

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. QUY ĐỊNH CHUNG.....	4
1.1 Phạm vi áp dụng	4
1.2 Các thuật ngữ.....	4
1.3 Yêu cầu đối với kết cấu áo đường mềm và phần lề đường có gia cố.....	7
1.4 Nội dung công tác thiết kế áo đường mềm.....	10
1.5 Nội dung và yêu cầu đối với công tác điều tra thu thập số liệu thiết kế.....	11
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ CẤU TẠO KẾT CẤU NỀN ÁO ĐƯỜNG.....	15
2.1 Nguyên tắc thiết kế.....	15
2.2 Cấu tạo tầng mặt và các yêu cầu thiết kế.....	15
2.3 Thiết kế cấu tạo tầng móng.....	20
2.4 Bề dày cấu tạo các lớp trong kết cấu áo đường.....	23
2.5 Yêu cầu thiết kế đối với khu vực tác dụng của nền đường:	24
2.6 Thiết kế thoát nước cho kết cấu nền áo đường và lề đường.....	28
2.7 Kết cấu áo đường của phần lề gia cố, của lớp phủ dải phân cách giữa và của các bộ phận khác.....	31
CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ VÀ BỀ DÀY KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG.....	34
3.1 Các yêu cầu và nguyên tắc tính toán:	34
3.2 Tải trọng trục tính toán và cách quy đổi số trục xe khác về số tải trọng trục tính toán	35
3.3 Số trục xe tính toán trên một làn xe và trên kết cấu áo lề có gia cố	37
3.4 Tính toán cường độ kết cấu nền áo đường và kết cấu áo lề có gia cố theo tiêu chuẩn độ võng đàn hồi cho phép	38
3.5 Tính toán cường độ kết cấu nền áo đường và kết cấu áo lề có gia cố theo tiêu chuẩn chịu cắt trượt trong nền đất và các lớp vật liệu kém dính kết.....	45
3.6 Tính toán cường độ kết cấu nền áo đường và kết cấu áo lề có gia cố theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn trong các lớp vật liệu liên khối	49
CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ TĂNG CƯỜNG, CẢI TẠO ÁO ĐƯỜNG CŨ.....	53
4.1 Các nội dung, yêu cầu và nguyên tắc thiết kế	53
4.2 Yêu cầu đối với việc thiết kế cấu tạo tăng cường và mở rộng kết cấu áo đường cũ	54
4.3 Điều tra thu thập số liệu phục vụ thiết kế tăng cường, cải tạo áo đường cũ ..	56
4.4 Tính toán cường độ (bề dày) kết cấu tăng cường hoặc cải tạo	58

PHỤ LỤC A : VÍ DỤ TÍNH TOÁN QUY ĐỔI SỐ TRỤC XE KHÁC VỀ SỐ TRỤC XE TÍNH TOÁN, TÍNH SỐ TRỤC XE TIÊU CHUẨN TÍCH LŨY VÀ CÁCH TÍNH TẢI TRỌNG TRỤC TƯỜNG ĐƯƠNG NẶNG NHẤT CỦA XE NHIỀU TRỤC	59
A.1. Ví dụ tính toán quy đổi số trục xe khác về số trục xe tính toán	59
A.2. Tính số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế	60
A.3. Cách xác định tải trọng trục tính toán của xe nặng (hoặc rơ moóc) có nhiều trục theo mục 3.2.2:	60
PHỤ LỤC B : XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG TÍNH TOÁN CỦA NỀN ĐẤT TRONG PHẠM VI KHU VỰC TÁC DỤNG	62
B.1. Xác định độ ẩm tương đối tính toán trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đất	62
B.2. Các trị số tham khảo đối với các đặc trưng dùng trong tính toán của đất nền	63
B.3. Xác định chỉ số sức chịu tải CBR và sức chịu tải trung bình CBR_{tb} đặc trưng cho phạm vi khu vực tác dụng của nền đất	64
B.4. Các tương quan thực nghiệm giữa mô đun đàn hồi E_0 với chỉ số sức chịu tải CBR.....	64
B.5. Các phương pháp xác định trị số mô đun đàn hồi E_0 của đất nền bằng cách thử nghiệm trong phòng (theo mục 3.4.6).....	65
B.6. Xác định các đặc trưng sức chống cắt của nền đất (theo mục 3.5.5).....	66
PHỤ LỤC C : XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG TÍNH TOÁN CỦA VẬT LIỆU LÀM CÁC LỚP KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG	67
C.1. Các đặc trưng tính toán của bê tông nhựa và hỗn hợp đá nhựa	67
C.2. Các đặc trưng tính toán của các loại vật liệu khác.....	67
C.3. Thử nghiệm trong phòng để xác định các đặc trưng tính toán của vật liệu có sử dụng chất liên kết	68
C.4. Thử nghiệm trong phòng để xác định trị số mô đun đàn hồi của vật liệu hạt không sử dụng chất liên kết (cấp phối đá dăm, cấp phối thiên nhiên...).....	70
PHỤ LỤC D : PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM XÁC ĐỊNH MÔ ĐUN ĐÀN HỒI CỦA ĐẤT VÀ VẬT LIỆU ÁO ĐƯỜNG TẠI HIỆN TRƯỜNG HOẶC TẠI MÁNG THÍ NGHIỆM.	71
D.1. Xác định bằng thí nghiệm đo ép trên tấm ép lớn.....	71
D.2. Xác định bằng phương pháp dùng cần đo vồng Benkelman.....	72
PHỤ LỤC E : CÁC VÍ DỤ TÍNH TOÁN.....	73
E.1. Ví dụ I: Thiết kế kết cấu áo đường có tầng mặt cấp cao A1.....	73

E.2.	Ví dụ II: Thiết kế kết cấu áo đường mềm cho đường cấp IV có hai làn xe, mặt đường cấp cao A2	78
PHỤ LỤC F : BIỂU THỨC GIẢI TÍCH GẦN ĐÚNG TÍNH MÔ ĐUN ĐÀN HỒI E_{ch}		
VÀ ỨNG SUẤT KÉO UỐN ĐƠN VỊ $\bar{\sigma}_{ku}$ CỦA HỆ HAI LỚP.....		82
F.1.	Biểu thức giải tích gần đúng tính mô đun đàn hồi Ech.....	82
F.2.	Biểu thức giải tích gần đúng để tính ứng suất kéo uốn đơn vị $\bar{\sigma}_{ku}$	82

<p>CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM</p> <p>Độc lập - Tự do - Hạnh phúc</p>	<p>ÁO ĐƯỜNG MỀM - CÁC YÊU CẦU VÀ CHỈ DẪN THIẾT KẾ</p>	<p>22 TCN 211 - 06</p>
<p>BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI</p>		<p>Có hiệu lực từ ngày/...../2007.</p>

(Ban hành kèm theo quyết định số 52 /2006/QĐ-BGTVT ngày 28 / 12 / 2006

của Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải)

CHƯƠNG 1. QUY ĐỊNH CHUNG

1.1 Phạm vi áp dụng

1.1.1. Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về thiết kế cấu tạo và tính toán cường độ áo đường mềm trên đường ô tô cao tốc, đường ô tô cấp hạng thiết kế khác nhau, trên các đường đô thị, đường ô tô chuyên dụng trong cả trường hợp áo đường làm mới và trường hợp nâng cấp, cải tạo áo đường cũ với định nghĩa về áo đường mềm như ở mục 1.2.1 (áp dụng cho mọi loại kết cấu áo đường làm bằng mọi loại vật liệu khác nhau, chỉ không áp dụng cho trường hợp kết cấu áo đường cứng có tầng mặt làm bằng bê tông xi măng).

Ngoài áo đường trên phần xe chạy, trong tiêu chuẩn này cũng quy định các yêu cầu thiết kế đối với kết cấu áo đường trên phần lề có gia cố và kết cấu áo đường trên các đường bên bố trí dọc các đường cao tốc hoặc dọc các đường ô tô cấp I, cấp II.

1.1.2. Tiêu chuẩn này cũng được dùng làm cơ sở tính toán đánh giá khả năng làm việc của kết cấu áo đường mềm trên các tuyến đường hiện hữu nhằm phục vụ cho việc tổ chức khai thác, sửa chữa, bảo trì đường bộ.

1.1.3. Cùng với tiêu chuẩn này, khi thiết kế áo đường mềm có thể áp dụng các tiêu chuẩn hoặc quy trình khác nếu được sự chấp thuận của chủ đầu tư hoặc các cơ quan có thẩm quyền quyết định.

1.1.4. Khi áp dụng quy trình này đồng thời phải tuân thủ các yêu cầu thiết kế đã nêu trong Điều 8 của TCVN 4054 : 2005 và yêu cầu về vật liệu trong các tiêu chuẩn ngành về công nghệ thi công và nghiệm thu đối với mỗi loại lớp kết cấu áo đường bằng vật liệu khác nhau.

1.2 Các thuật ngữ

1.2.1. Kết cấu áo đường mềm

Kết cấu áo đường mềm (hay gọi là áo đường mềm) gồm có tầng mặt làm bằng các vật liệu hạt hoặc các vật liệu hạt có trộn nhựa hay tưới nhựa đường và tầng móng làm bằng các loại vật liệu khác nhau đặt trực tiếp trên khu vực tác dụng của nền đường hoặc trên lớp đáy móng.

Tầng mặt áo đường mềm cấp cao có thể có nhiều lớp gồm lớp tạo nhám, tạo phẳng hoặc lớp bảo vệ, lớp hao mòn ở trên cùng (đây là các lớp không tính vào bề dày chịu lực của kết cấu mà là các lớp có chức năng hạn chế các tác dụng phá hoại bề mặt và trực tiếp tạo ra chất lượng bề mặt phù hợp với yêu cầu khai thác đường) rồi đến lớp mặt trên và lớp mặt dưới là các lớp chịu lực quan trọng tham gia vào việc hình thành cường độ của kết cấu áo đường mềm.

Tầng móng cũng thường gồm lớp móng trên và lớp móng dưới (các lớp này cũng có thể kiêm chức năng lớp thoát nước).

Tùy loại tầng mặt, tùy cấp hạng đường và lượng xe thiết kế, kết cấu áo đường có thể đủ các tầng lớp nêu trên nhưng cũng có thể chỉ gồm một, hai lớp đảm nhiệm nhiều chức năng.

Do kết cấu áo đường mềm là đối tượng của tiêu chuẩn này nên ở một số điều mục khi viết kết cấu áo đường (hoặc áo đường) thì cũng được hiểu là đó chỉ là kết cấu áo đường mềm (hoặc áo đường mềm).

1.2.2. Khu vực tác dụng của nền đường

Khu vực này là phần thân nền đường trong phạm vi bằng 80-100cm kể từ đáy kết cấu áo đường trở xuống. Đó là phạm vi nền đường cùng với kết cấu áo đường chịu tác dụng của tải trọng bánh xe truyền xuống. Đường có nhiều xe nặng chạy như đường cao tốc, cấp I, cấp II và đường chuyên dụng thì dùng trị số lớn. Trong TCVN 4054 : 2005 ở mục 7.1.2.1 khu vực này được xác định chung là 80cm kể từ đáy áo đường trở xuống.

Thuật ngữ này tương đương với từ subgrade trong tiếng Anh chuyên ngành.

