

NGUYỄN QUANG CHIÊU

**MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG
ĐƯỜNG ÔTÔ VÀ SÂN BAY**

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

- 1999 -

Chịu trách nhiệm xuất bản
PTS. NGUYỄN XUÂN THỦY

Biên tập: NGUYỄN NGỌC BÍCH
Sửa bõng: BÍCH HẠNH
Trình bày bìa: HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
80B TRẦN HUNG ĐẠO - HÀ NỘI
BAN BIÊN TẬP KHOA HỌC KỸ THUẬT
ĐT: 8243345

In 1000 cuốn, khổ 19 x 27 cm tại Xưởng in Nhà xuất bản GTVT.

Giấy phép xuất bản số 1361/CXB-QLXB - ngày 31/12/1998.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 10/1999.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Các bảng chuyển đổi đơn vị đo</i>	I
Các vấn đề chung	
I. Khái quát tình hình xây dựng và phát triển mặt đường bê tông xi măng trên thế giới.	5
II. Tình hình xây dựng mặt đường bê tông xi măng ở nước ta.	9
III. Ưu, nhược điểm của mặt đường bê tông xi măng.	11
Chương I - Kết cấu mặt đường bê tông xi măng đổ tại chỗ	
1.1- Kết cấu và phân loại mặt đường BTXM đổ tại chỗ.	12
1.2- Khe nối của mặt đường BTXM.	16
1.3- Lớp móng nhân tạo dưới tấm bê tông mặt đường.	20
1.4- Nền đất dưới mặt đường BTXM.	21
Chương II - Các phương pháp tính toán mặt đường BTXM theo lý thuyết tấm trên nền đàn hồi	
2.1- Sự làm việc của mặt đường BTXM dưới tác dụng của tải trọng và các yếu tố tự nhiên.	23
2.2- Các giả thiết và tiêu chuẩn tính toán kết cấu mặt đường cứng.	24
2.3- Cơ sở lý thuyết của việc tính toán mặt đường BTXM.	24
2.4- Tính toán mặt đường BTXM theo phương pháp Wetterogat.	27
2.5- Tính toán mặt đường BTXM theo giả thiết xem nền đất là bán không gian đàn hồi.	30
2.6- Tính toán mặt đường BTXM dưới tác dụng của nhiệt độ.	42
2.7- Các tham số thiết kế mặt đường BTXM.	50
2.8- Tính lớp móng dưới tấm mặt đường BTXM.	57
Chương III - Các phương pháp thiết kế mặt đường BTXM thường dùng ở nước ngoài	
3.1- Thiết kế mặt đường cứng theo phương pháp AASHTO (Mỹ).	61
3.2- Phương pháp thiết kế mặt đường cứng của Anh.	63

3.3- Phương pháp thiết kế mặt đường BTXM của Pháp.	71
3.4- Tính toán mặt đường BTXM theo phương pháp của Liên Xô cũ.	79
3.5- Thiết kế mặt đường cứng theo phương pháp Oettergat - Sêchchia - Medniôp (quy trình 22 TCN...).	89
3.6- Thiết kế mặt đường bê tông lớp ghép.	100
Chương IV - Bê tông làm đường	
4.1- Phân loại bê tông làm đường.	108
4.2- Đặc điểm và tính chất của bê tông làm đường.	108
4.3- Yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông làm đường và đối với cốt liệu của bê tông.	112
4.4- Yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông làm đường.	118
Chương V - Chế tạo hỗn hợp bê tông	
5.1- Đặc điểm của việc chế tạo hỗn hợp bê tông trong xây dựng mặt đường.	122
5.2- Công tác tiếp nhận và bảo quản vật liệu.	124
5.3- Cân đong vật liệu và trộn hỗn hợp bê tông.	127
5.4- Các vấn đề chủ yếu khi thiết kế xí nghiệp bê tông xi măng.	129
Chương VI - Xây dựng mặt đường BTXM đổ tại chỗ	
6.1- So sánh và chọn phương pháp thi công.	133
6.2- Trộn và vận chuyển bê tông.	134
6.3- Rải và đầm chặt bê tông.	135
6.4- Làm khe.	137
6.5- Hoan thiện bề mặt.	137
6.6- Bảo dưỡng bê tông.	138
6.7- Đề phòng các đường nứt sớm.	138
6.8- Kiểm tra chất lượng công trình.	139
Chương VII - Các trường hợp riêng của việc xây dựng mặt đường bê tông xi măng đổ tại chỗ	
7.1- Xây dựng mặt đường BTXM hai lớp.	141
7.2- Xây dựng lớp móng bê tông.	142
7.3- Xây dựng đường bê tông theo phương pháp thủ công kết hợp cơ giới.	143
7.4- Xây dựng mặt đường bê tông cốt thép đổ tại chỗ.	149
7.5- Xây dựng mặt đường BTXM trong trường hợp nhiệt độ không khí cao.	150
7.6- Mặt đường bê tông lèn chặt bằng lu (bê tông lèn).	152

7.7- Mặt đường bê tông cốt thép liên tục	157
7.8- Mặt đường bê tông sợi thép	160
Chương VIII - Xây dựng mặt đường bê tông lắp ghép	
8.1- Khái niệm và cấu tạo mặt đường bê tông lắp ghép.	161
8.2- Công nghệ sản xuất các tấm bê tông cốt thép đúc sẵn.	165
8.3- Xây dựng mặt đường bê tông lắp ghép.	167
Chương IX - Mặt (móng) đường bằng hỗn hợp đá dăm (sỏi sạn) gia cố xi măng	
9.1- Khái niệm.	172
9.2- Các nhân tố ảnh hưởng đến tính chất cơ học của vật liệu đá gia cố xi măng.	173
9.3- Yêu cầu đối với vật liệu.	180
9.4- Chế tạo hỗn hợp và thi công mặt đường đá gia cố xi măng bằng phương pháp công nghiệp.	183
Chương X - Thiết kế mặt đường cứng sân bay	
10.1- Các số liệu cần thiết để thiết kế mặt đường bê tông sân bay.	185
10.2- Tính ứng suất trong mặt đường cứng sân bay.	187
10.3- Các toán đồ thiết kế mặt đường BTXM sân bay.	191
10.4- Các khe nối trong mặt đường cứng sân bay.	195
10.5- Tăng cường mặt đường cứng sân bay.	198
Chương XI - Kiểm tra chất lượng công tác xây dựng mặt đường BTXM	204
Chương XII - Xây dựng mặt đường cứng sân bay	
12.1- Yêu cầu vật liệu.	211
12.2- Chấp thuận các tiêu chuẩn của hỗn hợp bê tông thiết kế.	215
12.3- Xây dựng mặt đường.	216
12.4- Kiểm tra chất lượng thi công.	223
12.5- Rải mặt đường bằng máy rải có ván khuôn trượt .	224
Phụ lục 1	226
Phụ lục 2	231

LỜI TỰA CỦA BỘ TRƯỞNG BỘ GTVT

Theo quy hoạch phát triển giao thông đường bộ, ngành GTVT tiếp tục xây dựng mới và cải tạo nâng cấp hàng ngàn kilômét đường giao thông. Nhằm phát huy nội lực, tận dụng những nguyên liệu trong nước không phải nhập ngoại, nâng cao hiệu quả đầu tư và xây dựng với mục đích tiết kiệm, Bộ chủ trương đẩy mạnh các biện pháp đổi mới công nghệ để phục vụ xây dựng các công trình giao thông. Một trong các giải pháp được các nhà chuyên môn chú ý là ứng dụng mặt đường bê tông xi măng (BTXM).

Mặt đường BTXM ngày nay đã và đang được sử dụng ở nhiều quốc gia trên thế giới. Nó không chỉ thích hợp với các đường cao tốc, sân bay mà còn có thể cạnh tranh với các loại mặt đường khác, đặc biệt là đường nông thôn và miền núi. Đây là loại mặt đường có nhiều ưu điểm: nếu thi công đúng tiêu chuẩn kỹ thuật sẽ có tuổi thọ cao, độ cứng lớn, ổn định đối với nước, hao mòn ít, thích ứng với mọi loại xe, bảo dưỡng giản đơn, kinh phí duy tu sửa chữa hàng năm ít nhất v.v..

Tùy theo điều kiện của đất nền và tải trọng trục xe, giá thành của mặt đường BTXM có thể cao hơn mặt đường bê tông nhựa khoảng 1,5 đến 1,8 lần, nhưng tuổi thọ của nó có thể gấp ba, bốn lần so với mặt đường nhựa, do đó, tổng giá thành quy đổi sẽ thấp hơn. Một số đoạn đường BTXM xây dựng thí điểm trước đây trên QL1A đã khẳng định điều này. Tuy vậy, ở những vùng đất nền không đồng đều, cường độ nền quá thấp thì cần phải xem xét và cân nhắc.

Tôi cho rằng mặt đường BTXM là giải pháp kỹ thuật cần thiết và lưu ý các đơn vị từ Trung ương đến các địa phương hãy quan tâm nhiều hơn nữa đến việc ứng dụng kỹ thuật này vào công tác xây dựng đường bộ, nhất là đối với đường giao thông nông thôn và miền núi ở nước ta. Việc làm này không những tận dụng các ưu điểm vốn có của mặt đường BTXM như đã nêu trên, mà còn cho phép sử dụng nguồn nguyên liệu sẵn có, tiết kiệm ngoại tệ và góp phần kích thích sản xuất trong nước.

Tập sách "**Mặt đường BTXM đường ô tô và sân bay**" của PGS. Nguyễn Quang Chiêu do NXB Giao thông vận tải xuất bản là tài liệu tham khảo khá đầy đủ về các loại mặt và móng đường BTXM, cung cấp các yếu tố kỹ thuật cho việc xây dựng loại mặt đường này.

BỘ TRƯỞNG BỘ GTVT



LÊ NGỌC HOÀN

CÁC BẢNG CHUYỂN ĐỔI ĐƠN VỊ ĐO

Chiều dài							
km	m	mm	dặm	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
2.54 x 10 ⁻⁵	0.0254	25.4	1.578x10 ⁻⁵	2.778x10 ⁻²	8.333x10 ⁻²	1	1000
2.54 x 10 ⁻⁸	2.54 x 10 ⁻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	dặm 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	106	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	4.01x10 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	9361	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	1.594x10 ⁻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 ⁵	0.9842	1.1011	19.66	2.205x10 ³	3.527x10 ⁴
10 ⁻²	1	1000	9.842x10 ⁻⁴	1.101x10 ⁻³	1.966x10 ⁻²	2.2046	35.274
10 ⁻⁴	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/cm³ kg/m³ lb/in³ UK ton/yd³ US ton/yd³ lb/ft³

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 1.328x10³ 4.801x10⁻² 1 1.12 82.955

1.1865 1.186x10³ 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 10⁵ 1.0196x10⁵ 100.4 2.248x10⁵

10⁻³ 1 10³ 101.96 0.1004 224.82

10⁻⁶ 10³ 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 ρ rho

Σ σ sigma

T τ tau

Υ υ upsilon

Φ φ phi

X 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 ⁻³	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	1.04 x10 ³	1.035x10 ⁶	2.834 x10 ³
3.169 x10 ⁻⁶	3.169x10 ⁻⁵	1	3.28x10 ³	3.281	8.982x10 ⁻³
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 hoả (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 01
* 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 Grơnốp (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 này, 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 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 cần bản. Trong giai đoạn đầu người ta không tính toán và thường lấy chiều dày tấm bê tông từ 15-17,5cm, 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, Gônbec (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 đặt tải trọng khác nhau (ở giữa, ở cạnh và ở góc tấm). Đến năm 1930 sau khi phát hiện ảnh hưởng của sự uốn võng 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.I-va-nôp, 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 Vinele và đã được sử dụng ở Liên Xô 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 Manvelop 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 mô đun đàn hồi phản ánh chính xác thực tế hơn so với mô hình Vincle nên Mednicop đã tìm cách biểu diễn các công thức tính ứng suất của Oettergat qua mô hình mô đun đàn hồi. Kết quả là đã tìm được các công thức gần đúng (công thức Oettergat - Sêchchia - Mednicop) để tính ứng suất cho 3 trường hợp tác dụng của tải trọng theo mô hình mô đun 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, trường đại học đường ô tô Matxcơva 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 Pikêt 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 Pikêt 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 Buarơmitstơ (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 $22 \div 25$ cm. Gần đây một số nước như Pháp, Anh đã dùng các tấm bê tông dày 25 - 28cm 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 $R_u = 45 \div 55$ kG/cm² để làm mặt đường.

