liệu dòn khi vượt tải có thể dẫn tới nứt tấm, mà khi nứt BTXM bị nứt thì rất khó sửa chữa. Vì vậy khi xây dựng phải đảm bảo được cường độ và chiều dày quy định của thiết kế.

Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ bê tông khi thi công ngoài chất lượng vật liệu và tỷ lệ phối hợp của bê tông, thì nhân tố chủ yếu nhất là tỷ lệ $\frac{N}{X}$ và độ đầm chặt. Do đó phải nghiêm khắc khống chế quy cách vật liệu và tỷ lệ phối hợp, đặc biệt là tỷ lệ $\frac{N}{X}$ và lượng nước sử dụng, bảo đảm hỗn hợp bê tông đạt độ chặt đầy đủ.

Cao độ và độ bằng phẳng của lớp móng là nhân tố chủ yếu ảnh hưởng tới chiều dày lớp mặt. Trước khi đổ bê tông ngoài việc kiểm tra cao độ đỉnh ván khuôn phải tiến hành kiểm tra cao độ mặt lớp móng, phải bạt bỏ vật liệu lớp móng bị lồi lên.

Xuất hiện đường nứt sớm là vấn đề chủ yếu của chất lượng thi công BTXM. Ngoài việc khống chế tốt thời gian cắt khe theo sự biến đổi của khí hậu ra còn phải khống chế tốt tỷ lệ N/X trong quá trình trộn bê tông là nhân tố làm cho BTXM bị co rút.

CHƯƠNG VII

CÁC TRƯỜNG HỢP RIÊNG CỦA VIỆC XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XIMĂNG ĐỔ TẠI CHỖ

7.1- XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG HAI LỚP

Loại mặt đường này thường được sử dụng ở những nơi thiếu đá tốt hoặc thiếu xi măng mác cao thích hợp để làm mặt đường bê tông một lớp. Do lớp trên các mặt đường bê tông hai lớp làm việc trong điều kiện bất lợi hơn nhiều so với lớp dưới (trực tiếp chịu tác dụng của tải trọng và khí hậu) nên yêu cầu về chất lượng đối với bê tông của lớp trên phải cao hơn so với bê tông của lớp dưới. (Xem bảng 1-2 chương I).

Có thể dùng cốt liệu sản xuất bằng vật liệu địa phương và xi măng địa phương cho bê tông ở lớp dưới, vì vậy việc xây dựng mặt đường bê tông hai lớp thường đạt hiệu quả kinh tế cao hơn khi xây dựng mặt đường một lớp, (theo số liệu của Liên Xô cũ ở những vùng thiếu đá tốt thì xây dựng mặt đường bê tông hai lớp sẽ giảm được từ 70-75% giá thành so với mặt đường bê tông một lớp). Để chắc chắn cần tiến hành so sánh kinh tế kỹ thuật trong từng trường hợp cụ thể để quyết định có nên xây dựng mặt đường hai lớp hay không.

Khi xây dựng mặt đường bê tông hai lớp thì việc tổ chức và công nghệ thi công sẽ phức tạp hơn so với xây dựng mặt đường một lớp, và phải xét đến những đặc điểm như sau:

1. Phải trộn hỗn hợp bê tông dùng cho lớp trên và lớp dưới trong các máy trộn riêng. Năng suất của các máy trộn phải được chọn cho phù hợp với khối lượng hỗn hợp bê tông cần cho 1km mặt đường (cho lớp trên và cho lớp dưới). Vì chiều dày của lớp trên thường lấy bằng 6cm trong khi tổng chiều dày tấm bê tông thường thay đổi từ 18 - 24cm nên nếu bố trí 1 máy trộn bê tông cho lớp trên, thì phải bố trí 3 máy trộn có cùng công suất để trộn bê tông cho lớp dưới, đồng thời phải tổ chức kho bãi, vận chuyển, cân đong riêng.

2. Công tác đổ bê tông mặt đường hai lớp được tiến hành như sau: tuân tự rải hỗn hợp bê tông cho lớp dưới và lớp trên rồi đầm chung cho cả hai lớp. Nếu đổ bê tông bằng máy, thì phải sử dụng đồng thời hai máy rải, để rải bê tông lớp dưới và lớp trên. Máy rải lớp trên chạy cách máy rải lớp dưới một đoạn từ 15 - 20m và phải là máy tiếp nhận hỗn hợp bê tông ở cạnh sườn.

3. Khoảng thời gian giãn cách khi đổ bê tông lớp trên và lớp dưới phải là nhỏ nhất và không được lớn hơn các trị số cho ở bảng 7-1.

Bảng 7-1

Khoảng thời gian giãn cách dài nhất cho phép khi đổ bê tông lớp dưới và lớp trên

Nhiệt độ không khí khi đổ bê tông, °C	Khoảng thời gian giãn cách dài nhất cho phép (phút)					
	Khi trời nắng			Khi trời râm		
	Hàm lượng C ₃ A trong xi măng					
	≤ 6	7 ÷ 10	> 10	≤ 6	7 ÷ 10	> 10
5 ÷ 10	120	90	90	120	120	90
> 10 ÷ 15	120	60	60	120	90	90
> 15 ÷ 20	90	60	45	90	60	60
> 20 ÷ 25	45	30	20	60	45	30
> 25 ÷ 30	30	20	15	45	30	20

7.2. XÂY DỰNG LỚP MÓNG BÊ TÔNG

Ở nước ngoài thường xây dựng lớp móng bê tông ở dưới mặt đường bê tông nhựa, nhất là trên các đường trong thành phố.

Về mặt cấu tạo, lớp móng bê tông không bố trí khe dãn, trừ những chỗ tiếp giáp với công trình hoặc chỗ giao nhau với đường khác. Kích thước tấm (khoảng cách giữa hai khe co) của lớp móng cũng dài hơn so với lớp mặt.

Khi thi công bằng bộ máy đổ bê tông đồng bộ, phương pháp xây dựng lớp móng cũng tương tự như phương pháp làm lớp mặt, chỉ khác là việc làm khe được tiến hành trong bê tông mới đổ và dùng nhũ tương nhựa đường để bảo dưỡng.

Trong điều kiện mặt bằng chật hẹp khi không có bộ máy đồng bộ hoặc khi khối lượng xây dựng không nhiều, thường thi công bằng phương pháp nửa cơ giới (xem 7-3).

Gần đây ở nước ngoài người ta sử dụng ngày càng nhiều việc xây dựng lớp móng bê tông nghèo và lèn chặt bằng lu. Trong bê tông nghèo, lượng xi măng dùng ít nhất (so với bê tông cùng cường độ thi công theo phương pháp chấn động thông thường). Do đầm lèn bằng lu nên có thể dùng hỗn hợp bê tông khô, với lượng nước ít nhất. Sử dụng hỗn hợp bê tông khô nên tiết kiệm được xi măng và bê tông ít bị co rút.

Kinh nghiệm cho thấy, dùng bê tông nghèo để làm lớp móng dưới mặt đường bê tông nhựa thì lớp mặt sẽ ít bị nứt hơn so với khi rải trên lớp móng bê tông thường. Thành phần hỗn hợp bê tông nghèo dùng làm lớp móng có thể tham khảo ở bảng 7-2.

Lớp móng bê tông nghèo được xây dựng trên lớp móng đá dăm hoặc móng cát gia cố công xi măng chiều dày không nhỏ hơn 15 cm. Các khe ngang làm theo loại khe co giả cách nhau 20-70m hoặc lớn hơn tùy theo nhiệt độ không khí lúc đổ bê tông, mác bê tông và chiều dày lớp móng bê tông.

Chiều dày lớp móng bê tông nghèo được xác định theo tính toán (xem chương II).

Hỗn hợp bê tông nghèo được chế tạo ở trạm trộn bê tông rồi vận chuyển ra hiện trường và rải bằng máy rải đá dăm hoặc máy rải bê tông chạy trên bánh xích thành từng vệt. Khi thiếu máy rải có thể dùng máy san để san đều hỗn hợp bê tông đã đổ thành đống ở lòng đường. Sau đó dùng lu nhẹ 5-6T hoặc lu chấn động 3,5T để lu và lu lần cuối cùng bằng lu nặng 10-15T.

Bảng 7-2

Lượng vật liệu cho 1m² bê tông nghèo (KG)

Vật liệu	Mác bê tông					
	Đá dăm vôi			Đá dăm nghiền từ đá cuội		
	50	100	150	50	100	150
Nước	110 ÷ 120	120 ÷ 130	130 ÷ 140	100 ÷ 110	100 ÷ 120	120 ÷ 130
Xi măng M400	70 ÷ 80	110 ÷ 120	150 ÷ 160	70 ÷ 80	110 ÷ 120	150 ÷ 160
Đá dăm	1490	1490	1490	1490	1490	1490
Cát	650	600	560	650	600	560

Khi lu phải bảo đảm vệt lu sau đè lên vệt lu trước từ 15-25cm và lu cho đến khi hỗn hợp hoàn toàn chặt với số lần lu tổng cộng ít nhất là 12 lần qua một chỗ. Dấu hiệu để kết thúc việc lu là sau khi lu nặng đi qua không còn hằn vệt bánh.

Việc thi công lớp mặt bê tông nhựa hoặc đá dăm đen nên tiến hành ngay sau khi lu xong lớp móng bê tông để đơn giản khâu bảo dưỡng. Nếu không làm kịp lớp mặt thì phải phun lớp tạo màng bằng nhũ tương hoặc tưới nước giữ ẩm để bảo dưỡng bê tông.

Khi xây dựng mặt đường bê tông nhựa trên lớp móng bê tông (nhất là với mặt đường bê tông nhựa một lớp) cần phải có biện pháp tăng độ nhám của móng bê tông để đảm bảo sự dính bám giữa lớp mặt và lớp móng. Có thể làm nhám bằng cách khoá các mạch chèn trên mặt lớp móng bê tông hoặc rải các hòn đá nhỏ 5-15mm và lu cho đá ăn sâu vào bề mặt lớp móng khoảng 1/2 chiều cao hòn đá.

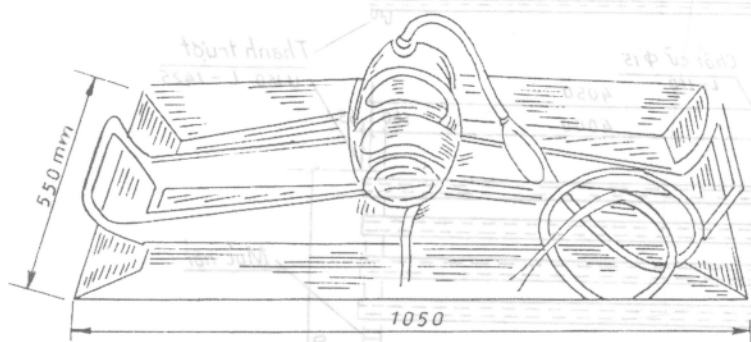
7.3. XÂY DỰNG ĐƯỜNG BÊ TÔNG THEO PHƯƠNG PHÁP THỦ CÔNG KẾT HỢP CƠ GIỚI

Trong trường hợp không có bộ máy đổ bê tông đồng bộ chuyên dùng để xây dựng mặt đường bê tông như đã trình bày ở chương VI, hoặc khi diện thi công chật hẹp, đoạn đường cần thi công ngắn không tiện sử dụng bộ máy đồng bộ thì có thể áp dụng phương pháp thi công thủ công nghiệp kết hợp cơ giới bằng bộ thiết bị đổ bê tông cải tiến, đổ liên tục theo từng vệt mà tác giả đã thiết kế và đã dùng để thi công.

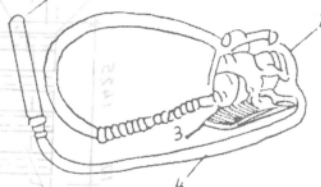
Bộ thiết bị đổ bê tông cải tiến này gồm có:

- Khung san hỗn hợp bê tông (hình 7-1) được di chuyển bằng cách kéo trượt (do tời điện hoặc ô tô đầu tời kéo) trên hệ ván khuôn thép (hoặc trên tấm tôn dài lót trên mép tấm bê tông đã đổ trước). Ván khuôn thép (hình 7-2) làm bằng các đoạn thép U, có chiều cao bằng chiều dày tấm bê tông, mặt trong có hàn mộng gò bằng tôn lá 3mm (để tạo ngàm cho các khe dọc với ván khuôn ở sát lề đường thì không cần hàn mộng). Đáy dưới của thanh U có hàn thêm các chân đế bằng thép góc 75 x 75 x 8mm để tăng ổn định và để đóng cọc cố định ván khuôn với lớp móng qua các lỗ khoét sẵn ở chân đế.

Các loại đầm gồm: đầm bàn (hình 7-3), đầm dùi (hình 7-4), đầm ngựa (hình 7-5) và đầm đập đá (hình 7-6).

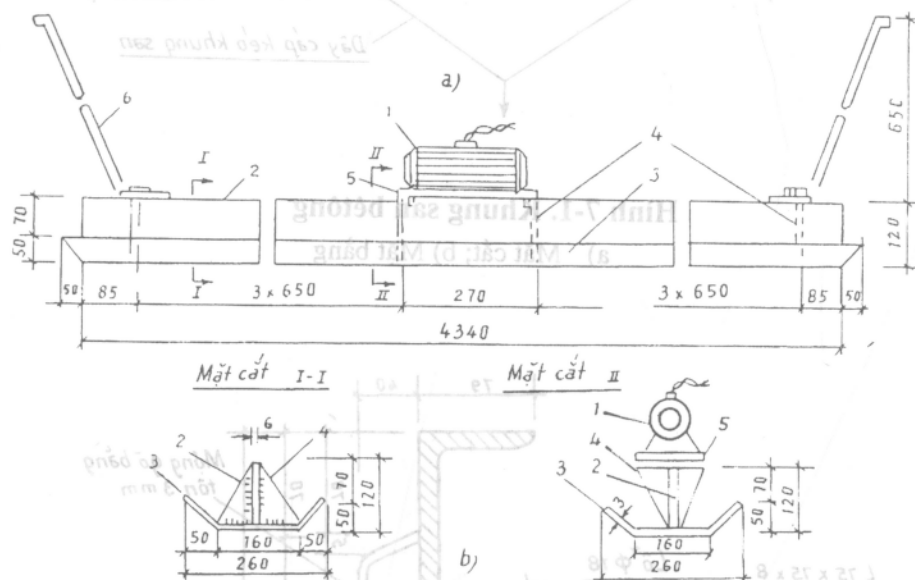


Hình 7-3. Đầm bàn.



Hình 7-4. Đầm dùi

1. Dùi chấn động; 2. Động cơ điện;
3. Tấm trượt; 4. Dây cáp điện mềm.



Hình 7.5. Đầm ngựa

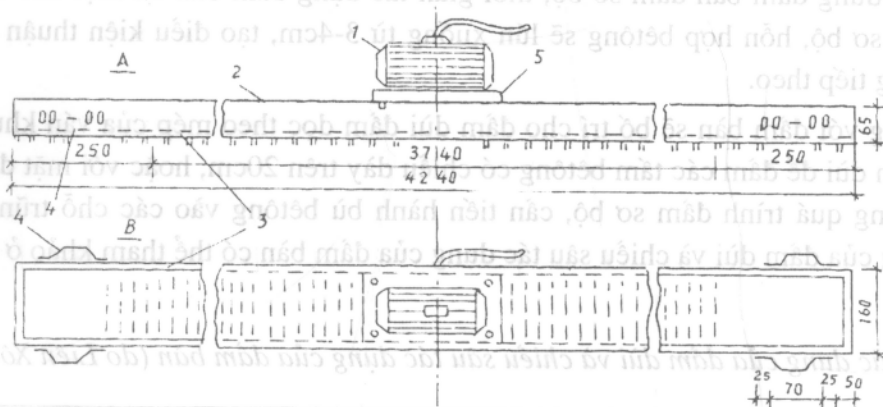
- a) Mặt chính; b) Các mặt cắt; 1. Mô tơ; 2. Sườn đầm bằng tôn 6mm hàn với đáy đầm;
3. Đáy đầm bằng tôn 3mm dập hình lòng máng; 4. Tôn 6mm tăng cường;
5. Đế bằng tôn 6mm có lắp mô tơ; 6. Tay cầm bằng thép $\phi 20\text{mm}$.

- Các dụng cụ cắt khe và hoàn thiện gồm các ống thép gạt vữa; dụng cụ cắt khe và thanh tạo khe trong bê tông mới đổ, các dụng cụ hoàn thiện bằng thủ công.

Trình tự thi công mặt đường bê tông xi măng được tiến hành như sau:

Khung san hỗn hợp bê tông được đặt sẵn tại vị trí đổ bê tông sao cho hai thanh U dọc (dùng làm thanh trượt) nằm trên đỉnh ván khuôn; khi đó các thanh U ngang (dùng làm thanh san) sẽ nằm song song với cạnh ngang của vệt mặt đường cần đổ bê tông.

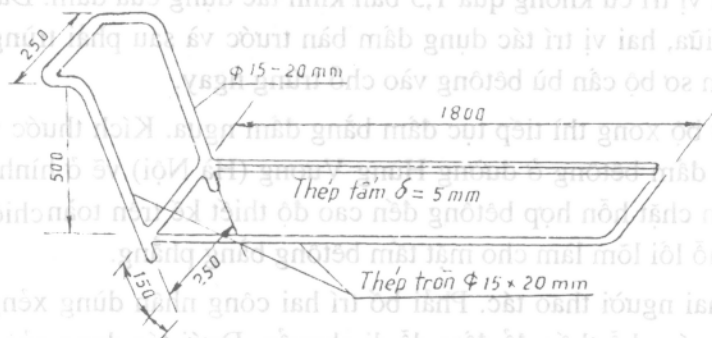
Hỗn hợp bê tông được chế tạo tại xí nghiệp trộn bê tông tập trung, rồi dùng ô tô tự đổ vận chuyển ra hiện trường và đổ vào khung san. Công nhân sẽ dùng bàn gạt bê tông (hình 7-7) và xẻng để cào và san sơ bộ các đồng bê tông rải đều trên toàn khung san. Sau đó sẽ dùng tời kéo cho khung san trượt theo đỉnh ván khuôn (hoặc trên tấm tôn lót) để tiến lên phía trước.



Hình 7.6. Đầm dập đá

1. Mô tơ; 2. Thanh $\subset 160$; 3. Thép tròn $\phi 6\text{mm}$ ($l = 150\text{mm}$) hàn với đáy đầm; 4. Móc buộc dây kéo đầm; 5. Đế lắp mô tơ bằng tôn 6mm; a) Mặt chính; b) Mặt bằng.

Khi kéo, các thanh U ngang sẽ gạt đều hỗn hợp bê tông ra trên toàn tấm bê tông định đổ, với chiều dày bằng chiều dày tấm bê tông nhân với hệ số xấp rời. Để đảm bảo chiều dày này, khi gia công khung san phải bố trí cho khe hở giữa đáy của các thanh U ngang và đỉnh ván khuôn bằng $h(k-1)$ cm. Ở đây h - chiều dày tấm bê tông và k - hệ số xấp rời của bê tông.



Hình 7-7. Bàn gạt bê tông

Sử dụng khung san sẽ bảo đảm san đều hỗn hợp bê tông với chiều dày và độ xấp rời giống nhau và đồng đều trên toàn mặt đường, tạo điều kiện thuận lợi cho các bước công tác tiếp sau đó. Khung san còn có tác dụng bảo vệ cốt thép (mặt đường bê tông cốt thép) và các phụ kiện của khe ngang khỏi bị xô lệch. Nó không để cho hỗn hợp bê tông bị chặt lại như trường hợp đổ bê tông trực tiếp từ ô tô xuống. Kéo khung san đến đâu thì tiến hành đầm chặt và hoàn thiện mặt đường đến đó.

Công tác đầm bê tông được tiến hành tuần tự bằng đầm bàn, đầm dùi, đầm ngựa và đầm đập đá.

Đầu tiên dùng đầm bàn đầm sơ bộ, thời gian tác dụng đầm bàn tại một chỗ từ 30 - 45gy. Sau khi đầm sơ bộ, hỗn hợp bê tông sẽ lún xuống từ 3-4cm, tạo điều kiện thuận lợi cho đầm ngựa tác dụng tiếp theo.

Song song với đầm bàn sẽ bố trí cho đầm dùi đầm dọc theo mép của ván khuôn. Thường chỉ bố trí đầm dùi để đầm các tấm bê tông có chiều dày trên 20cm, hoặc với mặt đường bê tông cốt thép. Trong quá trình đầm sơ bộ, cần tiến hành bù bê tông vào các chỗ trũng ngay. Bán kính tác dụng của đầm dùi và chiều sâu tác dụng của đầm bàn có thể tham khảo ở bảng 7-3.

Bảng 7-3

Bán kính tác dụng của đầm dùi và chiều sâu tác dụng của đầm bàn (do Liên Xô sản xuất)

Các loại đầm chấn động	Bán kính tác dụng của đầm dùi hoặc chiều sâu tác dụng của đầm bàn (cm)
Đầm dùi U - 22	35
Đầm dùi U - 21	20 - 35
Đầm dùi U - 50	40
Đầm bàn UB2A	25

Đầm dùi phải được thả thẳng đứng tới một độ sâu nhất định, tránh làm hỏng móng. Thời gian thả tại một vị trí là 30 ÷ 45gy, sau đó nâng đầm dùi lên từ từ, tránh tạo thành lỗ và chuyển sang vị trí mới cách vị trí cũ không quá 1,5 bán kính tác dụng của đầm. Đầm bàn bắt đầu đầm từ mép ngoài vào giữa, hai vị trí tác dụng đầm bàn trước và sau phải trùng lên nhau 5-10cm. Trong quá trình đầm sơ bộ cần bù bê tông vào chỗ trũng ngay.

Sau khi đầm sơ bộ xong thì tiếp tục đầm bằng đầm ngựa. Kích thước và cấu tạo của đầm ngựa được dùng để đầm bê tông ở đường Hùng Vương (Hà Nội) vẽ ở hình 7-5. Tác dụng của đầm ngựa là để đầm chặt hỗn hợp bê tông đến cao độ thiết kế trên toàn chiều rộng tấm bê tông, khắc phục những chỗ lồi lõm làm cho mặt tấm bê tông bằng phẳng.

Đầm ngựa do hai người thao tác. Phải bố trí hai công nhân dùng xẻng xúc bột bê tông ở các chỗ cao bù vào các chỗ thấp để đầm dễ di chuyển. Dưới tác dụng của đầm ngựa hỗn hợp bê tông sẽ lún dần đến cao độ thiết kế, khi đó 2 đầu đầm ngựa sẽ trực tiếp tựa trên ván khuôn và đó là dấu hiệu để kết thúc giai đoạn đầm này.

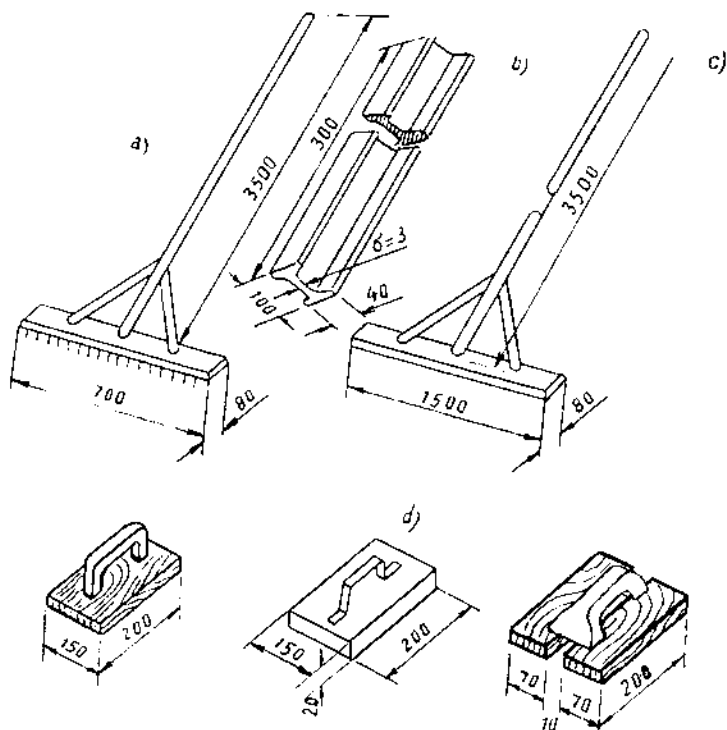
Đầm dấp đá đi tiếp sau đầm ngựa, đáy đầm (phần nằm trong bê tông) có hàn thêm các đoạn sắt $\phi 6$ theo hướng ngang nhằm dấp các hòn đá còn nổi cao xuống một độ sâu cần thiết (để khi dùng ống gạt là phẳng tấm bê tông thì không làm bật các hòn đá lên). Mặt khác tạo được một lượng vữa đủ để hoàn thiện lớp mặt bê tông. Một tác dụng quan trọng nữa của đầm dấp đá là để đảm bảo sau khi đầm xong, mặt tấm bê tông hoàn toàn bằng phẳng và có cao độ bằng cao độ đỉnh ván khuôn. Vì vậy yêu cầu đáy đầm phải hoàn toàn thẳng và phẳng, nếu không sẽ gây khó khăn rất lớn cho việc hoàn thiện về sau.

Đầm dấp đá cũng do hai công nhân thao tác và hai công nhân theo đầm bù phụ bê tông.

Sau khi đầm dấp đá đi qua thì tiến hành công tác là phẳng mặt đường ngay. Để làm công tác này người ta dùng một ống tròn thẳng bằng kim loại, có đường kính 50-60mm, dài khoảng 4,00m, hai đầu có tay cầm. Hai người cầm hai đầu ống vừa đi vừa miết theo đỉnh ván khuôn để gạt vữa bê tông từ chỗ cao sang chỗ thấp, làm cho bề mặt bằng phẳng và có cao độ bằng cao độ thiết kế. Đầm đến đâu phải gạt phẳng mặt đường đến đấy, số vữa thừa được gạt về phía đang đầm bê tông hoặc xúc bỏ đi. Những chỗ lồi lõm nhiều phải gạt đi gạt lại nhiều lần, cho đến khi hoàn toàn đạt độ bằng phẳng yêu cầu.