1.2.3. Kết cấu nền áo đường (Hình 1-1)

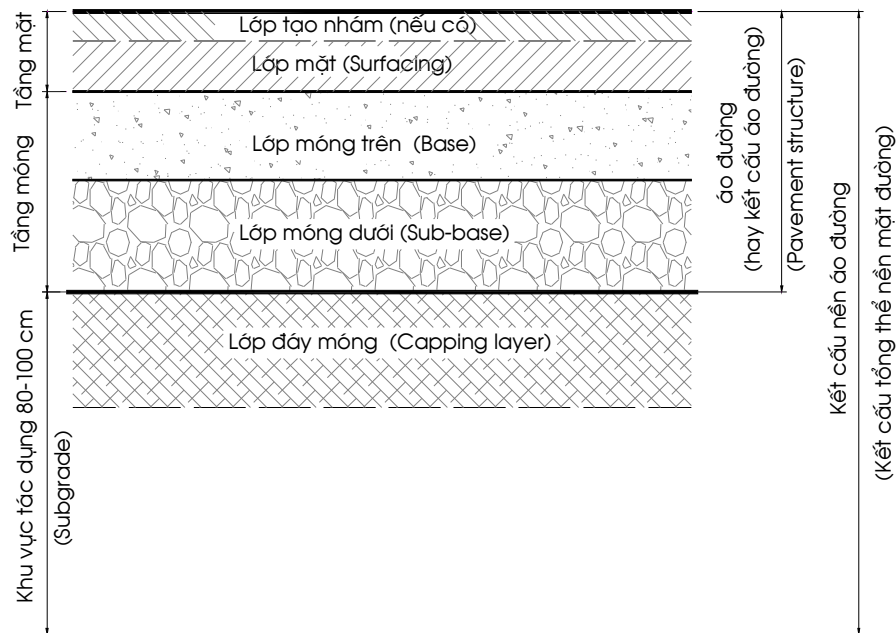
1. Kết cấu nền áo đường hay kết cấu tổng thể nền mặt đường gồm kết cấu áo đường ở trên và phần khu vực tác dụng của nền đường ở dưới. Thiết kế tổng thể nền mặt đường có nghĩa là ngoài việc chú trọng các giải pháp thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường còn phải chú trọng đến các giải pháp nhằm tăng cường cường độ và độ ổn định cường độ đối với khu vực tác dụng của nền đường.
2. Trong một số trường hợp (xem mục 8.3.7 ở TCVN 4054 : 2005) còn cần bố trí lớp đáy móng (hay lớp đáy áo đường) thay thế cho 30cm phần đất trên cùng của khu vực tác dụng của nền đường (có nghĩa là lớp đáy móng trở thành một phần của khu vực tác dụng).

1.2.4. Lớp đáy móng

Lớp đáy móng có các chức năng sau:

- Tạo một lòng đường chịu lực đồng nhất (đồng đều theo bề rộng), có sức chịu tải tốt;
- Ngăn chặn ẩm thấm từ trên xuống nền đất và từ dưới lên tầng móng áo đường;
- Tạo “hiệu ứng đê” để bảo đảm chất lượng đầm nén các lớp móng phía trên;
- Tạo điều kiện cho xe máy đi lại trong quá trình thi công áo đường không gây hư hại nền đất phía dưới (nhất là khi thời tiết xấu).

Thuật ngữ lớp đáy móng tương đương với các từ capping layer hoặc improved subgrade trong tiếng Anh.



Hình 1-1: Sơ đồ các tầng, lớp của kết cấu áo đường mềm và kết cấu nền - áo đường

1.2.5. Móng mềm

Là các lớp móng làm bằng các loại vật liệu hạt như cấp phối đá dăm; cấp phối sỏi cuội, cát, đất dính; cấp phối đôi; xỉ phế thải công nghiệp; đá dăm; đất hoặc các lớp móng làm bằng các loại vật liệu hạt có gia cố các loại nhựa đường.

1.2.6. Móng nửa cứng

Là các lớp móng làm bằng vật liệu hạt có gia cố chất liên kết vô cơ (xi măng, vôi, vôi và tro bay...)

1.2.7. Vật liệu hạt

Vật liệu hạt là một tập hợp các hạt rời có kích cỡ từ 0 đến D (D là kích cỡ hạt lớn nhất) trong đó cường độ liên kết giữa các hạt luôn nhỏ hơn nhiều so với cường độ bản thân mỗi hạt và do đó cường độ chung của một lớp vật liệu hạt được đặc trưng bằng sức chống cắt trượt của lớp.

Lớp kết cấu bằng vật liệu hạt không có tính liên khối.

1.2.8. Tầng mặt cấp cao A1

Là loại tầng mặt có lớp mặt trên bằng bê tông nhựa chặt loại I trộn nóng (theo “Quy trình công nghệ thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa”, 22 TCN 249).

1.2.9. Tầng mặt cấp cao thứ yếu A2

Là loại tầng mặt có lớp mặt bằng bê tông nhựa chặt loại II trộn nóng (theo “Quy trình công nghệ thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa”, 22 TCN 249) hoặc bê tông nhựa nguội trên có láng nhựa, đá dăm đen trên có láng nhựa hoặc bằng lớp thấm nhập nhựa (theo “Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường đá dăm thấm

nhập nhựa", 22 TCN 270) hay lớp láng nhựa (theo "Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường láng nhựa", 22 TCN 271).

1.2.10. Tầng mặt cấp thấp B1

Là loại tầng mặt có lớp mặt bằng cấp phối đá dăm, đá dăm nước, cấp phối tự nhiên với điều kiện là phía trên chúng phải có lớp bảo vệ rời rạc được thường xuyên duy tu bảo dưỡng (thường xuyên rải cát bù và quét đều phủ kín bề mặt lớp).

1.2.11. Tầng mặt cấp thấp B2

Là loại tầng mặt có lớp mặt bằng đất cải thiện hay bằng đất, đá tại chỗ gia cố hoặc phế thải công nghiệp gia cố chất liên kết vô cơ với điều kiện là phía trên chúng phải có lớp hao mòn và lớp bảo vệ được duy tu bảo dưỡng thường xuyên.

1.2.12. Số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên một làn xe trong suốt thời hạn thiết kế

Là tổng số trục xe quy đổi về trục xe tiêu chuẩn 100 kN chạy qua một mặt cắt ngang trên một làn xe của đoạn đường thiết kế trong suốt thời hạn thiết kế kết cấu áo đường. Cách xác định thông số này được nêu ở Khoản A.2 Phụ lục A.

1.2.13. Lượng giao thông gia tăng bình thường

Là lượng giao thông gia tăng hàng năm trong môi trường kinh tế - xã hội đã có từ trước, khi chưa thực hiện các dự án làm mới hoặc nâng cấp, cải tạo đường và kết cấu áo đường.

1.2.14. Lượng giao thông hấp dẫn

Là lượng giao thông có từ trước nhưng vốn sử dụng các phương tiện vận tải khác (đường sắt, đường thủy...) hay vốn đi bằng các tuyến đường ô tô khác nhưng sau khi làm đường mới hoặc sau khi nâng cấp, cải tạo kết cấu áo đường cũ trở nên tốt hơn sẽ chuyển sang sử dụng đường mới.

1.2.15. Lượng giao thông phát sinh

Là lượng giao thông phát sinh thêm nhờ sự thuận tiện tạo ra do việc làm đường mới (làm kết cấu áo đường mới tốt hơn) và do đường mới có tác dụng thúc đẩy thêm sự phát triển kinh tế - xã hội trong vùng.

1.3 Yêu cầu đối với kết cấu áo đường mềm và phần lề đường có gia cố

1.3.1. Các yêu cầu cơ bản

Kết cấu áo đường mềm trên các làn xe chạy và kết cấu phần lề gia cố phải được thiết kế đạt các yêu cầu cơ bản dưới đây:

1. Trong suốt thời hạn thiết kế quy định ở mục 1.3.2, áo đường phải có đủ cường độ và duy trì được cường độ để hạn chế được tối đa các trường hợp phá hoại của xe cộ và của các yếu tố môi trường tự nhiên (sự thay đổi thời tiết, khí hậu; sự xâm nhập của các nguồn ẩm...). Cụ thể là hạn chế được các hiện tượng tích lũy biến dạng dẫn đến tạo vệt hằn bánh xe trên mặt đường, hạn chế phát sinh hiện tượng nứt nẻ, hạn chế bào mòn và bong tróc bề mặt, hạn chế được các nguồn ẩm xâm nhập vào các lớp kết cấu và phần trên của nền đường trong phạm vi khu vực tác dụng, hoặc phải đảm bảo lượng nước xâm nhập vào được thoát ra

một cách nhanh nhất (định nghĩa về khu vực tác dụng của nền đường xem ở mục 1.2.2).

2. Bề mặt kết cấu áo đường mềm phải đảm bảo bằng phẳng, đủ nhám, dễ thoát nước mặt và ít gây bụi để đáp ứng yêu cầu giao thông an toàn, êm thuận, kinh tế, giảm thiểu tác dụng xấu đến môi trường hai bên đường. Tùy theo quy mô giao thông và tốc độ xe chạy cần thiết, tùy theo ý nghĩa và cấp hạng kỹ thuật của đường, kết cấu áo đường thiết kế cần thoả mãn hai yêu cầu cơ bản nêu trên ở những mức độ tương ứng khác nhau. Về cường độ, mức độ yêu cầu khác nhau được thể hiện trong thiết kế thông qua mức độ dự trữ cường độ khác nhau. Mức độ dự trữ cường độ càng cao thì khả năng bảo đảm kết cấu áo đường mềm làm việc ở trạng thái đàn hồi khiến cho chất lượng sử dụng trong khai thác vận doanh sẽ càng cao, thời hạn sử dụng càng lâu bền và chi phí cho duy tu, sửa chữa định kỳ càng giảm. Về chất lượng bề mặt, mức độ yêu cầu khác nhau được thể hiện qua việc lựa chọn vật liệu làm tầng mặt như ở Bảng 2-1. Riêng về độ bằng phẳng và độ nhám mức độ yêu cầu khác nhau được thể hiện ở các mục 1.3.3 và 1.3.4. Chất lượng bề mặt áo đường mềm càng tốt thì chi phí vận doanh sẽ càng giảm và thời hạn định kỳ sửa chữa vừa trong quá trình khai thác sẽ được tăng lên.

1.3.2. Thời hạn thiết kế áo đường mềm

Thời hạn này được xác định tùy thuộc loại tầng mặt được lựa chọn cho kết cấu như ở Bảng 2-1

1.3.3. Yêu cầu về độ bằng phẳng

Áo đường phân xe chạy cho ô tô và áo lề gia cố có cho xe thô sơ đi phải đảm bảo bề mặt đạt được độ bằng phẳng yêu cầu ở thời điểm bắt đầu đưa đường vào khai thác đánh giá bằng chỉ số đo độ gồ ghề quốc tế IRI (đo theo chỉ dẫn ở 22 TCN 277) như ở Bảng 1-1.

Bảng 1-1: Yêu cầu về độ bằng phẳng tùy thuộc tốc độ chạy xe yêu cầu

Tốc độ chạy xe yêu cầu (Km/h)	Chỉ số IRI yêu cầu (m/Km)	
	Đường xây dựng mới	Đường cải tạo, nâng cấp
120 và 100	≤ 2,0	≤ 2,5
80	≤ 2,2	≤ 2,8
60	≤ 2,5	≤ 3,0
Từ 40 đến 20 (mặt đường nhựa)	≤ 4,0	≤ 5,0
Từ 40 đến 20 (mặt đường cấp thấp)	≤ 6,0	≤ 8,0

Độ bằng phẳng cũng được đánh giá bằng thước dài 3m theo tiêu chuẩn ngành 22 TCN 16 - 79 “Quy trình xác định độ bằng phẳng mặt đường”.

Đối với mặt đường cấp cao A1 (bê tông nhựa) 70% số khe hở phải dưới 3mm và 30% số khe hở còn lại phải dưới 5mm. Đối với mặt đường cấp cao A1, tất cả các khe hở phải dưới 5mm và đối với các mặt đường cấp thấp (B1, B2) tất cả các khe hở phải dưới 10mm.