* PCA: Porland 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 - 30mm, tăng khoảng cách giữa các khe dãn lên 100 ÷ 200 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 loại vật liệu khác nhau (hỗn hợp cát sỏi, bê tông nghèo) với tổng chiều dày từ 15 đến 60cm 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 ô tô 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 bảo đảm 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 ($v \geq 2$ 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 pôlime để làm chất chèn khe. Với kỹ thuật này hiện nay người ta đã làm được các khe rộng 2 ÷ 4 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 ô tô, các tấm kích thước nhỏ (khoảng 2 x 2m, dày từ

15 ÷ 18cm) bằng bê tông mác thấp (150 ÷ 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 ÷ 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 dễ 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, người ta đã dùng bê tông xi măng để làm đường ở 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 dãn 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 ĐỔ TẠI CHỖ

1.1- KẾT CẤU VÀ PHÂN LOẠI MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG ĐỔ TẠI CHỖ

Mặt đường có lớp mặt bê tông xi măng đổ 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):

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.

2. Dưới tấm bê tông là lớp làm bằng mặt (dày $2 \div 3\text{cm}$) 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.

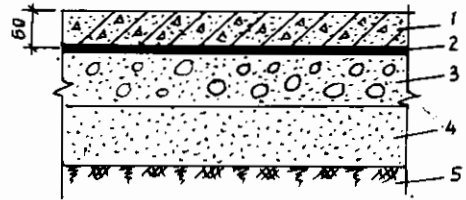
Hiện chỉ làm lớp móng cát trên các đường có mật độ xe chạy ít và nhiều ô tô loại nhẹ.

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 môđun 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 môđun 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 đổ 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.



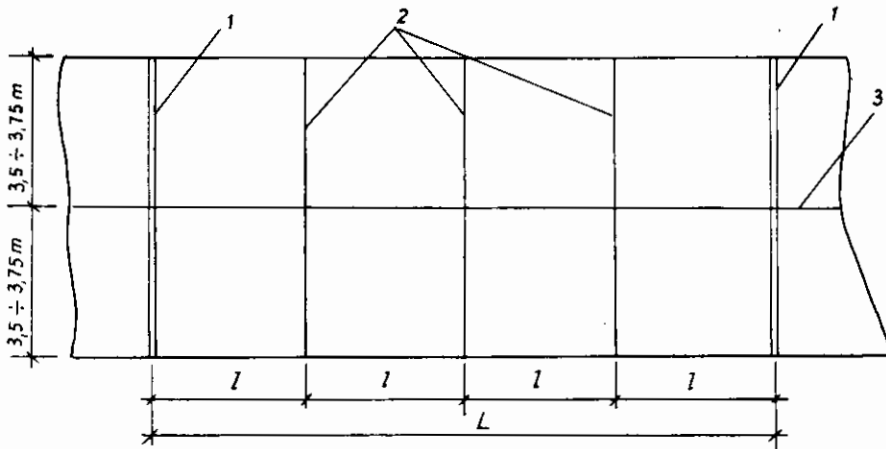
Hình 1.1. Kết cấu mặt đường bê tông xi măng.

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

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 dãn; 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 ban đầu với ứng suất nén trước.

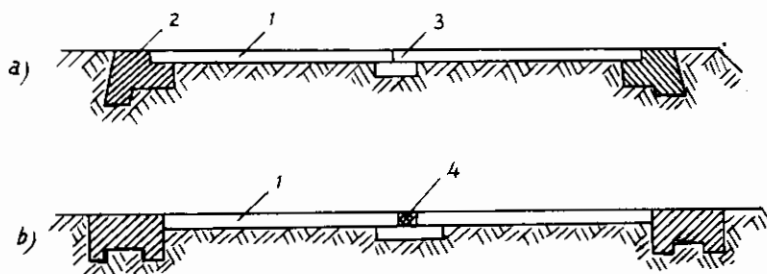
Việc tạo ứng suất nén trước (dự ứng lực) trong bê tông có thể làm bằng cách nén trong hoặc nén ngoài. Mặt đường nén trong được tạo dự ứng lực bằng cách bố trí cốt thép "dây đàn" (kéo trước) hoặc bằng các bó cốt thép (kéo sau).

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

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 + 100m.



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 25000 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 + 3,0m, rộng từ 0,2 + 0,4mm 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 dẫn 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 ÷ 250 hoặc bằng bê tông nghèo mác 50, 100 và 150.

Khi làm lớp móng bê tông có mác 200 ÷ 250 thường bố trí các khe co cách nhau từ 10 ÷ 15m và không xây dựng khe dẫn. 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 ÷ 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 ÷ 80, 100 ÷ 120 và 150 ÷ 160 kg/m³. 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 ÷ 15cm. Chiều dày lớp móng bê tông nghèo được xác định qua tính toán, thường vào khoảng 16-24cm. Khoảng cách giữa các khe từ 40 ÷ 80m.

- 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 qui định của Pháp, loại mặt đường này được tạm thời sử dụng trên các đường ô tô có mật độ giao thông cấp T₂ và T₃ (từ 3000 ÷ 6000 và từ 1000 ÷ 3000 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 ÷ 20 lần) và lu bánh lốp (10 ÷ 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 ÷ 340kg xi măng cho 1m³ bê tông) và khi mật độ giao thông dưới 1000 xe/ngày đêm thì không cần làm lớp bảo vệ. Với đường có nhiều xe chạy (mật độ giao thông N > 1000 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.

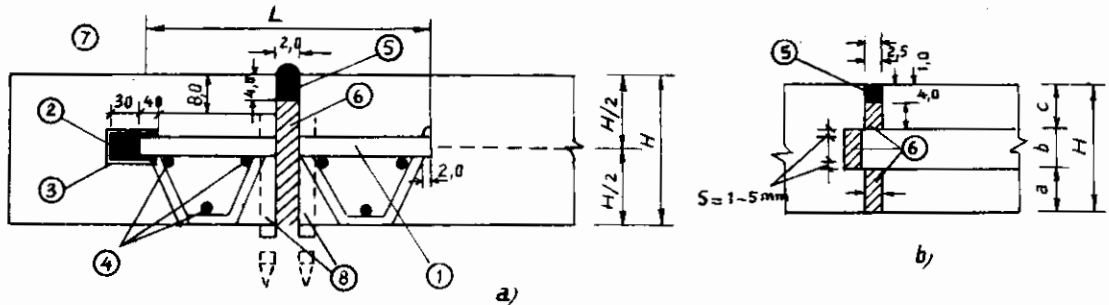
- Giảm bớt các vết nứt dọc xuất hiện trong phần giữa của mặt đường do sự bất lợi về chế độ thủy nhiệt của nền đường gây ra.

- 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 ÷ 2cm;
7. Quét nhựa; 8. Cọc gỗ 4x4x80cm 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.

Các khe co và khe giãn trên đây được bố trí theo hướng ngang (hướng thẳng góc với tim đường) của mặt đường nên còn gọi là các khe ngang.

Khe dọc là một dạng của khe to và có thể bố trí theo kiểu khe co giả khi đổ bê tông bằng máy trên một dải rộng 7m, hoặc bố trí theo khe co kiểu ngàm, khi đổ bê tông theo từng vệt bằng chiều rộng tấm bê tông, hay đổ bê tông theo từng tấm một bằng phương pháp thủ công. Để tránh cho khe dọc không bị mở rộng miệng các thanh truyền lực trong khe dọc được đặt cố định trong bê tông (không quét nhựa đường), tạo nên những khớp mềm trong mặt đường.

Để đảm bảo cho tấm bê tông có thể dãn dài và giảm bớt lực nên ở hai đầu tấm, cần phải bố trí tấm đệm đàn hồi (thường bằng gỗ mềm) trong khe dẫn. Tấm đệm này thường thấp hơn mặt bê tông 3cm, trên làm rãnh và chèn nhựa mát tít vào (nếu xẻ khe trong bê tông mới đông cứng thì chỉ cần đặt thấp hơn mặt đường $0,5 \div 1\text{cm}$). Chiều dày của tấm đệm thường lấy từ $20 \div 25\text{mm}$, khi khoảng cách giữa hai khe dẫn từ $25 \div 40\text{m}$. Nếu khoảng cách giữa hai khe dẫn trên 40m thì chiều dày tấm đệm (hoặc chiều rộng của khe dẫn a (mm) được tính theo công thức:

$$a = \alpha L (T_{\max} - T_f - T_{cr}) + \delta$$

trong đó:

α - hệ số nở nhiệt của bê tông ($\alpha = 0.00001$);

L - khoảng cách giữa hai khe dẫn (mm);

T_{\max} - nhiệt độ lớn nhất của bê tông mặt đường trong thời kỳ khai thác;

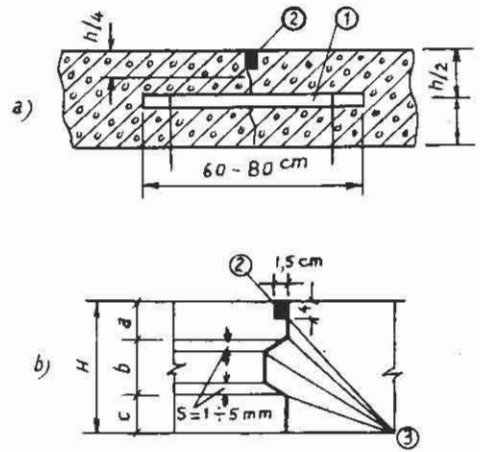
T_f - nhiệt độ của hỗn hợp bê tông lúc thi công;

T_{cr} - nhiệt độ co ngót của bê tông khi đông cứng, tương đương với sự hạ thấp nhiệt độ là 15°C .

δ - chiều dày tấm gỗ đệm, trong trường hợp thông thường $\delta = 20 \div 25\text{mm}$.

Khi tải trọng tác dụng ở gần khe, sẽ xuất hiện mômen uốn và độ võng tương đối lớn nên cần phải bố trí các thanh truyền lực để truyền tải trọng giữa các tấm.

Nhiều công trình nghiên cứu thực nghiệm đã xác nhận hiệu quả của các thanh truyền lực. Nếu bố trí các thanh truyền lực có đường kính và chiều dài cần thiết, số lượng đầy đủ đúng vị trí thì tác dụng sẽ rất tốt, nếu bố trí không đúng thì mặt đường dễ bị hư hỏng ở đúng tại những vị trí này.



Hình 1.5. Cấu tạo của khe co
(kích thước tính bằng cm).

a) Khe co giả có thanh truyền lực;

b) Khe co kiểu ngàm

1. Thanh truyền lực; 2. Matit nhựa;

3. Quét nhựa bitum dày $1,0 \div 1,5$ mm.

Cần phải đặt các thanh truyền lực song song với mặt tấm bê tông và song song với tim 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 100cm (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: - Tùy 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.

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
	Khe co	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
	Khe co	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 dãn cần phải có biện pháp thiết kế đặc biệt để tấm bê tông không bị đội lên.

Giáo sư Medicôp (Liên Xô) 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 dãn). 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 Medicôp đã kết luận là có thể bỏ khe dãn khi xây dựng mặt đường bê tông xi măng ở Liên Xô.

Giá trị gần đúng của ứng suất nén tác dụng lên các đầu tấm do tấm không dãn 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 - mô đun đàn hồi của bê tông (kG/cm²);

α - hệ số dãn 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 ÷ 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 thỏa 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 thỏa 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 tấmlà vùng chịu ứng suất lớn nhất của tấml 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 ÷ 1,0 độ chặt tiêu chuẩn trong phạm vi chiều sâu 0,4 ÷ 0,5m.

Các nước Đức, Mỹ, Bỉ đều đã tăng độ chặt yêu cầu lên đến 0,98 ÷ 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 ÷ 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 ÷ 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 ÷ 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 vồng, nhưng trọng lượng bản thân của tấm và sự liên kết với các tấm chung quanh cản trở sự uốn vồng này và làm xuất hiện ứng suất kéo uốn trong tấm bê tông. Giá trị của ứng suất uốn vồng này thường khá lớn.

2.2- CÁC GIẢ THUYẾT 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 thuyết 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.

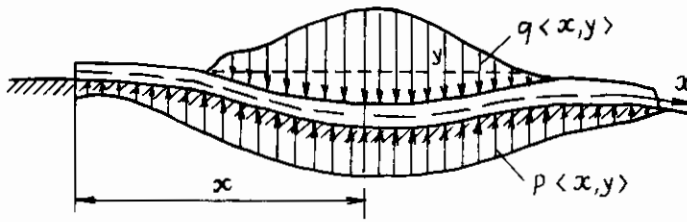
5. Ứng suất nhiệt có thể tính toán riêng hoặc xét gộp trong hệ số điều kiện làm việc.