Sau công tác là phẳng mặt đường là công tác cắt khe. Phương pháp cắt khe ở đây là cắt khe trong bê tông còn ướt như đã giới thiệu ở chương VI.

Cuối cùng là công tác hoàn thiện và làm nhám bề mặt tấm bê tông. Việc hoàn thiện và làm nhám bề mặt được tiến hành bằng các dụng cụ cầm tay như ở hình 7-8.

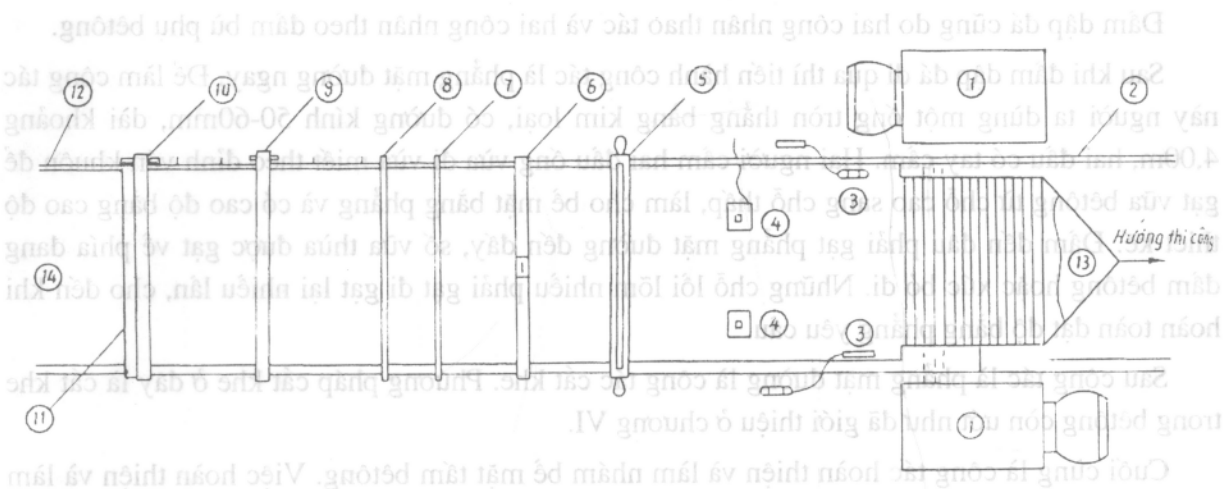


Hình 7-8. Dụng cụ cầm tay để hoàn thiện mặt đường bê tông

a) Chổi quét nhám; b) Thuốc kiểm tra độ bằng phẳng; c) Bàn trang; d) Bàn xoa gỗ.

Bộ thiết bị này tuy còn một số nhược điểm (như còn phải dùng nhiều nhân lực để san sơ bộ bê tông) nhưng tương đối gọn; cơ động, dễ chế tạo, dễ thao tác và có thể sử dụng để thi công mặt đường bê tông theo phương pháp đổ từng vệt liên tục, bảo đảm chất lượng bê tông đạt năng suất trung bình $100 \text{ m}^3/\text{ca}$.

Sơ đồ mặt bằng đổ bê tông bằng bộ thiết bị này đã được áp dụng khi thi công mặt đường bê tông cốt thép đường Hùng Vương (Hà Nội) vẽ ở hình 7-9.



Hình 7-9. Sơ đồ mặt bằng thi công mặt đường bê tông cốt thép đường Hùng Vương (Hà Nội)

1. Ô tô tự đổ (loại đổ bên); 2. Khung san bê tông do ô tô đầu kéo; 3. Đầm dùi; 4. Đầm bàn; 5. Đầm ngựa; 6. Đầm đập đá; 7. Ống gạt $\phi 60\text{mm}$; 8. Ống gạt $\phi 30\text{mm}$; 9. Cầu công tác để hoàn thiện và quét nhám; 10. Cầu công tác để cắt khe; 11. Dụng cụ cắt khe; 12. Ván khuôn; 13. Hỗn hợp bê tông đang san; 14. Mặt đường đã làm xong.

7.4. XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐỒ TẠI CHỖ

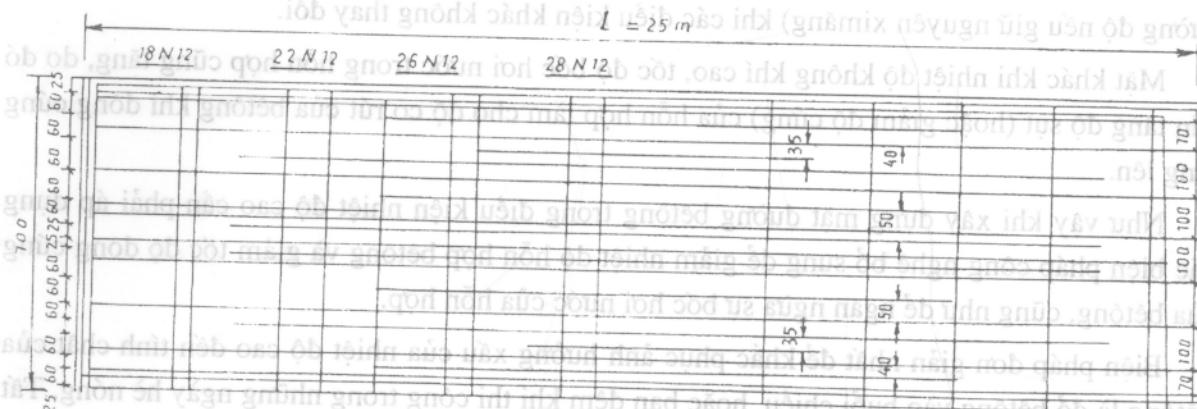
So với mặt đường bê tông thường, mặt đường bê tông cốt thép chịu kéo tốt hơn, và trong một chừng mực nào đó, chịu được sự hình thành đường nứt. Các đường nứt sinh ra trong mặt đường được cốt thép duy trì ở trạng thái nén, do đó không làm cho mặt đường bị phá hoại tiếp tục, mặt đường vẫn còn sử dụng được.

Nên xây dựng mặt đường bê tông cốt thép trên các đoạn mà nền đường có khả năng lún không đều như các đoạn nền đường đắp cao, các đoạn mở rộng đường cũ, các chỗ chuyển từ nền đào sang nền đắp, các đoạn nền đường nửa đào nửa đắp trên sườn dốc v.v...

Cốt thép trong mặt đường bê tông cốt thép là các lưới thép hàn bằng dây thép $\phi 5 - \phi 6\text{mm}$. Với lượng thép $3-4 \text{ kg/m}^2$, hoặc bằng các thanh cốt thép có gờ $\phi 10 - \phi 14\text{mm}$. Khi mặt đường có bố trí cốt thép thì khoảng cách giữa các khe (chiều dài tấm bê tông) có thể tăng lên, còn chiều dày tấm có thể giảm xuống một ít (khoảng 10%). Ví dụ chiều dài các tấm có bố trí cốt thép với lượng thép $3,5 - 4,5 \text{ kg/m}^2$ có thể tăng đến 15-25m (chiều dài tấm bê tông thường là

Cốt thép trong các tấm bê tông cốt thép làm mặt đường được bố trí phù hợp với biểu đồ ứng suất tổng cộng thực tế, nghĩa là lượng cốt thép được tăng dần từ hai đầu vào giữa tấm.

Sơ đồ bố trí cốt thép của tấm bê tông cốt thép làm mặt đường chiều dài 25m, chiều rộng 7m (xem hình vẽ 7-10). Theo sơ đồ bố trí này, có khoảng 70 - 80% lượng cốt thép được bố trí theo hướng dọc để thu nhận ứng suất kéo dọc chống lại sự hình thành các đường nứt ngang rất hay gặp trong các tấm bê tông mặt đường.



Hình 7-10. Sơ đồ bố trí cốt thép tấm bê tông mặt đường dài 25m.

Phần dưới của tấm bê tông thường được bố trí các thanh cốt thép cùng tiết diện và cách đáy tấm 5-6cm, còn ở phần trên thì bố trí các lưới thép hàn bằng dây thép và cách mặt tấm 5cm.

Cốt thép của mặt đường bê tông cốt thép thường có độ cứng nhỏ, dễ bị cong và xô dịch vị trí khi đổ bê tông, vì vậy nên bố trí nó ở trên lớp móng cứng và nền đỡ bê tông bằng bộ thiết bị đã giới thiệu ở 7.3.

7.5. XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG TRONG TRƯỜNG HỢP NHIỆT ĐỘ KHÔNG KHÍ CAO

5b Nếu trong thời kỳ chế tạo và đổ bê tông mặt đường mà nhiệt độ không khí vào khoảng 30°C hoặc lớn hơn, thì phải áp dụng các biện pháp đặc biệt để ngăn ngừa ảnh hưởng của nó tới chất lượng bê tông của mặt đường.

Việc xây dựng mặt đường bê tông xi măng sẽ tiến hành khó khăn và bất lợi ở các vùng khí hậu khô nóng (như thi công về mùa hè ở vùng Nghệ Tĩnh, Bình Trị Thiên có nhiệt độ cao, độ ẩm thấp và chịu ảnh hưởng của gió Lào...).

Nhiệt độ không khí cao, độ ẩm thấp vì gió khô nóng sẽ ảnh hưởng rất xấu đến tính chất của hỗn hợp và sự đông cứng của bê tông mới đổ. Nhiệt độ cao thì thời gian ngưng kết của xi măng sẽ rút ngắn, độ sụt của hỗn hợp bê tông sẽ giảm, độ cứng của bê tông tăng nhanh, do đó thời gian thi công bị rút ngắn và việc đầm chặt, hoàn thiện sẽ rất khó khăn, nhiều khi không thực hiện được. Ví dụ khi nhiệt độ không khí từ 16° tăng lên 30°C thời gian ngưng kết của xi măng Bim Sơn giảm đi khoảng 2,5 lần và chỉ tiêu độ cứng của hỗn hợp từ 15 tăng lên 25 giây. Như vậy để đảm bảo chỉ tiêu độ cứng cho trước cần phải giảm chỉ tiêu độ cứng ban đầu của hỗn hợp ở trạm trộn và điều đó đưa đến việc phải tăng lượng xi măng lên (hoặc phải giảm cường độ nếu giữ nguyên xi măng) khi các điều kiện khác không thay đổi.

Mặt khác khi nhiệt độ không khí cao, tốc độ bốc hơi nước trong hỗn hợp cũng tăng, do đó cần tăng độ sụt (hoặc giảm độ cứng) của hỗn hợp làm cho độ co rút của bê tông khi đông cứng tăng lên.

Như vậy khi xây dựng mặt đường bê tông trong điều kiện nhiệt độ cao cần phải áp dụng các biện pháp công nghệ bổ sung để giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông và giảm tốc độ đông cứng của bê tông, cũng như để ngăn ngừa sự bốc hơi nước của hỗn hợp.

Biện pháp đơn giản nhất để khắc phục ảnh hưởng xấu của nhiệt độ cao đến tính chất của bê tông là đổ bê tông vào buổi chiều, hoặc ban đêm khi thi công trong những ngày hè nóng. Tất nhiên biện pháp này sẽ làm cho việc tổ chức thi công thêm phức tạp vì phải tổ chức chiếu sáng và làm việc ban đêm.

Để giảm nhiệt độ hỗn hợp bê tông khi xây dựng mặt đường ở nhiệt độ không khí cao (trên 30°C) cần phải:

1. Có biện pháp để giảm nhiệt độ ban đầu của hỗn hợp ở xí nghiệp bê tông bằng cách giữ không cho cốt liệu bị mặt trời chiếu nóng, hoặc bằng cách làm nguội cốt liệu và nước. Cốt liệu được làm nguội bằng cách phun nước khi đánh đống hoặc khi đưa cốt liệu vào máy trộn. Để giảm nhiệt độ của nước tốt nhất là dùng nước đá thay cho một lượng nước thích ứng. Ví dụ khi nhiệt độ không khí là $30 - 35^{\circ}\text{C}$ và dùng biện pháp cho nước đá vào nước thì nhiệt độ hỗn hợp có thể giảm xuống đến 15°C .

2. Bảo đảm thời gian vận chuyển hỗn hợp bê tông từ nơi trộn đến nơi đổ là ngắn nhất (không quá 30 phút). Vị trí của xí nghiệp bê tông phải được xác định theo điều kiện đó. Phải bảo đảm đường vận chuyển luôn tốt, để ô tô vận chuyển bê tông chạy nhanh nhất. Phải thường xuyên tưới ẩm lớp móng và ván khuôn để tăng độ ẩm của không khí, làm nguội lớp móng để tạo điều kiện giảm nhiệt độ hỗn hợp và tốc độ bốc hơi nước trong hỗn hợp.

Khi trời nắng nóng và gió mạnh, phải tiến hành đổ bê tông dưới các mái che.

Ngoài các biện pháp trên đây, khi đổ bê tông về mùa nóng còn phải áp dụng các biện pháp công nghệ nhằm khắc phục và giảm bớt ảnh hưởng bất lợi của điều kiện khí hậu thời tiết đến tính chất của hỗn hợp bê tông và của bê tông làm đường. Ví dụ để giảm độ co rút của bê tông phải thiết kế hỗn hợp bê tông với số lượng xi măng ít nhất bằng cách bảo đảm cấp phối của cốt

liệu, cường độ của cốt liệu và dùng cát, đá sạch. Khi trộn hỗn hợp bê tông nên sử dụng chất phụ gia tăng dẻo để giảm bớt lượng nước, làm chậm thời gian ngưng kết của xi măng và làm chậm thời gian đông cứng của bê tông mới đổ.

Cần phải tăng lượng chất phụ gia lên so với khi đổ bê tông trong điều kiện bình thường (ít nhất phải bằng 0,5% lượng xi măng).

Ngoài ra cần đặc biệt chú ý khâu bảo dưỡng bê tông mới đổ: phải bảo dưỡng kịp thời ngay sau khi đổ bê tông (bằng cách phủ cát hoặc bao tải ẩm). Nếu bảo dưỡng bằng cách phun lớp tạo màng thì phải phủ một lớp cát ẩm lên trên.

7.6. MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG LÊN CHẶT BẰNG LU

Bê tông lên chặt bằng lu (bê tông lu lên) là một tiến bộ kỹ thuật đã và đang được sử dụng để làm mặt đường ô tô ở nước ngoài có kết quả.

Dùng bê tông lên chặt bằng lu để làm mặt đường thì có thể khắc phục được các nhược điểm chính của mặt đường bê tông làm theo phương pháp thông thường vì:

- Có thể sử dụng các thiết bị thi công thông dụng như máy san, máy rải bê tông nhựa, xe lu, trạm trộn đá cấp phối...;

- Tốc độ thi công nhanh, thời gian bảo dưỡng ngắn - Mặt đường sau khi thi công xong có thể cho xe nhẹ chạy được ngay;

- Chất lượng bê tông lên chặt bằng lu xấp xỉ chất lượng bê tông thông thường;

- Do hàm lượng nước thấp, lu lên bằng lu chấn động công suất lớn, đạt độ chặt cao nên không cần bố trí nhiều khe co giãn phức tạp như mặt đường bê tông thông thường.

Đây là một hướng nghiên cứu thành công nhằm làm cho bê tông xi măng thích hợp với mặt đường ô tô, ngược với hướng nghiên cứu để chế tạo các thiết bị thi công bê tông hiện đại. Kinh nghiệm cho thấy các thiết bị xây dựng mặt đường bê tông xi măng hiện đại, công suất lớn giá thành rất đắt và chỉ thích hợp để xây dựng các xa lộ lớn.

Tuy nhiên loại mặt đường này khó thi công để đạt được độ bằng phẳng cao, vì vậy ở nước ngoài hiện vẫn chưa sử dụng làm lớp mặt trên đường có tốc độ xe chạy cao, mà chỉ dùng làm lớp mặt cho các đường từ cấp 2 trở xuống.

1. Yêu cầu đối với vật liệu

Bê tông lên chặt bằng lu do vật liệu liên kết (xi măng...) cốt liệu, nước và chất phụ gia hợp thành.

Đường kính cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu $D = 20\text{mm}$ là thích hợp - Khi mặt đường bê tông lên chặt bằng lu được rải thành hai lớp, đường kính cỡ hạt lớn nhất của lớp dưới có thể dùng $D = 40\text{mm}$. Phạm vi cấp phối cốt liệu của bê tông lên chặt bằng lu có thể tham khảo ở bảng 7-4.

Khi rải thành hai lớp, chiều dày lớp dưới thường bằng $2/3$ tổng chiều dày; đường kính lớn

nhất của cốt liệu lớp trên là 20mm, chiều dày lớp trên bằng 1/3 tổng chiều dày nhưng không nhỏ hơn 8cm.

Bảng 7-4

Đường kính cỡ hạt lớn nhất (mm)	Kích thước lỗ sàng								
	Sàng tròn						Sàng vuông		
	40	25	20	10	5	2,5	0,6	0,3	0,15
	Tỷ lệ % lọt qua sàng theo trọng lượng								
20	-	-	90-100	50-65	30-45	21-35	10-20	7-15	5-10
40	90-100	65-77	-	35-50	25-40	19-32	10-20	7-15	5-10

Phạm vi cấp phối thiết kế căn cứ vào kết quả thí nghiệm trong phòng, dựa vào độ chặt, cường độ và độ dễ thi công để tìm ra.

Mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu rải thành hai lớp thì lớp dưới có thể trộn vào một lượng tro bay^(*) thích hợp. Bê tông lèn chặt bằng lu sau khi trộn thêm tro bay không chỉ hạ được giá thành mà còn giảm được lượng tỏa nhiệt khi đông cứng, cải thiện độ dễ thi công và có tác dụng chống thấm. Khi rải thành hai lớp, để bảo đảm hai lớp dính chặt nhau và đủ thời gian lu lèn thì nên trộn thêm phụ gia làm chậm ngưng kết.

Tỷ lệ phối hợp các thành phần của bê tông lu lèn được xác định trên nguyên tắc bảo đảm cường độ thiết kế yêu cầu mà có thể lèn chặt bằng lu chấn động - Cường độ kéo uốn của bê tông trong phòng thí nghiệm phải cao hơn cường độ kéo uốn thiết kế từ 15 ÷ 25%. Khi trộn thêm tro bay, liều lượng tro bay thường bằng 20% liều lượng xi măng, hàm lượng tốt nhất của phụ gia vào khoảng 0,25 - 0,30% trọng lượng khô của xi măng + tro bay.

2. Phương pháp thiết kế.

Việc tính toán chiều dày của mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu được tiến hành như với mặt đường bê tông thông thường, cho trường hợp tải trọng tác dụng ở giữa tấm. Việc thiết kế gần giống như thiết kế mặt đường bê tông thông thường trừ những quy định dưới đây:

1. Cường độ kéo uốn thiết kế của bê tông lèn chặt bằng lu không được thấp hơn quy định cho ở bảng 7-5.

(*) Tro bay là phế thải rắn thu được ở các nhà máy nhiệt điện mà chất đốt là than đá. Đó là các hạt nhỏ từ 1-200µm thoát theo khói và được các thiết bị lọc bụi giữ lại. Loại tro bay này còn gọi là tro silicoalumin, có hoạt tính puzolân khi tác dụng với vôi và nước.

Bảng 7-5

Cấp giao thông (Số lần tác dụng trục bánh 10t trên làn xe (trục/ngày) khi bắt đầu khai thác)		Cường độ kéo uốn thiết kế (MPa)
Rất nặng	> 1500	5,0
Nặng	200 - 1500	5,0
Vừa	5 - 200	4,5
Nhẹ	≤ 5	4,0

Môđun đàn hồi phải xác định bằng thí nghiệm. Nếu không có điều kiện thí nghiệm thì có thể tham khảo các giá trị ở bảng 7-6.

Bảng 7-6

Cường độ kéo uốn thiết kế (MPa)		5,0	4,5	4,0
Môđun đàn hồi E_c ($\times 10^3$ MPa)	BTLCBL	35	33	31
	BTLCBL + Tro bay	33	31	29

2. Việc thiết kế chiều dày tấm bê tông cũng được tiến hành theo phương pháp gần đúng. Đầu tiên giả định chiều dày tấm bê tông h , rồi tính ứng suất do tải trọng trùng phục gây ra σ_p . Nếu ứng suất này không chênh lệch so với cường độ kéo uốn cho phép của bê tông quá $\pm 5\%$ thì lấy chiều dày giả định làm chiều dày thiết kế. Nếu không phải giả định lại h và tính lại cho đến khi đạt yêu cầu. Chiều dày giả định h , cũng với các cấp giao thông khác nhau có thể tham khảo theo bảng 7-7.

Bảng 7-7

Cấp giao thông	Rất nặng	Nặng	Vừa	Nhẹ
Chiều dày quyết định h (cm)	≥ 26	24 - 26	22 - 24	< 22

Chiều dày nhỏ nhất của mặt đường bê tông lu lèn là 18 cm.

3. Bố trí khe

Mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu được hình thành do sự lèn chặt hỗn hợp bê tông bằng xe lu chấn động - Phương pháp thi công này làm cho việc bố trí các thanh truyền lực và thanh chịu kéo ở các khe nổi trở nên khó khăn. Vì vậy ở nước ngoài với bê tông lèn chặt bằng lu đều không bố trí các thanh truyền lực và thanh chịu kéo.

Kết quả xác định hệ số co ngấn do nhiệt độ của bê tông lèn chặt bằng lu cho thấy hệ số co của bê tông lèn chặt bằng lu thấp hơn so với bê tông thường khoảng 30%, vì vậy Hiệp hội

ximăng Pooclăng (Mỹ) đề nghị lấy khoảng cách giữa các khe co từ 15-18m. Hiệp hội đường ôtô Nhật Bản thì lấy khoảng cách giữa các khe co là 15-20m khi chiều dày tấm $\geq 25\text{cm}$ và từ 10-15cm khi chiều dày tấm dưới 25cm.

Tất cả các khe co đều là khe co giả không bố trí thanh truyền lực.

4. Làm lớp hao mòn

Để đảm bảo độ bằng phẳng và êm thuận khi chạy xe trên mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu nhiều nước đã làm một lớp hao mòn dày $2 \div 3\text{cm}$ dưới hình thức láng nhựa hoặc thảm nhựa cực mỏng. Để bảo đảm dính bám tốt, trước khi rải lớp hao mòn sau khi phun nhựa dính bám, theo kinh nghiệm của Trung Quốc nên rải một ít bột khoáng (số lượng khoảng 30-40% lượng nhựa) để tăng lực dính bám giữa các lớp.

3. Thi công

Việc thi công mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu được tiến hành theo trình tự sau:

1. Chuẩn bị lớp móng

Để bảo đảm tấm bê tông có chiều dày không đổi và được lu lèn chặt lớp móng phải có chất lượng tốt, bảo đảm độ bằng phẳng và độ dốc ngang thiết kế. Mặt khác để cho lớp móng không hút mất nước của bê tông cần phải tưới ẩm lớp móng làm bằng vật liệu thấm nước và khi thi công ở nhiệt độ cao.

2. Rải và san

Bê tông lèn chặt bằng lu được rải thành lớp chiều dày từ 18 - 25cm sau khi lèn chặt. Để tránh làm khe dọc nên cố gắng rải trên toàn chiều rộng mặt đường.

Có thể rải bê tông bằng các thiết bị sau:

- Máy rải bê tông dùng ván khuôn trượt;
- Máy san;
- Máy san kết hợp máy ủi loại nhỏ;
- Máy rải bê tông nhựa (với các máy rải bê tông nhựa hiện đại có thể rải một lớp dày 22cm sau khi lu).

Theo kinh nghiệm nên rải theo trình tự sau thì có thể bảo đảm chất lượng bề mặt của mặt đường.

- Dùng máy san, máy ủi, máy rải... rải và san vật liệu cao hơn chiều dày thiết kế vài centimet.
- Dùng lu chấn động để đầm chặt một phần nhằm hạn chế không cho vật liệu phòi ra.
- Dùng máy san đặc biệt để hoàn thiện lần cuối lớp vật liệu đã rải đến chiều cao cuối cùng, vật liệu thừa ra được thu gom lại để làm lề hoặc đẩy ra phía trước nếu thời hạn thi công cho phép.

Với những công trường lớn có thể sử dụng các máy rải tự động.

- Tưới ẩm vật liệu khi cần.
- Sau đó tiếp tục lu lên bằng lu chấn động rồi lu bánh lốp.

3. Lu lên

Công tác lu lên ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng: độ chặt và độ bằng phẳng của mặt đường, vì vậy cần đặc biệt chú ý.

Việc lu lên được tiến hành bằng lu chấn động và lu bánh lốp theo đúng trình tự đã nêu trong mục 9-4.

Cần đặc biệt chú ý lu lên các mép mặt đường đạt độ chặt yêu cầu. Muốn vậy phải đắp lề trước và cùng lu chặt lề đường và mặt đường.

Cách lu lên như sau:

- Đầu tiên cho máy lu (không rung) lu trên 1/3 chiều rộng bánh lên lề đường và 2/3 lên lớp bê tông.
- Sau đó cho máy lu (không rung) chuyển dần vào lớp bê tông, rồi tiếp tục lu bình thường.