Áo phân lê gia cố cho xe máy hoặc / và cho xe thô sơ đi cũng phải đạt độ bằng phẳng yêu cầu như đối với áo đường phân xe chạy cho ô tô liền kề.

1.3.4. Yêu cầu về độ nhám

Độ nhám của bề mặt kết cấu áo đường là bê tông nhựa phải đạt được yêu cầu tối thiểu quy định thông qua chỉ tiêu chiều sâu rắc cát trung bình tùy thuộc tốc độ chạy xe yêu cầu và mức độ nguy hiểm của đoạn đường thiết kế như ở Bảng 1-2 dưới đây theo quy trình 22 TCN - 278:

Bảng 1-2: Yêu cầu về độ nhám mặt đường

Tốc độ chạy xe yêu cầu (Km/h) Hoặc mức độ nguy hiểm	Chiều sâu rắc cát trung bình H_{tb} (mm)
$V < 60$	$H_{tb} \geq 0,25$
$60 \leq V < 80$	$H_{tb} \geq 0,35$
$80 \leq V \leq 120$	$H_{tb} \geq 0,45$
Đường qua địa hình khó khăn nguy hiểm (đường vòng quanh co, đường cong bán kính dưới 150m mà không hạn chế tốc độ, đoạn có dốc dọc >5%, chiều dài dốc >100m ...)	$H_{tb} \geq 0,80$

Ghi chú Bảng 1-2:

- Đối với đường cao tốc các loại, các cấp theo TCVN 5729 : 1997 và đối với đường cấp I, cấp II theo TCVN 4054 : 2005 (là các đường mỗi chiều xe chạy có 2 làn xe và có giải phân cách giữa) thì trừ các đoạn có cấm biển hạn chế tốc độ nên thiết kế lớp mặt tạo nhám đạt chiều sâu rắc cát trung bình $H_{tb} \geq 0,55$ mm.
- Nếu không có biển báo hạn chế tốc độ thì tốc độ xe chạy yêu cầu có thể lấy bằng 1,25 lần tốc độ thiết kế tương ứng với cấp hạng đường thiết kế (với định nghĩa về tốc độ thiết kế như ở mục 3.5.1 TCVN 4054 : 2005).

1.3.5. Về độ lún cho phép của kết cấu áo đường

Trong trường hợp kết cấu áo đường trên đoạn nền đường qua vùng đất yếu có khả năng phát sinh độ lún lớn và kéo dài thì phải bảo đảm các yêu cầu thiết kế sau đây về độ lún cho phép :

- Sau khi thi công xong kết cấu áo đường, độ lún cố kết cho phép còn lại trong thời hạn 15 năm tính từ khi đưa kết cấu áo đường vào khai thác sử dụng tại tim đường được quy định ở Bảng 1-3

Bảng 1-3: Độ lún cho phép còn lại trong thời hạn 15 năm tại tim đường sau khi thi công xong kết cấu áo đường:

Cấp hạng đường và loại tầng mặt kết cấu áo đường	Vị trí đoạn nền đắp trên đất yếu		
	Gân mố cầu	Chỗ có cống hoặc cống chui	Các đoạn nền đắp thông thường
1. Đường cao tốc các loại, đường cấp I, đường cấp II hoặc đường cấp III vùng đồng bằng và đồi (tức là các cấp đường có tốc độ thiết kế từ 80Km/h trở lên) có tầng mặt là loại cấp cao A1	≤10cm	≤20cm	≤30cm
2. Đường cấp III hoặc cấp IV có tốc độ thiết kế từ 60Km/h trở lên và có tầng mặt là loại cấp cao A1	≤20cm	≤30cm	≤40cm

Ghi chú Bảng 1-3:

- Độ lún của kết cấu áo đường ở đây cũng chính bằng độ lún của nền đường đắp trên đất yếu;
 - Độ lún còn lại là phần lún chưa hết sau khi làm xong kết cấu áo đường; độ lún còn lại này bằng độ lún tổng cộng dự báo được trong thời hạn nêu trên trừ đi độ lún đã xảy ra trong quá trình kê từ khi bắt đầu thi công nền đắp cho đến khi làm xong kết cấu áo đường ở trên;
 - Chiều dài đoạn đường gân mố cầu được xác định bằng 3 lần chiều dài móng mố cầu liền kề. Chiều dài đoạn có cống thoát nước hoặc cống chui qua đường ở dưới được xác định bằng 3 - 5 lần bề rộng móng cống hoặc bề rộng cống chui qua đường.
2. Đối với các đoạn đường có loại tầng mặt là cấp cao A1 nêu ở Bảng 1-3, nếu độ lún còn lại trong thời hạn 15 năm kể từ khi làm xong áo đường vượt quá trị số quy định ở Bảng 1-3 thì mới cần phải có các biện pháp xử lý đất yếu để giảm độ lún còn lại đạt yêu cầu ở Bảng 3-1.
3. Đối với các đường có tốc độ thiết kế từ 40Km/h trở xuống cũng như các đường chỉ thiết kế kết cấu áo đường mềm cấp cao A2 hoặc cấp thấp thì không cần đề cập đến yêu cầu về độ lún cố kết còn lại khi thiết kế (Điều này cho phép vận dụng để thiết kế kết cấu áo đường theo nguyên tắc phân kỳ đối với các đường cấp III trở xuống như đề cập ở mục 2.1.5 nhằm giảm chi phí xử lý nền đất yếu).

1.4 Nội dung công tác thiết kế áo đường mềm

Công tác thiết kế áo đường mềm gồm các nội dung chủ yếu sau:

1. Thiết kế cấu tạo kết cấu nền áo đường: Nội dung chính ở đây là chọn và bố trí hợp lý các lớp vật liệu phù hợp với chức năng và yêu cầu của các tầng, lớp áo

đường như nêu ở Chương 2, chọn các giải pháp tăng cường cường độ và sự ổn định cường độ của khu vực tác dụng (bao gồm cả các giải pháp thoát nước nếu cần, cho các lớp kết cấu nền áo đường).

Việc thiết kế cấu tạo này có ý nghĩa hết sức quan trọng vì thực tế có nhiều yêu cầu nêu trong Khoản 1.3 không thể giải quyết bằng biện pháp tính toán, đặc biệt là để hạn chế tác dụng phá hoại bề mặt do xe cộ và do các tác nhân môi trường thì chỉ có thể giải quyết bằng biện pháp cấu tạo thích hợp.

2. Tính toán kiểm tra cường độ chung và cường độ trong mỗi lớp kết cấu áo đường xác định bề dày mỗi lớp kết cấu áo đường theo các tiêu chuẩn giới hạn cho phép (được quy định và chỉ dẫn ở Chương 3 trong tiêu chuẩn này).

3. Tính toán, thiết kế tỷ lệ phối hợp các thành phần hạt và tỷ lệ phối hợp giữa vật liệu hạt khoáng với chất liên kết cho mỗi loại vật liệu sử dụng rồi kiểm nghiệm các đặc trưng cơ học của các vật liệu đó để đưa ra yêu cầu cụ thể đối với vật liệu sử dụng cho mỗi lớp kết cấu. Chú ý rằng không những phải đưa ra được tỷ lệ phối hợp các thành phần vật liệu nhằm đạt mục tiêu thiết kế mà còn phải đưa ra được tỷ lệ phối hợp các thành phần vật liệu trong chế thử và trong sản xuất đại trà khi tiến hành thiết kế kỹ thuật và thiết kế bản vẽ thi công.

4. Tại các đoạn đường có bố trí siêu cao $\geq 6\%$, trạm thu phí, điểm dừng đỗ xe thì cần thiết kế cường độ kết cấu áo đường với mức độ tin cậy cao hơn đoạn đường thông thường liền kề.

1.5 Nội dung và yêu cầu đối với công tác điều tra thu thập số liệu thiết kế

1.5.1. Nội dung điều tra

Để thiết kế áo đường mềm đạt được các yêu cầu nêu ở Khoản 1.3, tư vấn thiết kế trước hết phải tổ chức điều tra, khảo sát, thí nghiệm, thu thập và xác định đủ các số liệu về quy mô giao thông, về loại đất và các đặc trưng cơ lý của nền đất, về các yếu tố tác động môi trường có ảnh hưởng đến các đặc trưng cơ học của nền đất và các lớp kết cấu áo đường, về khả năng cung cấp vật liệu và các đặc trưng của vật liệu có thể sử dụng làm các lớp áo đường, về điều kiện thi công, giá vật liệu xây dựng áo đường và điều kiện duy tu, sửa chữa, khai thác đường trên tuyến thiết kế.

Đối với dự án cải tạo, tăng cường áo đường cũ thì ngoài các nội dung nêu trên còn phải tổ chức đo đạc xác định bề dày và vật liệu các lớp kết cấu cũ, quan trắc đánh giá cường độ của kết cấu nền áo đường cũ và đánh giá các chỉ tiêu khai thác khác của áo đường cũ (xem Khoản 4.3).

1.5.2. Điều tra dự báo lưu lượng giao thông

Để phục vụ cho việc thiết kế kết cấu áo đường mềm, số liệu điều tra, dự báo lưu lượng giao thông phải đạt được các yêu cầu sau:

1. Trên một tuyến đường, phải điều tra dự báo được lưu lượng giao thông cho từng đoạn đường; các đoạn đường này có thể được phân chia theo các điểm có lưu lượng giao thông tăng giảm hoặc ra vào tuyến nhiều ít khác nhau (giữa các nút

giao lớn, giữa các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá, bến tàu xe, đường thủy, cảng hàng không...).

Cần tránh tình trạng trên một tuyến dài hàng trăm cây số vẫn chỉ tính toán kết cấu với cùng một quy mô giao thông.

2. Phải dự báo được một cách xác đáng số lượng trục xe quy đổi về trục xe tiêu chuẩn trung bình ngày đêm (trong cả năm và trong các tháng mùa mưa là mùa bất lợi nhất) trên mỗi chiều xe chạy ở năm cuối của thời hạn thiết kế (với thời hạn thiết kế quy định ở mục 1.3.2 và với cách quy đổi về trục xe tiêu chuẩn quy định ở mục 3.2.3). Để đảm bảo đạt được yêu cầu này cần chú trọng điều tra dự báo đúng số liệu sau:

- Thành phần dòng xe: Không cần quan tâm đến xe máy, thô sơ, xe ô tô du lịch các loại và các xe tải trục nhẹ có trọng lượng trục dưới 25 kN nhưng lại phải đặc biệt chú trọng điều tra dự báo được số trục xe (cả trục trước và trục sau) có trọng lượng trục từ 25 kN trở lên và các loại xe có nhiều trục sau (2 trục hoặc 3 trục sau);

- Đối với các xe tải nặng và xe đặc chủng cần điều tra xác định được số trục trước, số trục sau, trọng lượng các trục đó khi có chở hàng, khoảng cách giữa các trục của chúng thông qua cân, đo trực tiếp;

- Phải dự báo đúng năm cuối của thời hạn thiết kế thông qua dự báo đúng năm đầu tiên sẽ đưa kết cấu áo đường vào khai thác sử dụng, tức là phải dự tính đúng thời gian khảo sát thiết kế dự án cho đến khi hoàn thành các thủ tục để khởi công công trình và sau đó là dự báo đúng thời gian thi công xây dựng đường. Phải tuyệt đối tránh tình trạng lấy năm được giao nhiệm vụ thiết kế làm năm đầu tiên để từ đó dự báo ra lượng giao thông nằm ở năm cuối của thời hạn thiết kế;

- Phải phân tích dự báo đúng được tỷ lệ tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm q .