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 - tọa độ ở điểm giữa của mặt tấm;

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

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);

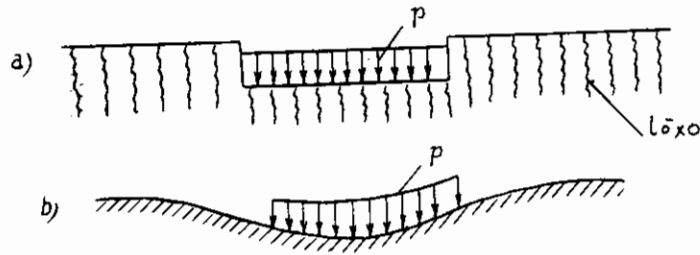
$p_0 f(x, y)$ - phản lực thẳng đứng của lực đàn hồi (kG/cm²).

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 Oettergat, 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 môđun 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 Séchchia cho tấm vô hạn, lời giải của Gorbunôp - Pôsadôp 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, phân 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.

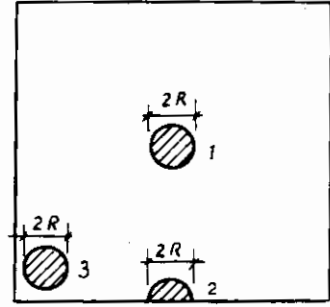
2.4. TÍNH TOÁN MẶT ĐƯỜNG BÊTÔNG XI MĂNG THEO PHƯƠNG PHÁP OETTEROGAT (WESTERGAARD)

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.

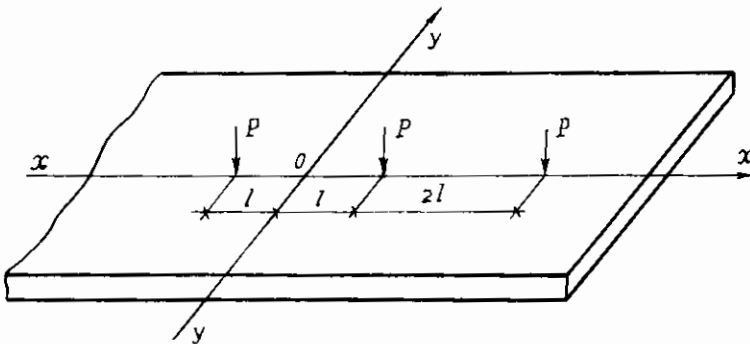
2. Tính toán cho 3 trường hợp tác dụng tải trọng khác nhau ở giữa, ở cạnh và ở góc tấm (hình 2.3) và xem tấm bê tông là vô hạn được đặt trên nền đất dẻo bão hoà (mô hình nền của (Vincle - Simeroman)).

Trong trường hợp tải trọng tác dụng ở giữa tấm Oetterogat xem các tải trọng tập trung P được đặt đều nhau một khoảng cách $2l$ như hình 2.4.



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:

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

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

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

Ngay tại điểm tác dụng tải trọng P sẽ có độ võng lớn nhất (ω_{\max}). Thay $x = 1$ 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 Oettergat 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 võng 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

$$L = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}} \quad (2-11)$$

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/cm^2);

μ - Hệ số Poatsông của bê tông;

k - Hệ số nền (kG/cm^2);

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 MĂNG THEO GIẢ THUYẾT 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 Businec (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.

Gorbunop - Pôsadop 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.

Gorbunop - Pôsadop 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 Oettergat với mô hình hệ số nền là giải quyết được. Nếu dùng phương pháp Sêchchia, Gorbunop - Pôsadop 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_o và hệ số Poatsông μ_o của nền móng.

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

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

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

trong đó:

E_o, μ_o - 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.

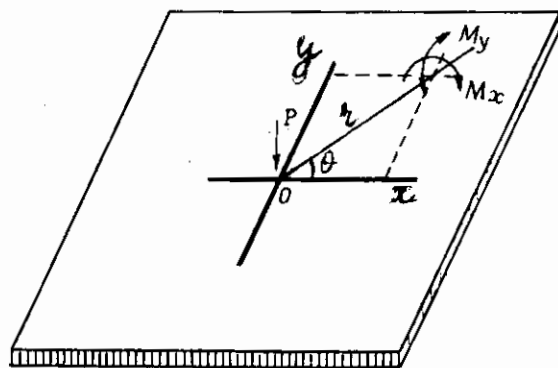
Khi $S = 0,5$ thì tấm tuyệt đối cứng, tức là dưới tác dụng của tải trọng, các điểm của tấm có một độ lún giống nhau, còn sự phân bố phản lực của móng thì giống như dưới tấm ép cứng.

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 tọa độ độc cực hoặc tọa độ thẳng góc. Trong hệ tọa 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 tọa 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 đo tải trọng gây ra trên cùng điểm đó, thì liên hệ giữa mômen uốn trong hai hệ toạ độ như sau:

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

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

$$\omega = \omega \frac{(1 - \mu_o^2)P}{E_o L} \quad (2-16)$$

trong đó:

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

theo tỉ 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:

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

- 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:

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

trong đó:

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

- 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 tấm tính theo công thức:

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

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

trong đó:

A, B - các hệ số không thứ nguyên;

\bar{M}_t, \bar{M}_r - mômen uốn tiếp tuyến và mômen uốn hướng tâm đơn vị khi $\mu_b = 0,15$;

$$\text{tra ở bảng 2.1 theo tỉ số } \rho = \frac{r}{L}.$$

(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 - Pôsađôp 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_o .

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

- 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:

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

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

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.

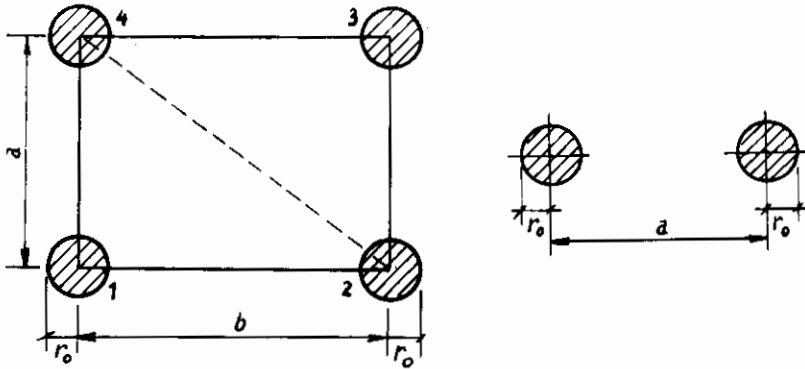
Mômen uốn do cụm 4 bánh xe gây ra ở tiết diện tính toán dưới bánh xe 1:

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

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:
$$\omega_o = \left(\bar{\omega}_1 + \bar{\omega}_2 + \bar{\omega}_3 + \bar{\omega}_4 \right) \frac{1 - \mu_o}{E_o L} P \dots, \quad (2-25)$$

Trong đó:

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

\bar{M}_{t2} ; $\bar{\omega}_2$ - Tra bảng 2.1 căn cứ vào $\rho_2 = \frac{a}{L}$;

\bar{M}_{t3} , \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, $\bar{\omega}_o$ tra bảng 2-1 khi $\rho = 0$ ($\bar{\omega}_o = 0,385$) ;

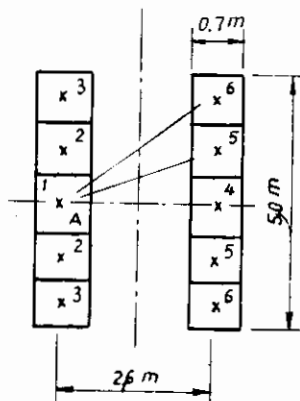
r_o - Bán kính vòng tròn vệt bánh xe tương đương.

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

Với cụm bánh kép (hình 2.6b) thì trong các công thức (2.24) và (2.25) có:

$$\bar{\omega}_3 = \bar{\omega}_4 = \bar{M}_{t3} = \bar{M}_{r3} = \bar{M}_{r4} = 0 .$$

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_1 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 Oettergat 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:

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

Với
$$\alpha_0 = 1,91C \frac{h}{R} \sqrt[3]{\frac{E(1-\mu_0^2)}{E_0(1-\mu_b^2)}} \quad (2-28)$$

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

$$\alpha_0 = 1,85C \frac{h}{R} \sqrt[3]{\frac{E}{E_0}} \quad (2-29)$$

Dựa vào mỗi 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:

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

Với α_i - 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_i cho trong các bảng 2.2, 2.3 và 2.4.

Bảng 2.2

Giá trị của hệ số α_1

$\frac{E_b}{E_o}$	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	0,92	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

$\frac{E_b}{E_o}$	Giá trị của hệ số α_2 với các tỉ số $\frac{h}{R}$ 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

Giá trị của hệ số α_3

$\frac{E_b}{E_o}$	Giá trị của hệ số α_3 với các tỉ số $\frac{h}{R}$ 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_o và độ võng ω_o sinh ra trong các tấm này được xác định theo phương pháp của Gorbunốp - Pôsadôp 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:

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

trong đó:

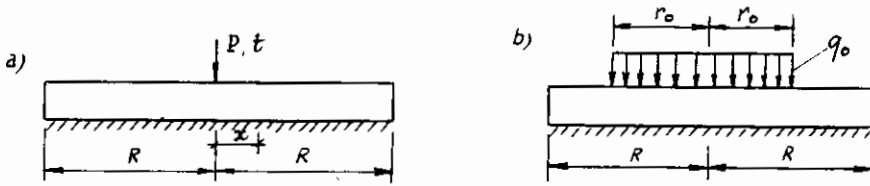
$$D - \text{Độ cứng hình trụ của tấm: } D = \frac{E_b h^3}{12(1-\mu_b^2)} \quad (2-32)$$

$\bar{\omega}$ - 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 \bar{M}_r

Độ cứng S	$\rho = x/R$									
	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 \bar{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:

$$M_r = M_t = (\bar{M}_A + \bar{M}_B), \quad (2.35)$$

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 ;

\bar{M}_A, \bar{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)

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

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:

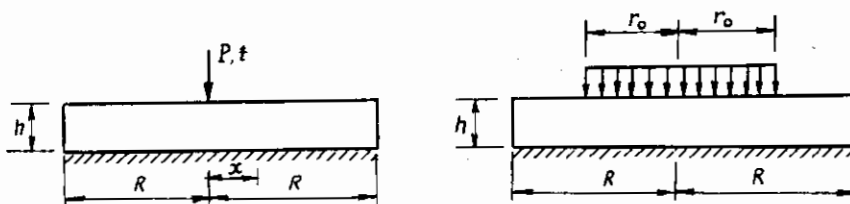
$$M_r = \bar{M}_r P \tag{2.36}$$

$$M_t = \bar{M}_t P \tag{2.37}$$

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

Trị số M_r, 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:

$$M_t = M_r = \overline{MP} , \quad (2.38)$$

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 võng 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 ($m^2/\text{giờ}$).

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

$$t(z = 0, \tau) = t_{bq} + A \cos \omega \tau \dots, \quad (2.41)$$

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:

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

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

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 ($^{\circ}\text{C}$)	$t_{15} = 26,6$	$t_{15} = 30,2$	$t_{16} = 31$	$t_{15} = 31,4$	$t_{15} = 30,9$	$t_{15} = 29,7$
Nhiệt độ không khí nhỏ nhất t_{\min}^k ($^{\circ}\text{C}$)	$t_8 = 22,4$	$t_4 = 22,8$	$t_6 = 26,4$	$t_5 = 26,8$	$t_5 = 26,5$	$t_6 = 25,1$
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:

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

Gọi
$$M = e^{-h\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \cdot \cos\left(-h\sqrt{\frac{\omega}{2a}}\right) \dots, \quad (2.48)$$

ta có :
$$\Delta t_{\max} = A(1 - M). \quad (2.49)$$

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 gradient 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

Gradient 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	1,438	14,81	16,49	17,52	18,04
2. Mặt đường bê tông xi măng cũ ướt	5,33	9,91	13,68	16,19	18,25	19,38	19,96
3. Mặt đường bê tông xi măng mới đổ 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 gradient 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 "Oettersgat - 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 dãn 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:

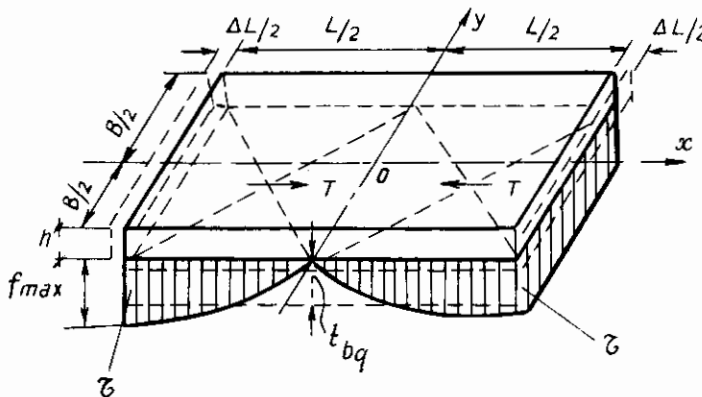
γ - Dung trọng bê tông ($\gamma = 0,0024 \text{ g/cm}^3$); L, B, h - Chiều dài, chiều rộng và chiều dày tấm (cm); f - Hệ số ma sát giữa đáy tấm và lớp móng.