4. Giữ ẩm sau khi lu lên

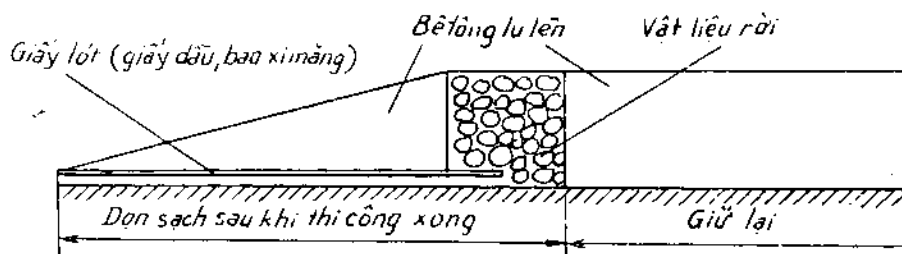
Chất liên kết chỉ có thể đông cứng tốt khi đủ nước, vì vậy cần phải giữ cho bê tông không bị khô mặt bằng cách làm ẩm khi cần thiết.

5. Thi công các khe nối và chỗ nối tiếp thi công

- Các khe dọc: Việc thi công nửa thứ hai của mặt đường phải được bố trí sao cho có thể đầm chặt khe trước khi nửa phần mặt đường thứ nhất ngưng kết: việc tổ chức công trường phải được tiến hành để có thể thi công toàn bộ mặt đường trước khi kết thúc thời hạn thi công của vật liệu rải đầu tiên, phải duy trì độ ẩm của mép cho tới khi thi công vệt rải tiếp theo.

- Các khe ngang: để tránh rải thành lớp mỏng có nguy cơ bị uốn dọc ở nhiệt độ cao tại các vị trí nối tiếp thi công phải cắt bê tông thành một hố thẳng đứng.

Việc cắt bê tông được tiến hành dễ dàng theo trình tự sau, (hình 7-11):



Hình 7-11. Thi công đoạn nối tiếp.

- Rải một lớp giấy lót trên lớp móng trước khi làm đường dốc lên xuống;
- Rải bê tông làm đường lên xuống của xe máy thi công;
- Lu lèn vật liệu;
- Dùng máy san cát bê tông tạo thành một rãnh thẳng đứng rộng khoảng 30cm sâu bằng chiều dày lớp trên toàn bộ mặt cắt ngang;
- Đổ đầy sỏi san hoặc đá dăm vào đáy rãnh và đầm chặt.

Phần đường lên xuống, giấy lót và vật liệu rời được dọn sạch khi thi công xong.

6. Bảo dưỡng

Trong những ngày đầu sau khi thi công xong nếu không được bảo vệ cẩn thận thì dễ bị xe cộ, nhất là xe thi công và mưa nắng làm hư hỏng.

Vì vậy phải làm tốt công tác bảo dưỡng với những nội dung sau:

- Ngay sau khi lu lèn phải giữ ẩm bằng cách phun hoặc tưới nước.
- Cuối ca thi công hoặc chậm nhất là sáng hôm sau phải phun lớp nhũ tương bảo dưỡng và rải sỏi. Lượng nhũ tương vào khoảng 600 g/m^2 , nhũ tương có độ pH ≥ 4 và sỏi cỡ 4/6mm.

Sau khi thông xe vài ngày: láng nhựa hai lớp hoặc láng nhựa một lớp cho đường ít xe chạy.

Việc chế tạo hỗn hợp bê tông lu lèn được tiến hành ở các trạm trộn cấp phối đá gia cố xi măng hoặc ở các trạm trộn bê tông xi măng. Nếu có trộn thêm tro bay thì trạm trộn phải trang bị thêm phễu chứa tro bay và phải chú ý khống chế chính xác liều lượng.

Phải chú ý chống phân tầng khi đổ hỗn hợp vào xe, vận chuyển và rải san hỗn hợp. Khi vận chuyển xa phải có bạt che kín để giữ độ ẩm của hỗn hợp.

7.7. MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG CỐT THÉP LIÊN TỤC

1. Phạm vi sử dụng thích hợp

Mặt đường bê tông cốt thép liên tục thích hợp cho đường cao tốc và đường ô tô cấp 1.

2. Thiết kế chiều dày

Chiều dày của mặt đường bê tông cốt thép liên tục có thể dựa vào các thông số thiết kế và các quy định thiết kế mặt đường bê tông thông thường để tiến hành thiết kế.

Lớp móng lấy bằng chiều dày lớp móng của mặt đường bê tông thường, còn chiều dày tấm bê tông của đường cao tốc thì lấy bằng chiều dày tấm bê tông của mặt đường bê tông thường, với đường cấp 1 thì lấy bằng 0,9 chiều dày đó.

3. Thiết kế bố trí cốt thép

1. Cốt thép theo hướng dọc và hướng ngang đều dùng cốt thép vằn. Tỷ lệ cốt thép theo hướng dọc xác định theo công thức (7-1), thường khống chế trong phạm vi từ 0,5 đến 0,7%. Tỷ lệ cốt thép nhỏ nhất thường là 0,5%.

Lượng cốt thép sử dụng theo hướng ngang lấy bằng 1/5 - 1/8 lượng cốt thép sử dụng theo hướng dọc (theo Vetter với $\mu = 0,15$).

$$\beta = \frac{E_c f_{cm}}{2E_s f_{sy} - E_s f_{cm}} (1,3 - 0,2\mu) \times 100 \quad (7-1)$$

trong đó: β - Tỷ lệ cốt thép bố trí theo hướng dọc (%);

E_c - Môđun đàn hồi của bê tông (MPa);

f_{cm} - Cường độ kéo uốn theo thiết kế của bê tông (MPa);

E_s - Môđun đàn hồi của cốt thép (MPa);

f_{sy} - Cường độ chảy dẻo của cốt thép (MPa);

μ - Hệ số ma sát giữa tấm và lớp móng, thường lấy bằng 1,5.

2. Việc bố trí cốt thép phải phù hợp với yêu cầu dưới đây:

a. Khoảng cách giữa cốt thép theo hướng dọc không nhỏ hơn 10cm, không lớn hơn 25cm.

b. Khoảng cách giữa các cốt thép theo hướng ngang không lớn hơn 80cm.

c. Chiều dài nối tiếp của cốt thép theo hướng dọc không được nhỏ hơn 50cm hoặc 30 lần đường kính cốt thép. Vị trí các mối hàn tiếp phải so le nhau, không được trùng nhau trên một mặt cắt.

d. Khoảng cách từ cốt thép biên đến mép tấm thường là 10 - 15cm.

4. Xử lý ở đầu mút tấm

Chỗ nối tiếp giữa mặt đường bê tông cốt thép liên tục với các mặt đường khác hoặc với cầu cống phải tiến hành xử lý. Việc xử lý đầu mút này có thể căn cứ vào tình hình thực tế để chọn chung loại neo dầm hình chữ nhật, neo cột đổ bê tông, khe nối kiểu chữ công cánh rộng, bố trí khe dẫn liên tục (hình 7-12).

5. Bố trí khe

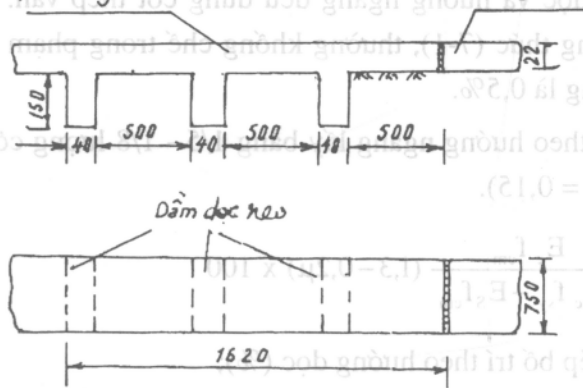
Khoảng cách và cấu tạo của khe dọc có thể thiết kế theo quy định ở điều 5-2-1, nhưng không bố trí thanh chịu kéo vì các cốt thép theo hướng ngang của tấm đã xuyên qua khe dọc và làm nhiệm vụ của thanh chịu lực.

Khi thi công theo hướng ngang nên tận dụng tối thiểu - Khe thi công bố trí khi gián đoạn thi công có thể bố trí khe bằng, nên duy trì sự liên tục của cốt thép dọc xuyên qua khe nối.

Cấu tạo của khe dẫn giống như với mặt đường bê tông thường.

Mặt đường BTCT liên tục

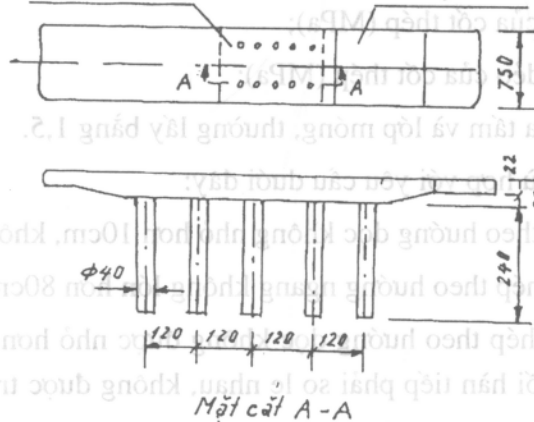
Mặt đường BT thường



a) Neo dầm chữ nhật

Mặt đường BTCT liên tục

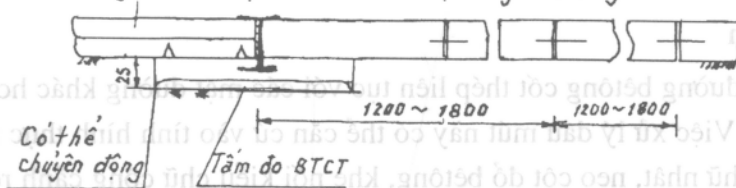
Mặt đường BT thường



b) Neo cọc đồ bê tông

Mặt đường BTCT liên tục

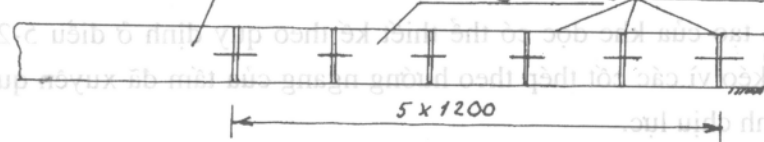
Mặt đường BT thường



c) Khe nối kiểu chữ I cánh rộng

Mặt đường BTCT liên tục

Mặt đường BT thường Khe dẫn có thanh truyền lực



d) Khe dẫn bờ tri' Liên tục

Hình 7-12. Sơ đồ các hình thức xử lý ở đầu mút .

(kích thước tính bằng cm)

7.8. MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG SỢI THÉP

1. Trường hợp sử dụng

Mặt đường bê tông sợi thép thường sử dụng thích hợp ở các đoạn đường hạn chế cao độ, lớp tăng cường mặt đường bê tông cũ, trạm đỗ xe công cộng, trạm thu phí, mặt đường trên cầu...

2. Yêu cầu cơ bản đối với vật liệu

Sợi thép có thể dùng sợi thép cắt hoặc sợi thép đúc. Cường độ chịu kéo của nó không thấp hơn 550 MPa. Đường kính sợi thép thường từ 0,4 - 0,7mm, tỷ lệ chiều dài trên đường kính từ 50 - 70. Đường kính lớn nhất của cốt liệu thô thường bằng 1/2 chiều dài sợi thép nhưng không lớn hơn 20mm. Yêu cầu đối với các vật liệu khác của hỗn hợp bê tông giống như với bê tông thường.

3. Thiết kế tỷ lệ phối hợp

Phương pháp thiết kế cấp phối của bê tông sợi thép giống với bê tông thông thường, có thể tiến hành theo quy định ở điều 5-4-2 của quy phạm này. Lượng sợi thép sử dụng dựa vào tỷ lệ phổ biến chiếm trong thể tích bê tông để tính, thường dùng từ 1,0 - 1,2%. Cốt liệu dùng cấp phối liên tục, tỷ lệ cát phải được chọn căn cứ vào lượng sợi thép sử dụng, thường dùng từ 44 - 55%, lượng sợi thép nhiều thì dùng trị số cao.

4. Thiết kế chiều dày

Chiều dày của mặt đường bê tông sợi thép trước tiên có thể dựa vào các thông số và chiều dày quy định của lớp móng và tấm mặt đường bê tông thường để thiết kế. Sau đó lấy chiều dày lớp móng bằng chiều dày lớp móng của mặt đường bê tông thường, còn chiều dày của tấm bê tông thì dựa vào lượng sợi thép sử dụng lấy bằng 0,55 đến 0,65 lần chiều dày của tấm bê tông thường, nhưng chiều dày nhỏ nhất không được nhỏ hơn 10cm.

5. Bố trí khe nối

Việc bố trí khe dọc có thể xác định theo yêu cầu thi công thực tế. Với mặt đường rải trên toàn chiều rộng thì có thể không làm khe co dọc.

Khoảng cách giữa các khe co ngang được bố trí theo điều kiện khí hậu địa phương, chiều dày tấm và tỷ lệ sợi thép sử dụng, thường từ 15 - 20cm.

Nguyên tắc bố trí khe thi công dọc, ngang và khe dẫn giống như với mặt đường bê tông thường.

7.9. MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG LƯỚI THÉP

Do lượng thép sử dụng trong mặt đường bê tông cốt thép cổ điển (tấm bê tông có hai lớp cốt thép, chịu uốn) là quá lớn (từ 16 đến 28 kg/m² với tấm bê tông 20 x 7 x 18 ÷ 28cm) mà chiều dày tấm bê tông cốt thép chỉ giảm khoảng 10% so với chiều dày tấm bê tông thường, nên

hiện nay ở nước ngoài người ta chỉ sử dụng mặt đường bê tông cốt thép cổ điển để xử lý mặt đường tại một số vị trí đặc biệt (như các tấm bê tông nằm trên nền đất yếu có khả năng lún không đều) mà không sử dụng đại trà nữa vì giá thành quá cao.

Hiện nay mục đích của việc bố trí cốt thép trong mặt đường bê tông không phải để ngăn ngừa việc xuất hiện các đường nứt mà chỉ có tác dụng giữ cho các đường nứt đã hình thành không mở rộng, bảo đảm sự truyền tải trọng qua các khớp xù xì của cốt liệu tại vị trí đường nứt và giữ cho mặt đường ít thấm nước. Vì vậy khái niệm về mặt đường bê tông cốt thép hiện nay đã thay đổi. Theo định nghĩa của Từ điển kỹ thuật đường ô tô của Hiệp hội đường ô tô quốc tế năm 1997 thì "Mặt đường bê tông cốt thép" (jointed reinforced concrete pavement, JRCP, mã số 10510B) là "Mặt đường cứng có các khe nối ngang cách nhau từ 8 đến 25cm. Các tấm có bố trí một lớp cốt thép dọc và cốt thép ngang. Các cốt thép dọc không xuyên qua các khe nối ngang. Các khe nối ngang có thể bố trí thanh truyền lực hoặc không".

Các tài liệu chỉ dẫn thiết kế mặt đường cứng của AASHTO cũng như của FAA (Mỹ), của Road Note 29 Anh; của quy phạm thiết kế mặt đường bê tông xi măng JTJ 012/94 của Trung Quốc đều gọi mặt đường bê tông cốt thép (JRCP) là loại mặt đường bê tông có bố trí một lớp cốt thép để giữ cho các đường nứt trong mặt đường không mở rộng với lượng cốt thép vào khoảng 0,5%.

Để phân biệt với mặt đường bê tông cốt thép cổ điển có thể gọi loại mặt đường này là "mặt đường bê tông lưới thép".

1. Phạm vi sử dụng

Mặt đường bê tông lưới thép (JRCP) là loại mặt đường bê tông xi măng có bố trí một lớp cốt thép hoặc lưới thép để giữ cho các đường nứt sinh ra trong tấm bê tông mở rộng.

Mặt đường bê tông lưới thép thường được sử dụng trên các đoạn đường có kích thước tấm tương đối lớn, nền móng không đồng đều hoặc dưới đó có bố trí các công trình ngầm có khả năng lún không đều, hoặc khi hình dạng tấm không đúng quy cách (ví dụ các tấm ở nút giao thông hoặc có bố trí giếng quan sát trong tấm).

Dù không ngăn ngừa được nứt nhưng tác dụng của lưới thép là giữ cho các đường nứt không mở rộng, bảo đảm tính toàn vẹn của kết cấu và tính năng sử dụng của mặt đường. Bằng cách giữ cho các đường nứt luôn khép kín, cốt thép có tác dụng giảm thiểu sự thấm nước mưa qua đường nứt, ngăn ngừa sự xâm nhập của các vật lạ vào trong đường nứt. Cốt thép còn có tác dụng kéo dài khoảng cách giữa các khe. Có thể xem xét việc sử dụng mặt đường bê tông lưới thép nếu chi phí bố trí lưới thép bằng hoặc nhỏ hơn chi phí làm các khe nối trong mặt đường bê tông thường có thể bỏ được do kéo dài khoảng cách giữa các khe.

Chiều dày mặt đường bê tông lưới thép cũng được xác định theo các quy định thiết kế mặt đường bê tông thường vì mục đích chủ yếu của việc bố trí lưới thép là để giữ cho các đường nứt luôn khép kín, không mở rộng.

2. Lưới thép và bố trí lưới thép

Có thể dùng lưới thép hàn hoặc cốt thép thanh liên kết buộc với nhau để cốt thép dài suốt tấm. Các mối buộc cốt thép dọc tối thiểu là 31 cm (12 in) nhưng không được nhỏ hơn 30 lần đường kính của dây thép hoặc cốt thép dọc. Các mối buộc liên kết cốt thép ngang tối thiểu là 15cm và không được nhỏ hơn 20 lần đường kính của dây thép hoặc cốt thép ngang.

Cốt thép theo hướng dọc và hướng ngang nên dùng một loại có đường kính giống nhau. Cự ly nhỏ nhất của ô lưới thép phải bằng 2 lần đường kính lớn nhất của cốt liệu. Đường kính nhỏ nhất và khoảng cách lớn nhất giữa các thanh cốt thép (tim - tim) có thể tham khảo ở bảng 7-8.

Bảng 7-8

Đường kính tối thiểu và cự ly tối đa giữa 2 thanh cốt thép

Loại cốt thép	Cốt thép trơn	Cốt thép có gờ
Đường kính nhỏ nhất (mm)	9	12
Cự ly lớn nhất theo hướng dọc (cm)	15	35
Cự ly lớn nhất theo hướng ngang (cm)	30	75

Để tránh tập trung ứng suất trong tấm nên dùng cốt thép có đường kính nhỏ vì nó có tác dụng phân tán ứng suất tốt hơn so với cốt thép đường kính lớn. Do cốt thép được bố trí để thu nhận ứng suất co rút là chủ yếu cho nên đặt cốt thép tại vị trí nào trong tấm cũng được nhưng phải bảo đảm đủ chiều dày lớp bảo hộ để cốt thép không bị gỉ. Thường bố trí cốt thép dưới mặt tấm trong phạm vi từ $\frac{1}{3} \div \frac{1}{3}$ chiều dày h. Tim của cốt thép ngoài cùng phải cách khe nối hoặc cạnh tự do từ 10 ÷ 15cm. Chiều dày lớp bảo hộ cốt thép không được nhỏ hơn 5cm.

3. Lượng thép yêu cầu

Khi thiết kế do giả định tấm bê tông là đồng nhất nên lực ma sát giữa tấm và lớp móng sẽ phân bố đều trên mặt bằng, vì vậy ứng suất kéo lớn nhất sẽ xuất hiện giữa hướng dọc hoặc hướng ngang của tấm và đường nứt thường xuất hiện ở giữa tấm. Lượng cốt thép trong tấm mặt đường bê tông lưới thép phải được tính đủ để thu nhận ứng suất kéo lớn nhất do lực ma sát đó sinh ra.

$$A = \frac{1,8L_s h}{f_s} \dots \quad (7-2)$$

trong đó:

A - diện tích cốt thép cần thiết cho 1m dài tấm (cm²);

L_s - khoảng cách giữa các khe ngang (m) khi tính lượng cốt thép theo hướng dọc, và khoảng cách giữa các khe dọc hoặc giữa khe dọc và cạnh tự do (m) khi tính lượng cốt thép theo hướng ngang;

h - chiều dày tấm (cm);

f_s - ứng suất chịu kéo cho phép của cốt thép, MPa.

Khi thiết kế theo phương pháp trạng thái giới hạn, cường độ của cốt thép là cường độ chảy dẻo f_{sy} - Lấy $f_s = 0,56 f_{sy}$, thay vào công thức (7-2) ta được:

$$A = \frac{1,8 L_s h}{0,56 f_{sy}} = \frac{3,2 L_s h}{f_{sy}}$$

Giới hạn chảy dẻo của một số loại cốt thép thường dùng có thể tham khảo ở bảng 7.9.

Bảng 7.9

Cường độ chảy dẻo của một số cốt thép

Ký hiệu ASTM	Loại và cấp cốt thép	Cường độ chảy dẻo (MPa)	f_s (MPa)
A615	Thép thanh có gờ, cấp 40	300	200
A616	Thép thanh có gờ, cấp 60	440	300
A185	Lưới dây thép hàn kéo nguội	480	320
A497	Dây thép có gờ hàn kéo nguội	520	350

4. Khe nối của mặt đường bê tông lưới thép

Phải căn cứ vào các điều kiện cụ thể, tiến hành luận chứng để xác định khoảng cách giữa các khe co theo hướng ngang của mặt đường. Thường lấy khoảng cách giữa các khe co ngang từ 10 ÷ 20m, lớn nhất không quá 23m và phải bố trí thanh truyền lực trong khe. Cấu tạo của khe dọc, khe dẫn và khe thi công cũng giống cấu tạo của các khe này trong mặt đường bê tông thường.

Do chiều dài của tấm bê tông lưới thép tăng lên nên số lượng các khe co ngang sẽ giảm so với mặt đường bê tông thường - Phải căn cứ vào giá thành của thép, số lượng cốt thép và giá thành của việc xây dựng và bảo dưỡng khe co để tiến hành tính toán xác định chiều dài tấm bê tông lưới thép hợp lý. Trên nguyên tắc, khi tổng giá thành của lưới thép và thanh truyền lực là nhỏ nhất thì khoảng cách giữa hai khe co ngang là kinh tế nhất. Có thể tính khoảng cách giữa hai khe co ngang L (chiều dài của tấm bê tông lưới thép) theo công thức:

$$L = 2,19 \sqrt[3]{h(5,6 p \cdot f_{sy})^2}$$

trong đó:

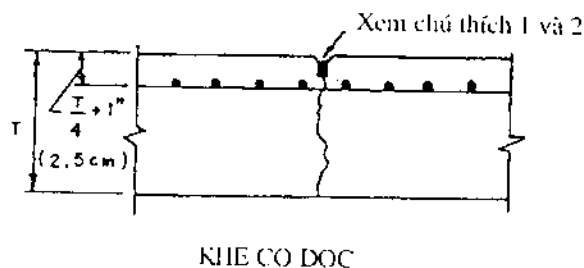
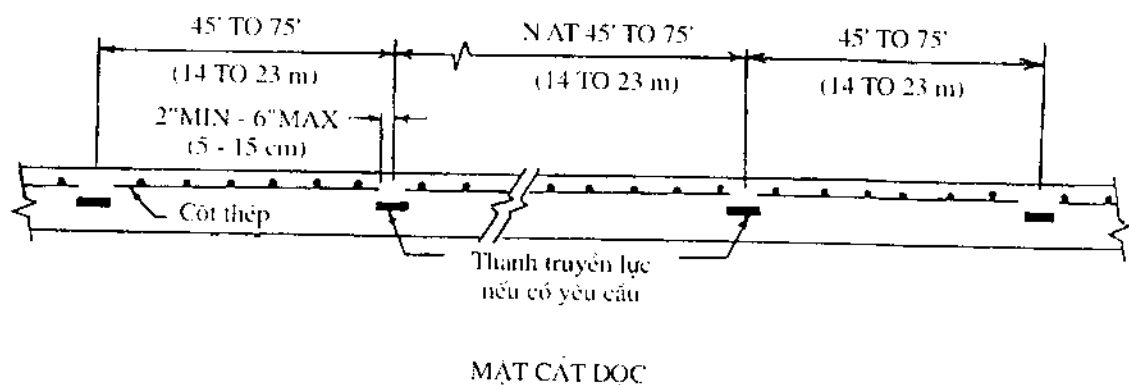
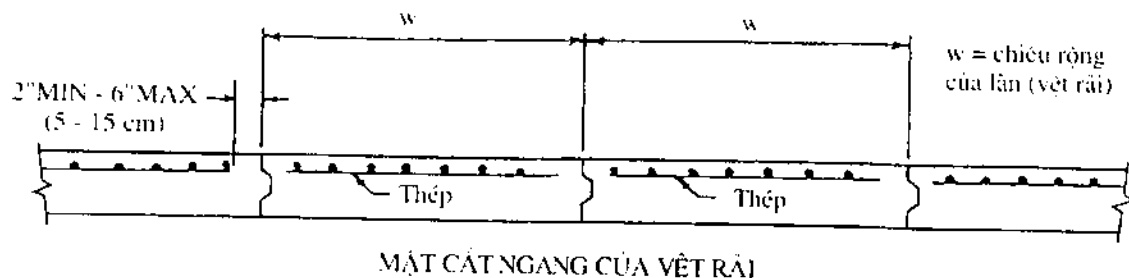
L - chiều dài tấm bê tông lưới thép, m;

h - chiều dày tấm bê tông lưới thép, cm;

p - tỷ lệ của diện tích cốt thép dọc trên diện tích mặt cắt ngang của tấm bê tông;

f_{sy} - ứng suất chảy dẻo của cốt thép, MPa.

Do chiều dài của tấm bê tông lưới thép dài hơn so với chiều dài của tấm bê tông thường cho nên chiều rộng co lại của tấm bê tông lưới thép cũng lớn hơn so với tấm bê tông thường. Vì vậy phải bố trí thanh truyền lực cho tất cả các khe co ngang của mặt đường bê tông lưới thép để tăng năng lực truyền tải trọng của tấm. Hình 7-13 giới thiệu các loại khe nối ngang và khe nối dọc của mặt đường bê tông lưới thép.