3. Trên cơ sở số liệu dự báo nêu ở điểm 2, phải xác định ra số lượng trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên một làn xe trong suốt thời hạn thiết kế để làm căn cứ lựa chọn loại tầng mặt và bề dày tối thiểu lớp mặt bằng bê tông nhựa khi thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường mềm.

4. Số liệu dự báo cần phải bao gồm cả lượng giao thông gia tăng bình thường, lượng giao thông hấp dẫn và lượng giao thông phát sinh (xem các mục 1.2.13, 1.2.14, 1.2.15).

1.5.3. Yêu cầu đối với việc điều tra khả năng tác động của các nguồn gây ẩm

Phải điều tra xác định được các mức nước ngầm cao nhất dưới nền đào và nền đắp, mức nước ngập cao nhất hai bên taluy nền đắp cũng như thời gian ngập trong mùa bất lợi nhất (mùa mưa) để phục vụ cho việc dự báo độ ẩm tính toán (độ ẩm bất lợi nhất) trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đường và để phục vụ cho việc chọn các giải pháp thiết kế nhằm hạn chế sự xâm nhập của các nguồn ẩm vào khu vực này hoặc phục vụ

cho việc chọn các giải pháp bố trí hệ thống thoát nước nhanh cho cả các lớp móng áo đường bằng vật liệu hạt (xem thêm ở Khoản 2.5 và Phụ lục B).

1.5.4. Yêu cầu đối với việc điều tra loại đất nền và các đặc trưng cơ lý của đất nền

1. Phạm vi và đối tượng điều tra:

Đối với đoạn nền đắp, đối tượng điều tra là các loại đất dùng để đắp trong phạm vi khu vực tác dụng .

Đối với đoạn nền đào, đối tượng điều tra là các lớp đất tự nhiên trong phạm vi khu vực tác dụng (sau khi dự kiến đường đắp thiết kế cần điều tra từng lớp 20cm trong phạm vi 100cm kể từ cao độ đáy áo đường trở xuống để phát hiện sự không đồng nhất của các lớp đất trong nền đào).

2. Những đặc trưng phải điều tra, thử nghiệm xác định:

- Loại đất;
- Dung trọng khô lớn nhất γ_{kmax} và độ ẩm tốt nhất W_{op} xác định thông qua thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn;
- Chỉ số dẻo, giới hạn nhão, độ trương nở của đất;
- Độ ẩm tương đối W_{tn} / W_{nh} và độ chặt $\gamma_{tn} / \gamma_{kmax}$ của đất nền đào ở trạng thái tự nhiên trong thời gian mùa mưa (trong đó W_{tn} , W_{nh} , γ_{tn} là độ ẩm tự nhiên, độ ẩm giới hạn nhão và dung trọng khô của đất nền đào ở trạng thái tự nhiên; γ_{kmax} là dung trọng khô của đất đó sau đầm nén tiêu chuẩn);
- Các đặc trưng cho cường độ chịu cắt trượt (lực dính C và góc nội ma sát φ) tương ứng ở trạng thái chặt, ẩm dự kiến thiết kế đối với đất đắp và tương ứng ở trạng thái tự nhiên ở mùa bất lợi nhất đối với đất nền đào;
- Chỉ số sức chịu tải CBR trong điều kiện có ngâm mẫu bão hoà nước 4 ngày đêm và trị số mô đun đàn hồi E_0 thí nghiệm (trong phòng hoặc hiện trường) tương ứng ở trạng thái chặt, ẩm tự nhiên bất lợi nhất đối với nền đào và tương ứng với độ ẩm tính toán đối với đất nền đắp.

Các đặc trưng nêu trên phải được xác định theo các tiêu chuẩn Nhà nước hoặc tiêu chuẩn ngành hiện hành.

1.5.5. Yêu cầu về việc điều tra và thử nghiệm vật liệu làm các lớp áo đường:

1. Phải điều tra xác định nguồn cung cấp, chất lượng, trữ lượng các loại vật liệu hạt và các loại vật liệu dùng làm chất liên kết;
2. Đối với các loại vật liệu hạt (đất, cát, sỏi cuội, đá nghiền, cấp phối các loại, tro bay hoặc xỉ phế thải công nghiệp...) dùng riêng rẽ hoặc dùng để gia cố với các chất liên kết đều phải thử nghiệm đánh giá chất lượng sử dụng của chúng theo các chỉ tiêu yêu cầu phù hợp với tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu các lớp kết cấu áo đường mềm hiện hành tương ứng với mỗi loại vật liệu đó. Trường hợp chưa có tiêu chuẩn quy định thì tư vấn thiết kế có thể tự nghiên cứu tham khảo các tài liệu trong và ngoài nước để đề xuất các chỉ tiêu yêu cầu nhưng các

chỉ tiêu này phải được xét duyệt và chấp thuận của các cơ quan quản lý kỹ thuật có thẩm quyền.

3. Đối với các loại chất liên kết hữu cơ (các loại nhựa đường...) và chất liên kết vô cơ (xi măng, vôi...) là những thương phẩm có xuất xứ rõ ràng, có chứng chỉ kèm các chỉ tiêu chất lượng sản phẩm quen dùng phù hợp với yêu cầu trong các tiêu chuẩn thì khi thiết kế kết cấu áo đường chưa cần thử nghiệm đánh giá; còn nếu là các loại vật liệu địa phương, vật liệu tận dụng cá biệt thì phải thử nghiệm đánh giá theo đề cương được chủ đầu tư hoặc cấp có thẩm quyền phê duyệt trước khi quyết định sử dụng chúng trong dự án thiết kế kết cấu áo đường.

4. Sau khi người thiết kế quyết định thành phần vật liệu của mỗi lớp kết cấu (quyết định tỷ lệ các cỡ vật liệu hạt hoặc / và tỷ lệ chất liên kết so với vật liệu hạt) thì trách nhiệm của người thiết kế phải tiến hành các thử nghiệm xác định trị số mô đun đàn hồi của chúng theo chỉ dẫn ở phụ lục C để đảm bảo rằng thành phần vật liệu thiết kế dùng cho mỗi lớp kết cấu là tương thích với trị số các thông số thiết kế được đưa vào tính toán cường độ của kết cấu áo đường.

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ CẤU TẠO KẾT CẤU NỀN ÁO ĐƯỜNG

2.1 Nguyên tắc thiết kế

2.1.1. Phải tuân theo nguyên tắc thiết kế tổng thể nền áo đường, tức là trong mọi trường hợp phải chú trọng các biện pháp nâng cao cường độ và sự ổn định cường độ của khu vực tác dụng để tạo điều kiện cho nền đất tham gia chịu lực cùng với áo đường đến mức tối đa, từ đó giảm được bề dày áo đường và hạ giá thành xây dựng. Đồng thời, còn phải sử dụng các biện pháp tổng hợp khác nhau (biện pháp sử dụng vật liệu và tổ hợp các thành phần vật liệu, biện pháp thoát nước cho các lớp có khả năng bị nước xâm nhập...) để hạn chế các tác dụng của ẩm và nhiệt đến cường độ và độ bền của mỗi tầng, lớp trong kết cấu áo đường và đặc biệt là biện pháp hạn chế các hiện tượng phá hoại bề mặt đối với lớp mặt trên cùng do xe chạy gây ra.

2.1.2. Phải chọn và bố trí đúng các tầng, lớp vật liệu trong kết cấu áo đường sao cho phù hợp với chức năng của mỗi tầng, lớp và bảo đảm cả kết cấu đáp ứng được những yêu cầu cơ bản theo mục 1.3.1 đồng thời phù hợp với khả năng cung ứng vật liệu, khả năng thi công và khả năng khai thác duy tu, sửa chữa, bảo trì sau này.

Phải sử dụng tối đa các vật liệu và phế thải công nghiệp tại chỗ (sử dụng trực tiếp hoặc có gia cố chúng bằng chất kết dính vô cơ hoặc hữu cơ). Ngoài ra, phải chú trọng vận dụng các kinh nghiệm về xây dựng và khai thác áo đường trong điều kiện cụ thể của địa phương đường đi qua.

2.1.3. Cần đề xuất từ 2 đến 3 phương án cấu tạo kết cấu áo đường. Khi đề xuất các phương án thiết kế cần phải chú trọng đến yêu cầu bảo vệ môi trường, yêu cầu bảo đảm an toàn giao thông và cả yêu cầu về bảo vệ sức khỏe, bảo đảm an toàn cho người thi công.

2.1.4. Cần xét đến phương án phân kỳ đầu tư trong thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường. Trên cơ sở phương án cho quy hoạch tương lai cần dự tính biện pháp tăng cường bề dày để tăng khả năng phục vụ của áo đường phù hợp với yêu cầu xe chạy tăng dần theo thời gian. Riêng đối với áo đường cao tốc và đường cấp I hoặc cấp II thì không nên xét đến phương án phân kỳ xây dựng áo đường.

2.1.5. Đối với các đoạn đường có tầng mặt là loại cấp cao A1 nhưng qua vùng đất yếu có khả năng phát sinh độ lún lớn và kéo dài thì có thể thiết kế kết cấu nền áo đường theo nguyên tắc phân kỳ xây dựng trên cơ sở đảm bảo cho tầng mặt cấp cao A1 ở trên không bị hư hại do lún. Lúc thiết kế vẫn phải dựa vào lượng giao thông ở cuối thời hạn thiết kế để thiết kế kết cấu và bề dày nhưng khi thi công có thể giảm bớt bề dày tầng mặt tương ứng với thời gian phân kỳ, đợi sau khi nền đường đi vào ổn định mới rải tiếp lớp mặt bê tông nhựa cấp cao A1 hoặc các lớp tạo phẳng, tạo nhám trên cùng.

2.2 Cấu tạo tầng mặt và các yêu cầu thiết kế

2.2.1. Chức năng và phân loại tầng mặt:

1. Tầng mặt của kết cấu áo đường là bộ phận phải chịu đựng trực tiếp tác dụng phá hoại của xe cộ (đặc biệt là dưới tác dụng phá hoại bề mặt) và của các yếu tố bất lợi về thời tiết, khí hậu. Yêu cầu thiết kế cấu tạo tầng mặt là vật liệu và bề dày các lớp trong tầng mặt phải bảo đảm chịu đựng được các tác dụng phá hoại trực tiếp nêu trên đồng thời phải bảo đảm được các yêu cầu sử dụng khai thác đường

về độ bằng phẳng và độ nhám. Vật liệu làm các lớp tầng mặt phải có tính ổn định nhiệt, ổn định nước và không thấm nước (hoặc hạn chế thấm nước).

2. Tùy theo mức độ đảm bảo được các yêu cầu nêu trên là cao hay thấp, tầng mặt kết cấu áo đường mềm được phân thành 4 loại cấp cao A1, cấp cao A2, cấp thấp B1 và cấp thấp B2 với định nghĩa về mỗi loại đã nêu ở các mục 1.2.8, 1.2.9, 1.2.10 và 1.2.11.

2.2.2. Chọn loại tầng mặt:

Khi thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường mềm, trước hết phải căn cứ vào cấp hạng đường, thời hạn thiết kế và tham khảo số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên một làn xe trong suốt thời hạn thiết kế để chọn loại tầng mặt thiết kế. Nếu chủ đầu tư không có các yêu cầu đặc biệt gì khác thì có thể tham khảo ở Bảng 2-1 để chọn loại tầng mặt thiết kế.

Trong Bảng 2-1 cùng một cấp thiết kế đường cũng có thể cân nhắc chọn loại tầng mặt khác nhau; trên cơ sở đó có thể hình thành các phương án thiết kế kết cấu áo đường khác nhau (kể cả phương án phân kỳ đầu tư) và để đi đến quyết định cuối cùng thì phải tiến hành phân tích so sánh tổng chi phí xây dựng, khai thác và vận doanh giữa các phương án. Tương tự, khi lượng giao thông còn chưa lớn nhưng đường có chức năng và ý nghĩa kinh tế, xã hội quan trọng thì vẫn có thể chọn loại tầng mặt cấp cao hơn căn cứ vào kết quả phân tích so sánh kinh tế và kết quả đánh giá tác động môi trường.