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 Bạ-kốp đã thay lại như sau:

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

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 - 0,8,4

Từ công thức (2.52) có thể tính được chiều dài tấm bê tông (khoảng cách giữa 2 khe co):

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

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:

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

Trong trường hợp các tấm có tỉ 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 Oettergat - 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;

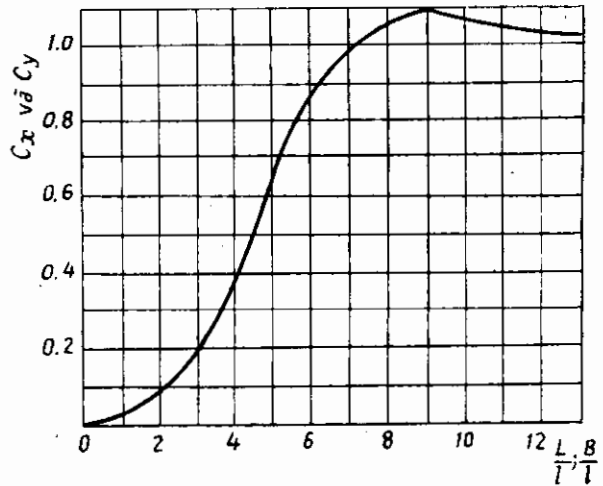
α - Hệ số giãn dài do nhiệt độ của bê tông, $\alpha = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

E_t - Môđun 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 - môđun 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 Alinhton (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 (1), 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:

$$C_x \text{ hoặc } C_y = 1 - \frac{2 \cos \lambda \cdot \cosh \lambda}{\sin 2\lambda + \sinh \lambda} (\operatorname{tg} \lambda + \operatorname{tgh} \lambda) \quad (2-58)$$

Trong đó khi tính C_x thì lấy $\lambda = \frac{l}{L\sqrt{8}}$, 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 lớn mặt p KG/cm ²	Đường kính tính toán của vết bánh D, (cm)
Mang lưới chung	Nhóm A			
	ô tô	10.000	6	33
	ô tô buýt	11.500	6	35
	Nhóm B			
	ô tô	6000	5	28
	ô tô buýt	7000	5	30
Đường thành phố	H30	12.000	6	36
	H10	9.50	5,5	33

Bảng 2.19

Các chỉ tiêu chủ yếu của xe xích

Chỉ	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.

Trường Đại học đường ô tô Mátxcơva (MAD) 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:

Bảng 2.20

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

Tỉ 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
$\leq 50\%$	1.500.000 (còn chưa bị phá hoại)	$\geq 2,0$

$$K_y = 1,08(N)^{-0,063} \dots \quad (2.59)$$

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 trọng tải 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.

Môđun 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 môđun 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 môđun đàn hồi khi nén và khi uốn gần giống nhau nên có thể lấy theo mác 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 môđun 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 môđun đàn hồi hoặc môđun 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 môđun biến dạng của nền đất dưới tấm bê tông được lấy cao hơn môđun biến dạng dưới mặt đường mềm từ 3-4 lần, và được xem như là môđun đàn hồi.

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)					
	φ (độ)	43	(nt)					
Cát hạt vừa	E (kG/cm ²)	1205						
	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 - λ thực đo để tính ra môđun ứng với biến dạng tương đối λ.

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

$$\sigma_0 = 0,19 Pa^2 \dots, \quad (2.63)$$

trong đó:
$$a = \frac{1}{h} \sqrt[3]{\frac{6E_0}{E}}$$

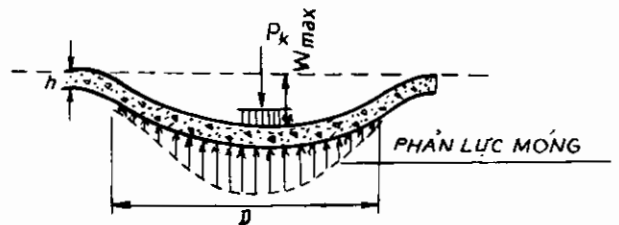
Giả thiết áp lực σ_0 phân bố đều trên diện tích vòng tròn đường kính D (hình 2.12) thì giữa D và σ_0 có quan hệ sau:

$$\sigma_0 = \frac{4P}{\pi D^2} \dots \quad (2.64)$$

Từ (2.63) và (2.64) ta có:

$$D = \frac{2,58}{a} = 1,42h \sqrt[3]{\frac{E}{E_0}} \dots \quad (2.65)$$

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



Hình 2.12.

$$l_{\max} = 0,385 \frac{Pa(1-\mu_o^2)}{E_o} \dots \quad (2.66)$$

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_o .

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

Khi sử dụng phương pháp *Oettergat* 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 môđun 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:

$$K = \frac{E_p}{125} \text{ (kG/cm}^3\text{) } \dots \quad (2.67)$$

Bảng 2.23

Các đặc trưng tính toán của vật liệu lớp móng

Vật liệu	Môđun 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 xi 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 với
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):

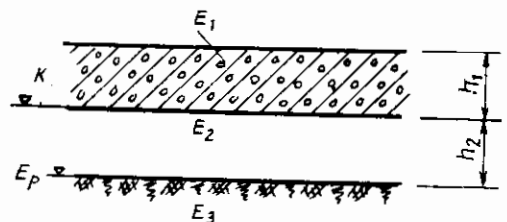
$$K = \frac{E_p}{(h_1^*)^2 \left[\frac{1}{h^*} - \frac{h_e}{h_2^*} \left(\frac{1}{h^*} - \frac{1}{h_1^*} \right) \right]} \quad (\text{KG/cm}^3), \quad (2.68)$$

trong đó:

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

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

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



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, Séchchia, Gorbunop - Pôsadop) 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 tầng của Kogan.

Tìm được K_{td} hoặc E_{td} thì thay vào công thức của Oetterögarat hoặc công thức của Sêchchia, Gorbunốp - Pôsadốp.

Theo cách tính toán này thì do làm một lớp móng cứng bằng cát gia cố xi măng dày 15cm có thể giảm 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:

$$\tau_{aM} = \frac{P_t}{2L^2 \cos \varphi} [(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi] , \quad (2.71)$$

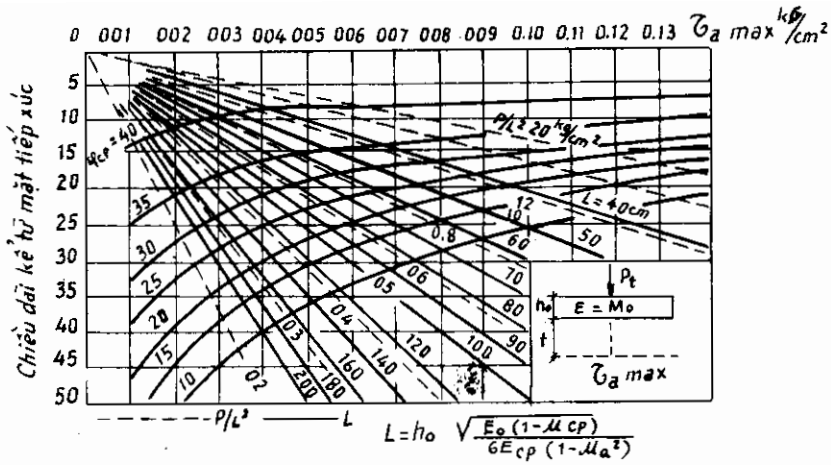
Với P_t - Tải trọng tính toán: $P_t = 1,2P$;

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 Giêlêdnikốp 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 .



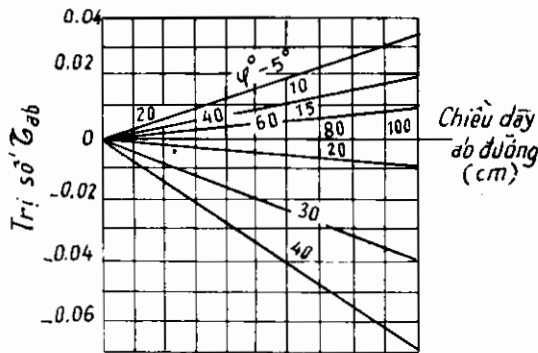
Hình 2.14. Toán đồ xác định τ_{aM} dưới mặt đường bê tông xi măng.

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:

$$k' = k_1 k' \dots \tag{2.72}$$

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 tám, 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).

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 (mô đun 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 mô đun đàn hồi để đặc trưng cho cường độ của nền đường.

- Phương pháp Westergaard, - Shekter, 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 đồng đều 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 4200000 lb/in² (294000 kG/cm²). Theo hướng dẫn thiết kế của Mỹ thì không cần bố trí khe dẫn, trừ với các tấm bê tông tiếp giáp với các kết cấu cố định. Trong trường hợp này chiều rộng khe dẫn 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 dỏ. 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 tỉ 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 5000 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.

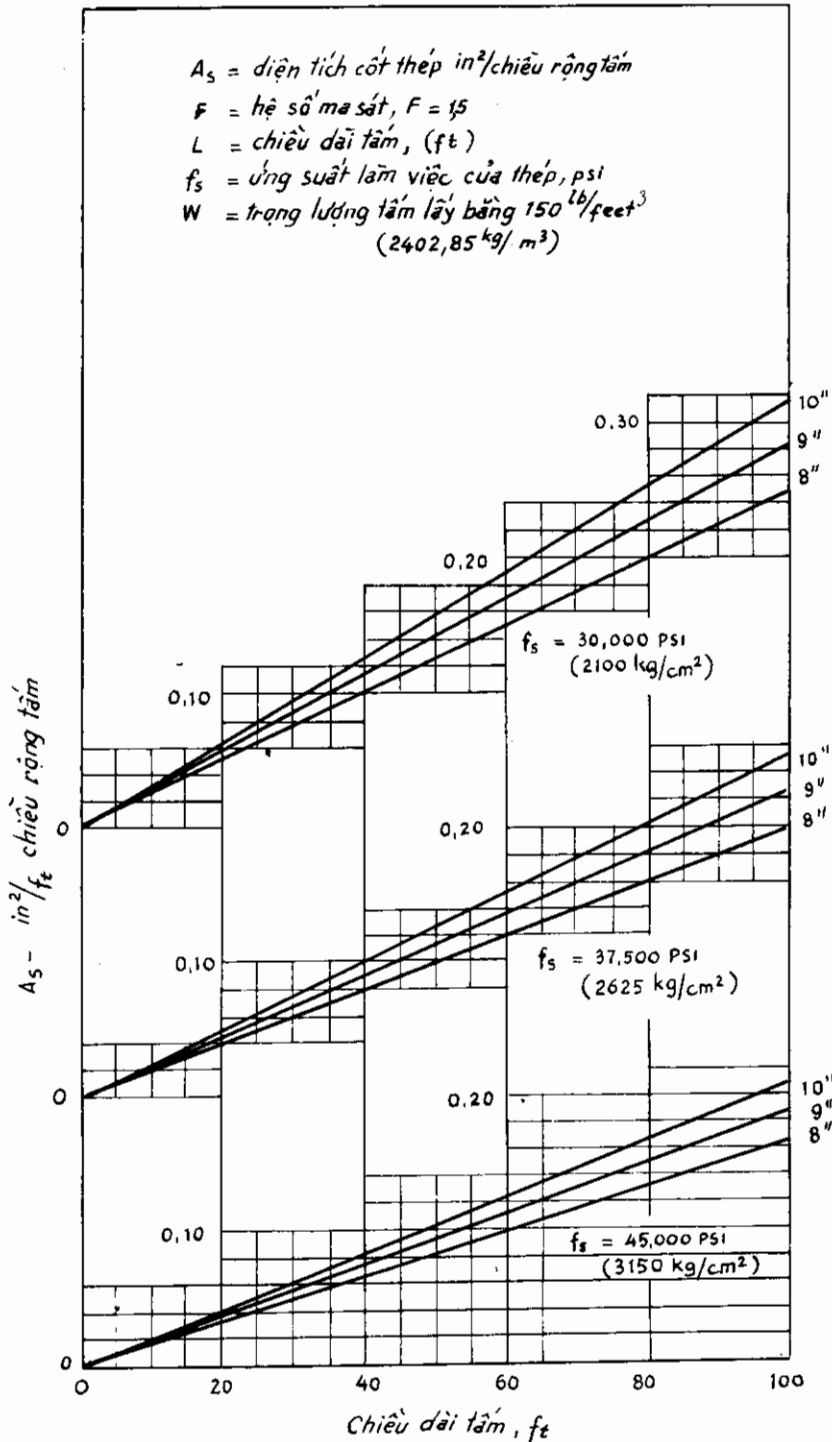
A_s - diện tích cốt thép, in²/chiều rộng tấm;