Hình 7-13. Các loại khe của mặt đường bê tông lưới thép

Chú thích:

1. Chi tiết khe, rãnh xem hình 3-30 và 3-31 tài liệu [3]
2. Chi tiết khe nối tương tự các hình 3-30 và 3-31, trừ cốt thép
3. Sử dụng khe này khi chiều dày tấm $\leq 25\text{cm}$ và tấm dài trên 4m.

CHƯƠNG VIII

XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG LẮP GHÉP

8.1. KHÁI NIỆM VÀ CẤU TẠO CỦA MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG LẮP GHÉP

Mặt đường bê tông lắp ghép là loại mặt đường do các tấm bê tông hoặc bê tông cốt thép đó được chế tạo sẵn để lắp ghép thành đường.

So với mặt đường bê tông đổ tại chỗ, mặt đường bê tông lắp ghép có những ưu điểm sau:

1. Các tấm bê tông được chế tạo sẵn ở xí nghiệp (hoặc ở các bãi đúc cấu kiện) nên có điều kiện bảo đảm chất lượng tốt, có thể cơ giới hoá toàn bộ quá trình sản xuất, do đó nâng cao được năng suất lao động, hạ giá thành, có thể sản xuất chế tạo hàng loạt theo quy cách thống nhất, do đó tận dụng được công suất của máy móc thiết bị;

2. Công tác xây dựng mặt đường bê tông lắp ghép tại hiện trường được đơn giản hơn, chỉ gồm có việc làm lớp móng, lắp ghép các tấm bê tông và làm khe nối, do đó giảm được nhiều khối lượng công tác phải trực tiếp làm trên đường;

3. Điều kiện thời tiết ít ảnh hưởng đến công tác xây dựng mặt đường bê tông lắp ghép - Cụ lý vận chuyển và thời gian bảo quản các tấm bê tông đúc sẵn không bị hạn chế vì lý do thi công;

4. Có thể thông xe ngay sau khi đặt xong các tấm bê tông;

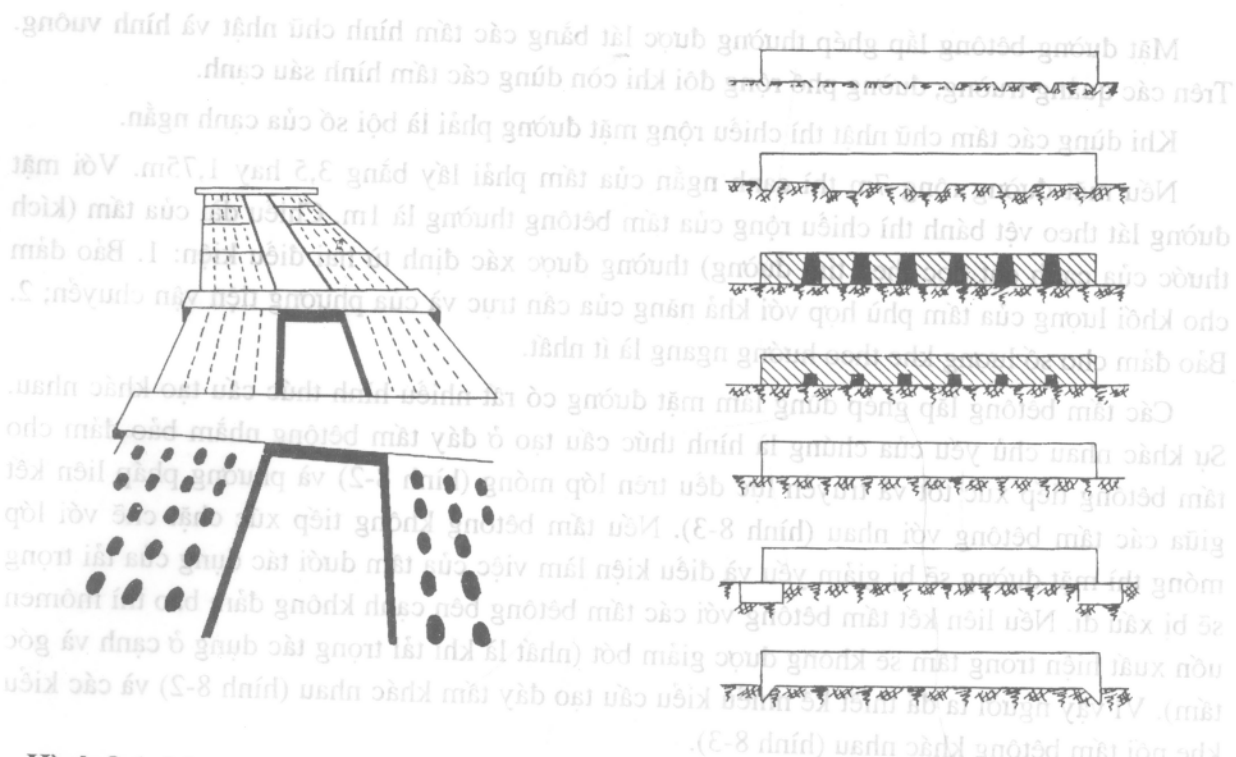
5. Khi cần thiết có thể tháo gỡ dễ dàng.

Bên cạnh những ưu điểm trên đây, mặt đường bê tông lắp ghép vẫn còn những nhược điểm sau:

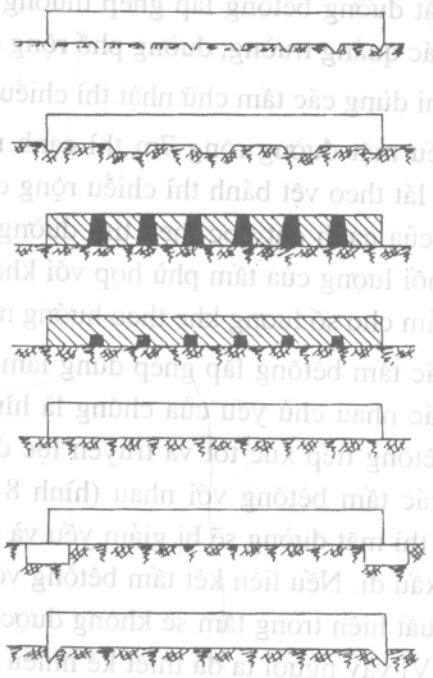
1. Số lượng khe nối nhiều, do đó làm giảm tốc độ thi công. Mặt đường khó bằng phẳng nên tốc độ của xe chạy trên đường bị hạn chế. Vấn đề liên kết giữa các tấm bê tông hiện nay vẫn chưa được giải quyết tốt;

2. Sự tiếp xúc giữa lớp móng và tấm bê tông thường không được tốt. Hiện nay vẫn còn thiếu thiết bị đồng bộ để đặt các tấm bê tông, nên năng suất đặt tấm còn thấp, nhất là với các tấm nhỏ.

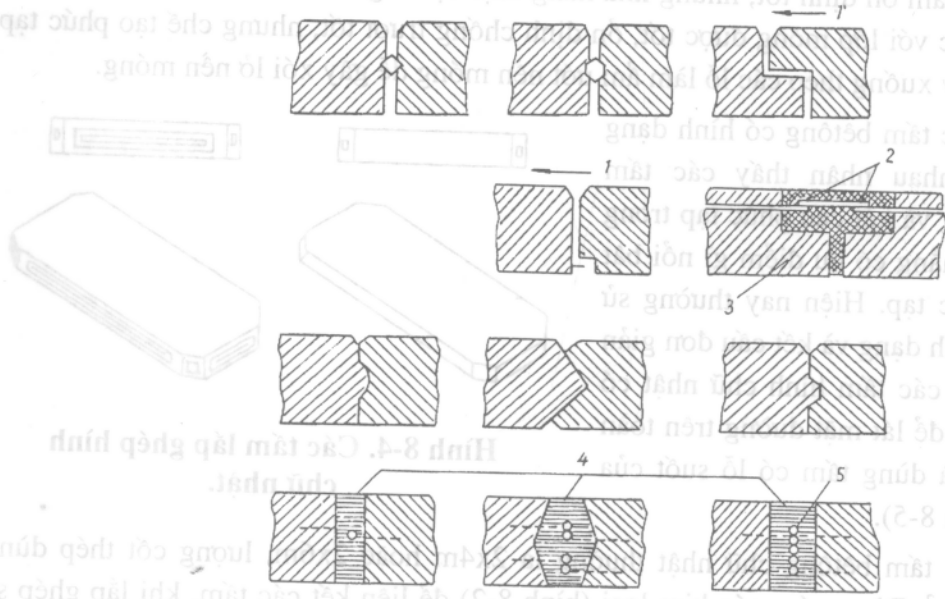
3. Số lượng cốt thép dùng nhiều, nhất là với các tấm bê tông loại lớn. So với mặt đường bê tông đổ tại chỗ giá thành cao. Mặt đường bê tông lắp ghép sử dụng thích hợp để làm đường nội bộ trong các công trình, xí nghiệp, nhà máy bởi vì thời gian xây dựng nhanh chóng. Khi mở rộng các đường cũ, khi xây dựng các đường hẹp, nếu dùng mặt đường lắp ghép thì vẫn bảo đảm thông xe trong quá trình thi công. Tuy nhiên về độ bằng phẳng kém nên ít được dùng để làm các đường trục. Đối với các đường tạm, mật độ giao thông nhỏ thì có thể lát các tấm bê tông theo vệt bánh (hình 8-1).



Hình 8-1. Mặt đường bê tông lắp ghép lát theo vết bánh.



Hình 8-2. Các hình thức tiếp xúc giữa tấm bê tông với lớp móng.



Hình 8-3. Các kiểu khe nối tấm bê tông của mặt đường bê tông lắp ghép.

1. Hướng xe chạy; 2. Liên kết bằng cốt thép hàn (khe hở chèn bằng bê tông nhựa nguội);
3. Vữa liên kết cứng; 4. Các móc bằng kim loại.

Mặt đường bê tông lắp ghép thường được lát bằng các tấm hình chữ nhật và hình vuông. Trên các quảng trường, đường phố rộng đôi khi còn dùng các tấm hình sáu cạnh.

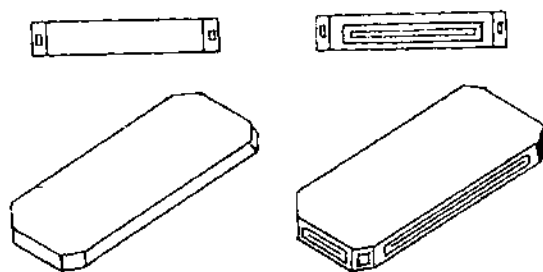
Khi dùng các tấm chữ nhật thì chiều rộng mặt đường phải là bội số của cạnh ngắn.

Nếu mặt đường rộng 7m thì cạnh ngắn của tấm phải lấy bằng 3,5 hay 1,75m. Với mặt đường lát theo vệt bánh thì chiều rộng của tấm bê tông thường là 1m. Chiều dài của tấm (kích thước của cạnh đặt dọc theo tim đường) thường được xác định từ hai điều kiện: 1. Bảo đảm cho khối lượng của tấm phù hợp với khả năng của cần trục và của phương tiện vận chuyển; 2. Bảo đảm cho số lượng khe theo hướng ngang là ít nhất.

Các tấm bê tông lắp ghép dùng làm mặt đường có rất nhiều hình thức cấu tạo khác nhau. Sự khác nhau chủ yếu của chúng là hình thức cấu tạo ở đáy tấm bê tông nhằm bảo đảm cho tấm bê tông tiếp xúc tốt và truyền lực đều trên lớp móng (hình 8-2) và phương pháp liên kết giữa các tấm bê tông với nhau (hình 8-3). Nếu tấm bê tông không tiếp xúc chặt chẽ với lớp móng thì mặt đường sẽ bị giảm yếu và điều kiện làm việc của tấm dưới tác dụng của tải trọng sẽ bị xấu đi. Nếu liên kết tấm bê tông với các tấm bê tông bên cạnh không đảm bảo thì mômen uốn xuất hiện trong tấm sẽ không được giảm bớt (nhất là khi tải trọng tác dụng ở cạnh và góc tấm). Vì vậy người ta đã thiết kế nhiều kiểu cấu tạo đáy tấm khác nhau (hình 8-2) và các kiểu khe nối tấm bê tông khác nhau (hình 8-3).

Các tấm bê tông có đáy lồi lõm sẽ chống trượt ngang tốt hơn các tấm có đáy phẳng. Các tấm có gờ đỡ ở góc và mép tấm thì bản thân góc và mép tấm được tăng cường nhưng ở giữa lại tương đối yếu. Tấm bê tông có gờ chung quanh thì khả năng chịu lực ở chu vi của tấm sẽ được tăng lên, bảo đảm ổn định tốt, nhưng khả năng chịu lực ở giữa kém hơn. Tấm bê tông có lỗ suốt, việc tiếp xúc với lớp móng được tốt, ổn định chống trượt tốt, nhưng chế tạo phức tạp, lại bị nước mưa chảy xuống theo các lỗ làm ẩm ướt nền móng dễ gây xói lở nền móng.

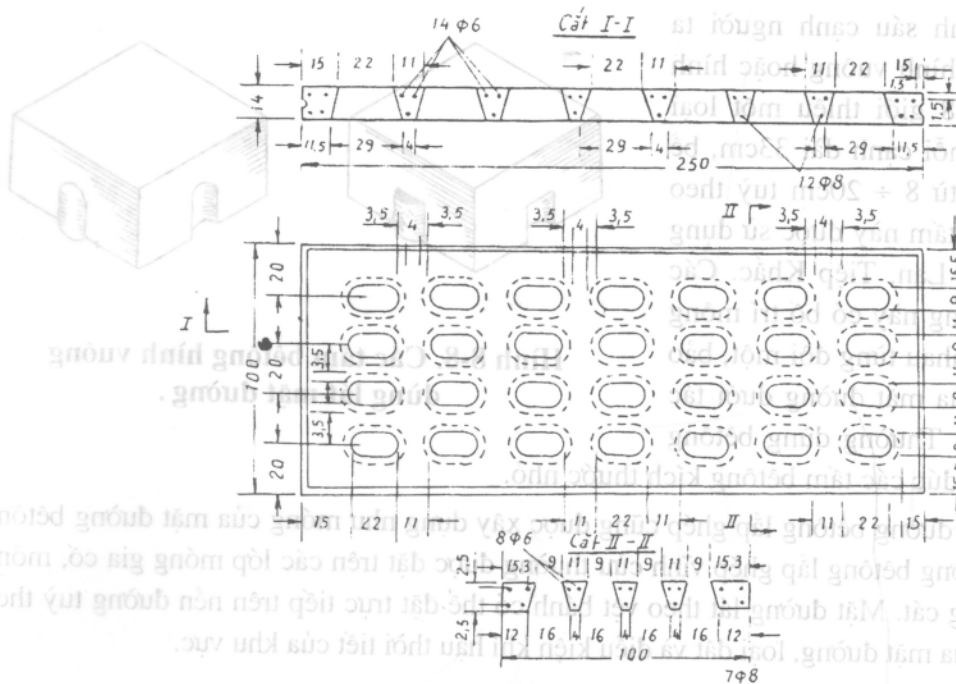
Qua so sánh các tấm bê tông có hình dạng và kết cấu khác nhau nhận thấy các tấm bê tông có hình dạng và kết cấu phức tạp trong nhiều trường hợp chẳng có ưu điểm gì nổi bật mà chế tạo lại phức tạp. Hiện nay thường sử dụng các tấm có hình dạng và kết cấu đơn giản nhất. Thường dùng các tấm hình chữ nhật có đáy trơn (hình 8-4) để lát mặt đường trên toàn bộ phận xe chạy và dùng tấm có lỗ suốt của A.V. Iakôplep (hình 8-5).



Hình 8-4. Các tấm lắp ghép hình chữ nhật.

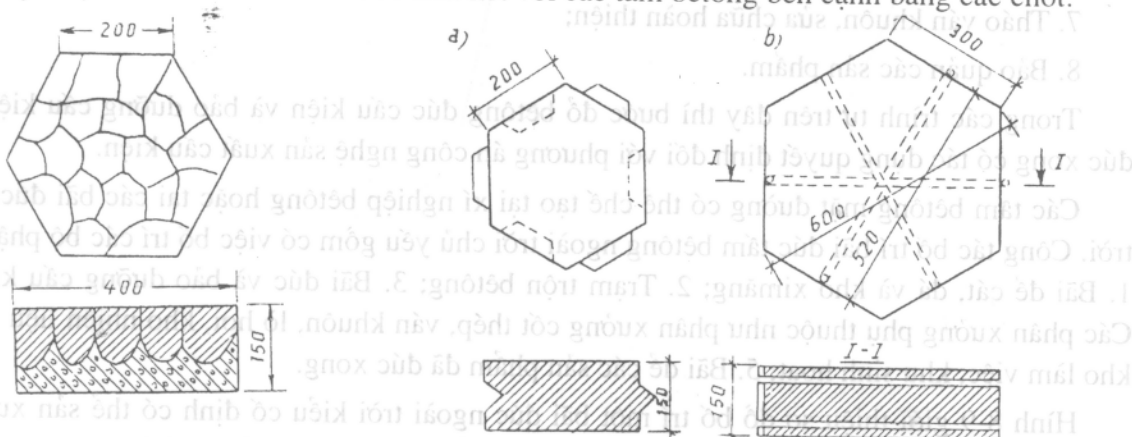
Kích thước các tấm bê tông chữ nhật thường là 2x4m hoặc 2x6m, lượng cốt thép dùng khoảng $9 + 12 \text{ kg/m}^2$. Dùng các móc kim loại (hình 8-2) để liên kết các tấm, khi lắp ghép sẽ hàn các móc này lại với nhau và đổ bê tông vào khe hở giữa các tấm. Ngoài ra người ta cũng dùng liên kết kiểu ngầm, nhưng việc lắp ghép chúng rất phức tạp.

Các tấm bê tông kích thước nhỏ thường dùng để lát quảng trường, chỗ đỗ xe, sân bãi, hoặc xây dựng mặt đường ở những đoạn nền đường có khả năng lún không đều.



Hình 8-5. Tấm bê tông có lỗ suốt (kích thước hình vẽ ghi bằng (cm), kích thước cốt thép bằng (mm)).

Về cấu tạo, các tấm bê tông kích thước nhỏ thường có dạng hình sáu cạnh, hình vuông hoặc hình chữ nhật, trong đó tấm hình sáu cạnh (hình 8-6) được sử dụng phổ biến nhất. Từ đầu thế kỷ 20, ở Ba Lan, Liên Xô cũ đã xây dựng mặt đường lát bằng các tấm bê tông lắp ghép theo kết cấu của kỹ sư Trilinski. Các tấm bê tông này hình sáu cạnh, mỗi cạnh 20cm, dày 15cm, nặng $35 \div 37\text{kg}$, trên mặt có gắn đá cứng để chống mòn (hình 8-6). Sau đó, năm 1948, giáo sư Kirienkô đã thiết kế một loại tấm mới cũng hình sáu cạnh, nhưng có liên kết ngầm, để bảo đảm truyền tải trọng từ tấm này sang tấm kia (hình 8-7a). Kirienkô còn nghiên cứu một loại tấm hình sáu cạnh, có bố trí các thanh cốt thép xuyên tâm (hình 8-7b). Đầu các thanh cốt thép này được uốn thành móc tròn để liên kết với các tấm bê tông bên cạnh bằng các chốt.

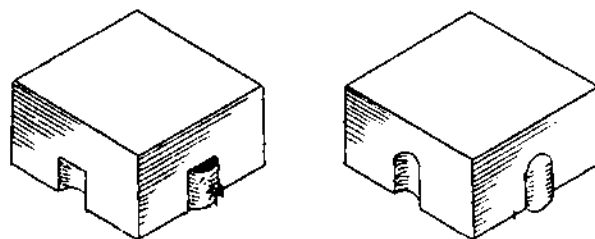


Hình 8-6. Tấm bê tông mặt đường hình sáu cạnh của Trilinski.

Hình 8-7. Các tấm bê tông sáu cạnh của Kirienkô.

a. Tấm có liên kết gờ; b. Tấm có bố trí cốt thép xuyên tâm.

Ngoài tấm hình sáu cạnh người ta còn dùng các tấm hình vuông hoặc hình chữ nhật. Hình 8-8 giới thiệu một loại tấm hình vuông, mỗi cạnh dài 33cm, bề dày tấm thay đổi từ 8 ÷ 20cm tùy theo loại tải trọng. Các tấm này được sử dụng khá rộng rãi ở Ba Lan, Tiệp Khắc. Các cạnh của tấm bê tông này có bố trí mộng và lỗ để ghép với nhau từng đôi một, bảo đảm sự ổn định của mặt đường dưới tác dụng của xe chạy. Thường dùng bê tông mác 300 ÷ 400 để đúc các tấm bê tông kích thước nhỏ.



Hình 8-8. Các tấm bê tông hình vuông dùng lát mặt đường .

Móng của mặt đường bê tông lắp ghép cũng được xây dựng như móng của mặt đường bê tông đổ tại chỗ. Mặt đường bê tông lắp ghép vĩnh cửu thường được đặt trên các lớp móng gia cố, móng đá dăm, hoặc móng cát. Mặt đường lát theo vệt bánh có thể đặt trực tiếp trên nền đường tùy theo thời hạn sử dụng của mặt đường, loại đất và điều kiện khí hậu thời tiết của khu vực.

8.2. CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT CÁC TẤM BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN

Quá trình công nghệ chủ yếu để sản xuất các cấu kiện bê tông đúc sẵn bao gồm các trình tự sau:

1. Tiếp nhận, bảo quản và vận chuyển nguyên vật liệu;
2. Chế tạo ván khuôn;
3. Gia công cốt thép;
4. Trộn và vận chuyển hỗn hợp bê tông;
5. Đổ bê tông đúc cấu kiện;
6. Bảo dưỡng các cấu kiện mới đúc xong;
7. Tháo ván khuôn, sửa chữa hoàn thiện;
8. Bảo quản các sản phẩm.

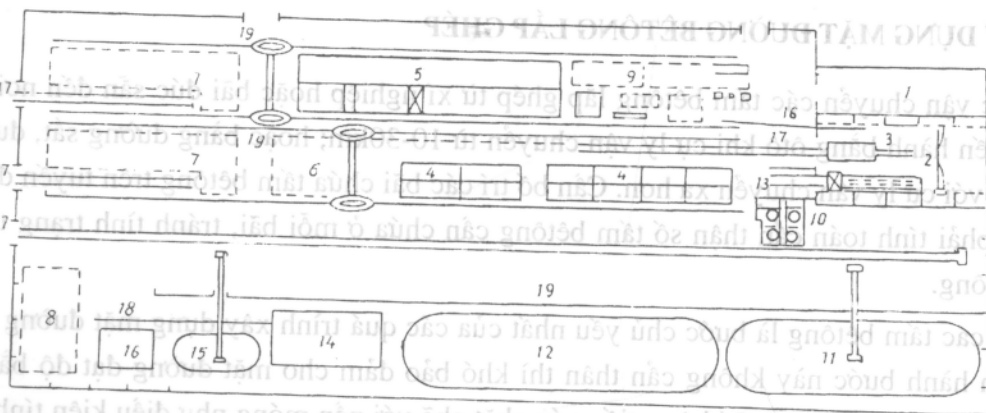
Trong các trình tự trên đây thì bước đổ bê tông đúc cấu kiện và bảo dưỡng cấu kiện mới đúc xong có tác dụng quyết định đối với phương án công nghệ sản xuất cấu kiện.

Các tấm bê tông mặt đường có thể chế tạo tại xí nghiệp bê tông hoặc tại các bãi đúc ngoài trời. Công tác bố trí bãi đúc tấm bê tông ngoài trời chủ yếu gồm có việc bố trí các bộ phận sau:

1. Bãi để cát, đá và kho xi măng; 2. Trạm trộn bê tông; 3. Bãi đúc và bảo dưỡng cấu kiện; 4. Các phân xưởng phụ thuộc như phân xưởng cốt thép, ván khuôn, lò hơi, kho nhiên liệu và các kho làm việc, khu sinh hoạt; 5. Bãi để các sản phẩm đã đúc xong.

Hình 8-9 giới thiệu sơ đồ bố trí một bãi đúc ngoài trời kiểu cố định có thể sản xuất các loại cấu kiện đúc sẵn, sản lượng hàng năm 10.000m³ nếu mỗi ngày sản xuất 2 ca.

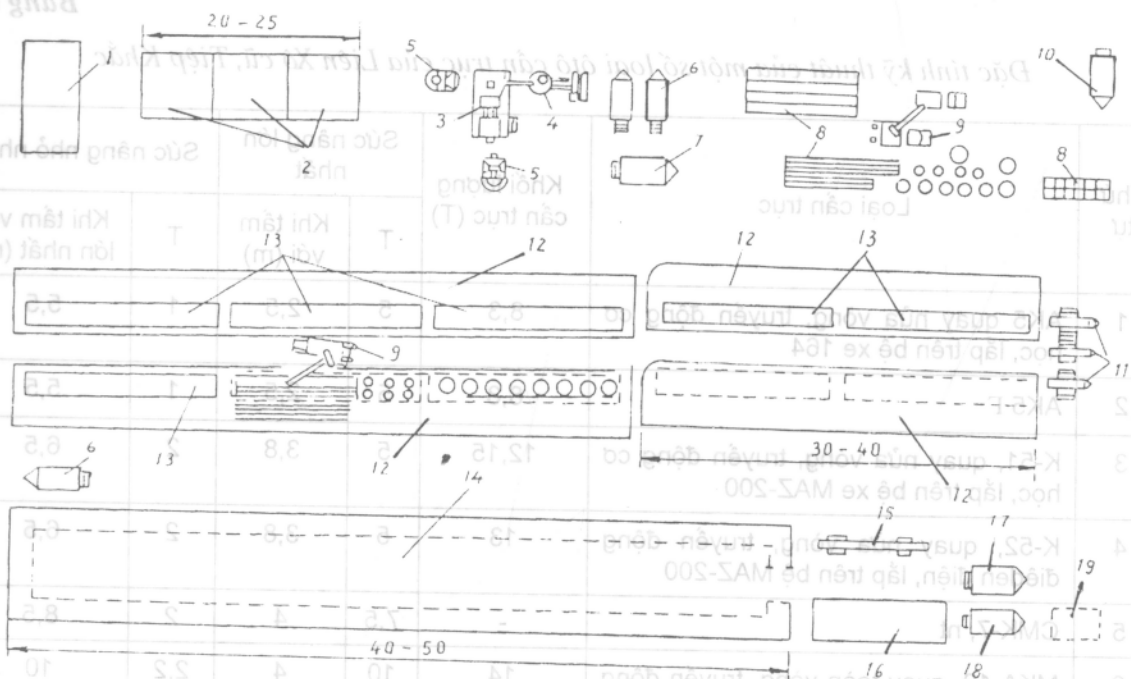
Hình 8-10 là sơ đồ mặt bằng của một bãi đúc ngoài trời kiểu di động với công suất nhỏ hơn 10.000 m³ sản phẩm trong một năm.