Bảng 2-1: Chọn loại tầng mặt

Cấp thiết kế đường (theo TCVN 4054)	Loại tầng mặt	Vật liệu và cấu tạo tầng mặt	Thời hạn thiết kế (năm)	Số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế (trục xe tiêu chuẩn/làn)
Cấp I, II, III và cấp IV	Cấp cao A1	Bê tông nhựa chặt loại I hạt nhỏ, hạt trung làm lớp mặt trên; hạt trung, hạt thô (chặt hoặc hở loại I hoặc loại II) làm lớp mặt dưới	≥10	> 4.10 ⁶
Cấp III, IV và cấp V	Cấp cao A2	- Bê tông nhựa chặt loại II, đá dăm đen và hỗn hợp nhựa nguội trên có lán nhựa	8-10	> 2.10 ⁶
		- Thấm nhập nhựa	5-8	> 1.10 ⁶
		- Lán nhựa (cấp phối đá dăm, đá dăm tiêu chuẩn, đất đá gia cố trên có lán nhựa)	4-7	> 0.1.10 ⁶
Cấp IV, V và VI	Cấp thấp B1	Cấp phối đá dăm, đá dăm nước, hoặc cấp phối thiên nhiên trên có lớp bảo vệ rời rạc (cát) hoặc có lớp hao mòn cấp phối hạt nhỏ	3-4	≤ 0,1.10 ⁶

Cấp thiết kế đường (theo TCVN 4054)	Loại tầng mặt	Vật liệu và cấu tạo tầng mặt	Thời hạn thiết kế (năm)	Số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế (trục xe tiêu chuẩn/làn)
Cấp V và cấp VI	Cấp thấp B2	- Đất cải thiện hạt - Đất, đá tại chỗ, phế liệu công nghiệp gia cố (trên có lớp hao mòn, bảo vệ)	2-3	$< 0,1.10^6$

Ghi chú Bảng 2-1:

- Về định nghĩa các loại tầng mặt xem thêm ở các mục 1.2.8, 1.2.9, 1.2.10 và 1.2.11;
- Trị số số trục xe tiêu chuẩn tích lũy chỉ để tham khảo (tức là không có ý nghĩa quyết định đến việc chọn loại tầng mặt);
- Về lớp hao mòn và lớp bảo vệ rời rạc xem ở mục 2.2.5.

2.2.3. Bố trí lớp tạo nhám trên tầng mặt cấp cao A1

1. Trên tầng mặt cấp cao A1 phải bố trí lớp tạo nhám kiêm chức năng lớp hao mòn tạo phẳng dày 1,5 – 3,0 cm bằng bê tông nhựa có độ nhám cao (theo 22 TCN 345 - 06) hoặc lớp tạo nhám bằng hỗn hợp nhựa thoát nước dày 3 – 4cm trong các trường hợp sau đây:

- Đường cao tốc (các loại và các cấp);
- Đường cấp I, cấp II và cấp III đồng bằng (là các đường được thiết kế với tốc độ thiết kế bằng hoặc lớn hơn 80Km/h);

Ghi chú: Lớp hỗn hợp thoát nước thường làm bằng hỗn hợp vật liệu hạt cứng trộn với nhựa bi tum polime có độ rỗng 15 -20%. Hiện ở nước ta chưa có tiêu chuẩn nên khi sử dụng cần thử nghiệm trước. Lớp này được tính vào bề dày chịu lực của kết cấu.

2. Trên tầng mặt cấp cao A1 ở các đoạn đường đặc biệt nguy hiểm có tốc độ thiết kế từ 60 Km/h trở lên cũng nên xem xét việc bố trí thêm lớp tạo nhám nêu trên (như trên các đoạn dốc dài có độ dốc lớn hơn 5% hoặc các đoạn nền đắp cao qua vực sâu...)

2.2.4. Bố trí lớp hao mòn, tạo nhám, tạo phẳng đối với tầng mặt cấp cao A2

Để đảm nhận các chức năng trên thường sử dụng lớp láng nhựa (1, 2 hoặc 3 lớp theo 22 TCN 271) rải trên lớp mặt bằng bê tông nhựa hở, đá dăm đen, bê tông nhựa nguội, lớp thấm nhập nhựa và cả trên các mặt đường nhựa cũ. Riêng với tầng mặt thấm nhập nhựa thì lớp láng nhựa không thi công thành lớp riêng (xem 22 TCN 270).

2.2.5. Bố trí lớp hao mòn hoặc lớp bảo vệ trên mặt đường cấp thấp:

1. Trên các loại tầng mặt cấp thấp B1 ở Bảng 2-1 phải bố trí lớp hao mòn bằng cấp phối hạt nhỏ hoặc lớp bảo vệ rời rạc; đối với các đường quan trọng hơn có thể bố trí cả lớp hao mòn và lớp bảo vệ. Trên mặt đường cấp phối thiên nhiên thường rải lớp hao mòn; trên mặt đường đá dăm nước và cấp phối đá dăm thường rải lớp bảo vệ rời rạc. Các lớp này phải được duy tu bằng cách bổ sung vật liệu thường xuyên, san gạt phủ kín bề mặt tầng mặt để hạn chế tác dụng phá hoại của xe cộ đối với tầng mặt và để tạo phẳng cho mặt đường;
2. Lớp hao mòn thường dày từ 2 – 4cm được làm bằng cấp phối hạt nhỏ có thành phần hạt như loại C, D, E trong 22 TCN 304 nhưng nên có chỉ số dẻo từ 15-21. Có thể trộn đều cát và sỏi để tạo ra cấp phối hạt loại này;
3. Lớp bảo vệ thường dày 0,5-1,0cm bằng cát thô, cát lẫn đá mi, đá mặt với cỡ hạt lớn nhất là 4,75mm;
4. Đối với mặt đường cấp thấp B2 khi có điều kiện cũng nên rải và duy trì lớp bảo vệ rời rạc.

2.2.6. Bố trí các lớp trong tầng mặt cấp cao A1

1. Đây là các lớp chủ yếu cùng với tầng móng và khu vực tác dụng của nền đất tạo ra cường độ chung của kết cấu nền áo đường. Trong trường hợp tầng mặt cấp cao A1, các lớp này đều phải bằng các hỗn hợp vật liệu hạt có sử dụng nhựa đường và lớp trên cùng phải bằng bê tông nhựa chặt loại I trộn nóng. Các lớp phía dưới có thể làm bằng bê tông nhựa loại II, bê tông nhựa rỗng, đá dăm đen, bê tông nhựa nguội (trộn nhựa lỏng hoặc nhũ tương nhựa) và cả thấm nhập nhựa.
2. Trường hợp đường cao tốc, đường cấp I, cấp II hoặc đường cấp III có quy mô giao thông lớn thì tầng mặt cấp cao A1 có thể bố trí thành 3 lớp hoặc 2 lớp.

Trường hợp bố trí thành 3 lớp thì có thể bố trí lớp bê tông nhựa chặt loại I hạt nhỏ ở trên cùng với bề dày từ 3,0 - 4,0cm rồi đến 4,0 – 6,0cm bê tông nhựa hạt trung và 5,0 – 6,0cm bê tông nhựa hạt lớn. Hoặc cũng có thể bố trí trên cùng là lớp bê tông nhựa chặt loại I hạt trung dày 4,0 – 5,0cm rồi đến 2 lớp bê tông nhựa hạt lớn dày 5,0 – 6,0cm và 6,0 – 8,0cm ở dưới.

Trường hợp bố trí thành 2 lớp thì có thể bố trí trên cùng là lớp bê tông nhựa chặt loại I hạt nhỏ dày 3,0 – 4,0cm rồi đến 4,0 -5,0cm bê tông nhựa hạt trung hoặc trên cùng là 4,0 – 5,0cm bê tông nhựa chặt loại I hạt trung rồi đến 6,0-8,0 cm bê tông nhựa hạt lớn.

(Các lớp dưới có thể dùng bê tông nhựa rỗng hoặc loại II, nhất là đối với lớp dưới cùng).

3. Trường hợp đường cấp III có quy mô giao thông vừa phải và đường cấp IV đồng bằng thì có thể bố trí tầng mặt gồm 2 lớp hoặc chỉ gồm 1 lớp bê tông nhựa

chặt loại I hạt nhỏ hoặc hạt trung. Dù bố trí thành 2 lớp hoặc 1 lớp thì tổng bề dày tầng mặt nhựa (là tổng bề dày các lớp mặt có sử dụng nhựa) trong trường hợp này không được dưới 6cm và cũng không nên quá 8 cm. Nếu bố trí thành 2 lớp thì trong trường hợp này lớp dưới không nhất thiết phải bằng bê tông nhựa nóng mà có thể bằng các loại đã đề cập ở điểm 1 nêu trên nhưng lớp trên thì phải bằng bê tông nhựa chặt loại I hạt nhỏ hoặc hạt trung theo 22 TCN 249. Nếu dùng lớp thấm nhựa làm lớp mặt dưới thì không cần tưới lớp nhựa chèn đá mặt phía trên.

2.2.7. Bố trí tầng mặt cấp cao A2

Loại tầng mặt này phải có lớp hao mòn, tạo nhám, tạo phẳng như đã đề cập ở mục 2.2.4 ở trên và phía dưới gồm 1 lớp vật liệu trong các loại đã liệt kê ở Bảng 2-1 với bề dày lớp mặt này phải lớn hơn bề dày tối thiểu nêu ở mục 2.4.2 và thường trong khoảng dưới đây:

- Lớp mặt bằng bê tông nhựa rỗng, đá dăm đen, bê tông nhựa nguội thường bố trí bề dày 4,0 -8,0cm;
- Lớp mặt thấm nhựa bề dày phải tuân theo 22 TCN 270;
- Lớp mặt bằng các loại vật liệu hạt không gia cố hoặc có gia cố chất liên kết vô cơ thường có bề dày từ 15,0-18,0cm;

2.2.8. Bố trí tầng mặt cấp thấp B1, B2

Tầng mặt cấp thấp thường chỉ làm một lớp với bề dày lớn hơn bề dày tối thiểu đề cập ở mục 2.4.2 và nhỏ hơn 15cm (không kể lớp hao mòn hoặc lớp bảo vệ rời rạc theo mục 2.2.5)

Dù làm tầng mặt loại này bằng vật liệu gì đều nên loại bỏ các hạt có kích cỡ lớn hơn 50mm và trong mọi trường hợp cỡ hạt lớn hơn 4,75mm đều nên chiếm tỷ lệ trên 65%.

2.2.9. Bề dày tối thiểu của tầng mặt cấp cao A1

1. Khi đặt trên lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm thì tổng bề dày các lớp của tầng mặt cấp cao A1 đề cập ở mục 2.2.6 cộng với bề dày lớp tạo nhám đề cập ở mục 2.2.3 (nếu có) phải lớn hơn trị số quy định ở Bảng 2-2.