F - hệ số ma sát, $F = 1,5$;

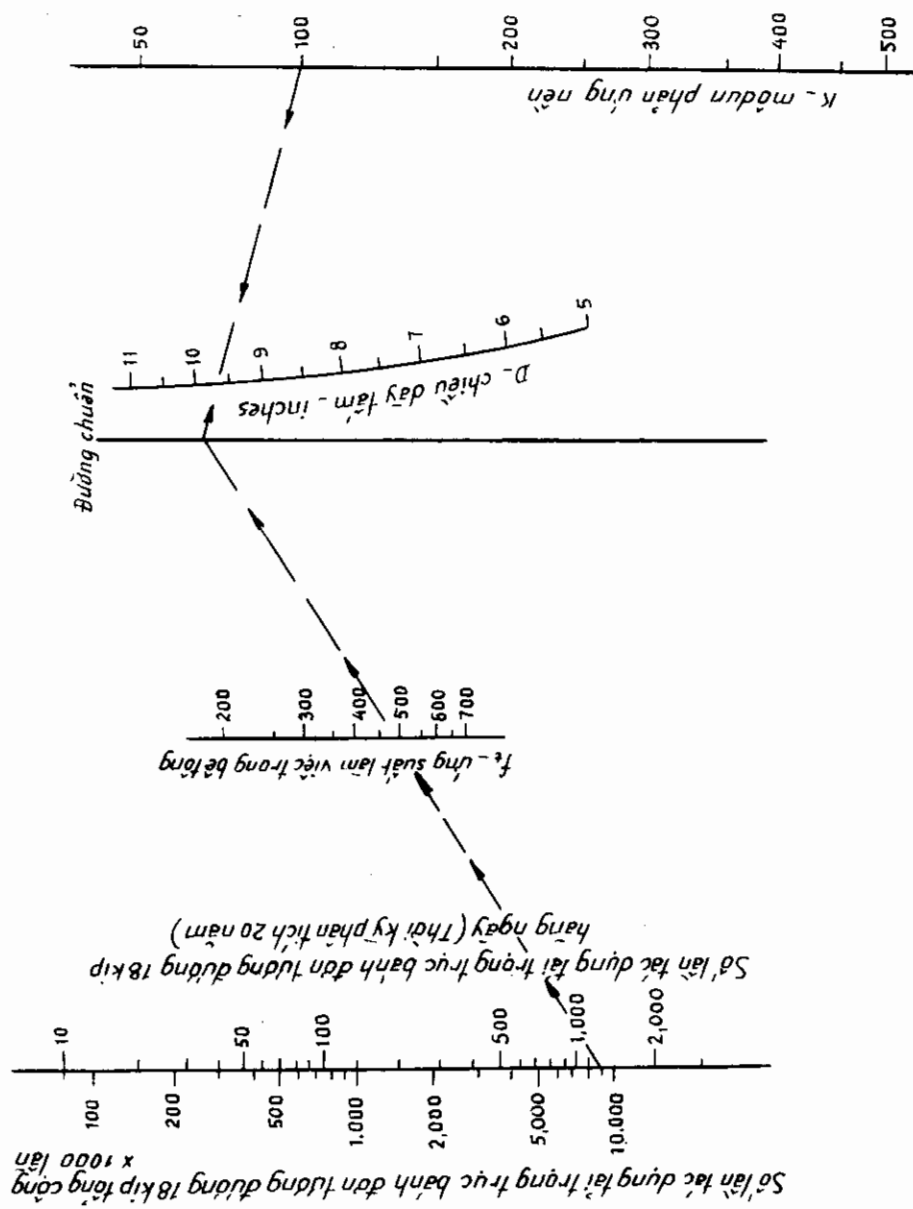
L - chiều dài tấm, (ft);

f_s - ứng suất làm việc của thép, psi;

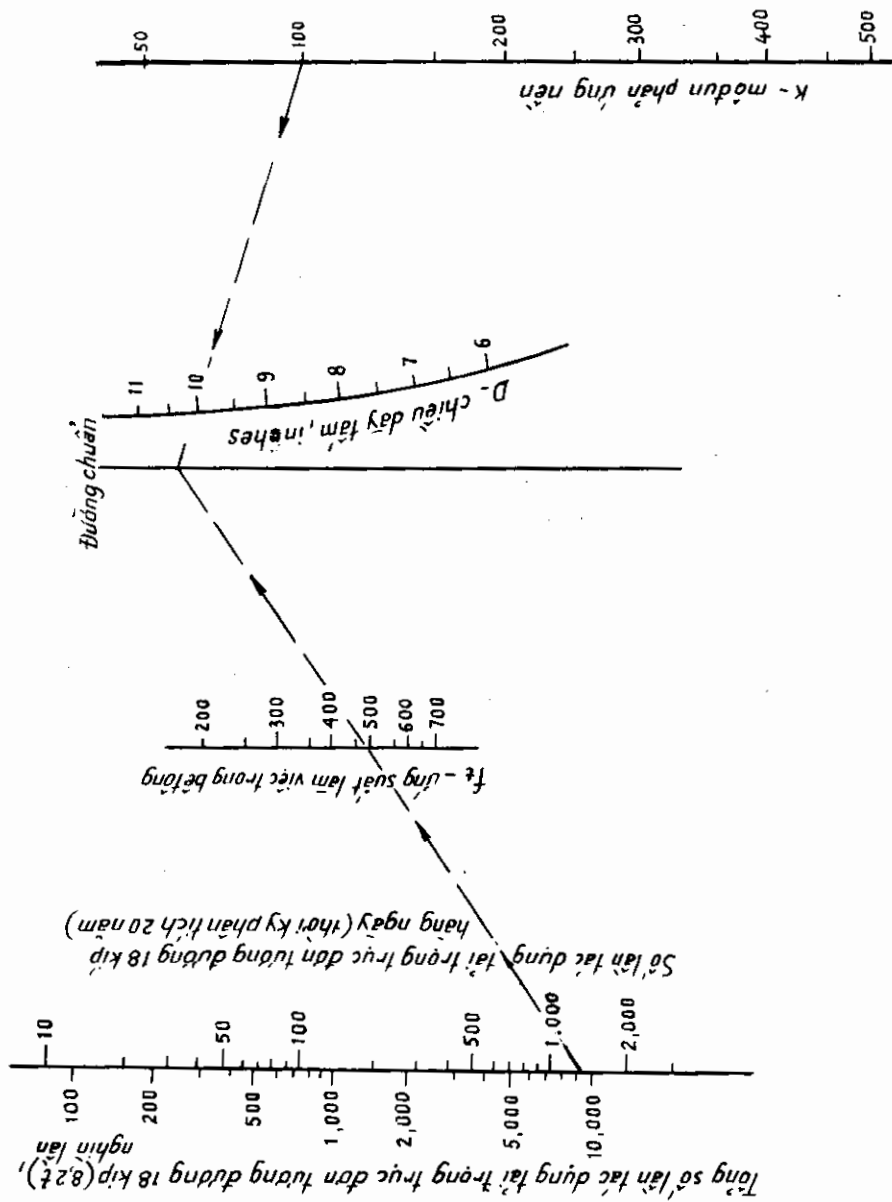
w - trọng lượng tấm, lấy bằng 150 lb / ft³ (2402,85 kg/m³).



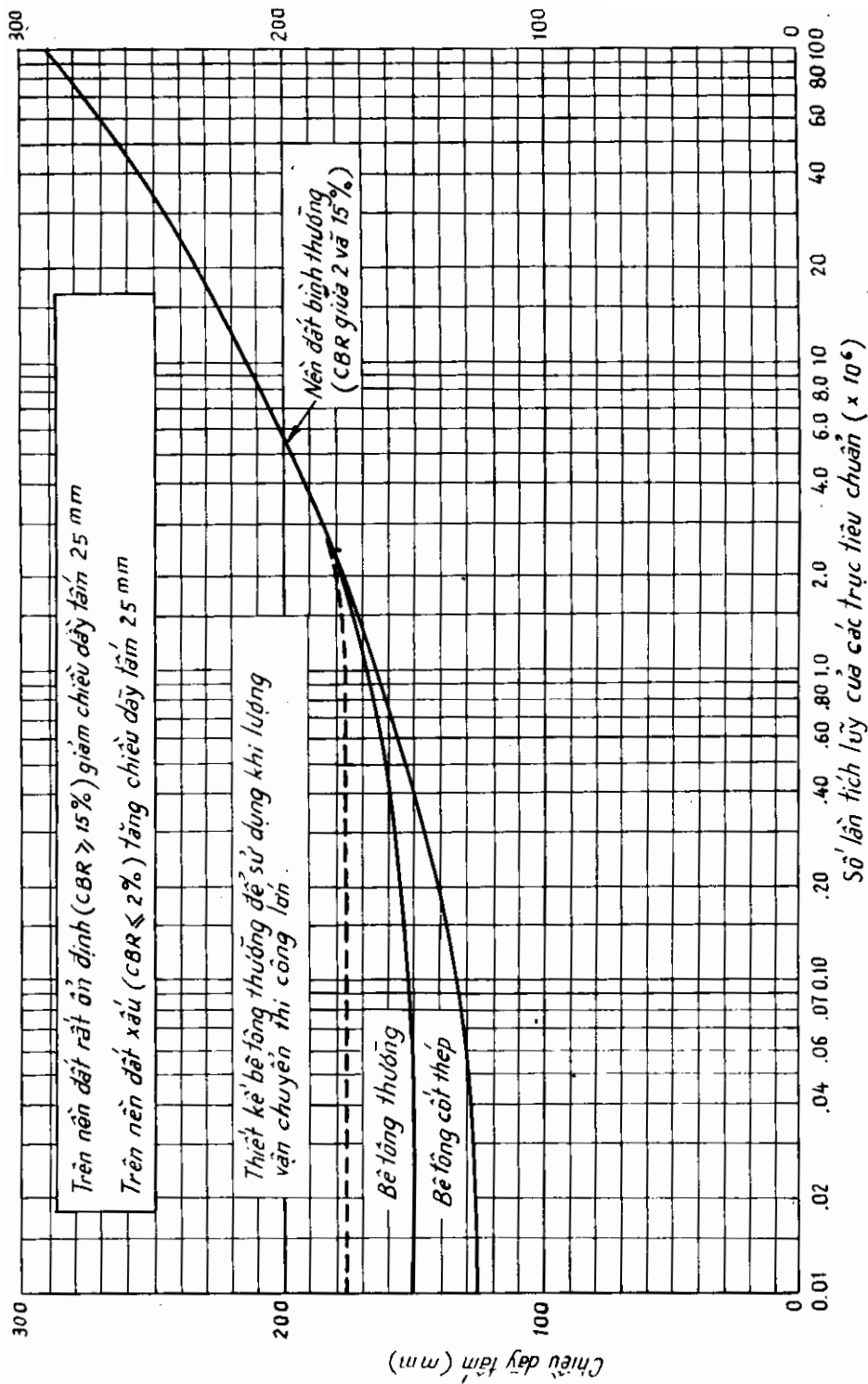
Hình 3-1. Phân bố cốt thép yêu cầu trong mặt đường cứng.



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



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



Hình 3-4. Chiều dày tấm bê tông.

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/cm 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 (%)					
$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{6}{15}$	>15		
180	130	80	0		
Kích thước thanh truyền lực (mm)					
Chiều dày tấm	Khe dẫn		Khe co		
	φ	L	φ	L (thanh đặt trước)	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.