Hình 8-9. Bãi cấu kiện bê tông đúc sẵn ở ngoài trời kiểu cố định.

1. Các phòng làm việc và sinh hoạt; 2. Phân xưởng đổ bê tông; 3. Phân xưởng cốt thép; 4. Buồng bảo dưỡng bằng hơi nước nóng; 5. Bệ đúc cấu kiện dự ứng lực; 6. Bãi đổ bê tông ngoài trời; 7. Kho thành phẩm; 8. Kho ván khuôn; 9. Bãi cốt thép; 10. Kho xi măng; 11. Đồng cát; 12. Đồng đá dăm; 13. Phân xưởng trộn; 14. Buồng nôi hơi; 15. Đồng than; 16. Đồng xỉ lò; 17. Đường sắt; 18. Đường goòng; 19. Đường sắt cho cần trục.

Bảng 8-1



Hình 8-10. Mặt bằng tổng thể của bãi cấu kiện ngoài trời kiểu di động.

1. Kho nhiên liệu; 2. Bãi cát đá; 3. Trạm trộn bê tông; 4. Kho xi măng; 5. Máy bốc dỡ vật liệu tự hành; 6. Trạm phát điện di động; 7. Phòng thí nghiệm di động; 8. Kho thành phẩm; 9. Cần trục ô tô; 10. Phòng làm việc di động; 11. Nồi hơi di động; 12. Bãi đúc cấu kiện; 13. Buồng bảo dưỡng bằng hơi nước kiểu chụp dáy; 14. Bãi cốt thép; 15. Bệ lắp các khung cốt thép; 16. Kho kim loại; 17. Kho vật liệu di động; 18. Xưởng sửa chữa cơ khí di động; 19. Phân xưởng rèn.

8.3. XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG LẮP GHÉP

Việc vận chuyển các tấm bê tông lắp ghép từ xí nghiệp hoặc bãi đúc sẵn đến nơi thi công có thể tiến hành bằng ô tô khi cự ly vận chuyển từ 10-30km; hoặc bằng đường sắt, đường thủy liên vận với cự ly vận chuyển xa hơn. Cần bố trí các bãi chứa tấm bê tông trên tuyến đường cho hợp lý, phải tính toán cẩn thận số tấm bê tông cần chứa ở mỗi bãi, tránh tình trạng thừa thiếu khi thi công.

Đặt các tấm bê tông là bước chủ yếu nhất của các quá trình xây dựng mặt đường lắp ghép. Nếu tiến hành bước này không cẩn thận thì khó bảo đảm cho mặt đường đạt độ bằng phẳng cần thiết, các tấm bê tông sẽ không tiếp xúc chặt chẽ với nền móng như điều kiện tính toán của tấm trên nền đàn hồi, do đó làm giảm cường độ của mặt đường. Theo thống kê thì đại bộ phận các đoạn mặt đường bê tông lắp ghép bị hư hỏng thường là do khâu đặt các tấm bê tông tiến hành không tốt.

Nếu dùng các tấm nhỏ thì quá trình lắp ghép được tiến hành bằng thủ công kết hợp với các công cụ cải tiến, tương tự như thi công mặt đường lát đá. Khi dùng các tấm lớn thì thường đặt tấm bằng ô tô cần trục. Tùy theo khối lượng của tấm mà chọn ô tô cần trục cho thích hợp.

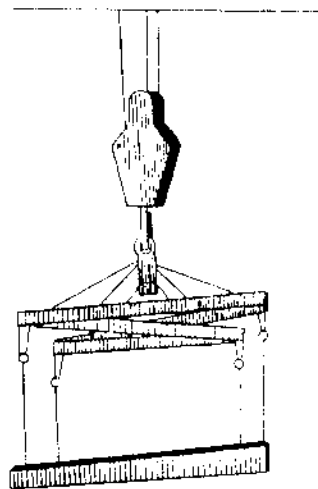
Bảng 8-1

Đặc tính kỹ thuật của một số loại ô tô cần trục của Liên Xô cũ, Tiệp Khắc

Thứ tự	Loại cần trục	Khối lượng cần trục (T)	Sức nâng lớn nhất		Sức nâng nhỏ nhất	
			T	Khi tằm với (m)	T	Khi tằm với lớn nhất (m)
1	AK5 quay nửa vòng, truyền động cơ học, lắp trên bệ xe 164	8,3	5	2,5	1	5,5
2	AK5 Γ	8,3	5	2,5	1	5,5
3	K-51, quay nửa vòng, truyền động cơ học, lắp trên bệ xe MAZ-200	12,15	5	3,8	2	6,5
4	K-52, quay nửa vòng, truyền động điêzen điện, lắp trên bệ MAZ-200	13	5	3,8	2	6,5
5	CMK-7, nt	-	7,5	4	2	8,5
6	MKA-10, quay toàn vòng, truyền động thủy lực, lắp trên bệ MAZ-200	14	10	4	2,2	10
7	K-104, quay toàn vòng, truyền động điêzen điện, lắp trên bệ KPAZ-219	22,8	10	4	2,2	10
8	K-162, quay toàn vòng, truyền động điêzen điện, lắp trên bệ xe KPAZ-219	20,8	15	4	3,25	10
9	Cần trục A-16, Tiệp Khắc, truyền động thủy lực, lắp trên bệ xe Tatra 138PN	-	6	3,0	2,5	8,5

Việc chọn cần trục được tiến hành theo sức nâng và tầm với của chúng. Sức nâng của cần trục phải tương ứng với khối lượng của mỗi tấm cộng thêm $20 \div 40\%$ khối lượng để khắc phục lực ma sát giữa tấm với ván khuôn, giữa tấm với đất. Cần chú ý là sức nâng của cần trục ghi trong lý lịch máy là ứng với tầm với nhỏ nhất. Nếu tăng tầm với lên thì sức nâng của nó sẽ giảm từ 2-5 lần. Không nên tiến hành đặt tấm khi sử dụng tấm với cần trục nhỏ nhất vì như vậy máy phải di chuyển nhiều lần khi đặt tấm, giảm năng suất xuống nhiều. Khi đặt các tấm loại lớn nên dùng các cần trục có tầm với ít nhất là $7 \div 10\text{m}$. Vì vậy khi chọn cần trục cần phải kiểm tra sức nâng của chúng ứng với tầm với lớn nhất (xem bảng 8-1).

Các loại ô-tô cần trục thường không có thiết bị để giữ cho tấm bê-tông nằm ngang trước khi hạ, vì vậy cần phải bố trí thêm một giằng chéo có móc hoặc có dây treo như hình 8-11. Khi hạ cần phải bố trí từ 2 ÷ 4 công nhân để giữ cho tấm khỏi bị lắc lư. Quá trình đặt tấm bê-tông xuống độ cao cách móng 20cm, giữ cho tấm bê-tông đúng vị trí cần đặt và song song với móng, rồi mới đặt tấm bê-tông xuống móng đường. Sau đó lại nâng tấm bê-tông lên và quan sát mặt tiếp xúc giữa móng và đáy tấm bê-tông để kiểm tra xem đáy tấm có tiếp xúc chặt chẽ với lớp móng không. Nếu mặt tiếp xúc chưa tốt thì phải sửa chữa những chỗ lỗi lôm của lớp móng. Khi chữa lại lớp móng, cần đưa tấm bê-tông sang bên cạnh để đảm bảo an toàn và dễ thao tác. Sửa chữa lớp móng xong lại hạ tấm xuống và nâng tấm lên để kiểm tra lần nữa.

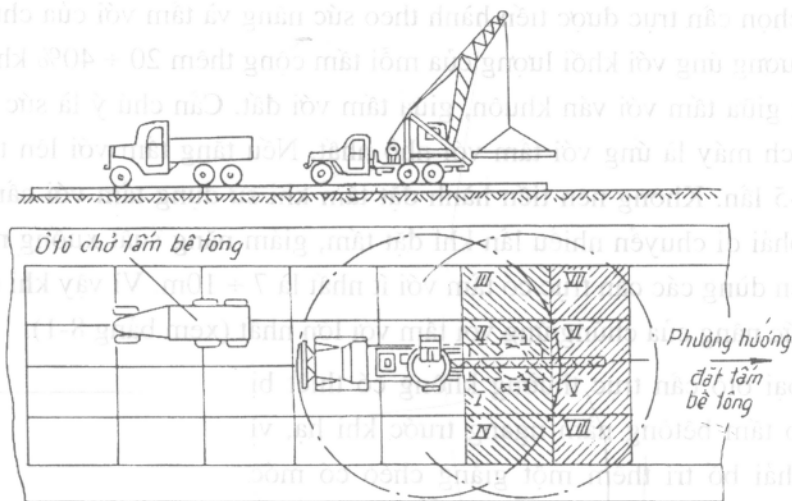


Hình 8-11. Giằng chéo bảo đảm thăng bằng khi đặt tấm.

Trong quá trình đặt tấm bê-tông, ô-tô cần trục thường đỗ trên phần mặt đường vừa đặt xong. Cần trục cẩu các tấm bê-tông từ ô-tô vận chuyển hoặc từ các tấm đã được xếp sẵn ở lề đường, rồi đặt lên trên lớp móng ngay trước vị trí để cần trục. Sơ đồ đặt các tấm bê-tông bằng ô-tô cần trục theo phương pháp tiến dần theo hướng thi công được giới thiệu ở hình 8-12.

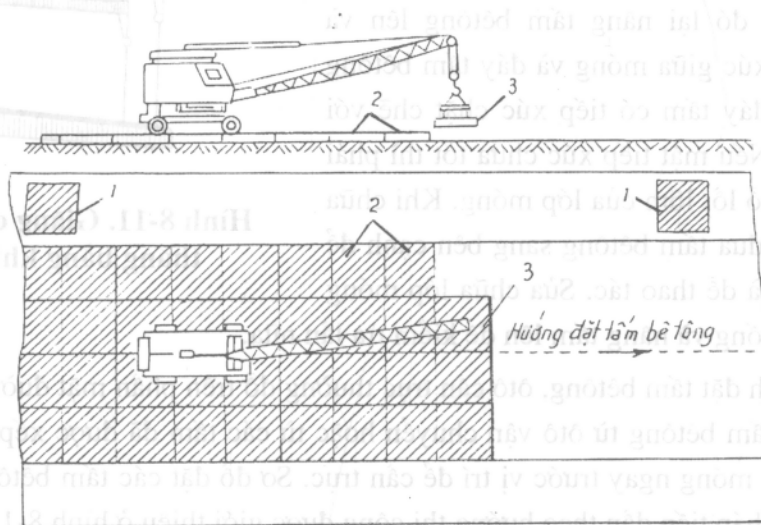
Đầu tiên đặt các tấm ở tim đường, rồi đặt các tấm ở mép đường. Sau khi xong các tấm trên toàn bộ một hàng ngang thì di chuyển cần trục lên phía trước và đổ vào phần mặt đường vừa được đặt tấm xong và kiểm tra sơ bộ chất lượng đặt tấm. Việc đặt tấm bảo đảm được chất lượng khi tấm không bị vênh và không bị lún dưới tác dụng của cần trục.

Hình 8-13 trình bày sơ đồ đặt tấm bê-tông được cẩu từ các chồng tấm đặt sẵn ở lề đường. Việc cẩu được thực hiện bằng trục tự hành có sức nâng lớn và có cần trục nối dài, do đó có thể đặt 3 hàng tấm mới phải di chuyển cần trục. Việc đặt các tấm bê-tông trên đường cong phức tạp hơn nhiều so với khi đặt trên đường thẳng, bởi vì các tấm chữ nhật hoặc sáu cạnh (nhất là các tấm có kích thước lớn) thường rất khó đặt vào các đoạn cong.



Hình 8-12. Sơ đồ đặt các tấm bê tông mặt đường bằng ô tô cần trục theo phương pháp tiến dần.

(các số La Mã I, II... VIII biểu thị trình tự đặt tấm).



Hình 8-13. Sơ đồ đặt các tấm bê tông được cẩu từ các chồng tấm đặt sẵn tại lề đường bằng cần trục tự hành có cần cẩu nối dài.

1. Các chồng tấm bê tông ở lề đường; 2. Các tấm bê tông đã đặt xong; 3. Tấm bê tông đang đặt.

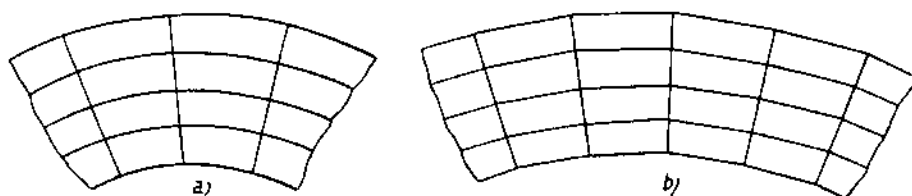
Một số biện pháp xây dựng mặt đường lắp ghép trên các đoạn cong:

1. Chế tạo các tấm đặc biệt có hình dạng và kích thước phù hợp với mặt đường trên các đoạn cong;

2. Dùng các tấm chữ nhật (hoặc sáu cạnh) tiêu chuẩn và làm thay đổi chiều rộng các khe nối ngang để bảo đảm độ cong của mặt đường;

3. Dùng các tấm tiêu chuẩn để lát mặt đường có mép gãy góc. Lát theo kiểu này thì chiều rộng mặt đường thường tăng lên, nhưng chiều rộng ở các góc lõm của mép đường vẫn bằng chiều rộng thiết kế.

Chất lượng mặt đường bê tông lắp ghép sẽ đảm bảo nhất nếu chế tạo các tấm có hình dạng đặc biệt, được thay đổi theo bán kính đường cong. Với các đường cong có bán kính nhỏ thì chế tạo các tấm có hai cạnh cong, với các đường cong có bán kính lớn thì chế tạo các tấm hình thang (hình 8-14).



Hình 8-14. Sơ đồ đặt các tấm bê tông lắp ghép trên đường cong.

a. Đặt các tấm có hai cạnh cong; b. Đặt bằng các tấm hình thang.

Trên các đường cong có bán kính nhỏ, có thể dùng các tấm chữ nhật (hoặc sáu cạnh) tiêu chuẩn để lát mặt đường và thay đổi chiều rộng các khe nối ngang nhằm bảo đảm hình dạng của mặt đường trong đường cong (hình 8-15). Khe nối ngang ở mép trong của mặt đường có chiều rộng nhỏ nhất (1 - 2mm) còn ở mép ngoài thì có chiều rộng lớn nhất.

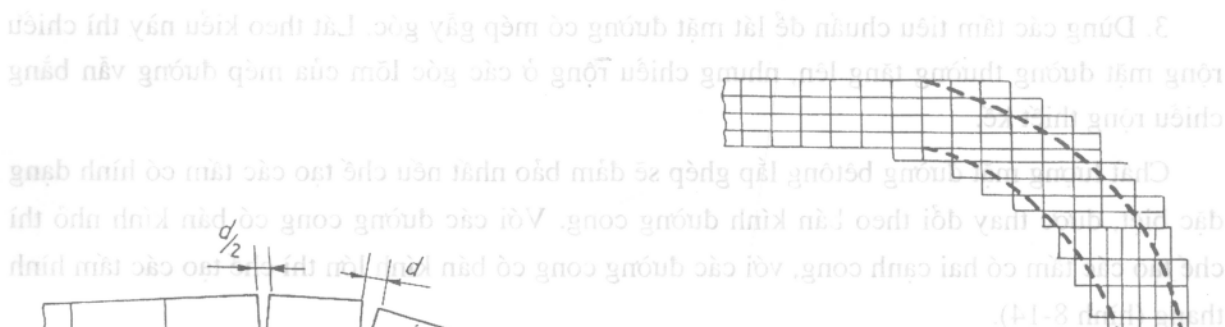
Trong thực tế, có thể xác định trị số độ mở rộng của khe ngang d theo công thức sau:

$$d = \frac{bl}{R - \frac{b}{2}},$$

trong đó: b - Chiều rộng mặt đường (m); l - Chiều dài tấm bê tông (m); R - Bán kính cong (m).

Trên các đường cong có bán kính nhỏ và góc ngoặt bằng 90° thì có thể đặt các tấm bê tông lắp ghép theo sơ đồ ở hình 8-16. Ưu điểm của sơ đồ này là có thể dùng các tấm bê tông tiêu chuẩn thông thường, nhược điểm là phải tốn thêm một số tấm lát thừa ra lề đường. Khi góc ngoặt nhỏ hơn 90° thì phải đặt 1 ÷ 2 hàng ở giữa đường cong bằng các tấm đặc biệt, hoặc phần mặt đường này được đổ bê tông tại chỗ.

Sau khi thông xe khoảng 15 ÷ 20 ngày, lúc đó các tấm bê tông đã bị lún dưới tác dụng của xe chạy thì dùng thước dài 3m kiểm tra độ bằng phẳng của mặt đường. Khe hở giữa thước kiểm tra và mặt tấm bê tông không được quá 5mm, mép các tấm bê tông gần nhau không được chênh lệch quá 3mm.



Sau khi đặt tấm và kiểm tra độ bằng phẳng của mặt đường xong thì tiến hành công tác làm khe. Với các khe kiểu ngàm thì chèn matit vào khe. Với các khe nổi khác thì phải hàn cốt thép nối các tấm bê tông lại với nhau hoặc dùng cọc để chêm vào, sau đó có thể chèn hỗn hợp đá dăm đem rải nguội hoặc chèn vữa bê tông đông cứng nhanh và đầm chặt. Khi dùng vữa bê tông thì phải ngừng thông xe một thời gian ngắn và phải có chế độ bảo dưỡng khe giống như với mặt đường đổ bê tông tại chỗ.

CHƯƠNG IX

MẶT (MÓNG) ĐƯỜNG BẰNG HỖN HỢP ĐÁ DĂM (SỎI SẠN) GIA CỐ XIMĂNG

9.1. KHÁI NIỆM

Trong mấy thập kỷ gần đây kết cấu mặt đường làm bằng hỗn hợp đá dăm (sỏi sạn) gia cố xi măng được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới. Do có hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao cho nên loại vật liệu này đang trở thành một trong những vật liệu chủ yếu để làm lớp móng trong các kết cấu mặt đường cấp cao và làm lớp mặt (trên có láng nhựa) trong các kết cấu mặt đường địa phương ở nhiều nước.

Ở Pháp và nhiều nước Tây Âu khác, loại vật liệu đá gia cố xi măng và các chất liên kết vô cơ khác (xi lò cao, vôi pudolan, vôi-tro bay v.v...) được xem là loại vật liệu chủ yếu để làm lớp móng trên dưới lớp mặt bê tông nhựa trong các kết cấu mặt đường ô tô.

Theo kỹ thuật của Pháp, người ta gia cố một cấp phối đá dăm (sỏi sạn) có tính chất cơ lý tốt với thành phần hạt liên tục, kích cỡ 0/20mm bằng xi măng (hoặc các chất liên kết vô cơ khác) nhằm bảo đảm các yêu cầu sau: a) có thời gian ngưng kết đủ dài để thi công; b) có đủ cường độ để có thể thông xe ngay sau khi thi công (dùng cốt liệu có cấp phối tốt nhất); c) có đủ độ cứng và cường độ phá hoại do mỏi cao. Ở Pháp loại cấp phối đá dăm gia cố xi măng còn được dùng để tăng cường mặt đường cũ ngay trên những tuyến đường vừa thi công vừa bảo đảm giao thông.

Ở Mỹ, kỹ thuật làm lớp móng bằng vật liệu đá gia cố xi măng (gọi là cement treated base, viết tắt là C.T.B) được sử dụng khá phổ biến, trong đó C.T.B được chia thành hai cấp: cấp A với tỷ lệ xi măng từ 3,5 ÷ 6%, cấp B với tỷ lệ xi măng từ 2,5 ÷ 4,9% so với khối lượng đá.

Ở Liên Xô cũ cũng đã dùng vật liệu đá gia cố xi măng để làm lớp móng của kết cấu mặt đường trên một số đường trục và đường thành phố. Theo quy phạm thiết kế mặt đường mềm BCH 46-72 của Liên Xô cũ, vật liệu đá gia cố xi măng được xem là một loại vật liệu chính để làm lớp móng dưới mặt đường cấp cao.

Kinh nghiệm xây dựng và khai thác loại móng đường này ở nước ngoài cho thấy dùng chúng để làm lớp móng (có lớp bê tông nhựa đủ dày ở bên trên) vừa bảo đảm được cường độ và độ ổn định lại vừa kinh tế và rất thích hợp để thi công theo phương pháp công nghiệp.

Ở nước ta những năm vừa qua đã bắt đầu sử dụng cấp phối đá dăm gia cố xi măng để làm lớp móng trên đường Bắc Thăng Long - Nội Bài và trên Quốc lộ 5 (đoạn km47 - km62) theo các tiêu chuẩn kỹ thuật của Pháp và của Mỹ.

Kinh nghiệm xây dựng và khai thác các đoạn đường này cho thấy là chúng ta hoàn toàn có thể xây dựng tốt loại mặt đường này.

9.2. CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU ĐÁ GIA CỐ XIMĂNG

Cường độ và độ ổn định của vật liệu đá gia cố xi măng phụ thuộc vào nhiều nhân tố: tỷ lệ xi măng trong hỗn hợp, hàm lượng nước và độ chặt sau khi lu lèn, thành phần hạt của vật liệu đá và chất lượng của công tác thi công v.v...

1. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đối với cường độ của hỗn hợp

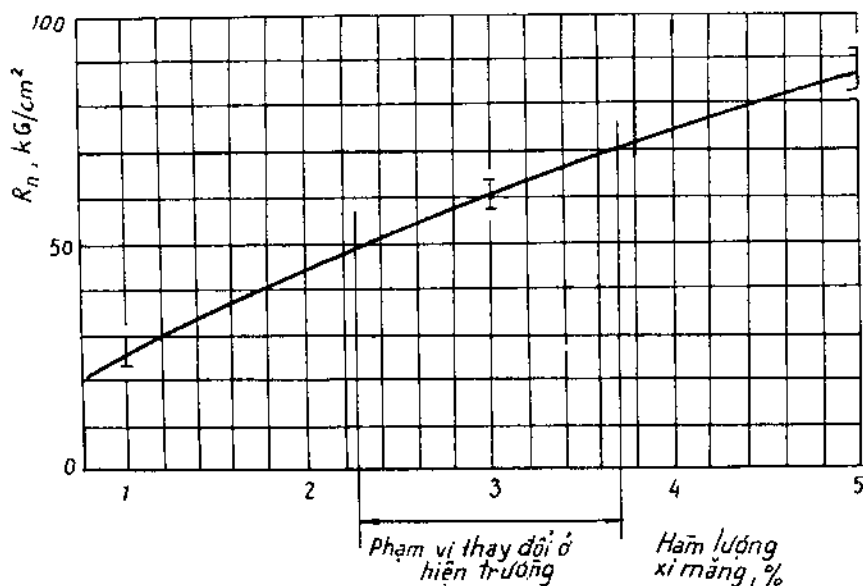
Hàm lượng xi măng tính theo công thức:

$$X\% = \frac{P_x}{P_x + P_{dk}} ,$$

trong đó: P_x = khối lượng xi măng, g;

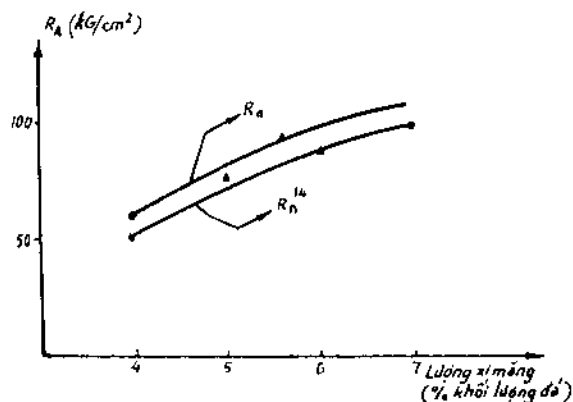
P_{dk} - Khối lượng đá khô, g.

Cường độ chịu nén của vật liệu đá gia cố xi măng gần như tỉ lệ tuyến tính với hàm lượng của xi măng trong hỗn hợp. Theo giáo sư J.Bonnot thì cường độ chịu nén và hàm lượng xi măng trong hỗn hợp đá gia cố xi măng có quan hệ tuyến tính ít nhất là trong phạm vi vài phần trăm xung quanh hàm lượng xi măng sử dụng (hình 9-1). Từ hình 9-1 ta thấy khi hàm lượng xi măng thay đổi khoảng 1,0% quanh hàm lượng trung bình (là 3%) thì cường độ chịu nén sau 7 ngày của vật liệu đá gia cố xi măng đã thay đổi đến 16 kG/cm². Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đối với môđun đàn hồi và cường độ chịu kéo (ép chế) của vật liệu đá gia cố xi măng cũng tương tự.