Bảng 2-2: Bề dày tối thiểu của tầng mặt cấp cao A1 tùy thuộc quy mô giao thông

Số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn tính toán 15 năm kể từ khi đưa mặt đường vào khai thác trên 1 làn xe (trục xe/làn)	Bề dày tối thiểu của tầng mặt cấp cao A1 (cm)
< 0,1.10 ⁶	6 (5)
≥ 0,1.10 ⁶	7 (5)
≥ 0,5.10 ⁶	8 (5)
≥ 1.10 ⁶	9 (5)

Số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn tính toán 15 năm kể từ khi đưa mặt đường vào khai thác trên 1 làn xe (trục xe/làn)	Bề dày tối thiểu của tầng mặt cấp cao A1 (cm)
$\geq 2.10^6$	10 (5)
$\geq 4.10^6$	12,5 (7,5)
$\geq 6.10^6$	15,0 (10)
$\geq 9.10^6$	20,0 (10)

Ghi chú Bảng 2-2:

- Không nên bố trí bề dày tầng mặt chỉ bằng một lớp bê tông nhựa dày dưới 7cm;
- Nếu các lớp của tầng mặt nhựa cấp cao A1 được đặt trực tiếp trên lớp móng trên bằng vật liệu hạt gia cố nhựa có bề dày ít nhất là 10cm thì bề dày tối thiểu của tầng mặt được giảm đến trị số quy định để ở trong ngoặc ở Bảng 2-2;
- Tính trị số trục xe tiêu chuẩn tích lũy có thể tham khảo các chỉ dẫn ở Khoản A-2 của Phụ lục A.

2. Nếu các lớp của tầng mặt nhựa cấp cao A1 được đặt trực tiếp trên lớp móng nửa cứng thì để hạn chế hiện tượng nứt phản ảnh, tổng bề dày tối thiểu của tầng mặt có sử dụng nhựa phải bằng bề dày lớp móng nửa cứng và tối thiểu bằng 14 – 18cm khi đường thiết kế là đường cao tốc theo TCVN 5729 hoặc đường cấp I, cấp II theo TCVN 4054 và phải bằng 10 – 12 cm khi đường thiết kế là đường cấp III, cấp IV theo TCVN 4054. Trường hợp tầng mặt có sử dụng nhựa bi tum polime hoặc hỗn hợp đá nhựa có tỷ lệ nhựa đường tối ưu lớn ($\geq 6\%$) thì bề dày tối thiểu có thể lấy trị số nhỏ hoặc trị số trung bình trong phạm vi nêu trên.

2.2.10. Lớp nhựa dính bám

Phải thiết kế tưới lớp nhựa dính bám giữa các lớp bê tông nhựa và giữa bê tông nhựa với các loại mặt đường nhựa khác trong trường hợp các lớp nêu trên không thi công liền nhau về thời gian và trong trường hợp rải bê tông nhựa trên các lớp mặt đường cũ.

2.2.11. Lớp nhựa thấm bám

Phải thiết kế tưới lớp nhựa thấm bám khi bố trí các lớp mặt nhựa trên móng bằng đất, đá gia cố và móng bằng cấp phối đá dăm, cấp phối thiên nhiên, đá dăm nước.

2.3 Thiết kế cấu tạo tầng móng

2.3.1. Nguyên tắc bố trí cấu tạo tầng móng:

Chức năng của tầng móng là truyền áp lực của bánh xe tác dụng trên mặt đường xuống đến nền đất sao cho trị số áp lực truyền đến nền đất đủ nhỏ để nền đất chịu đựng được cả về ứng suất và biến dạng, đồng thời tầng móng phải đủ cứng để giảm ứng suất kéo

uốn tại đáy tầng mặt cấp cao bằng bê tông nhựa ở phía trên nó. Do vậy việc bố trí cấu tạo tầng móng nên tuân theo các nguyên tắc sau:

1. Nên gồm nhiều lớp, lớp trên bằng các vật liệu có cường độ và khả năng chống biến dạng cao hơn các lớp dưới để phù hợp với trạng thái phân bố ứng suất và hạ giá thành xây dựng. Tỷ số mô đun đàn hồi của lớp trên so với lớp dưới liền nó nên dưới 3 lần (trừ trường hợp lớp móng dưới là loại móng nửa cứng) và tỷ số mô đun đàn hồi của lớp móng dưới với mô đun đàn hồi của nền đất nên trong phạm vi 2,5 – 10 lần. Số lớp cũng không nên quá nhiều để tránh phức tạp cho thi công và kéo dài thời gian khai triển dây chuyền công nghệ thi công.
2. Cỡ hạt lớn nhất của vật liệu làm các lớp móng phía trên nên chọn loại nhỏ hơn so với cỡ hạt lớn nhất của lớp dưới. Vật liệu hạt dẹt làm lớp móng trên cần có trị số CBR ≥ 80 và dùng làm lớp móng dưới cần có CBR ≥ 30 .
3. Kết cấu tầng móng (về vật liệu và về bề dày) nên thay đổi trên từng đoạn tùy thuộc điều kiện nền đất và tình hình vật liệu tại chỗ sẵn có. Trong mọi trường hợp đều nên tận dụng vật liệu tại chỗ (gồm cả các phế thải công nghiệp) để làm lớp móng dưới.

2.3.2. Chọn loại tầng móng

Cần dựa vào các nguyên tắc nêu trên để chọn và bố trí các lớp móng trên, móng dưới tùy thuộc loại tầng mặt như ở chỉ dẫn ở Bảng 2-3 cùng với các chú ý dưới đây:

1. Đối với đường cao tốc, đường cấp I, II và các đường có 4 làn xe trở lên thì cần sử dụng các lớp móng nửa cứng để tăng mức độ đồng đều về cường độ trên bề rộng phần xe chạy, chẳng hạn như bố trí lớp móng dưới bằng cát hoặc đất gia cố các chất liên kết vô cơ và bố trí lớp móng trên bằng cấp phối đá (sỏi cuội) gia cố xi măng.
2. Ở những đoạn đường có thể bị ảnh hưởng của ẩm mao dẫn từ nước ngầm phía dưới thì lớp móng dưới nên sử dụng vật liệu đất gia cố chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ với bề dày tối thiểu là 15cm.
3. Nếu lớp móng có thêm chức năng thấm thoát nước ra khỏi kết cấu áo đường thì lựa chọn vật liệu sao cho độ rỗng của nó sau khi đầm nén chặt bằng khoảng 15 – 20%, cấp phối hạt không được chứa cỡ hạt $\leq 0,074\text{m}$ và hệ số thấm phải lớn hơn 3m/ngày đêm.
4. Trong trường hợp đặc biệt khó khăn (thiếu các phương tiện gia công đá hoặc thiếu phương tiện xe máy thi công) thì có thể sử dụng lớp móng bằng đá ba xếp có chèn chèn chặt cho các loại mặt đường cấp thấp B1, B2. Đá ba có kích cỡ lớn nhất là 18 – 24cm

5. Phải thiết kế một lớp láng nhựa trên móng cấp phối đá dăm hoặc đá dăm nước để chống thấm nước xuống nền và chống xe cộ thi công đi lại phá hoại móng trong trường hợp làm móng trước để một thời gian trước khi thi công tiếp các lớp ở trên.

Bảng 2-3: Chọn loại tầng móng

Lớp vật liệu làm móng	Phạm vi sử dụng thích hợp		Điều kiện sử dụng
	Vị trí móng	Loại tầng mặt	
1. Cấp phối đá dăm nghiền loại I (22 TCN 334 -06)	- Móng trên - Móng dưới	Cấp cao A1, A2 Cấp cao A1	Nếu dùng làm lớp móng trên thì cỡ hạt lớn nhất $D_{max} \leq 25\text{mm}$ và bề dày tối thiểu là 15cm (khi số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong 15 năm nhỏ hơn $0,1 \cdot 10^6$ thì tối thiểu dày 10cm)
2. Cấp phối đá dăm nghiền loại II (22 TCN 334 -06)	- Móng dưới - Móng trên	Cấp cao A1 Cấp cao A2 và cấp thấp B1	Nếu dùng làm lớp móng trên thì $D_{max}=25\text{mm}$; Nếu dùng làm lớp bù vênh thì $D_{max}=19\text{mm}$
3. Cấp phối thiên nhiên (22 TCN 304 - 03)	- Móng dưới - Móng trên - Móng trên (mặt) và móng dưới	Cấp cao A1, A2 Cấp cao A2 Cấp thấp B1, B2	Như quy định ở 22 TCN 304 - 03
4. Đá dăm nước (22 TCN 06 -77)	- Móng dưới - Móng trên (mặt)	Cấp cao A2 Cấp thấp B1, B2	Phải có hệ thống rãnh xương cá thoát nước trong quá trình thi công và cả sau khi đưa vào khai thác nếu có khả năng thấm nước vào lớp đá dăm; Nên có lớp ngăn cách (vải địa kỹ thuật) giữa lớp móng đá dăm nước với nền đất khi làm móng có tầng mặt cấp cao A2; Không được dùng loại kích cỡ mở rộng trong mọi trường hợp.
5. Bê tông nhựa rỗng theo 22 TCN 249; hỗn hợp nhựa trộn nguội, lớp thấm nhập nhựa (22 TCN 270)	- Móng trên - Móng trên (mặt)	Cấp cao A1 Cấp cao A2	Với các loại hỗn hợp cuội sỏi, cát, trộn nhựa nguội hiện chưa có tiêu chuẩn ngành

Lớp vật liệu làm móng	Phạm vi sử dụng thích hợp		Điều kiện sử dụng
	Vị trí móng	Loại tầng mặt	
6. Cấp phối đá (sỏi cuội) gia cố xi măng theo 22 TCN 245; cát gia cố xi măng theo 22 TCN 246	- Móng trên - Móng trên (mặt)	Cấp cao A1 Cấp cao A2	Cỡ hạt lớn nhất được sử dụng là 25mm Cường độ yêu cầu của cát gia cố phải tương ứng với yêu cầu đối với móng trên
7. Đất, cát, phế liệu công nghiệp (xỉ lò cao, xỉ than, tro bay...) gia cố chất liên kết vô cơ, hữu cơ hoặc gia cố tổng hợp	- Móng trên (mặt) - Móng dưới	Cấp cao A2 Cấp cao A1 và A2	Trường hợp gia cố chất kết dính vô cơ có thể tuân thủ 22 TCN 81-84; Các trường hợp gia cố khác hiện chưa có tiêu chuẩn ngành
8. Đất cải thiện, gạch vỡ, phế thải công nghiệp (xỉ lò trộn đất)	- Móng dưới	Cấp thấp B1, B2	Tỷ lệ vật liệu hạt có kích cỡ lớn hơn 4,75mm cần chiếm trên 50% khối lượng

Ghi chú Bảng 2-3: Trong một số trường hợp hiện chưa có tiêu chuẩn ngành thì nếu sử dụng, tư vấn thiết kế cần tự thử nghiệm đưa ra các quy định kỹ thuật cụ thể và được cấp có thẩm quyền phê duyệt.

2.3.3. Bề rộng các lớp móng

1. Bề rộng lớp móng trên phải rộng hơn bề rộng của tầng mặt mỗi bên 20cm;
2. Bề rộng lớp móng dưới nên rộng hơn bề rộng lớp móng trên mỗi bên 15cm;
3. Bề rộng của lớp móng kiêm chức năng thấm thoát nước từ kết cấu áo đường ra nên rải hết toàn bộ bề rộng nền đường và phải có biện pháp chống hư hại hoặc xói lở hai bên mép sát taluy nền đường, nếu không thì phải thiết kế bố trí rãnh xương cá hoặc ống thoát nước ra hào thấm, rãnh thấm.

2.4 Bề dày cấu tạo các lớp trong kết cấu áo đường

2.4.1. Nguyên tắc thiết kế bề dày

Bề dày tầng mặt và các lớp móng của kết cấu áo đường phải được xác định thông qua kiểm toán các trạng thái giới hạn về cường độ như đề cập ở Chương 3 nhưng trước hết bề dày của chúng phải theo đúng các yêu cầu về cấu tạo đã nêu trong các mục của Khoản 2.2 và 2.3 nêu trên. Ngoài ra, để bảo đảm điều kiện làm việc tốt và đảm bảo thi công thuận lợi, bề dày các lớp kết cấu thiết kế không được nhỏ hơn bề dày tối thiểu quy định ở mục 2.4.2 đồng thời thích hợp với việc phân chia lớp sao cho không vượt quá bề dày lớn nhất đầm nén có hiệu quả (xem ở mục 2.4.3) và không phải chia thành nhiều lớp để thi công.