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 các 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 280 mm 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

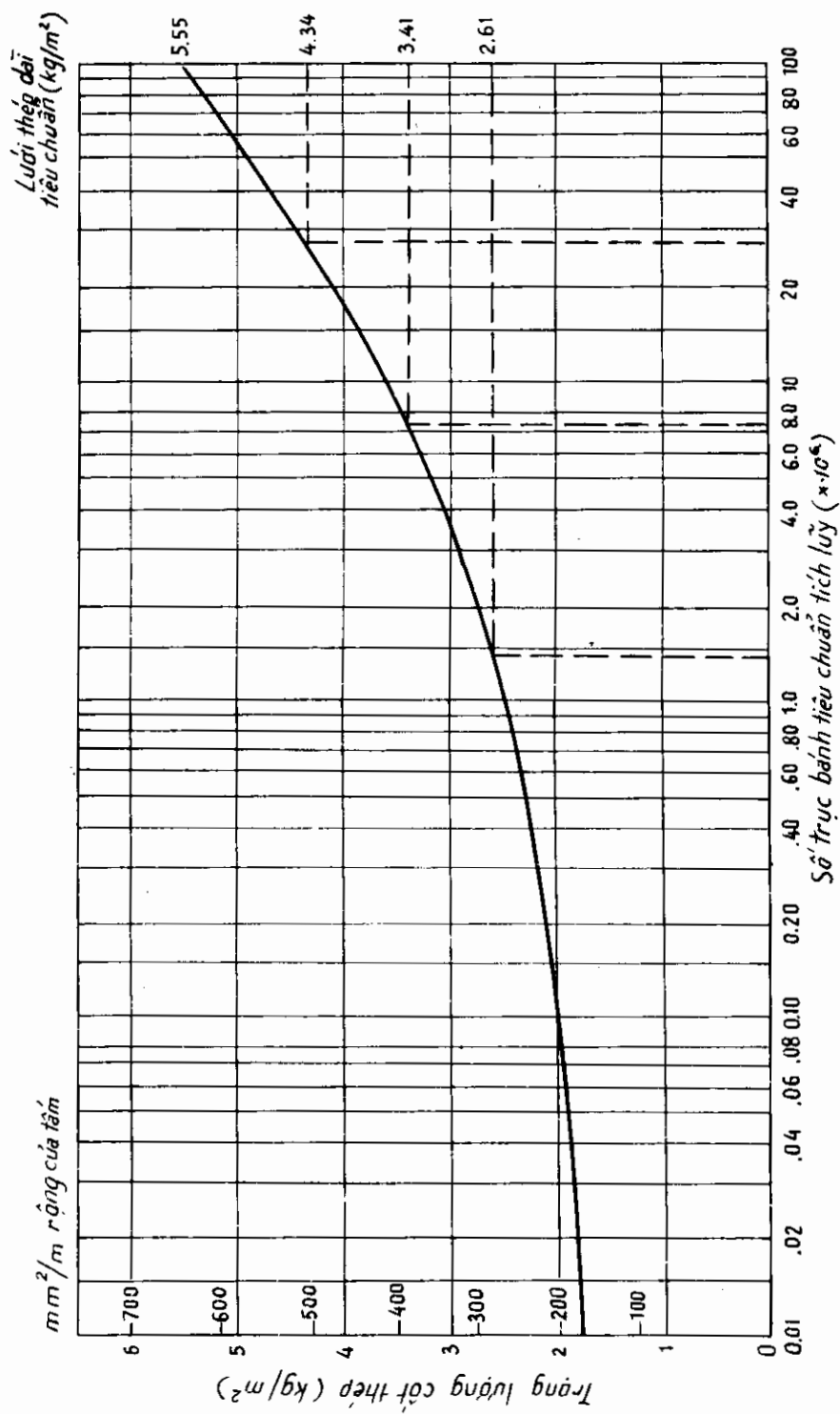
Chú thích: (*) Cộng thêm 280mm chiều dày của lớp nền cải thiện.

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 thép tăng cường 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) ta được ở toán đồ 3-6.

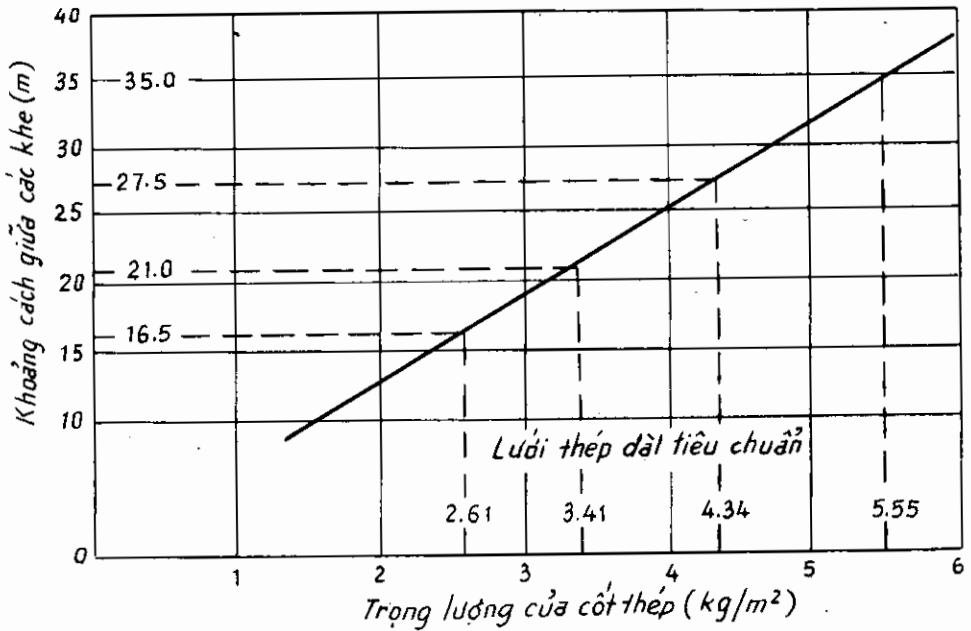
Cứ ba khe thì bố trí một khe dẫn, các khe còn lại là khe co. Nếu đổ bê tông trong các tháng mùa hè thì không làm khe dẫn, trừ các khe tiếp giáp với các kết cấu cố định. Nếu cốt liệu của bê tông là đá vôi thì có thể tăng khoảng cách giữa các khe lên 20%.

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.



Hình 3-6. Khoảng cách giữa các khe trong tấm bê tông cốt thép.

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:

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

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;

σ_{bt} (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:

$$K_r = 10^{-ub^5}$$

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.

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 ứng với 1 triệu lần tác dụng tải trọng

$$\delta = \left[SN^2 + (c^2 / b^2) S_h^2 \right]^{0,5},$$

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;

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

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).

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 rui 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 rui ro của lớp mặt thì độ rui ro của lớp móng là $r_2 = 2r_1$.

- Với các kết cấu có bố trí thanh truyền lực thì độ rui 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 vệt 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_{bt} . 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_{bt} (MPa) (bảng 3-8).

Bảng 3-8

Cấp bê tông	σ_{bt} (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 $\sigma_6 = 0,65 \sigma_{bt}$.

- 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 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 0,7 ÷ 1m.

d) Các thanh truyền lực

Các thanh truyền lực là thép tròn trơn phù hợp tiêu chuẩn NFA35-015 được bố trí ở giữa chiều dày của tấm bê tông và song song với tim 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 mái 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_b (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

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

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

$$K_r = 10^{-ub^5}$$

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

$$b = -1/16$$

$$c = 0,02$$

$$\delta = \left[SN^2 + \left(\frac{c^2}{b^2} \right) S_h^2 \right]^{0,5}$$

$$= \left[1 + \left[\frac{0,02^2}{(-1/16)^2} \right] \times 1 \right]^{0,5} = 1,050$$

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

$$K_r = 0,78$$

$$K_d = 1/1,47$$

$$K_c = 1/5$$

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

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 15cm (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.

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

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

Môđun đàn hồi của nền đất $E_o = 50 \text{ MPa}$, $\mu_o = 0,35$.

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	
	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

$$S = fP/L_s ,$$

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.

Kế 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 nén 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) Môđun 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).

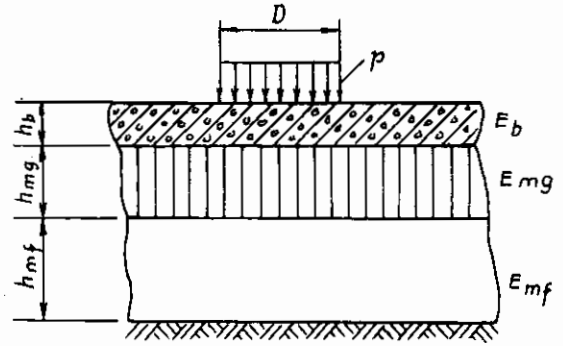
Trong đó:

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

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

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

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



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/cm^2);

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} - môđun đàn hồi tương đương trên mặt lớp mỏng (kG/cm^2); μ_{td} - Hệ số Poatsông tương đương của lớp mỏng; E_b - Môđun đàn hồi của bê tông xi măng (kG/cm^2); 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	00	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 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:

$$M = \overline{MP}$$

Trong đó: \overline{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:

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

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 \overline{M}_x (\overline{M}_y)

η (ξ)	Giá trị của \overline{M}_x \overline{M}_y khi ξ (η)										
	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 bảo đảm 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 giãn 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:

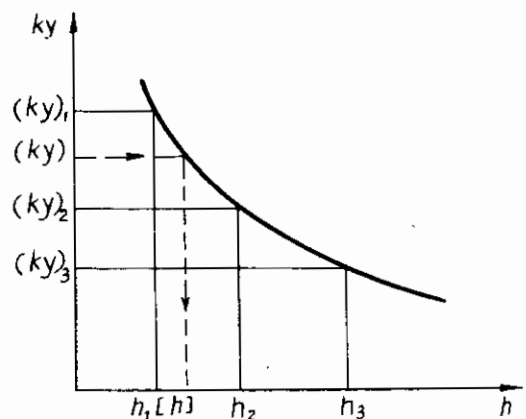
$$h = \sqrt{\frac{6M}{k_b \cdot k_t \cdot k_o \cdot k_y \cdot R_{ku}}}$$

Trong đó: M - mômen uốn trên đơn vị chiều rộng xác định theo công thức Sêchchia hoặc Gorbunôp - Pasadôp; 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 môi 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 3-5), 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

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

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

k_o - hệ số xét đến ảnh hưởng của sự tương đồng nhất về cường độ của đất ;

$k_n - 0,5$; 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 và \bar{P}_∞ - 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).

Giá trị của \bar{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	∞
\bar{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 [l] 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 [l] (mm)	
	Đo bằng chùy 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:

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

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 [1] của tấm không được nhỏ hơn giá trị của E_{td}^{yc} cho ở bảng 3-17.

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

Phương pháp tính toán của Liên Xô là phương pháp tính mặt đường cứng khá hoàn chỉnh có căn cứ khoa học và tương đối đơn giản có thể áp dụng để tính mặt 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 hội 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:

$$k_b = \frac{1}{k^3} \left[\frac{\sum (k_t \sum T_1)}{3 \sum T_2} + \frac{2(T_n - \sum T_2)}{3T_n} \right]^{-0,063}$$

trong đó:

$$k_t \left(\frac{\sigma_{po}}{\sigma_p} \right)^{15,9} = \left(\frac{\sigma_p + \sigma_o}{\sigma_p} \right)^{15,3} \quad \text{là hệ số tính đổi khi có sự tác dụng phối hợp của } \sigma_p + \sigma_o$$

thành σ_p ; $\alpha_1 = 0,3552 - 0,55704 \ln \frac{R}{L}$ hoặc $\alpha_1 = 0,3552 - 1,28494 \lg \frac{R}{L}$; α_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_o - 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 $k_3 = 1,08$.

$\sum T_1$ - 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.

$\sum T_2$ - 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 $\sum T_2 = 4385$ 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 mặt 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_1 trong một năm từ biên độ nhỏ nhất là 0,5°C đến biên độ lớn nhất là 13,5°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 6 T;

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 x 6m; bê tông mác 306 có $E_b = 3,5 \cdot 10^5$, $R_{kv} = 45 \text{ kG/cm}^2$.

Đất nền đường, đất á sét, nước ngầm không ảnh hưởng đến sự ổn định của kết cấu mặt đường $E_o = 340 \text{ kG/cm}^2$. $\varphi = 18^\circ$, $C = 0,19$.

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):

$$\Sigma N_{tt} = (50 \times 1 + 100 \times 0,43 + 200 \times 0,1 + 1200 \times 0,02) \times 0,7 = 96 \text{ xe/ngày đêm (cho 1 làn xe)}$$

2. Xác định số chu kỳ tác dụng tải trọng ở cuối thời kỳ phục vụ của đường (30 năm).

$$N = 365 \frac{1,05^{30} - 1}{1,05 - 1} \cdot 96 = 2,328 \times 10^6 .$$

Tra bảng 3.17 được trị số mô đun đàn hồi tương đương yêu cầu trên mặt lớp móng (ứng với $N = 2.328 \times 10^6$)

$$E_{td} = 458 \text{ kG/cm}^2 .$$

3. Xác định giá trị lớn nhất của mô men 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

$$\text{là } h_1 = 22\text{cm}; h_2 = 24\text{cm}; h_3 = 26\text{cm.}$$

Tính các đặc trưng đàn hồi L_{hi} tương ứng.