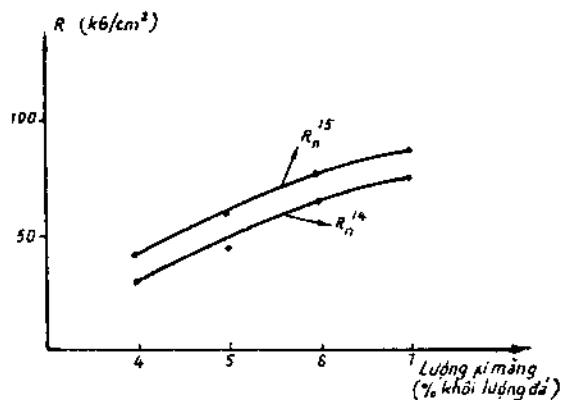


Hình 9-1. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến độ chịu nén của hỗn hợp đá gia cố xi măng.

Trên hình 9-2 và 9-3 giới thiệu mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và hàm lượng xi măng trong hỗn hợp vật liệu đá dăm và vật liệu đá sỏi gia cố xi măng theo số liệu thí nghiệm của tổ bộ môn đường bộ Trường Đại học giao thông.



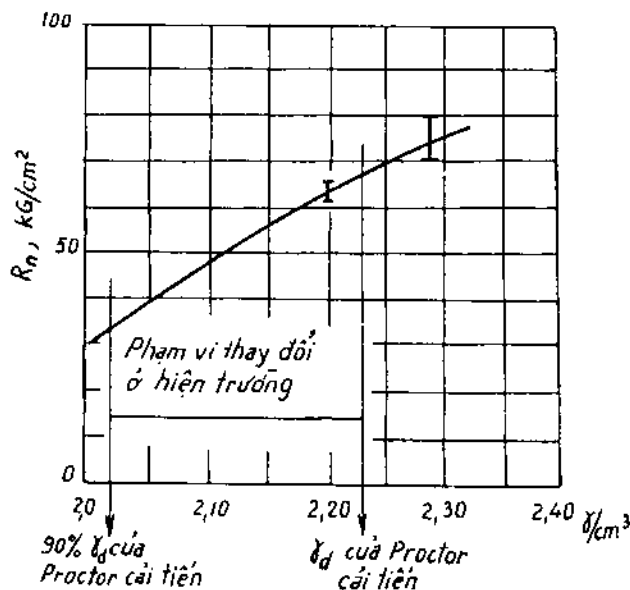
Hình 9-2. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và hàm lượng xi măng trong hỗn hợp vật liệu đá gia cố xi măng (ĐHGT).



Hình 9-3. Mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và hàm lượng xi măng trong hỗn hợp vật liệu đá sỏi gia cố xi măng (ĐHGT).

2. Ảnh hưởng của công tác lu lèn

Công tác lu lèn có tác dụng trực tiếp đến việc tăng giảm độ chặt của mặt đường đá gia cố xi măng, do đó ảnh hưởng rất lớn đến cường độ của kết cấu mặt đường. Trên hình 9-4 trình bày ảnh hưởng của độ chặt đến cường độ chịu nén của hỗn hợp đá gia cố xi măng theo số liệu của Viện LCPC (Pháp).



Hình 9-4. Ảnh hưởng của độ chặt (dung trọng khô) đến cường độ chịu nén của vật liệu đá gia cố xi măng (R_n sau 7 ngày tuổi. $W = 6\%$ theo Proctor).

Từ hình vẽ trên ta thấy khi độ chặt giảm từ 100% xuống 95% độ chặt lớn nhất theo tiêu chuẩn Proctor thì cường độ chịu nén sẽ giảm từ 65 xuống còn 35kG/cm² tức là giảm đến 50%.

3. Ảnh hưởng của hàm lượng nước

Hàm lượng nước (độ ẩm) tốt nhất của hỗn hợp phụ thuộc vào khả năng hút nước của các hạt lớn và độ ẩm tốt nhất của các nhóm hạt nhỏ trong hỗn hợp.

Theo giáo sư Xidenkô, để xác định độ ẩm tốt nhất của hỗn hợp đá gia cố xi măng phải sàng vật liệu đá thành hai nhóm: nhóm hạt ≤ 2,5mm và nhóm hạt > 2,5mm. Xác định khả năng hút nước của nhóm các hạt lớn (> 2,5mm) bằng cách cho nhóm hạt này vào túi vải thưa, ngâm vào nước từ 10 - 30 phút, rồi lấy ra treo cho chảy hết nước. Khả năng hút nước được tính theo công thức:

$$W_1 = \frac{P_{bh} - P_k}{P_k} \cdot 100\% ,$$

trong đó: P_{bh} - Khối lượng túi đá sau khi bão hoà nước, g;

P_k - Khối lượng túi đá khô, g.

Sau đó xác định độ ẩm tốt nhất W_2 của xi măng và nhóm các hạt nhỏ trong hỗn hợp bằng phương pháp đầm nén tiêu chuẩn (thí nghiệm Proctor cải tiến).

Hàm lượng nước tốt nhất của hỗn hợp W_0 được tính theo công thức:

$$W_0 = \frac{W_1 P_1 + W_2 (P_2 + P_3)}{P_1 + P_2 + P_3} , \%$$

trong đó: P_1, P_2 - Tương ứng là khối lượng nhóm hạt lớn và nhóm hạt nhỏ, kg;

P_3 - Khối lượng xi măng trong hỗn hợp, kg;

W_1 - Khả năng hút nước của nhóm hạt lớn, % khối lượng;

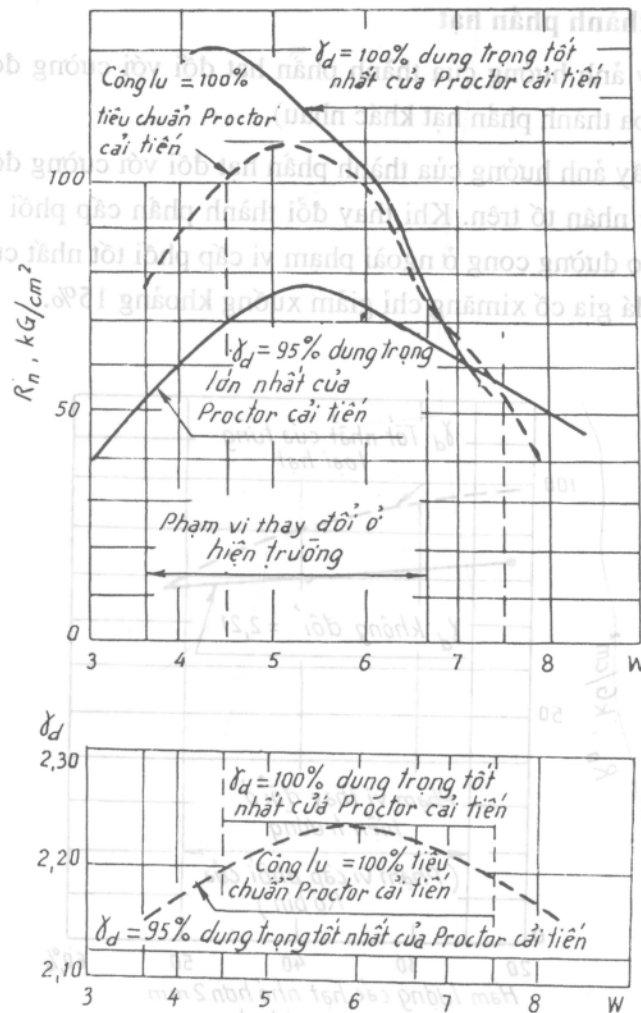
W_2 - Độ ẩm tốt nhất của hỗn hợp xi măng và nhóm các hạt nhỏ, % khối lượng.

Lượng nước dùng để trộn hỗn hợp có xét đến độ ẩm đã có sẵn của vật liệu W_{ad} được tính theo công thức:

$$N = \frac{W_0 P - W_{ad} (P_1 + P_2)}{100} ,$$

trong đó: P - Khối lượng của toàn hỗn hợp khô, kg.

Từ lý thuyết đầm nén ta biết rằng khi công đầm nén không thay đổi sẽ có một hàm lượng nước tốt nhất để đạt được một độ chặt lớn nhất. Như vậy quan hệ giữa độ chặt và cường độ chịu nén của vật liệu phụ thuộc vào hàm lượng nước của nó khi lu lèn.



Hình 9-5. Ảnh hưởng của hàm lượng nước đến cường độ chịu nén sau 90 ngày tuổi của hỗn hợp đá vôi silic gia cố 3,5% xi măng.

Trên hình 9-5 trình bày ảnh hưởng của hàm lượng nước với cường độ chịu nén của vật liệu đá gia cố 3,5% xi măng, tìm được bằng cách thay đổi hàm lượng nước của hỗn hợp khi lu lên mặt đường với công đầm nén không thay đổi.

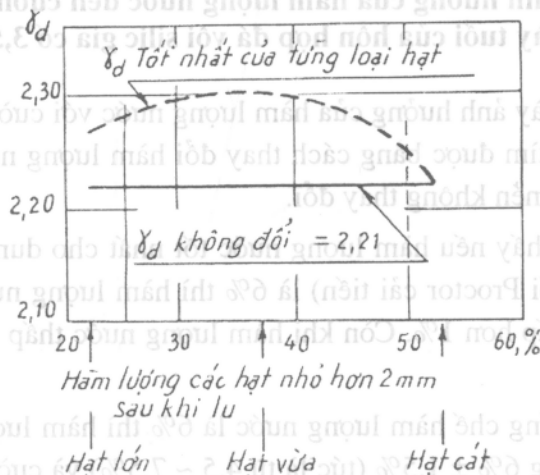
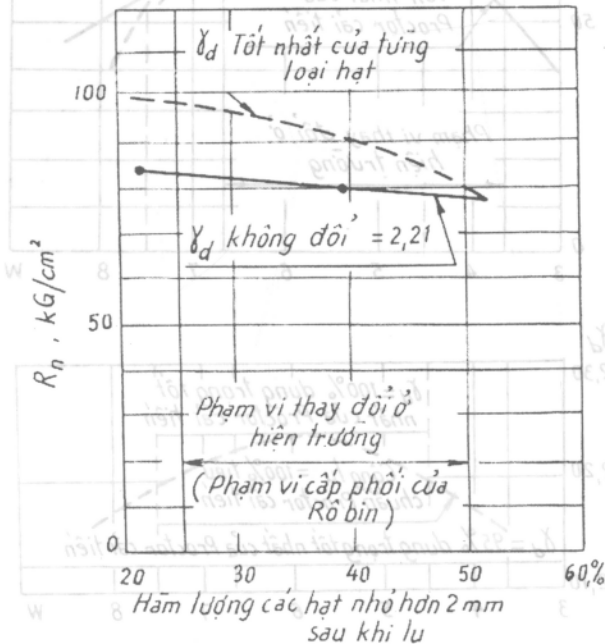
Qua biểu đồ trên ta thấy nếu hàm lượng nước tốt nhất cho dung trọng khô cao nhất (ứng với công đầm nén của cối Proctor cải tiến) là 6% thì hàm lượng nước cho cường độ cao nhất chỉ bằng 5%, nghĩa là thấp hơn 1%. Còn khi hàm lượng nước thấp hơn 5% thì cường độ giảm xuống rất nhiều.

Nếu khi thi công không chế hàm lượng nước là 6% thì hàm lượng nước thực tế khi lu lên sẽ biến động trong khoảng $6\% \pm 1,5\%$ (tức là từ 4,5 ~ 7,5%) và cường độ chịu nén sẽ thay đổi tương ứng từ 110 đến 50 kG/cm^2 (với công lu không đổi). Như vậy nếu phạm vi thay đổi độ ẩm thực tế ở hiện trường là 3% thì cường độ chịu nén sẽ giảm tối đa là 55%. Nếu không chế chặt chẽ hàm lượng nước trung bình khi lu lên bằng 5% (hàm lượng nước cho cường độ lớn nhất) thì cường độ chịu nén chỉ giảm từ 110 xuống 80 kG/cm^2 tức là chỉ giảm 27%.

4. Ảnh hưởng của thành phần hạt

Hình 9-6 trình bày ảnh hưởng của thành phần hạt đối với cường độ chịu nén (cùng một loại vật liệu nhưng có ba thành phần hạt khác nhau).

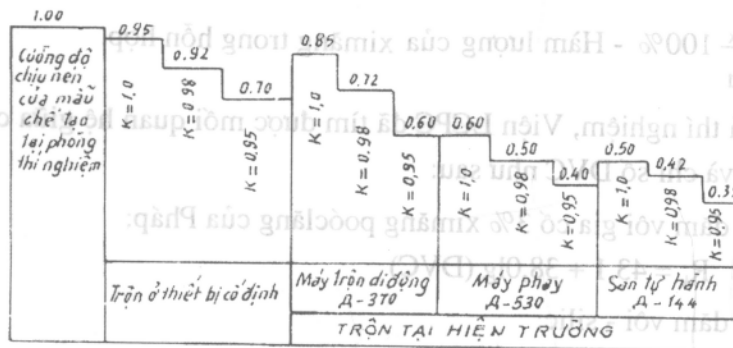
Qua hình 9-6 ta thấy ảnh hưởng của thành phần hạt đối với cường độ chịu nén nhỏ hơn so với ảnh hưởng của các nhân tố trên. Khi thay đổi thành phần cấp phối từ đường cong ở giữa thành loại cấp phối theo đường cong ở ngoài phạm vi cấp phối tốt nhất của Robin thì cường độ chịu nén của hỗn hợp đá gia cố xi măng chỉ giảm xuống khoảng 15%.



Hình 9-6. Ảnh hưởng của thành phần hạt đối với cường độ chịu nén.

5. Ảnh hưởng của phương pháp thi công

Có thể thi công mặt đường đá gia cố xi măng theo phương pháp trộn tại đường và trộn trong thiết bị. Theo giáo sư Xlavutski, phương pháp trộn vật liệu ảnh hưởng rất lớn đến cường độ chịu nén của mặt đường đá gia cố xi măng (hình 9-7).



Hình 9-7. Ảnh hưởng của phương pháp thi công (trộn và đầm lèn) đối với cường độ chịu nén của vật liệu đá gia cố xi măng.

Từ sơ đồ so sánh trên đây ta thấy khi trộn tại đường bằng máy san tự hành D-144, cường độ chịu nén của vật liệu giảm xuống 50% so với khi trộn trong thiết bị và chỉ bằng 33% cường độ của mẫu chế tạo trong phòng thí nghiệm.

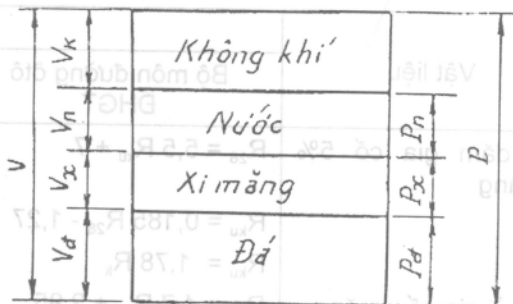
6. Mối quan hệ giữa cường độ với hàm lượng xi măng và độ chặt khi lu lèn của vật liệu đá gia cố xi măng

Gọi DVC là tỷ số của thể tích tuyệt đối của xi măng khô trên thể tích của các lỗ rỗng còn lại trong đá khô (hình 9-8):

$$DVC = \frac{V_x}{V - V_d}$$

Viện thí nghiệm cầu đường trung tâm (LCPC) của Pháp đã tìm được mối tương quan giữa chỉ số DVC với các tham số cấu tạo của vật liệu đá gia cố xi măng như sau:

$$DVC = \frac{0,01X}{\gamma_c} \left[\frac{\gamma_d}{1 + 0,01X - \frac{\gamma_d}{\gamma_d}} \right],$$



Hình 9-8.

trong đó: $\gamma_d = \frac{P_d + P_c}{V}$ - Dung trọng khô (độ chặt) của hỗn hợp;

$$\gamma_x = \frac{P_x}{V_x} - \text{Tỉ trọng của xi măng};$$

$$\gamma_d = \frac{P_d}{V_d} - \text{Tỉ trọng của vật liệu đá};$$

$$X\% = \frac{P_x}{P_d} 100\% - \text{Hàm lượng của xi măng trong hỗn hợp}.$$

Dựa vào kết quả thí nghiệm, Viện LCPC đã tìm được mối quan hệ giữa cường độ chịu kéo sau 90 ngày tuổi R_k và chỉ số DVC như sau:

Với hỗn hợp đá dăm vôi gia cố 3% xi măng poóc lăng của Pháp:

$$R_k = 43,1 + 38,0lg(DVC)$$

Với hỗn hợp đá dăm vôi - silic:

$$R_k = 33,4 + 26,0lg(DVC)$$

Với hỗn hợp đá dăm silic:

$$R_k = 33,8 + 29,2lg(DVC)$$

Với các hỗn hợp đá dăm gồm nhiều loại đá lẫn lộn

$$R_k = 37,4 + 31,1lg(DVC)$$

7. Quan hệ giữa các chỉ tiêu cường độ chịu nén, chịu uốn và chịu kéo của vật liệu đá gia cố xi măng

Bảng 9-1 dưới đây tóm tắt mối quan hệ giữa các chỉ tiêu cường độ khác nhau của vật liệu đá gia cố xi măng của tác giả tìm được dựa trên các số liệu của nhiều mẫu thí nghiệm, đối chiếu với các kết quả tương ứng của một số tác giả nước ngoài.

Bảng 9-1

Vật liệu	Tác giả		
	Bộ môn đường ôtô ĐHGT	Xlavutski	Viện LCPC
Đá dăm gia cố 5% xi măng	$R_{28} = 5,5 R_{ku} + 7$ $R_{ku} = 0,185 R_{28} - 1,27$ $R_{ku} = 1,78 R_k$	$R_{28} = 10,8 R_{ku} - 13,3$ $R_{ku} = 0,09 R_{28} + 1,2$ $R_{ku} = 1,5 R_k$	$R_{ku} = 1,6 R_k$ $E = 200 R_7$
Đá sỏi gia cố xi măng	$R_{28} = 4,7 R_{ku} + 2,95$ $R_{ku} = 0,21 R_{28} - 0,62$ $R_{ku} = 1,75 R_k$	Chú thích: R_7, R_{28} - Cường độ chịu nén sau 7 và 28 ngày; R_{ku} - Cường độ chịu kéo khi uốn sau 28 ngày; R_k - Cường độ chịu kéo theo phương pháp ép chế; E - Môđun đàn hồi của hỗn hợp.	

Từ các quan hệ tìm được trên đây, sau này trong thực tế thi công có thể chỉ cần xác định một số chỉ tiêu đơn giản nhất là cường độ chịu nén, rồi tính đổi ra các chỉ tiêu cường độ khác để giảm bớt khối lượng công tác thí nghiệm.

9.3. YÊU CẦU ĐỐI VỚI VẬT LIỆU

1. Yêu cầu đối với đá

Đá dùng để gia cố xi măng có thể là đá dăm, đá sỏi, hỗn hợp đá dăm và đá sỏi - Vật liệu đá thường được chọn theo một thành phần cấp phối nhất định.

- Với cấp phối đá gia cố xi măng của Mỹ (CTB) các yêu cầu về cấp phối và chất lượng của đá như sau:

a. Cấp phối

Chia thành ba loại: cấp phối loại I, II và III. Tỷ lệ phần trăm lọt qua sàng của cốt liệu khô phải phù hợp với yêu cầu của bảng 9-2.

Bảng 9-2

Mắt sàng (lỗ vuông)	Tỷ lệ % lọt qua sàng theo trọng lượng của cấp phối		
	I	II	III
2 in (50mm)	100	-	-
$1\frac{1}{2}$ in (38,1mm)	-	100	-
1 in (25mm)	55 - 85	70 - 95	100
3/4 in (19mm)	50 - 80	55 - 85	70 - 100
Nº4 (4,75mm)	40 - 60	40 - 60	40 - 65
Nº40 (125µm)	10 - 30	10 - 30	15 - 30
Nº200 (75µm)	5 - 15	5 - 15	5-15

b. Chất lượng

Với cấp phối đá gia cố xi măng loại I, II và III, vật liệu đá phải có chất lượng thế nào để khi trộn với 5% xi măng poóc lăng PC400 và lu lèn đạt độ chặt 98% của Proctor cải tiến (AASHTO T180) thì cường độ kháng nén ở 7 ngày không nhỏ hơn 130kG/cm² (trộn trong phòng thí nghiệm) và không nhỏ hơn 80kG/cm² (khi lấy mẫu ở hiện trường).

- Cấp phối đá gia cố xi măng của Pháp (grave - ciment, viết tắt GC) được chia thành hai loại: 0/20 và 0/14 (với D_{max} tương ứng là 20 và 14mm). Tỷ lệ phần trăm lọt qua sàng của cấp phối đá + xi măng phải thỏa mãn yêu cầu của bảng 9-3.

Đá phải sạch, sần sùi, sắc cạnh, gồm phần lớn các hạt đá dăm. Hỗn hợp đá gia cố xi măng sẽ có cường độ cao nhất nếu vật liệu đá là một trong các loại: thạch anh, labradô, micrôlin. Tuy nhiên việc sử dụng các loại đá này không kinh tế, vì vậy thường dùng các loại đá quen thuộc để gia cố xi măng.

Bảng 9-3

Kích cỡ mắt sàng lỗ vuông, mm	Tỷ lệ % lọt qua sàng của cấp phối			
	0/20		0/40	
	Giới hạn	Trung bình	Giới hạn	Trung bình
31,5	-	-	-	-
20	85 - 100	95	-	-
14	-	-	85 - 100	94
10	55 - 80	68	68 - 90	79
6,3	42 - 66	54	50 - 72	61
4	32 - 56	44	38 - 60	49
2	23 - 43	33	26 - 46	36
0,5	11 - 26	19	13 - 27	20
0,2	7 - 17	12	9 - 19	14
0,08	4 - 10	7	5 - 11	8

Vật liệu sỏi sạn tốt nhất là dùng sỏi sông. Do bề mặt nhẵn nên khả năng dính bám giữa xi măng với sỏi sạn kém, vì vậy tốt nhất là dùng sỏi nghiền. Bảng 9-4 cho tỷ lệ phần trăm tối thiểu của các hạt sỏi nghiền trong hỗn hợp đá sỏi gia cố xi măng thay đổi theo lưu lượng giao thông (theo số liệu của Pháp).

Bảng 9-4

Lưu lượng giao thông (xe/ngày đêm)	Mặt đường tăng cường dưới tác dụng của xe chạy	Mặt đường làm mới	
		Lớp móng trên của mặt đường đen, lớp móng của mặt đường bê tông	Lớp móng dưới của mặt đường đen
< 100	> 40%	> 25%	cấp phối sỏi sạn
100 - 500	> 60%	> 25%	> 25%
500 - 1000	100%	> 40%	> 25%
> 1000		> 60%	> 25%

Nếu cấp phối thiên nhiên chứa nhiều cát thì phải sàng các hạt > 4mm ra. Như vậy ta sẽ có: 1) nhóm cát với kích cỡ hạt < 4mm; 2) nhóm hạt > 4mm. Nhóm này sẽ được nghiền và ta sẽ thu được một cấp phối ít cát, sau đó sẽ trộn thêm cát đã sàng ra trước đó thành cấp phối tốt nhất.

Đá phải có độ cứng nhất định. Theo quy định của Pháp, hệ số Deval ẩm của các hạt đá phải lớn hơn 3; khi dùng làm lớp móng có thể châm chước một ít.

Cũng theo quy định của Pháp, hệ số Lốt-Angiolét (ký hiệu LA^(*)) của các hạt đá phải thỏa mãn các điều kiện cho trong bảng 9-5.

Bảng 9-5

Lưu lượng giao thông (xe nặng/ngày)	Mặt đường tăng cường	Mặt đường làm mới	
		Lớp móng trên của mặt đường đen, lớp móng của mặt đường bê tông	Lớp móng dưới của mặt đường đen
< 100	LA < 35	LA < 35	LA < 10
100 - 500	LA < 30	LA < 35	LA < 40
500 - 1000	LA < 30	LA < 30	LA < 40
> 1000		LA < 30	LA < 40

Cấp phối sử dụng phải là cấp phối đá sạch, có chỉ số dẻo bằng 0. Hàm lượng các chất hữu cơ không được quá 0,3%.

2. Yêu cầu đối với xi măng

Có thể dùng tất cả các loại xi măng mác ≤ 400 , thông thường nên dùng loại xi măng poóc-lăng mác 250 - 300. Xi măng phải có thời gian ngưng kết chậm để có thể kéo dài thời kỳ thi công. Khi chế tạo hỗn hợp ở trong thiết bị, hàm lượng xi măng sử dụng có thể tham khảo ở bảng 9-6. Khi trộn tại hiện trường hàm lượng xi măng phải tăng thêm 1-1,5%. Trong mọi trường hợp, hàm lượng xi măng không được thấp hơn 3%.

Bảng 9-6

Số hiệu xi măng	Mặt đường tăng cường (lớp móng trên của mặt đường đen, lớp móng của mặt đường bê tông)	Lớp móng dưới của mặt đường đen
400	3,5%	3%
250 - 300	4,5%	3,5%

3. Hàm lượng nước

Như đã nói ở trên, cần phải khống chế chặt chẽ hàm lượng nước khi lu lèn theo kết quả thí nghiệm trong phòng. Với vật liệu đá gia cố xi măng, việc tôn trọng hàm lượng nước khi lu lèn cũng quan trọng như việc tôn trọng hàm lượng xi măng. Thật vậy, các kết quả thí nghiệm đã chứng minh là nếu hàm lượng nước cao hơn 1,5% so với hàm lượng nước cho cường độ lớn nhất thì cường độ của vật liệu sẽ giảm xuống tương tự như khi giảm hàm lượng xi măng xuống 1%. Việc kiểm tra hàm lượng nước khi thi công được tiến hành bằng phương pháp rang khô bằng chảo tại hiện trường.