2.4.2. Bề dày tối thiểu và bề dày thường sử dụng cho mỗi lớp kết cấu

Bề dày tối thiểu được xác định bằng 1,5 lần cỡ hạt lớn nhất có trong lớp kết cấu và không được vượt quá trị số ở Bảng 2-4.

Bảng 2-4: Bề dày tối thiểu và bề dày thường sử dụng

Loại lớp kết cấu áo đường		Bề dày tối thiểu (cm)	Bề dày thường sử dụng (cm)
Bê tông nhựa, đá dăm trộn nhựa	Hạt lớn	5	5 – 8
	Hạt trung	4	4 – 6
	Hạt nhỏ	3	3 - 4
Đá mặt trộn nhựa		1,5	1,5 – 2,5
Cát trộn nhựa		1,0	1 – 1,5
Thấm nhập nhựa		4,5	4,5 – 6,0
Láng nhựa		1,0	1,0 – 3,5
Cấp phối đá dăm	D _{max} =37,5mm	12 (15)	15 – 24
	D _{max} ≤25mm	8 (15)	
Cấp phối thiên nhiên		8 (15)	15 – 30
Đá dăm nước		10 (15)	15 – 18
Các loại đất, đá, phế thải công nghiệp gia cố chất liên kết vô cơ theo phương pháp trộn		12	15 - 18

Ghi chú Bảng 2-4:

1. Khi sử dụng các loại vật liệu làm lớp bù vênh trên mặt đường cũ cũng phải tuân thủ các trị số bề dày tối thiểu trong Bảng;
2. Bề dày thường sử dụng nên bằng hoặc gần bằng bội số của bề dày đầm nén có hiệu quả lớn nhất (Nếu bề dày lớp thiết kế lớn hơn bề dày đầm nén có hiệu quả thì phải chia lớp để thi công);
3. Các trị số trong ngoặc là bề dày tối thiểu khi rải trên nền cát (khi sử dụng các vật liệu nêu trên làm lớp đáy móng).

2.4.3. Bề dày đầm nén có hiệu quả lớn nhất:

Đối với bê tông nhựa không quá 8cm và đá dăm trộn nhựa không quá 10cm; đối với các loại vật liệu có gia cố chất liên kết là không quá 15cm và đối với các vật liệu hạt không gia cố chất liên kết là không quá 18cm.

2.5 Yêu cầu thiết kế đối với khu vực tác dụng của nền đường:

2.5.1. Yêu cầu chung

Như đã quy định ở mục 1.2.2 và 1.2.3, khu vực tác dụng của nền đường có thể gồm hoặc không gồm lớp đáy móng. Việc thiết kế cấu tạo đối với khu vực tác dụng của nền đường dưới kết cấu áo đường cố gắng bảo đảm đồng thời các yêu cầu sau:

1. Nền đất trong phạm vi khu vực tác dụng không để bị quá ẩm (độ ẩm không được lớn hơn 0,6 giới hạn nhão của đất) trong mọi lúc, mọi điều kiện biến động môi trường, cũng tức là không để chịu ảnh hưởng của các nguồn ẩm bên ngoài (nước mưa, nước ngầm, nước đọng hai bên đường (cả với trường hợp nền đắp, nền không đào không đắp và nền đào);

2. Về sức chịu tải:

- 30cm trên cùng của khu vực tác dụng phải đảm bảo sức chịu tải CBR tối thiểu bằng 8 đối với đường cao tốc, đường cấp I, II và bằng 6 đối với đường các cấp khác;

- 50cm tiếp theo phải đảm bảo sức chịu tải CBR tối thiểu bằng 5 đối với đường cao tốc, cấp I, II và bằng 4 đối với đường các cấp khác;

- Mỗi mẫu thử CBR chỉ đặc trưng cho 1 lớp đất có bề dày 20cm. Do vậy đối với trường hợp nền đào hoặc nền không đào không đắp thì phải lấy mẫu từng lớp 20cm để thử nghiệm kiểm tra chỉ tiêu này kết hợp với việc thí nghiệm độ chặt để quyết định có cần đào thay thế hoặc đầm nén lại không (việc kiểm tra có thể dùng các phương pháp thí nghiệm xác định CBR hiện trường hoặc phương pháp tương đương khác);

Ghi chú: CBR xác định theo điều kiện mẫu đất ở độ chặt đầm nén thiết kế và được ngâm bão hoà nước 4 ngày đêm.

3. Về loại đất:

- Không dùng các loại đất lẫn muối và lẫn thạch cao (quá 5%), đất bùn, đất than bùn, đất phù sa (loại đất lấy ở bãi sông không phải cát mịn) và đất mùn (quá 10% thành phần hữu cơ) trong khu vực tác dụng của nền đường;

- Không được dùng đất sét nặng có độ trương nở (xác định theo 22 TCN 332) vượt quá 4% trong khu vực tác dụng;

- Khi đắp bằng cát thì cần phải có biện pháp đắp bao phía đỉnh nền để hạn chế nước mưa, nước mặt xâm nhập vào phần nền cát (ngay trong và cả sau quá trình thi công) và tạo thuận lợi cho sự đi lại của xe máy thi công lớp móng dưới của áo đường (xem thêm ở điều 7.4.4 của TCVN 4054);

- Khi sử dụng vật liệu đắp bằng đá, bằng đất lẫn sỏi sạn thì kích cỡ hạt (hòn) lớn nhất cho phép là 10cm đối với phạm vi đắp nằm trong khu vực tác dụng kể từ đáy áo đường; tuy nhiên, kích cỡ hạt lớn nhất này không được vượt quá 2/3 chiều dày đầm nén có hiệu quả lớn nhất (tùy thuộc công cụ đầm nén sẽ sử dụng);

- Không được dùng các loại đá đã phong hoá và đá dễ phong hoá có hệ số k hoá mềm $\geq 0,75$ (đá sét...) và không nên dùng đất bụi để đắp trong phạm vi khu vực tác dụng.

4. Về độ chặt đầm nén:

- Đất trong phạm vi khu vực tác dụng phải đầm nén đạt yêu cầu tối thiểu như ở Bảng 2-5. Nếu có điều kiện thì nên thiết kế đạt độ chặt cao hơn (độ chặt $K \geq 1,0$)

Bảng 2-5: Độ chặt tối thiểu của nền đường trong phạm vi khu vực tác dụng (so với độ chặt đầm nén tiêu chuẩn theo 22 TCN 333 - 06)

Loại nền đường		Độ sâu tính từ đáy áo đường xuống (cm)	Độ chặt K		
			Đường ô tô từ cấp I đến cấp IV	Đường ô tô cấp V và cấp VI	
Nền đắp	Khi áo đường dày trên 60cm	30	$\geq 0,98$	$\geq 0,95$	
	Khi áo đường dày dưới 60cm	50	$\geq 0,98$	$\geq 0,95$	
	Bên dưới chiều sâu kể trên	Đất mới đắp		$\geq 0,95$	$\geq 0,93$
		Đất nền tự nhiên (*)	Cho đến 80	$\geq 0,93$	$\geq 0,90$
Nền đào và nền không đào không đắp (đất nền tự nhiên) (**)		30	$\geq 0,98$	$\geq 0,95$	
		30 - 80	$\geq 0,93$	$\geq 0,90$	

Ghi chú:

(*) Trường hợp này là trường hợp nền đắp thấp, khu vực tác dụng có một phần nằm vào phạm vi đất nền tự nhiên. Trong trường hợp đó, phần nền đất tự nhiên nằm trong khu vực tác dụng phải có độ chặt tối thiểu là 0,90 hoặc 0,93 trùng cấp hạng đường;

(**) Nếu nền tự nhiên không đạt độ chặt yêu cầu ở Bảng 2-5 thì phải đào phạm vi không đạt rồi đầm nén lại để đạt yêu cầu.

2.5.2. Thiết kế bố trí lớp đáy móng

1. Phạm vi áp dụng:

Trong trường hợp vì các lý do kinh tế – kỹ thuật khác nhau dẫn đến khó đảm bảo được 4 yêu cầu đối với khu vực tác dụng nêu ở mục 2.5.2 thì người thiết kế nên xét đến giải pháp bố trí lớp đáy móng;

Phải bố trí lớp đáy móng thay thế cho 30cm phần đất trên cùng của nền đường đường cao tốc, đường cấp I, đường cấp II và đường cấp III có 4 làn xe trở lên, nếu bản thân phần đất trên cùng của nền đường không đạt được các yêu cầu nêu trên và cũng nên bố trí lớp đáy móng đối với các loại cấp đường nêu trên cả khi phần đất trong khu vực tác dụng đã đạt các yêu cầu ở mục 2.5.1.

Các đường từ cấp IV đến VI ở các khu vực khan hiếm đất đắp bao nền cát được phép rải lớp móng đường trực tiếp trên cát nhưng phải đặc biệt chú ý trong quá trình thi công về độ bằng phẳng và sự xáo trộn lớp cát trên bề mặt.

Phải thiết kế lớp đáy móng khi nền đắp bằng cát, bằng đất sét trương nở và khi đường qua vùng mưa nhiều hoặc chịu tác động của nhiều nguồn ẩm khác nhau.

2. Cấu tạo lớp đáy móng

Với các chức năng đề cập ở mục 1.2.4, lớp đáy móng được cấu tạo bằng đất hoặc vật liệu thích hợp. Nếu bằng đất thì phải là đất có cấp phối tốt và không được bằng cát các loại. Nên dùng cấp phối thiên nhiên phù hợp với 22 TCN 304 - 03, đất gia cố vôi hoặc xi măng với tỷ lệ thấp hoặc vừa phải.

Sử dụng loại vật liệu gì thì sau khi thi công vẫn phải bảo đảm đạt các yêu cầu sau:

- Bề dày tối thiểu là 30cm;

Nếu lớp đáy móng bằng đất hoặc cấp phối thì độ chặt đầm nén phải đạt độ chặt $K = 1 - 1,02$ (so với đầm nén tiêu chuẩn theo 22 TCN 333 - 06);

- Vật liệu làm lớp đáy móng phải có mô đun đàn hồi ở độ chặt và độ ẩm thi công $E \geq 50$ MPa hoặc tỷ số CBR ngâm bão hoà 4 ngày đêm $\geq 12\%$;

Bề rộng lớp đáy móng ít nhất phải rộng hơn bề rộng tầng móng mỗi bên 15cm nhưng nên làm bằng cả bề rộng nền đường.

2.5.3. Các giải pháp hạn chế nước mao dẫn từ mức nước ngầm, nước đọng xâm nhập vào khu vực tác dụng

Để đạt được mục đích này có thể chọn dùng một trong các giải pháp sau đây tùy thuộc vào tình hình cụ thể và tùy thuộc các phân tích về kinh tế – kỹ thuật.