Với $h_1 = 22 \text{ cm}$ có

$$L_{h1=22} = 22 \sqrt[3]{\frac{35 \times 10^5 (1 - 0,3^2)}{6 \times 458 (1 - 0,15^2)}} = 108,08 \text{ cm}$$

Với $h_2 = 24\text{cm}$ có $L_{h2=24} = 117,90\text{cm}$

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 Gorbunop - Pôsadôp:

$$M_{xt} = M_{y1} = P_1 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{R}{L} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Với } h_1 = 22\text{cm, có } M_{x1} = M_{y1} &= 6000 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{16,5}{108,08} \right) \\ &= 1403,28 \text{ KGcm/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Với } h_2 = 24\text{cm, có } M_{x1} = M_{y1} &= 6000 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{16,5}{117,9} \right) \\ &= 1451,77 \text{ KGcm/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Với } h_3 = 26\text{cm, có } M_{x1} = M_{y1} &= 6000 \left(0,0592 - 0,214 \lg \frac{16,5}{127,73} \right) \\ &= 1496,43 \text{ KGcm/cm.} \end{aligned}$$

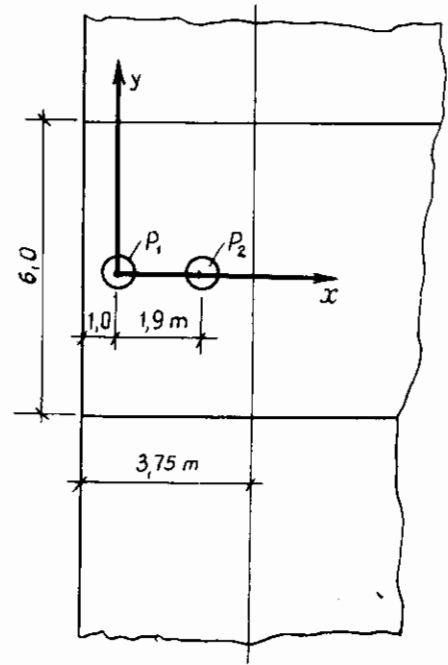
Mômen uốn do tải trọng P_2 gây ra tại tiết diện tính toán (dưới vị trí tác dụng tải trọng P_1 , tính theo công thức):

$$M_{x2} = \bar{M}_{x2} \cdot P_2; \quad M_{y2} = \bar{M}_{y2} \cdot P_2$$

$$\text{Với } h_1 = 22 \text{ cm có } \xi = \frac{x}{L_{hi}} = \frac{1,9}{1,08} = 1,759; \quad \eta = 0.$$

Tra bảng 3-13 được:

$$\bar{M}_{x2} = -0,0148; \quad \bar{M}_{y2} = 0,0232,$$



Hình 3-9. Sơ đồ tác dụng tải trọng khi tính mặt đường bê tông

$$M_{x2} = -0,0148 \times 600 = -88,8 \text{ KGcm/cm},$$

$$M_{y2} = 0,0232 \times 6000 = 139,2 \text{ KGcm/cm}.$$

Với $h_2 = 24\text{cm}$, có $\xi = \frac{1,9}{1,179} = 1,61$, $\eta = 0$.

$$\bar{M}_{x2} = -0,014; \bar{M}_{y2} = 0,028,$$

$$M_{x2} = -0,0123 \times 6000 = -73,3 \text{ KGcm/cm},$$

$$M_{y2} = 0,032 \times 6000 = 192 \text{ KGcm/cm}.$$

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 $M_{y(h2)} = 1451,77 + 168 = 1619,77 \text{ KGcm/cm}$.

Với $h_3 = 26\text{cm}$, có $M_{y(h3)} = 1496,43 + 192 = 1688,43 \text{ KGcm/cm}$.

5. Tính hệ số $(k_y)_{hi}$ ứng với các chiều dày h_1, h_2, h_3 :

$$(k_y)_{hi} = \frac{6M_{y(hi)}}{(h_i)^2 (K_b)_{hi} \cdot K_t K_o R_{ku}}$$

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 3-5.

6. Tính hệ số (k_y) và xác định h :

$$[k_y] = 1,08 N^{-0,063},$$

với $N = 2,326 \times 10^6$

$$[k_y] = 1,08 \times (2326 \times 10^6)^{-0,063} = 0,4288.$$

Từ biểu đồ 3-5 ta được $h = 26\text{cm}$.

Vậy chiều dày tấm bê tông xi măng thiết kế là $h = 26\text{cm}$.

7. Tính chiều dày lớp móng:

$$\text{Áp dụng công thức } h_{mg} = \frac{R}{\left[\left(\frac{1}{1 - \frac{p_{gh}}{p_{pl}}} \right)^{2,3} - 1 \right]^{0,5}}$$

trong đó:

$$\begin{aligned}
 P_{gh} &= k_n k_o \left[\frac{\pi \left(\gamma h + \frac{C}{\text{tg} \varphi} \right)}{\cot g \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma h \right] = \\
 &= 0,6 \times 0,5 \left[\frac{\pi \left(0,0024 \times 26 + \frac{0,19}{\text{tg} 18^\circ} \right)}{\cot g 18^\circ + \frac{\pi}{10} - \frac{\pi}{2}} + 0,0024 \times 26 \right] = \\
 &= 0,3 \left[\frac{\pi \left(0,0624 + \frac{0,19}{0,324} \right)}{3,077 - \frac{4\pi}{10}} + 0,0624 \right] \\
 &= 0,3 \left(\frac{2,038}{1,82} + 0,0624 \right) = 0,3(1,1195 + 0,0624) = 0,354 \text{ kG/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$P_{pl} = \bar{P}_k \frac{\bar{P}_H}{P_\infty} \frac{P}{L^2},$$

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 OETTERGAT 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 tấm trên nền đàn hồi "với lời giải của Oettergat cho ba trường hợp tải trọng ở giữa, ở cạnh và ở góc tấm. Tuy nhiên do các công thức của Oettergat dựa trên mô hình hệ số nền K (là một thông số khó xác định và kém chính xác) nên giáo sư

Liên Xô 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 vệt 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 ($h \nlessgtr 1m$)	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:

$$h = \sqrt{\frac{\alpha_1 P_t}{[\sigma]}}$$

trong đó:

h - chiều dày tấm (cm); P_t - 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_1 - 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 mô phỏng, đầu tiên giả định h , tìm h/R rồi tra các hệ số α_1 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 $A \approx 0,55 \frac{R}{L}$. 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 $A = 0,55 \frac{R}{L}$									
	0,075	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:

$$M_f = M_t = \frac{CP_t(1+\mu)}{2\pi aR}$$

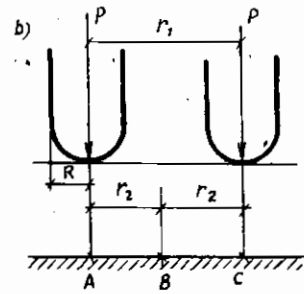
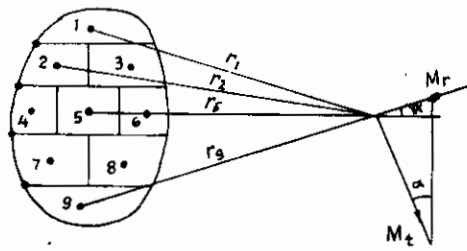
2. Mômen uốn hướng tâm và mômen uốn tiếp tuyến do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh gây ra:

$$M_f = (A + \mu B) P_t$$

$$M_t = (B + \mu A) P_t$$

trong đó:

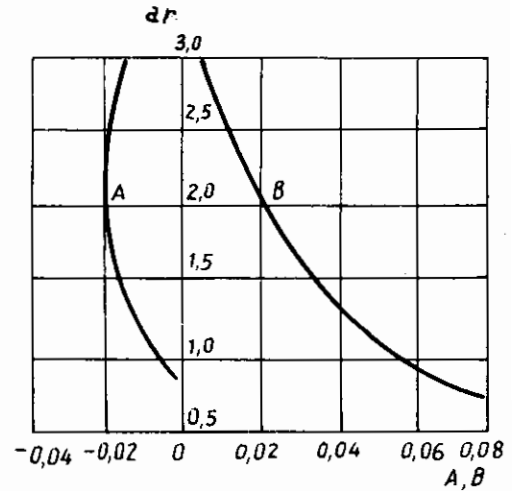
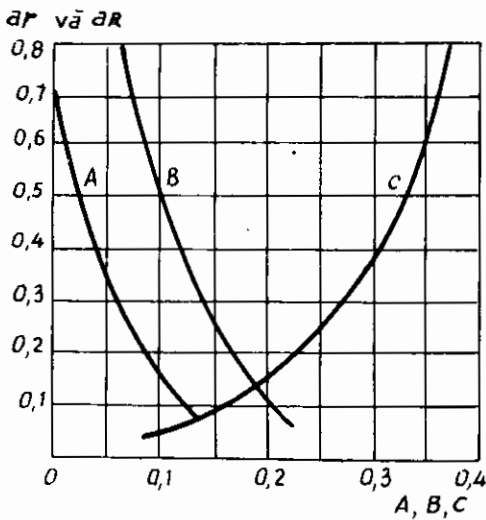
A, B - các hệ số xác định theo tích ar ; C - hệ số xác định theo tích aR . Giá trị của ar và AR tra ở bảng (3-23). Các hệ số A, B, C tra ở các toán đồ và ở hình (3-11), (3-12).



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



Hình 3-11. Giá trị của các hệ số A, B, C (khi $\alpha < ar < 1$)

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: Giá trị của αR

$h/r, (h/R)$ E/E_0	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 $Q = 6,25h \sigma_1$.

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 $E_o = 250 \text{ kG/cm}^2$.

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

$$P_t = 4550 \times 1,2 = 5460 \text{ kG}, R = 15 \text{ cm}.$$

2. Tính chiều dày tấm bê tông xi măng:

Giả định $h = 24 \text{ cm}$.

$$\frac{h}{R} = \frac{24}{15} = 1,6; \frac{E}{E_o} = \frac{3,5 \times 10^5}{250} = 1,4 \cdot 10^3$$

Tra bảng 2-3 và 2-4 được $\alpha_2 = 2,394$

$$\alpha_3 = 2,186.$$

Vì $\alpha_2 > \alpha_3$ nên tính chiều dày của tấm theo α_2

$$h = \sqrt{\frac{\alpha_2 P_t}{[\sigma]}} = \sqrt{\frac{2,394 \times 5460}{25}} = 22,86 \text{ cm} < 24 \text{ cm}.$$

Giả định lại $h = 23 \text{ cm}$

$$\frac{h}{R} = \frac{23}{15} = 1,53; \frac{E}{E_o} = 1,4 \times 10^3.$$

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 $r = 1,70 \text{ m}$,
 $P = 6175 \text{ kG}$, $R = 17 \text{ cm}$, $k = 1,15$.

$$\frac{h}{R} = \frac{23}{17} = 1,35; \quad \frac{E}{E_0} = 1,4 \times 10^3,$$

tra bảng 3-15 được $aR = 0,131$.

Từ toàn đồ ở hình 3-11 tra được $C = 0,17$

$$M_i = M_t = \frac{C \cdot P_t (1 + \mu)}{2\pi a R} = \frac{0,17 \times 6175 \times 1,15 (1 + 0,15)}{2 \times 3,14 \times 0,131} = 1686,87 \text{ KGcm / cm}.$$

Tìm mômen uốn do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh (của trục bánh kép) gây ra:

$$\frac{h}{r} = \frac{23}{170} = 0,135; \quad \frac{E}{E_0} = 1,4 \times 10^3,$$

tra bảng (3-23) được $ar = 1,344$

Tra toán đồ ở hình 3-11 được $A = -0,014$, $B = 0,042$

$$M'_r = (A + \mu B) P_t = (-0,014 + 0,15 \times 0,042) \times 6175 \times 1,15 = -54,68 \text{ kGcm / cm},$$

$$M'_t = (A + \mu A) P_t = (0,042 + 0,15 \times -0,014) \times 6175 \times 1,15 = 203,34 \text{ kGcm / cm}.$$

Vậy $\Sigma M_r = 1688,87 - 54,68 = 1632,19 \text{ kGcm/cm},$

$$\Sigma M_t = 1688,87 + 203,34 = 1890,21 \text{ kGcm/cm},$$

$\Sigma M_t > \Sigma M_r$ nên kiểm toán với ΣM_t .

$$h = \sqrt{\frac{6 \Sigma M_t}{[\sigma]}} = \sqrt{\frac{6 \times 1890,21}{30}} = 19,44 \text{ cm} < 23 \text{ cm}.$$

(trong đó $[\sigma]' = 0,6 \times 50 = 30 \text{ kG/cm}^2$, lấy hệ số chiết giảm cường độ $n = 0,6$).