(*) Hệ số LA là hệ số mài mòn thí nghiệm trên thiết bị Lốt-Angiolét (Los Angeles) của Mỹ.

9.4. CHẾ TẠO HỖN HỢP VÀ THI CÔNG MẶT ĐƯỜNG ĐÁ GIA CỐ XIMĂNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP CÔNG NGHIỆP

1. Chế tạo hỗn hợp đá gia cố xi măng

Hỗn hợp đá gia cố xi măng thường được trộn trong các trạm trộn tác dụng liên tục (hình 6-10).

Do lượng xi măng sử dụng thấp (khoảng 3-4%) nên cần phải khống chế chặt chẽ sao cho xi măng từ phễu chứa chảy đều và liên tục vào máy trộn.

Các thiết bị cân đong vật liệu hạt sẽ cân đong riêng theo từng nhóm hạt và thông qua một băng chuyển trung gian để đưa vào máy trộn tác dụng cưỡng bức. Sau máy trộn có bố trí một phễu chứa dung tích lớn để trút hỗn hợp đã trộn xong vào phễu đó qua một thiết bị trung gian để chống phân tầng.

2. Trình tự và phương pháp thi công

Quá trình công nghệ xây dựng mặt đường bằng vật liệu đá gia cố xi măng gồm các bước sau đây:

1. Chuẩn bị lớp móng: yêu cầu lớp móng phải bằng phẳng có độ dốc ngang theo đúng thiết kế và phải được lu lèn đạt hệ số độ chặt $K \geq 0,95$.

2. Vận chuyển hỗn hợp vật liệu đá gia cố xi măng đã chuẩn bị xong ở trạm trộn đến hiện trường bằng ô tô tự đổ và đổ vào máy rải hoặc đổ thành đống.

3. Rải: có thể dùng các máy rải bê tông xi măng với năng suất thích hợp. Khi khối lượng ít hoặc thiếu máy rải thì ô tô sẽ đổ vật liệu thành đống tại đường, rồi dùng máy san tự hành để san thành lớp theo mặt cắt ngang thiết kế.

Khi thi công lớp tăng cường trên mặt đường cũ, nếu lưu lượng nhỏ hơn *100 xe nặng/ngày đêm* thì cho phép thông xe ngay sau khi kết thúc lu lèn và rải xong lớp mặt. Thường rải thành vệt với chiều dài đủ bảo đảm sao cho thời gian gián cách khi thi công hai vệt gần nhau không quá 90 phút. Nếu lưu lượng xe từ *100 - 500 xe nặng/ngày* thì có thể thông xe sau khi lu lèn xong 12 giờ. Như vậy phải rải thành vệt dài và cho xe chạy trên vệt trống; chú ý trước khi rải vệt này phải xới bỏ một phần vật liệu bị khô dọc theo vệt vật liệu đã rải trước đó.

Với mặt đường làm mới, khi rải thành vệt người ta thường dùng hai máy rải chạy song song và cách nhau một khoảng cách nhỏ.

4. Lu lèn: do tầm quan trọng của nó, cần phải đặc biệt chú ý đến bước này.

Cần phải làm một diện lu lèn thí điểm nhỏ để lấy mẫu thử độ chặt rồi xác định số lượt lu cần thiết của từng máy lu để đạt độ chặt lớn nhất. Độ chặt yêu cầu phải đạt được sau khi lu là $0,95\delta_{\max}$ ($\delta_{\max}$ là dung trọng khô lớn nhất của đá gia cố xi măng, xác định bằng thí nghiệm Proctor). Nếu có điều kiện nên chọn một trong các loại lu sau:

- Lu chấn động nặng (trọng lượng > 4t);

- Lu bánh lốp nặng với áp lực hơi > 5kG/cm², tải trọng trên bánh lu > 2t khi lu lên hỗn hợp đá sỏi trộn ít đá dăm và >4t khi lu lên cấp phối đá dăm.

Bảng 9-7 giới thiệu các bộ máy lu thường dùng để lu lên mặt đường đá gia cố xi măng của Pháp.

Bảng 9-7

Lưu lượng xe chạy (xe nặng/ngày đêm)	Lu chấn động nặng		Lu bánh lốp	
	Số lu	Số lần lu	Số lu	Số lần lu
< 1500	1	3 lần chấn động	1	15 - 20
> 1500	1	3 lần chấn động	≥ 2	15 - 20

Theo kinh nghiệm với lu chấn động chỉ cần lu qua 3 lần là đủ. Tăng số lần lu hoặc sẽ hỏng lu (nếu thành phần hạt của hỗn hợp tốt) hoặc vật liệu sẽ bị phân tầng. Với lu bánh lốp độ chặt của hỗn hợp thường không tăng lên sau khi lu 15 - 20 lần. Muốn tăng độ chặt thì phải chọn lu nặng hơn và áp lực hơi cao hơn.

Cần chú ý khống chế chặt chẽ hàm lượng nước khi lu xấp xỉ bằng hàm lượng nước tối nhất xác định theo thí nghiệm.

5. Hoàn thiện: việc hoàn thiện phải tiến hành kịp thời sao cho khoảng thời gian gián cách kể từ khi trộn vật liệu đến khi hoàn thiện không được quá 2 giờ. Nếu có dùng chất phụ gia làm chậm đông kết thì thời gian này có thể kéo dài hơn. Bước hoàn thiện lần cuối cùng thường làm bằng thủ công.

6. Bảo dưỡng: sau khi lèn xong phải phun ngay một lớp nhũ tương số lượng khoảng 300g/m², chậm nhất là sau khi lu xong 4 giờ, để bảo đảm cho nước trong hỗn hợp không bị bay hơi nhanh chóng.

Với mặt đường mới phải cấm xe trong vòng 7 ngày sau khi thi công.

7. Thi công lớp mặt, với đường có ít xe chạy thường tráng nhựa hai lớp lên trên lớp đá gia cố xi măng với lượng nhựa khoảng 2,5kg/m².

Với đường có nhiều xe chạy thì phải rải lớp thảm bê tông nhựa sau khi thi công xong lớp đá gia cố xi măng từ 5-7 ngày.

CHƯƠNG X

KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG CÔNG TÁC XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

Kiểm tra chất lượng công tác xây dựng mặt đường bê tông xi măng là một công tác quan trọng không thể thiếu được trong quá trình xây dựng mặt đường. Yêu cầu phải kiểm tra kỹ thuật chặt chẽ cho toàn bộ các khâu của quá trình công nghệ xây dựng mặt đường, bắt đầu từ khâu chế tạo hỗn hợp cho đến khâu cuối cùng là bảo dưỡng bê tông.

Các xí nghiệp (hoặc liên hiệp xí nghiệp) xây dựng đường phải tổ chức phòng thí nghiệm trung tâm để: chỉ đạo công tác của các phòng hoặc tổ chức thí nghiệm cấp dưới, kiểm tra thiết bị và dụng cụ thí nghiệm, thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông, thí nghiệm các vật liệu trộn bê tông; tiến hành thí nghiệm trong các trường hợp phức tạp; tiến hành công tác nghiên cứu sử dụng các vật liệu tại chỗ và chế phẩm công nghệ.

1. Kiểm tra chất lượng hỗn hợp bê tông và bê tông.

Tất cả vật liệu để chế tạo hỗn hợp bê tông (xi măng, cát, đá dăm, hoặc đá sỏi, nước và các chất phụ gia) đều phải được kiểm tra bằng cách xem xét bằng mắt và thí nghiệm các mẫu lấy từ các lô vật liệu đó.

Khi độ ẩm của cốt liệu thay đổi trên 1%, cần phải điều chỉnh lại thành phần của cấp phối bê tông. Vì vậy hàng ngày cần kiểm tra độ ẩm của cát, đá ít nhất là 1 lần trong 1 ca, nhất là sau khi trời mưa to, để điều chỉnh thành phần bê tông (bằng cách thay đổi lượng nước, cát, đá trong bê tông).

Cần kiểm tra thành phần hỗn hợp bê tông sau khi trộn ít nhất là 1 tuần 1 lần và khi thay đổi thành phần cấp phối bê tông. Ngoài ra hàng ngày cần phải theo dõi khối lượng bê tông sản xuất ra và khối lượng bê tông đổ vào mặt đường, sai số khối lượng cho phép không được quá 3%.

Cường độ của bê tông trong mặt đường được kiểm tra bằng thí nghiệm các mẫu bê tông chịu nén và mẫu bê tông kéo uốn. Nếu độ lớn của cốt liệu dưới 40mm thì đúc các mẫu lập phương 15 x 15 x 15cm và mẫu dầm 15 x 15 x 60 cm. Bê tông trong các mẫu thí nghiệm cũng phải được đầm theo phương pháp đầm bê tông mặt đường. Mẫu được bảo quản trong khuôn có phủ bao tải ẩm ít nhất trong 20 giờ, sau đó đem bảo quản ở trong phòng ẩm.

2. Xác định dung trọng của hỗn hợp bê tông và so sánh với dung trọng của hỗn hợp bê tông được xác định trong phòng thí nghiệm.

Lấy hỗn hợp bê tông ở máy trộn (hoặc ở nơi đổ) và trộn đều trong 3 phút rồi cho vào bình 10 lít và chấn động cho đến khi xuất hiện vữa xi măng (nhưng không quá 90 giây), sau đó cân

chính xác đến 10g. Tiếp đó xác định dung trọng của mẫu thứ hai, rồi lấy trị số trung bình. Xác định dung trọng của hỗn hợp bê tông đã đầm chặt theo công thức:

$$\gamma_o = \frac{g - g_t}{V} \text{ (kG/m}^3\text{)},$$

trong đó: g - trọng lượng bình có hỗn hợp (kG); g_t - trọng lượng vỏ bình (kG); V - thể tích bình (m^3).

Nếu dùng đá có độ lớn $\geq 40\text{mm}$ thì mỗi ca phải thí nghiệm ít nhất 1 lần trong bình 20 lít. Sai số của dung trọng thí nghiệm ở hiện trường so với dung trọng xác định trong phòng thí nghiệm không được vượt quá $\pm 1\%$.

3. Xác định hệ số tăng thêm của bê tông (thể tích của một mẻ trộn). Mục đích để kiểm tra xem việc cân đong vật liệu có chính xác hay không. Hệ số tăng thêm của bê tông được kiểm tra mỗi tuần 1 lần, hoặc được kiểm tra khi thay đổi thành phần bê tông hoặc thay đổi vật liệu trộn bê tông.

Lấy một lượng hỗn hợp (khoảng $1 \div 2 \text{ m}^3$) trong một hoặc hai mẻ trộn đầm chặt bằng chấn động, rồi đo chiều cao lớp bê tông trong thùng và tính thể tích. Tiến hành thí nghiệm hai lần và lấy trị số trung bình để điều chỉnh việc cân đong vật liệu cho chính xác.

4. Chế tạo và bảo quản các mẫu, thí nghiệm cường độ chịu nén và chịu uốn.

Lấy hỗn hợp bê tông xi măng ở trạm trộn hoặc ở hiện trường (trong phần giữa của hỗn hợp bê tông chờ đổ) và đúc các mẫu lập phương $20 \times 20 \times 20\text{cm}$ và các mẫu dầm $15 \times 15 \times 60\text{cm}$. Khi $D_{\max} < 40\text{mm}$ thì cho phép đúc các mẫu $15 \times 15 \times 15\text{cm}$ và phải nhân với hệ số điều chỉnh 0,9 (để tính đổi về mẫu $20 \times 20 \times 20\text{cm}$). Khi đúc mẫu phải dùng khuôn chính xác, sai số về kích thước bên trong của khuôn không được quá $\pm 1\%$, sai số của góc vuông là $\pm 2\%$ và phải quét dầu lên thành khuôn trước khi đổ bê tông.

Hỗn hợp được đổ vào khuôn thành $2 \div 4$ đợt, xong đặt trên bàn rung tiêu chuẩn và gấn chặt mẫu với bệ đầm, rồi chấn động cho đến khi nổi vữa xi măng lên mặt. Thời gian chấn động phải lớn hơn chỉ tiêu độ cứng quy định là 30 giây. Gạt bằng mặt mẫu, đánh số và bảo quản mẫu ở nhiệt độ $20 \pm 3^\circ\text{C}$ trong 20 giờ (hoặc 2 ngày đêm). Sau đó tháo khuôn và đặt vào phòng bảo dưỡng tiêu chuẩn (ở nhiệt độ $20 \pm 3^\circ\text{C}$ và độ ẩm tương đối $\geq 90\%$). Việc tháo khuôn, vận chuyển và bảo dưỡng phải làm cẩn thận, tránh làm hỏng mẫu.

Trước khi thí nghiệm cường độ, phải đo và cân kiểm tra các mẫu. Với các mẫu lập phương phải đo kiểm tra chiều dài (chính xác đến 1mm); với các mẫu dầm thì kiểm tra chiều dài, chiều rộng và chiều cao. Dung trọng của mẫu bằng trị số trung bình số học của các mẫu thí nghiệm (lấy tròn đến 10 kG/m^3). Nếu dung trọng của một mẫu cá biệt nào đó sai khác quá 3% so với dung trọng trung bình thì bỏ toàn bộ lô mẫu đó không thí nghiệm nữa.

Thí nghiệm nén mẫu được tiến hành trên máy nén có công suất tương ứng. Phải đặt mẫu cẩn thận cho một mặt của nó trùng đúng tâm của tấm ép dưới và tiếp xúc đều với mặt tấm ép, rồi mở máy cho tải trọng tăng đều với tốc độ tăng tải $6,0 \pm 4 \text{ kG/cm}^2$. Ứng suất cực đại được xác định

theo trị số của tải trọng phá hoại (P_{max}); diện tích công tác của mẫu là trị số trung bình số học của hai mẫu, chính xác đến $0,1\text{cm}^2$. Cường độ chịu nén giới hạn tính theo công thức:

$$R_n = \frac{P_{max}}{F} \text{ (kG/cm}^2\text{)}$$

Cường độ chịu nén giới hạn của bê tông bằng trị số trung bình số học của ba mẫu, với điều kiện là trong ba mẫu đó không có mẫu nào có cường độ sai khác quá 15% so với mẫu kia. Nếu có một mẫu sai quá quy định trên thì bỏ đi và lấy trung bình cộng của hai mẫu còn lại.

Thí nghiệm các mẫu uốn được tiến hành trên máy nén có công suất $3 \div 5T$, máy có trang bị một dầm cứng đặc biệt, trên đó bố trí hai gối tựa theo sơ đồ quy định (xem hình 4-1).

Cường độ chịu uốn giới hạn tìm được khi thí nghiệm uốn mẫu dầm kích thước $15 \times 15 \times 60\text{cm}$, mẫu thí nghiệm được chế tạo tương tự như mẫu nén. Trước khi thí nghiệm phải xác định kích thước tính toán của dầm, vị trí gối và điểm đặt lực. Thí nghiệm được tiến hành bằng hai lực tập trung đặt đối xứng và cách gối $1/3l$ (l - nhịp tính toán của mẫu dầm). Sai số của điểm đặt lực và gối dầm so với vị trí quy định không được quá $\pm 1\text{mm}$. Tải trọng phải tăng đều và liên tục với tốc độ tăng tải $0,5 \pm 0,2 \text{ kG/cm}^2$ cho đến khi phá hoại mẫu.

Cường độ chịu uốn giới hạn mẫu dầm được tính theo công thức:

$$R_u = \frac{Pl}{a^3},$$

trong đó: P - tải trọng phá hoại mẫu (kG); l - nhịp tính toán của mẫu (cm); a - cạnh của tiết diện vuông của dầm mẫu (cm). Khi thí nghiệm các mẫu dầm kích thước khác thì phải nhân với hệ số điều chỉnh β đã cho ở trên.

Nếu mẫu không bị phá hoại trong khoảng $\frac{1}{3}$ giữa nhịp thì bỏ kết quả đó đi. Cường độ chịu kéo uốn trung bình của bê tông được tính toán tương tự như quy định để tính toán cường độ chịu nén giới hạn.

Để kiểm tra chất lượng của bê tông ngay trong mặt đường có thể khoan trực tiếp trong mặt đường lấy các mẫu nguyên dạng để thí nghiệm nén và ép chế các mẫu đó. Theo quy định với bê tông thường và đường kính cốt liệu lớn nhất $D_{max} < 40\text{mm}$ thì đường kính mẫu khoan là 150mm , và mỗi kilômét đường phải khoan ít nhất 20 mẫu. Để giảm khối lượng công tác khoan mẫu, thường chỉ dùng phương pháp này để đánh giá chất lượng một số tấm bê tông có vấn đề nghi ngờ, mỗi tấm khoan 3 mẫu.

Cường độ chịu nén giới hạn của bê tông khi thí nghiệm các mẫu khoan được xác định theo trình tự sau:

1. Xác định cường độ chịu nén của bê tông của mẫu khoan theo công thức:

$$R_{nk} = \frac{4P}{\pi d^2},$$

trong đó: P - tải trọng phá hoại mẫu (kG); d - đường kính trung bình của mẫu khoan (cm).

2. Tính đổi cường độ của mẫu khoan thực tế thành cường độ của mẫu hình viên trụ với tỉ số $\frac{h}{d} = 2$

$$R_{nt} = \frac{R_{nk}}{k_1},$$

với k_1 - hệ số, xác định bằng biểu đồ (hình 10.1).

3. Tính đổi thành cường độ chịu nén của mẫu viên trụ tiêu chuẩn với $h = 30\text{cm}$, $d = 15\text{cm}$.

$$R_{ntc} = \frac{R_{nt}}{k_2},$$

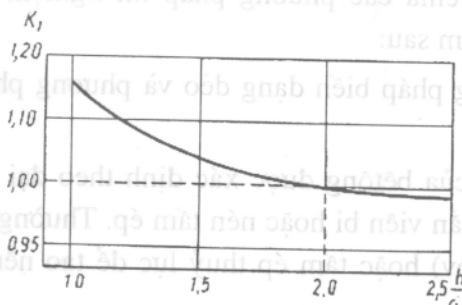
với k_2 - hệ số, xác định bằng biểu đồ (hình 10.2).

4. Tính đổi về cường độ chịu nén giới hạn của mẫu lập phương theo công thức:

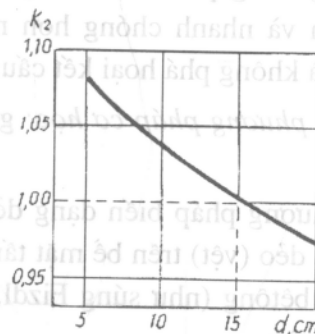
$$R_n = 1,2 R_{ntc},$$

hoặc

$$R_n = \frac{1,2 R_{ntc}}{k_1 k_2}.$$



Hình 10.1. Biểu đồ xác định hệ số k_1 .



Hình 10.2. Biểu đồ xác định hệ số k_2 .

Thí nghiệm ép chế mẫu khoan (hình 10.3) được tiến hành trên máy nén có công suất 3 - 5T với tốc độ tăng tải trọng 0,6 - 0,7 kG/cm².

5. Cường độ chịu kéo giới hạn của mẫu bê tông khi ép chế xác định theo công thức:

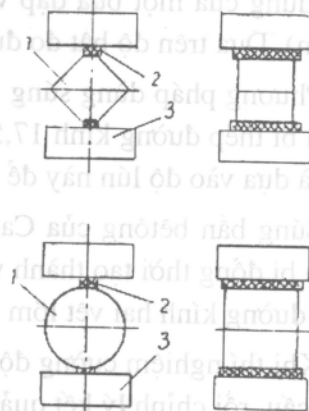
$$R_{cc} = \frac{2P}{\pi(d+2\delta)h} \text{ (kG/cm}^2\text{)}$$

Trong đó:

P - tải trọng phá hoại mẫu (kG);

d - đường kính trung bình của mẫu khoan (cm);

δ - chiều dày lớp vữa gia công bề mặt ($\delta = 0,3 \text{ cm}$);



Hình 10.3. Thí nghiệm ép chế mẫu khoan.

h - chiều cao mẫu khoan (cm).

Cường độ chịu kéo uốn giới hạn :

$$R_u = 0,621 R_{cc} + 26,4 \text{ (kG/cm}^2\text{)}$$

5. Thí nghiệm bê tông không phá hoại kết cấu

Kinh nghiệm cho thấy các phương pháp xác định cường độ bê tông bằng cách phá hoại mẫu giới thiệu trên đây còn nhiều nhược điểm, trong đó những nhược điểm chủ yếu là:

- Các mẫu được chế tạo tại hiện trường tốn nhiều công và không phản ánh đúng cường độ thực tế của bê tông trong mặt đường. Công tác khoan mẫu tại mặt đường khá phức tạp và tốn kém.
- Các mẫu sau khi đã phá hoại, không thể thí nghiệm lại nữa.
- Không thể tránh được những số liệu về cường độ không đúng dẫn đến những kết luận không đúng.

Vì vậy gần đây ở nước ngoài, để thí nghiệm cường độ của bê tông mặt đường người ta áp dụng ngày càng phổ biến các phương pháp không phá hoại kết cấu, các phương pháp này thuận tiện và nhanh chóng hơn nhiều. Có thể chia các phương pháp thí nghiệm cường độ bê tông mà không phá hoại kết cấu thành hai nhóm sau:

a. Các phương pháp cơ học: gồm có phương pháp biến dạng dẻo và phương pháp độ bật đàn hồi.

Với phương pháp biến dạng dẻo, cường độ của bê tông được xác định theo đại lượng của biến dạng dẻo (vết) trên bề mặt tấm bê tông do bắn viên bi hoặc nén tấm ép. Thường dùng loại súng bắn bê tông (như súng Fizdl, súng Carcarov) hoặc tấm ép thủy lực để tạo nên các biến dạng dẻo này.

Với phương pháp thí nghiệm bằng độ bật (độ nảy) đàn hồi, cường độ của bê tông được xác định thông qua độ bật đàn hồi của một thanh mà một đầu tiếp xúc với bê tông còn đầu kia chịu tác dụng của một búa đập với năng lượng tiêu chuẩn (thường dùng búa có năng lượng đập 3 kg.m). Dựa trên độ bật đo được, theo các đường cong đã lập sẵn để tra ra cường độ của bê tông.

Phương pháp dùng súng bắn bê tông Fizdl là đơn giản nhất. Súng nặng 250g, đầu nòng nạp viên bi thép đường kính 17,5mm. Bắn viên bi thép trên mặt tấm bê tông, rồi đo độ lún của viên bi và dựa vào độ lún này để xác định cường độ của bê tông.

Súng bắn bê tông của Carcarov (hình 10.4) cho kết quả chính xác hơn súng Fizdl khi bắn viên bi đồng thời tạo thành vết lõm trên mặt bê tông và trên tấm thép của súng. Thông qua tỉ số của đường kính hai vết lõm này để xác định cường độ của bê tông.

Khi thí nghiệm cường độ bằng súng bắn bê tông, cần phải bắn ít nhất là 10 điểm trên bề mặt kết cấu, rồi chỉnh lý kết quả tìm được bằng phương pháp thống kê.

Khuyết điểm chủ yếu của các phương pháp trên đây là chỉ mới đo được độ cứng thực tế của bề mặt tấm bê tông. Cần phải xác định được mối tương quan giữa bề mặt (hoặc độ đàn hồi) của bê tông với cường độ của nó thì mới áp dụng được phương pháp này.

b. Thí nghiệm cường độ bê tông bằng phương pháp siêu âm, phóng xạ.

Dùng các phương pháp thí nghiệm này có thể xác định cường độ của bê tông với sai số dưới 10%. Dùng các phương pháp này có thể tiến hành các thí nghiệm tỉ mỉ và cẩn thận, tránh được các sai số thường gặp khi thí nghiệm theo phương pháp nén mẫu. Ngoài ra còn có thể xác định cường độ bê tông nhiều lần tại một vị trí và theo dõi sự thay đổi của cường độ theo thời gian.

Có mấy phương pháp chính sau đây:

- Phương pháp siêu âm - Dựa trên việc đo tốc độ lan truyền các sóng siêu âm dao động nhiều lần với tần suất trên 2000 héc. Dựa theo tốc độ truyền sóng để xác định cường độ, độ đồng nhất và độ chặt của bê tông xi măng. Tốc độ truyền sóng siêu âm càng cao thì bê tông càng chặt và cường độ càng cao.

Theo lý thuyết, tốc độ truyền sóng siêu âm (m/giây) qua bê tông có thể xác định theo công thức:

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\mu^2)}}$$

Trong đó:

E - mô đun đàn hồi của bê tông xi măng;

ρ - độ chặt của bê tông;

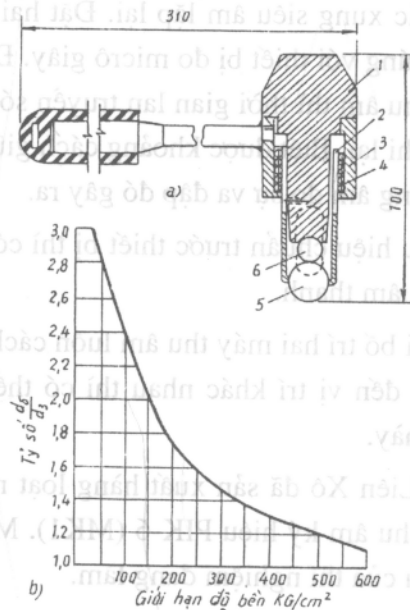
$\rho = \frac{\gamma}{g}$ - với γ là dung trọng của bê tông; $g = 9,81 \text{ m/gy}^2$;

μ - hệ số Poat song của bê tông.

Cần phải tiến hành hiệu chuẩn, xác định mô đun đàn hồi, cường độ và độ chặt của các mẫu bê tông đã thí nghiệm bằng siêu âm trước ở trong phòng thí nghiệm rồi vẽ các biểu đồ cho quan hệ giữa tốc độ và cường độ của các loại bê tông khác nhau. Sau đó dựa theo thời gian truyền siêu âm t từ nguồn phát siêu âm đến máy thu (đặt cách nhau một khoảng cách s) đo được qua thí nghiệm mà xác định tốc độ truyền sóng siêu âm thực tế theo công thức $V = \frac{s}{t}$.