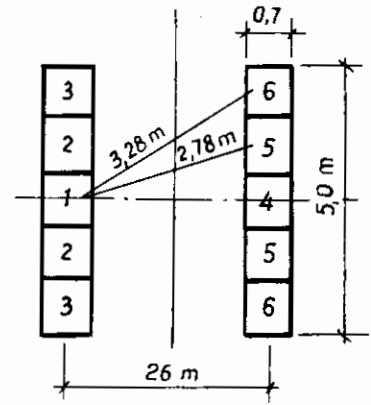
Như vậy tấm bê tông làm việc an toàn với xe H-13 vượt tải.

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 đương



Hình 3-13. Sơ đồ phân của tải trọng xích T-60

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 2324kGcm/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	$M_f = \frac{C \cdot P_t (1 + \mu)}{2\pi aR}$ $M_t = (B + \mu A)P_t$	$M = \frac{C P_t (1 + \mu)}{2\pi aR}$ $M = (B + \mu B)P_t$
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		$2 (0,035 + 0,15 \times 0,017) \times 6000 = 389$	$2 (-0,017 + 0,15 \times 0,035) \times 6000 = -141$
					$\Sigma M_t = 2324$	$\Sigma M_f = 1080$

Mômen uốn do bánh xích bên phải gây ra đối với điểm A

Ký hiệu	ar	A	B	$M_t = (A + \mu B) P_t$	$M_t = (B + \mu B) P_t$	$\cos^2 \alpha$	$\sin^2 \alpha$	$M_y = M_t \cos^2 \alpha + M_t \sin^2 \alpha$	$M_x = M_t \sin^2 \alpha + M_t \cos^2 \alpha$
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:

$$L = 0,6 h \sqrt[3]{\frac{E}{E_0}} = 0,6 \times 23 \sqrt[3]{1,4 \times 10^3} = 154,38 \text{ cm},$$

$$\frac{B}{L} = \frac{350}{154,38} = 2,27, \quad \frac{l}{L} = \frac{500}{154,38} = 3,24.$$

Tra toán đồ Brabury (hình 2-11) được $C_y = 0,07, C_x = 0,18$.

Giadien nhiệt độ theo chiều dày tấm bê tông tính theo công thức:

$$\begin{aligned} \Delta t &= 0,67 h \\ &= 0,67 \times 23 = 15,41^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

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

$$\sigma_{\max} = [\sigma] = 0,5 \cdot R_{ku} = 0,5 \times 50 = 25 \text{ kG/cm}^2.$$

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

Vi 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 $E_o = 600 \text{ kG/cm}^2$

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 $h_{td} = 22 \text{ cm}$,

$$\frac{h_{td}}{R} = \frac{22}{15} = 1,5; \quad \frac{E}{E_o} = \frac{200000}{600} = 333.$$

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 ($P = 6175 \text{ kG}$, $R = 17 \text{ cm}$).

$$\frac{h_{td}}{R} = \frac{22}{17} = 1,3; \quad \frac{E}{E_o} = 333; \quad \mu = 0,15.$$

Tra bảng (3-15) được $aR = 0,197$. Tra toàn đồ vẽ ở hình 3-8 được $C = 0,22$.

$$\text{Vậy} \quad M_f = M_t = \frac{C P_t (1 + \mu)^t}{2 \pi a R} = \frac{0,22 \times 6175 \times (1 + 0,15)}{2 \times 3,14 \times 0,197} = 1262,80 \text{ kGcm/cm}$$

Tìm mômen uốn do tải trọng tập trung của bánh xe bên cạnh gây ra:

$$\frac{h_{td}}{r} = \frac{22}{170} = 0,129; \quad \frac{E}{E_o} = 333$$

Tra bảng 3-15 được $a_r = 2,155$

Tra toán đồ 3-8 được $A = -0,019$; $B = -0,018$

$$M_f = (A + \mu B) P_t = (-0,019 + 0,15 \times 0,018) \times 6175 = -100,65 \text{ kG cm/cm}$$

$$M_t = (B + \mu A) P_t = 0,018 + 0,15 \times (-0,019) \times 6175 = 93,55 \text{ kGcm/cm}.$$

Vậy $\Sigma M_t = + 1262,80 - 100,65 = 1162,15 \text{ kGcm/cm}$

$\Sigma M_t = 1262,80 + 93,55 = 1356,35 \text{ kGcm/cm.}$

Vì $\Sigma M_t = \Sigma M_f$ 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 nhựa dày 8cm.

Môđun 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 BÊTÔNG 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, Gorbunôp - Pôsadôp, Kônôvalôp, Mednicôp...

Ở đây chỉ giới thiệu phương pháp của Gorbunôp - Pôsadôp là phương pháp được dùng phổ biến ở Liên Xô.

1. Tính toán kết cấu mặt đường bê tông lấp ghép theo phương pháp của Gorbunôp - Pôsadôp:

Gorbunôp-Pôsadôp 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 băng mềm 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, $\left(\frac{a}{b} \leq 2\right)$.

Gorbunôp - Pôsadôp 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, Gorbunôp - Pôsadôp 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} - 1/2 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 đối 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: $M = \bar{M}LP$ (kGcm) . (3.7)

Lực cắt: $Q = \bar{Q}P$ (kG) . (3.8)

Phản áp lực : $p = \bar{p} \frac{P}{bL}$ (kG/cm^2) . (3.9)

Trong đó:

\bar{M} , \bar{Q} , \bar{p} - các đại lượng không thứ nguyên.

Với các tấm dài vô hạn: $\bar{M} = 0,38$, $\bar{Q} = 0,5$, $\bar{p} = 0,38$.

Với các tấm nửa vô hạn thì tra bảng 3-27 phụ thuộc vào giá trị của α .

Bảng 3-27

Giá trị của \bar{M} , \bar{Q} , \bar{p} của tấm hình băng nửa vô hạn

Ký hiệu	Giá trị của \bar{M} , \bar{Q} , \bar{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
\bar{M}	0	0,04	0,11	0,18	0,24	0,28	0,32	0,37	0,49	0,42	0,40
\bar{Q}	0	0,34	0,49	0,54	0,55	0,54	0,03	0,51	0,48	0,48	0,48
\bar{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:

$$t_n = \frac{3\pi(1-\mu^2)E_o b'^3}{(1-\mu_o^2)Eh^3}, \quad (3-10)$$

trong đó:

μ, μ_o - hệ số Poatsông của bê tông và của nền đất; E_o - 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

$$L = \frac{2EI(1-\mu_o^2)}{bE_o}, \quad (3-11)$$

trong đó:

I - mômen quán tính của dầm (cm^4);

b - chiều rộng dầm (cm) .

Chỉ số mềm của dầm tính theo công thức

$$t = \frac{\pi E_o \bar{a}^3 b'}{2(1-\mu_o^2)EI} \quad (3-12)$$

Nếu $t < 0,5$ và $0,5 \leq t \leq 1$; $\alpha < 20$ ($\alpha = \frac{\bar{a}}{b}$) 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:

$$\beta = \frac{b}{2L} \text{ là một nửa chiều rộng tính đối của dầm.}$$

$$\lambda = \frac{l}{2L} \text{ là một nửa chiều dài tính đối của dầm.}$$

Tính như dầm cứng

$$\text{Mômen uốn: } M = \bar{M} \text{ Pa (kGcm)}. \quad (3-13)$$

$$\text{Lực cắt} \quad Q = \bar{Q} P \text{ (kG)}. \quad (3-14)$$

$$\text{Phản áp lực} \quad p = \bar{p} \frac{P}{a} \text{ (kG/cm}^2\text{)}. \quad (3-15)$$

$$\text{Độ lún} \quad y = \bar{y} \frac{1 - \mu_o^2}{E_o} \frac{P}{a} \text{ (cm)}. \quad (3-16)$$

Trong đó:

a = một nửa chiều dài tấm; P - tải trọng tập trung tính toán (kG).

E_o, μ_o - 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

$$\text{Mômen uốn:} \quad M = \bar{M} PL \text{ (kGcm)}. \quad (3-17)$$

$$\text{Lực cắt:} \quad Q = \bar{Q} P \text{ (kG)}. \quad (3-18)$$

$$\text{Phản áp lực:} \quad p = \bar{p} \frac{P}{l} \text{ (kG/cm}^2\text{)}. \quad (3-19)$$

$$\text{Độ lún:} \quad y = \bar{y} \frac{1 - \mu_o^2}{E_o} \frac{P}{L} \text{ (cm)}. \quad (3-20)$$

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	0,70-00
\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
\bar{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 sét. Cường độ kéo uốn của bê tông $R_{ktu} = 50 \text{ kG/cm}^2$, hệ số đồng nhất của bê tông là 0,5.

Giải:

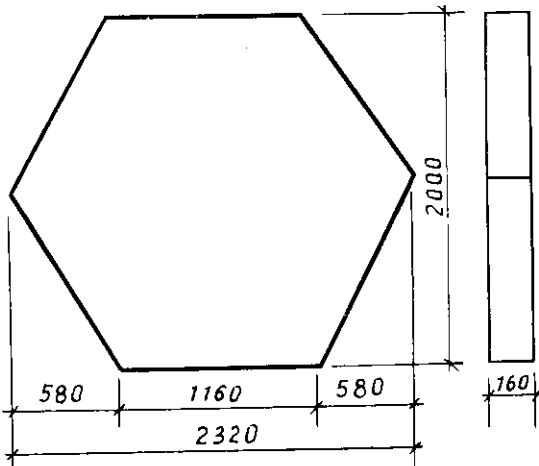
Tải trọng thiết kế của đường trong khu nhà ở là ô tô H-10 với tải trọng trên bánh xe $P_0 = 4550 \text{ kG}$ và đường kính vòng tròn vệt bánh tương đương là 34cm.

Các tấm hình sáu cạnh được thiết kế như các tấm tròn có diện tích tương đương và sử dụng các công thức của Gorbunop - Pôsadôp để xác định mômen uốn lực cắt khi tải trọng tác dụng ở giữa tấm.

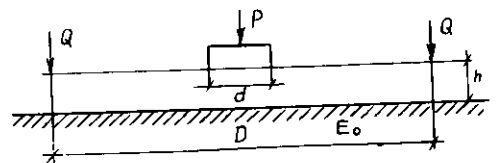
Đường kính của tấm tròn ở đây lấy bằng đường kính của vòng tròn nội tiếp trung bình sáu cạnh nghĩa là $D = 200 \text{ cm}$.

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:

$$S = 3 \frac{(1 - \mu_o^2) E_o D^3}{(1 - \mu_o^2) E_b 8h^3} = 3 \frac{(1 - 0,15^2) \times 400 \times 200^3}{(1 - 0,3^2) \times 310000 \times 8 \cdot 16^3} = 1,36 .$$

Vì $0,5 < 1,36 < 10$ nếu 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 $P = n \cdot k_d \cdot P_o = 1 \times 1,2 \times 4550 = 5460 \text{ kG}$

trong đó:

$$n = 1, K_d = 1,2, P_o = 4550.$$

$$\bar{M}_A = -0,06 \text{ (tra bảng 2-8)}, \bar{M}_B = 0,241 \text{ (tra bảng 2-9)}.$$

$$\text{Vậy } M = 5160 (-0,06 + 6,241) = 983 \text{ kGcm/cm}.$$

Lực của 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	1,1	1,6	1,8	2
\bar{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 công thức:

$$L = \frac{200}{2} \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1,36}} = 71 \text{ cm} ,$$

và
$$\frac{D}{2L} = \frac{200}{2 \times 71} \approx 1,4 .$$

Theo bảng 3-30, $\bar{Q} = 0,053$; từ đó lực cắt

$$Q = 0,053 = \frac{5460}{71} = 3,85 \text{ kG/cm} .$$

Mômen uốn (M_Q) ở giữa tấm do ảnh hưởng của lực cắt Q theo chu vi, được xác định theo công thức

$$M_Q = -\bar{M}_Q \cdot Q \frac{D}{2} .$$

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:

$$\sigma = \frac{6M}{mh^2} = \frac{6 \times 893}{0,9 \times 16} = 24,4 \text{ kG/cm}^2 < R_{ku}$$

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.