Từ tốc độ V mà xác định, tra biểu đồ quan hệ giữa tốc độ và cường độ sẽ tìm được cường độ của bê tông cần thí nghiệm.

- Phương pháp thu âm - Đặc điểm của phương pháp này là chỉ phát đi một xung thay thế



Hình 10.4. Súng Carcarốp

a. Dạng chung; b. Biểu đồ tra cường độ.

cho các xung siêu âm lặp lại. Đặt hai máy thu âm trên bề mặt của mặt đường thí nghiệm và nối chúng với thiết bị đo micro giây. Đập nhẹ trên mặt bê tông xi măng vị trí gần một trong hai máy thu âm thì thời gian lan truyền sóng âm giữa hai máy thu âm đó sẽ được thiết bị đo micro giây ghi lại. Biết được khoảng cách giữa hai máy thu âm thì sẽ xác định được tốc độ lan truyền của sóng âm do sự va đập đó gây ra.

Nếu hiệu chuẩn trước thiết bị thì có thể xác định cường độ của bê tông xi măng theo tốc độ truyền âm thanh.

Khi bố trí hai máy thu âm luôn cách nhau một khoảng cách không đổi và lần lượt di chuyển chúng đến vị trí khác nhau thì có thể kiểm tra được cường độ của mặt đường bằng phương pháp này.

Ở Liên Xô đã sản xuất hàng loạt máy kiểm tra cường độ mặt đường bê tông bằng phương pháp thu âm ký hiệu PIK-6 (MK1). Máy này có hệ thống đếm nhớ và tự ghi để lập hồ sơ các số liệu của thí nghiệm đang làm.

Hiện nay ở Liên Xô phương pháp thu âm là phương pháp thông dụng nhất để thí nghiệm các kết cấu mặt đường không phá hoại kết cấu.

Phương pháp phóng xạ - Có thể xác định độ chặt và cường độ của bê tông xi măng nhờ sử dụng các chất đồng vị phóng xạ. Dùng phương pháp này có thể theo dõi khuyết tật của các tấm bê tông xi măng và xác định các lỗ rỗng, đường nứt trong các tấm đó. Thường sử dụng nguồn tia gamma của các đồng vị phóng xạ Co, hoặc Sezi để tiến hành thí nghiệm này.

Chiếu các tia gamma qua bê tông để xác định độ chặt của mặt đường bê tông xi măng. Tùy theo các độ chặt khác nhau của bê tông xi măng mà sự phóng xạ sẽ giảm yếu với các mức độ khác nhau. Nếu biết được cường độ phóng xạ ban đầu và đo được mức độ giảm yếu của tia gamma sau khi truyền qua một khoảng cách nhất định trong bê tông xi măng thì có thể tính được dung trọng của nó.

Người ta đã chế tạo nhiều kiểu thiết bị để kiểm tra chất lượng mặt đường bằng phương pháp phóng xạ. Bộ phận chủ yếu của thiết bị này là nguồn phóng xạ và cái đếm phóng xạ đặt ở hai phía đối diện trong vật liệu cần thí nghiệm. Chính vì vậy chỉ có thể dùng phương pháp này để thí nghiệm các mẫu ở trong phòng thí nghiệm và không dùng để kiểm tra trực tiếp trên đường.

Thường dùng phương pháp khuếch tán để kiểm tra độ chặt và cường độ của bê tông xi măng ngay tại mặt đường. Theo phương pháp này nguồn phóng xạ và cái đếm phóng xạ được bố trí về một phía của vật liệu (tức là ở trên mặt đường) và cái đếm không nhận phóng xạ trực tiếp từ nguồn phóng xạ mà nhận các điện tử khuếch tán hoặc phản xạ từ mặt đường bê tông xi măng. Bê tông xi măng càng chặt thì phóng xạ được khuếch tán càng ít.

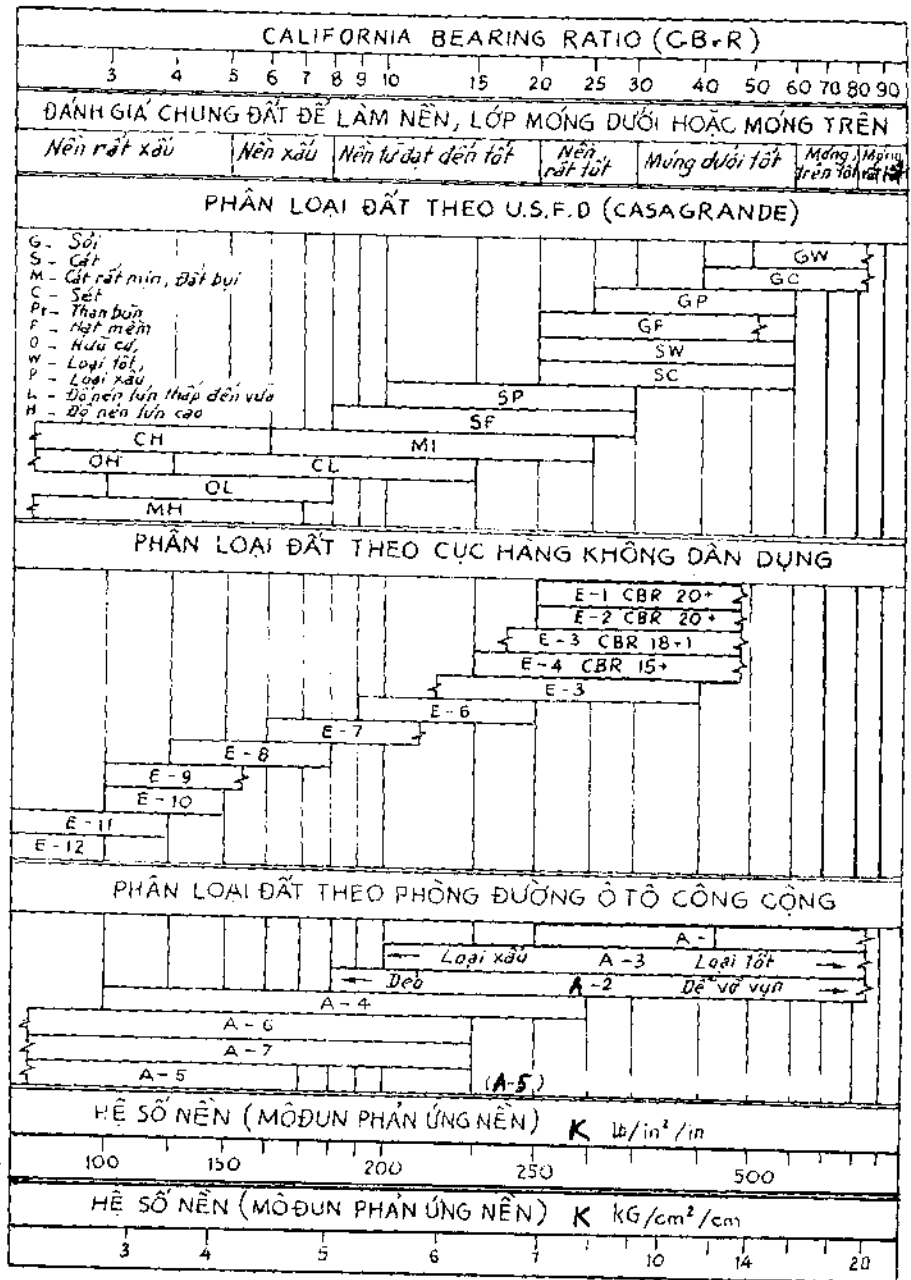
PHỤ LỤC I

THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NỀN K

THÍ NGHIỆM NÉN TẮM ÉP XÁC ĐỊNH MÔĐUN ĐÀN HỒI E_v

TƯƠNG QUAN GIỮA K, CBR VÀ E_o

A. Tương quan giữa hệ số nền K và chỉ số CBR và giữa các cách phân loại đất của Hiệp hội xi măng Poóc-lăng (PCA) Mỹ.



Chú thích: Tất cả các tương quan trên đây chỉ là gần đúng.

Yêu cầu phải làm thí nghiệm thực tế để xác định CBR, K.

B. Thí nghiệm xác định hệ số nền (môđun phản ứng nền) K tại hiện trường

I. Định nghĩa:

Hệ số nền K (hoặc môđun phản ứng nền, môđun Westergaard) được xác định theo công thức:

$$K = \frac{0,7}{e}$$

Trong đó e là độ lún trung bình, tính bằng cm, của một tấm ép đường kính 75cm đặt trên đất và chịu một áp lực $0,7 \text{ kg/cm}^2$, hoặc tương đương một tải trọng tập trung 3000 kg.

II. Thiết bị

1. Một tấm ép cứng đường kính 75cm bằng thép có chiều dày như nhau và ít nhất là 25mm. Cũng có thể là một chồng các tấm dày 10mm có đường kính giảm dần: 75cm, 60cm, 45cm và 30cm.

2. Một kích thủy lực 5t đặt trên tâm của tấm ép - Kích được lắp lực kế hoặc một vòng ứng biến để đo lực.

3. Một giá đỡ để kích tựa vào và tác dụng tải trọng lên tấm ép. Giá đỡ này có thể là một dầm cứng dài 5-6m gối trên hai ô tô tải chở nặng. Yêu cầu các bánh xe của ô tô tải này phải đỗ cách mép tấm ép ít nhất là 2,4m.

4. Ba hoặc bốn bách phân kế (đồng hồ đo độ võng), chính xác đến phần trăm mm, được đặt đối xứng qua tâm tấm ép - Một thanh kim loại để gắn bách phân kế có gối tựa trên đất và phải cách mép tấm ép và bánh ô tô ít nhất là 2,4m.

III. Cách thao tác

1. Đào đất đến cao độ thiết kế của nền đường rồi đầm chặt đến độ chặt yêu cầu của nền đất dưới mặt đường bê tông.

Nếu thí nghiệm tiến hành về mùa khô và nền đất dưới mặt đường tương lai có nguy cơ bị ẩm ướt do mao dẫn thì sau khi đặt tấm ép phải tưới ẩm nước xung quanh tấm ép.

Để bảo đảm tấm ép tiếp xúc tốt với nền đất có thể:

a) Rải một lớp cát mịn (hoặc thạch cao) dày trên 6mm;

b) Nếu đất tương đối dẻo thì dùng kích tác dụng lên tấm ép một áp lực $0,1 \text{ kg/cm}^2$.

2. Trong trường hợp a trước tiên tác dụng tải trọng $0,1 \text{ kg/cm}^2$ trên tấm ép 30 phút để cho toàn tấm ép làm việc, rồi dỡ tải trọng đi và ghi lại số đọc trên bách phân kế (sau khi bách phân kế đã ổn định) - Gọi C_0 là trị số trung bình của các số đọc trên bách phân kế.

Sau đó tác dụng tải trọng $0,7 \text{ kg/cm}^2$ và duy trì tải trọng đó cho tới khi số đọc trên bách phân kế ổn định (khi tốc độ lún $\leq 0,03 \text{ mm/phút}$ trong cùng 3 phút liên tục).

Gọi C_1 là trị số đọc trung bình của các bách phân kế lúc đó,
ta có: $e = C_1 - C_0$ (tính bằng cm).

Từ đó:
$$K = \frac{0,7}{C_1 - C_0}$$

Trong trường hợp b thì trước hết tác dụng tải trọng $0,1\text{kg/cm}^2$ cho đến khi số đọc trên bách phân kế ổn định như đã nói ở trên - Khi đó tìm được C'_0 là trị số trung bình của các số đọc trên bách phân kế. Sau đó cho tăng tải trọng từ $0,1$ đến $0,7\text{kg/cm}^2$ và sau khi số đọc trên bách phân kế ổn định thì tìm được C'_1 là trị số trung bình các số đọc.

Từ đó:
$$K = \frac{0,6}{C'_1 - C'_0}$$

Chú thích:

Khi thí nghiệm hệ số nền K dưới mặt đường bê tông của các sân bay loại C thì có thể thay tấm ép đường kính 75cm bằng tấm ép đường kính 50cm, dày 20mm.

Tấm ép này dễ thao tác hơn tấm ép lớn (chỉ nặng 30kg so với tấm ép kia là 86 kg), chỉ cần tác dụng một tải trọng 1400 kg thay vì 3000 kg, có thể tránh được việc sử dụng giá đỡ mà có thể cho kích tựa vào gầm xe tải nặng. Trong trường hợp này khoảng cách giữa bánh xe và mép tấm ép chỉ cần khoảng 1,20m.

Trình tự thao tác như trên nhưng giá trị của hệ số nền K được tính như sau:

- Trường hợp a:
$$K = \frac{0,7}{C_1 - C_0} \times \frac{50}{75}$$

- Trường hợp b:
$$K = \frac{0,7}{C'_1 - C'_0} \times \frac{50}{75}$$

THÍ NGHIỆM NÉN TẤM ÉP

Thí nghiệm gồm có việc đo chuyển vị thẳng đứng được gọi là độ võng của một điểm trên mặt đất dưới trọng tâm của một tấm ép cứng. Các hạt lớn nhất của vật liệu cần đo biến dạng không được lớn hơn 200mm.

Tải trọng trên tấm ép được chuyển từ một kích tựa trên một xe tải 7000 DaN (≈ 7 tấn).

Tấm ép đường kính 600mm, giữa tấm ép và cần điều khiển kích có liên kết khớp.

Độ võng được đo bằng cần Benkelman mà đầu mút của cánh tay đòn tựa trên một cần trượt ở trong tấm ép.

Tải trọng tác dụng lên tấm ép được kiểm tra bằng mắt nhờ cân có đồng hồ đo lực đến 1000 DaN và một áp kế hoặc một vòng ứng biến.

Tấm ép được đặt lên vật liệu thí nghiệm qua một lớp đệm mỏng bằng cát mịn (0 - 1mm) ẩm hoặc một lớp thạch cao.

Tiến hành lần tác dụng tải trọng đầu tiên với tốc độ 80 DaN/sec cho tới khi đạt được áp lực ở dưới tấm là 2,5 DaN/cm² (tổng tải trọng là 7065 DaN), độ ổn định khi độ võng thay đổi dưới 0,02mm/phút.

Dỡ tải trọng đi trong khoảng 2 hoặc 3 giây.

Rồi lại tác dụng tải trọng lần thứ hai với cùng tốc độ và cách thức như vậy cho tới khi áp lực ở dưới tấm ép đạt đến 2 DaN/cm² (tổng tải trọng là 5650 DaN) - khi đạt được độ ổn định thì kết thúc thí nghiệm.

Như vậy ta đo được:

W_1 là độ võng của lần tác dụng tải trọng đầu tiên, mm,

W_2 là độ võng của lần tác dụng tải trọng thứ hai, mm.

Ghi lại các điều kiện tiến hành thí nghiệm (khí tượng, mưa, và tất cả các trục trặc có thể xảy ra).

Kết quả:

Công thức Boussinesq cho độ võng:

$$W = \frac{1,5\sigma \cdot a}{E_v} (1 - \mu^2)$$

Trong đó: W - Độ võng tính bằng mm, ở giữa tấm ép;

E_v - Môđun biến dạng, DaN/cm²;

σ - Áp lực trung bình dưới tấm ép;

a - Bán kính tấm ép, mm;

μ - Hệ số Poisson, bằng 0,25.

Các công thức tính môđun:

- Lần đặt tải đầu: $E_{v1} = \frac{1125}{W_1}$

- Lần đặt thứ hai: $E_{v2} = \frac{900}{W_2}$

- $K = E_{v2}/E_{v1}$

Dưới đây là ví dụ một tờ phiếu thí nghiệm nén tấm ép của Viện LCPC (Pháp).

ĐO ĐỘ BIẾN DẠNG NỀN ĐƯỜNG BẰNG THÍ NGHIỆM TẮM ÉP

Phòng thí nghiệm:

Thí nghiệm số:

Hồ sơ:	Tính chất vật liệu GL	Cọc số 7, mặt cắt số 112
Công trường:	Độ ẩm dưới tấm ép 10%	Thí nghiệm thực hiện: 10 m ở hạ lưu cọc số 112
Ngày tháng:	Độ ẩm tốt nhất OPM	
Thí nghiệm viên:	Các giới hạn Atterberg $W_L \dots I_p \dots$ Các giá trị đề nghị : $E_{v1} \geq \dots$ $E_{v2} \geq \dots$ $K \leq \dots$	
$W_1 = 2,5$ $W_2 = 1,0$	$E_{v1} = 1125 / W_1$ $= 450 \text{ bars}$ $E_{v2} = 900 / W_2$ $= 900 \text{ bars}$ $K = \frac{E_{v2}}{E_{v1}} = 2$	Kết luận: $K \approx 1$: việc đầm nén đất là tốt nhất. $K < 1,25$: thỏa mãn yêu cầu đầm nén đất; $K > 1,25$: phải đầm nén lại nếu độ ẩm cho phép; nếu độ ẩm quá cao thì phải xử lý.

TƯƠNG QUAN GIỮA CBR VÀ E_0

(Theo số liệu của Trung Quốc)*

CBR(%)	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25
E_0 (MPa)	14,7	18,8	22,8	26,6	30,3	34,0	37,6	41,2	48,1	58,2	74,4	90,0

$$E_0 = 5,76 \text{ CBR}^{0,854}$$

* Kết cấu định hình mặt đường nhựa của Hàn Phong Hoa và nhiều tác giả. NXB Đại học Đồng Tế - Thượng Hải - Trung Quốc, 1998.

PHỤ LỤC 2

BẢNG TRA BÁN KÍNH ĐỘ CỨNG TƯƠNG ĐỐI CỦA MẶT ĐƯỜNG CỨNG

Trong trường hợp mặt đường cứng, cần phải tính toán giá trị của bán kính độ cứng tương đối của tấm bê tông 1 để tính tải trọng bánh đơn tương đương ESWL và từ đó đánh giá năng lực chịu tải của mặt đường.

Cho chiều dày tấm bê tông và trị số của môđun phản ứng nền k thì có thể đọc trực tiếp các trị số tương ứng của 1 trong bảng dưới đây. Các trị số cho trong bảng được tính toán với các giá trị trung bình của hệ số Poisson μ và môđun đàn hồi E của bê tông - Với các giá trị khác của E phải nhân với hệ số điều chỉnh tương ứng cho ở bảng dưới.

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}$$

$\mu = 0,15$
 $E = 350.000 \text{ kg/cm}^2$
 $(5.000.000 \text{ psi})$
 k - môđun phản ứng của nền

BẢNG CÁC GIÁ TRỊ CỦA l (m)

Chiều dày tấm bê tông (cm)	k = 1,5 kg/cm ³	k = 2	k = 4	k = 6	k = 8	k = 10	k = 15	k = 30
15	90.52	84.24	70.84	64.00	59.56	56.33	50.90	42.80
16	95.00	88.41	74.35	67.18	62.52	59.13	53.43	44.93
17	99.43	92.53	77.81	70.30	65.43	61.88	55.91	47.02
18	106.77	96.58	81.21	73.38	68.29	64.59	58.36	49.08
19	108.08	100.58	84.58	76.42	71.12	67.26	60.78	51.10
20	112.82	104.52	87.89	79.42	73.91	69.90	63.16	53.11
21	116.50	108.41	91.17	82.38	76.66	72.50	65.51	55.09
22	120.64	112.26	94.40	85.30	79.38	75.08	67.84	57.05
23	124.72	116.07	97.60	88.19	82.08	77.62	70.14	58.98
24	128.78	119.83	100.77	91.05	84.74	80.14	72.41	60.89
25	132.78	123.56	103.90	93.89	87.37	82.63	74.67	62.79
26	136.73	127.24	106.99	96.68	89.97	85.09	76.89	64.65
27	140.66	130.89	110.07	99.46	92.56	87.53	79.10	66.51
28	144.54	134.51	113.11	102.21	95.11	89.95	81.28	68.35
29	148.40	138.10	116.13	104.93	97.65	92.35	83.45	70.17
30	152.22	141.66	119.12	107.64	100.17	94.73	85.60	71.98
31	156.01	145.18	122.09	110.32	102.66	97.09	87.73	73.77
32	159.77	148.68	125.03	112.97	105.14	99.43	89.85	75.55
33	163.50	152.15	127.95	115.62	107.59	101.75	91.94	77.31
34	167.20	155.60	130.84	118.23	110.02	104.05	94.02	79.06
35	170.88	159.01	133.71	120.82	112.44	106.34	96.09	80.80
36	174.52	162.41	136.57	123.40	114.83	108.61	98.14	82.53
37	178.15	165.78	139.41	125.97	117.23	110.87	100.18	84.24

Tiếp bảng các giá trị của l (m)

Chiều dày tấm bê tông (cm)	$k = 1,5$ kg/cm ³	$k = 2$	$k = 4$	$k = 6$	$k = 8$	$k = 10$	$k = 15$	$k = 30$
38	184.74	169.13	142.22	128.51	119.59	113.11	102.20	85.94
39	185.32	172.46	145.02	131.04	121.95	115.33	104.21	87.63
40	188.87	175.76	147.80	133.35	124.29	117.54	106.21	89.31

Các trị số của E	300 000 kg/cm ²	Nhân với các hệ số điều chỉnh tương ứng	0.96
	250 000 "		0.92
	200 000 "		0.87
	150 000 "		0.81

BẢNG CÁC GIÁ TRỊ CỦA l (ĐƠN VỊ ANH)

Chiều dày tấm bê tông mặt đường (inch)	$k = 50$ lb/m ³	$k=100$	$k=150$	$k=200$	$k=250$	$k=300$	$k=350$	$k=400$	$k=500$	$k=1000$
6	36.84	30.98	27.99	26.04	24.63	23.54	22.64	21.91	20.71	17.42
6.5	39.11	32.89	29.72	27.66	26.16	25.00	24.04	23.26	21.99	18.50
7	41.35	34.78	31.42	29.23	27.65	26.42	25.42	24.58	23.25	19.55
7.5	43.55	36.62	33.08	30.79	29.12	27.83	26.77	25.89	24.49	20.59
8	45.71	38.43	34.73	32.32	30.57	29.20	28.10	27.17	25.70	21.61
8.5	47.83	40.22	36.34	33.82	31.98	30.57	29.40	28.44	26.90	22.62
9	49.93	41.99	37.94	35.30	33.39	31.90	30.69	29.69	28.07	23.61
9.5	51.99	43.72	39.50	36.76	34.78	33.22	31.96	30.92	29.24	24.59
10	54.03	45.43	41.06	38.21	36.13	34.52	33.22	32.13	30.39	25.55
10.5	56.05	47.13	42.59	39.63	37.48	35.81	34.46	33.33	31.52	26.50
11	58.04	48.81	44.10	41.04	38.82	37.08	35.68	34.51	32.64	27.44
11.5	60.00	50.46	45.59	42.43	40.13	38.34	36.89	35.67	33.74	28.36
12	61.95	52.10	47.07	43.81	41.43	39.59	38.09	36.84	34.84	29.29
12.5	63.87	53.71	48.53	45.17	42.72	40.81	39.27	37.98	35.92	30.19
13	65.79	55.32	49.98	46.51	44.00	42.03	40.44	39.11	37.00	31.12
13.5	67.67	56.91	51.42	47.86	45.25	43.23	41.61	40.24	38.05	31.99
14	69.54	58.48	52.85	49.18	46.50	44.43	42.76	41.35	39.11	32.88
14.5	71.40	60.04	54.25	50.49	47.75	45.62	43.89	42.45	40.15	33.75
15	73.24	61.59	55.65	51.79	48.98	46.80	45.02	43.55	41.18	34.62
15.5	75.06	63.12	57.03	53.08	50.19	47.96	46.14	44.83	42.21	35.49
16	76.87	64.64	58.41	54.36	51.41	49.11	47.26	45.71	43.22	36.34

Với các trị số của E	4 000 000 psi	Nhân các giá trị của l cho trong bảng với các hệ số	0.95
	3 000 000 "		0.88
	2 000 000 "		0.80

MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG

Chịu trách nhiệm xuất bản:

TS. NGUYỄN XUÂN THỦY

Sửa bài:

VŨ VĂN TÔI

Sắp chữ điện tử:

PHÒNG VI TÍNH NXB-GTVT

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

80B Trần Hưng Đạo – Hà Nội

ĐT: (04)9423346 – 9423345 * Fax: (04)8224784

MS $\frac{6X8(6V)}{GTVT-04}$ 105/07-04

In 1.000 cuốn, khổ 19 x 27 cm, tại Công ty In Giao thông – Nhà xuất bản GTVT

Giấy chấp nhận KHXB số 105/XB-QLXB ngày 9/2/2004.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 8 năm 2004.

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
80B TRẦN HUNG ĐẠO - HÀ NỘI
ĐT: 04.9423345 - Fax: 04.8224784

TÌM ĐỌC

- TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐƯỜNG ÔTÔ
- THIẾT KẾ NỀN, MẶT ĐƯỜNG ÔTÔ
- TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU NỀN, MẶT ĐƯỜNG ÔTÔ
- XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG ÔTÔ
- TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT KHẢO SÁT ĐƯỜNG ÔTÔ
- THIẾT KẾ ĐƯỜNG ÔTÔ - TẬP II
- THIẾT KẾ CỐNG VÀ CẦU NHỎ TRÊN ĐƯỜNG ÔTÔ
- THIẾT KẾ TUYẾN ĐƯỜNG ÔTÔ CAO TỐC
- THIẾT KẾ THỦY LỰC CHO DỰ ÁN CẦU ĐƯỜNG
- ĐIỀU LỆ BẢO HIỆU ĐƯỜNG BỘ

MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG
2 011200 000163
35,000
S002
24/04/05
qtvt.b
Giá: 35.000đ