1. Đắp cao nền đường: mục tiêu của giải pháp này là đắp cao để sao cho đáy khu vực tác dụng phải cao hơn mức nước ngầm hay mức nước đọng thường xuyên ở phía dưới (đọng từ 20 ngày trở lên) một trị số h như ở Bảng 2-6

Bảng 2-6: Khoảng cách từ mức nước phía dưới đến đáy khu vực tác dụng h (m)

Trạng thái ẩm đạt được	h: tương ứng với loại đất nền (m)		
	Đất loại cát	Đất loại sét	Đất lẫn bụi
Loại I (luôn khô ráo)	0,4 – 0,6	0,6 – 1,0	1,0 – 1,4
Loại II (ẩm vừa)	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 1,0
Loại III (quá ẩm)	0,0 - 0,2	0,0 – 0,4	0,0 – 0,6

Ghi chú ở Bảng 2-6:

- Đất có tỷ lệ cát càng lớn, tỷ lệ sét càng nhỏ và tỷ lệ bụi càng nhỏ thì trị số h được lấy trị số nhỏ trong phạm vi trị số trong Bảng;
- Trạng thái ẩm đạt được là tương ứng với loại hình gây ẩm để xác định độ ẩm tính toán ở Phụ lục B.

- Nên đắp cao trên mức nước phía dưới một trị số h tương ứng với trạng thái ẩm loại I hoặc chỉ ít là tương ứng với loại II. Nếu điều kiện tại chỗ không cho phép đắp cao như vậy thì cần xét đến các giải pháp khác như hạ mức nước ngầm, làm lớp ngăn cách nước mao dẫn hoặc bố trí thêm lớp đáy móng.

2. Hạ mức nước ngầm:

Mục tiêu của giải pháp này cũng nhằm hạ mức nước ngầm để đảm bảo khoảng cách h tương ứng với trạng thái ẩm loại I hoặc loại II theo Bảng 2-6 ở trên.

Thường sử dụng giải pháp đào hào sâu ở vị trí rãnh biên (đối với trường hợp nền đào) hoặc ở vị trí sát chân taluy nền đắp; trong hào xếp đá bọc vải địa kỹ thuật làm tầng lọc ở phần dưới đáy hào trong phạm vi có nước ngầm chảy ra để dẫn nước ngầm chảy dọc đến các cống ngang đường hoặc các địa hình trũng ngoài phạm vi nền đường. Chiều sâu đáy hào và chiều cao rãnh ngầm bằng đá bọc vải địa kỹ thuật phải được tính toán để đảm bảo đạt được mục tiêu hạ mức nước ngầm nêu trên.

Cũng có thể sử dụng các rãnh thoát nước ngầm hoặc kín hoặc hở với các cấu tạo chi tiết như ở Khoản 9.7 trong TCVN 4054 : 2005. Giải pháp này cũng được dùng để ngăn chặn nước ngầm từ một phía lưu thông đến khu vực dưới nền đường.

3. Làm các lớp ngăn cách nước mao dẫn:

Tại phía dưới đáy khu vực tác dụng rải lớp ngăn cách nước mao dẫn bằng vật liệu rỗng hoặc vật liệu kín. Lớp vật liệu rỗng dày khoảng 15cm bằng cát, cuội, sỏi; phía mặt trên và mặt dưới rải vải địa kỹ thuật. Lớp vật liệu kín bằng đất gia cố chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ với bề dày tối thiểu cho phép (12cm với trường hợp dùng đất gia cố chất liên kết vô cơ và 5cm với trường hợp dùng đất gia cố chất liên kết hữu cơ).

Bề rộng lớp ngăn cách nền bằng bề rộng nền tại vị trí rải chúng.

2.5.4. Giải pháp hạn chế nước ngập hai bên nền đường thấm ngang vào khu vực tác dụng

Để đạt được mục tiêu này cần bảo đảm khoảng cách từ mép ngoài phần xe chạy đến mặt taluy ở ngang mức nước ngập lớn hơn hoặc bằng 2,0 – 2,4m với điều kiện đất nền được đầm nén đạt độ chặt $K \geq 0,95$ (so với đầm nén tiêu chuẩn). Đối với đường cao tốc, đường cấp I, cấp II lấy trị số lớn là 2,4m, các đường cấp khác lấy trị số nhỏ 2,0m.

2.5.5. Các giải pháp hạn chế nước mưa, nước mặt xâm nhập vào khu vực tác dụng

Con đường xâm nhập là thông qua tầng mặt loại hở (cấp thấp), thông qua các khe nứt của tầng mặt, thông qua dải phân cách giữa không có lớp phủ, thông qua nước đọng ở rãnh dọc. Các giải pháp cần áp dụng xem ở Khoản 2.6.

2.6 Thiết kế thoát nước cho kết cấu nền áo đường và lề đường

2.6.1. Yêu cầu thiết kế

Ngăn chặn tối đa khả năng xâm nhập của mọi nguồn ẩm vào các lớp kết cấu áo đường và khu vực tác dụng của nền đường. Trong trường hợp không có khả năng ngăn chặn

(như là trường hợp mặt đường hờ cấp thấp ...) thì phải có giải pháp thoát nước đã xâm nhập ra khỏi kết cấu nền áo đường.

Đối với đường cao tốc, đường cấp I, cấp II và cả đường có 4 làn xe trở lên thì càng phải chú trọng biện pháp thoát nước nhanh khỏi phần xe chạy và lề đường, không để nước đọng lại trên mặt đường vừa làm giảm độ nhám vừa tạo điều kiện để nước xâm nhập xuống phía dưới đồng thời không để nước thoát ngang gây xói lở mép lề đường hoặc taluy nền đường.

2.6.2. Thoát nước bề mặt áo đường

Để hạn chế mức nước mưa thấm qua tầng mặt áo đường, bề mặt áo đường, lề đường và bề mặt dải phân cách có lớp phủ phải có độ dốc ngang tối thiểu như ở Bảng 2-7.

Bảng 2-7: Độ dốc ngang tối thiểu

Yếu tố mặt cắt ngang	Độ dốc ngang (%)
Phần mặt đường và phần lề gia cố : - Bê tông nhựa cấp cao A1 - Các loại mặt đường khác cấp cao A2 - Mặt đường đá dăm, cấp phối, mặt đường cấp thấp B1, B2	1,5 – 2,0 2,0 – 3,0 3,0 – 3,5
Phần lề không gia cố	4,0 – 6,0
Phần dải phân cách	Tuỳ vật liệu phủ và lấy như trên

2.6.3. Thoát nước mặt áo đường trên đường cấp cao có nhiều làn xe và có dải phân cách giữa

- Đối với đường cao tốc, đường cấp I và cấp II có bố trí dải phân cách giữa thì tại các đoạn có siêu cao phải thiết kế thu nước mưa ở cạnh dải phân cách. Nếu dải phân cách là loại không có lớp phủ, dạng lõm thì bố trí rãnh thoát nước (loại hờ hoặc có nắp) ở chỗ lõm nhất của dải phân cách (rãnh chỉ cần rộng 20 – 30cm, sâu 20 – 30cm). Nếu dải phân cách là loại có lớp phủ và có bó vỉa hoặc dải phân cách cứng bằng bê tông cao hơn mặt đường thì sát bờ vỉa phải bố trí giếng thu và ống dẫn nước đường kính 20 – 40cm để dẫn nước đến các công trình thoát nước ra khỏi phạm vi nền đường, độ dốc của đường ống thoát nước tối thiểu là 0,3%. Tại chỗ ống dọc nối tiếp với cống thoát nước ngang phải bố trí giếng nối tiếp (giếng thăm).
- Cũng có thể bố trí rãnh thu nước có nắp rộng khoảng 50cm sát với bờ bó vỉa của dải phân cách giữa để dẫn nước mặt đường đến các cửa thoát nước ngang ra khỏi nền đường.
- Trường hợp dải phân cách không có lớp phủ, dạng lồi có bó vỉa thì trên đoạn thẳng hoặc đoạn cong đều phải bố trí thu nước thấm qua đất ở dải phân cách và dẫn nước thoát ra ngoài phạm vi nền đường. Có thể bố trí lớp vật liệu không

thấm nước dưới cao độ đáy áo đường trong phạm vi cả bề rộng dải phân cách và trên đó đặt ống thoát nước có đường kính 6 – 8cm xung quanh bọc vải lọc. Lớp không thấm nước có thể bằng đất sét đầm nén chặt hoặc đất trộn bitum. Ống thoát nước có thể bằng ống nhựa cứng.

4. Trên các đường cao tốc, đường cấp I và cấp II có nhiều làn xe, lượng nước mưa trên phần xe chạy lớn thì ở những đoạn đường đắp cao, mái taluy đường phải được gia cố chống xói hoặc có thể thiết kế bờ chắn bằng bê tông, bê tông nhựa hoặc đá xây có chiều cao 12cm dọc theo mép ngoài của phần lề gia cố để ngăn chặn không cho nước chảy trực tiếp xuống taluy đường; nước mưa từ mặt đường sẽ chảy dọc theo bờ chắn và tập trung về dốc nước đặt trên taluy đường để thoát ra khỏi phạm vi nền đường. Bờ chắn phải có tiết diện hình thang với mặt phía trong phần xe chạy có dốc nghiêng 45^0 ra phía ngoài và mặt phía ngoài sát lề đất gần như thẳng đứng. Nếu dùng bê tông nhựa đắp bờ chắn thì nên dùng bê tông nhựa hạt nhỏ có độ rỗng 2 – 4% và lượng nhựa nên tăng thêm 0,5 – 1% so với lượng bitum tối ưu thiết kế cho mặt đường.

5. Khi dải phân cách giữa rộng dưới 3,0m thì nên được phủ kín mặt để chống nước mặt thấm xuống (xem thêm ở mục 4.4.3 TCVN 4054 : 2005).

2.6.4. Thoát nước mưa xâm nhập vào kết cấu áo đường từ trên mặt đường

1. Nên bố trí hệ thống thoát nước thấm qua các tầng mặt của kết cấu áo đường hở (loại tầng mặt cấp thấp B1, B2). Trong khi đó không nhất thiết phải bố trí hệ thống này dưới các kết cấu có tầng mặt là loại cấp cao A1 và A2.

2. Trong trường hợp kết cấu áo đường hở giải pháp thoát nước là bố trí hệ thống rãnh xương cá.

3. Rãnh xương cá rộng 0,3m, cao 0,2m đổ đầy cát hoặc đá dăm nhưng phía ngoài taluy nền đường phải xếp đá to chặn đầu trong phạm vi 0,25m. Để tránh đất lè chui vào làm tắc rãnh, phải lát cỏ lật ngược hoặc rải vải địa kỹ thuật ở mặt trên của rãnh trước khi đắp lại lề đường.

4. Thường bố trí rãnh xương cá hai bên phần xe chạy so le nhau với cự ly 10 – 15m ruột rãnh (ở đoạn đường cong thì chỉ bố trí rãnh xương cá ở phía bụng đường cong). Tại các đoạn đường có độ dốc dọc $i \geq 2\%$ thì rãnh xương cá nên đào xiên một góc $60 - 70^0$ theo hướng dốc. Dốc dọc của rãnh bằng dốc dọc của lề nhưng không nên dưới 5% và tại đầu rãnh tiếp giáp với lớp móng trong phạm vi 0,6m đáy lớp móng nên tạo độ dốc dọc khoảng 10% để tạo điều kiện tụ nước về rãnh.

5. Khi thi công lớp móng thì các rãnh xương cá tạm thời để hở để thoát nước lòng đường trong quá trình thi công. Sau khi thi công xong lớp móng mới hoàn thiện cấu tạo rãnh như nêu ở trên.

2.6.5. Tính toán thiết kế hệ thống thoát nước mặt

1. Hệ thống thoát nước mặt cho kết cấu áo đường (như các công trình cần bố trí nêu ở mục 2.6.3...) phải được tính toán đáp ứng được lưu lượng xác định theo tần suất 4% như yêu cầu đối với rãnh biên (theo TCVN 4054 : 2005). Riêng trường hợp đường trong đô thị thì cần tuân thủ các yêu cầu về chu kỳ mưa tính toán trong các tiêu chuẩn hiện hành.

2. Trên các đoạn đường cong, các đoạn kế tiếp với các chỗ ra, vào của đường cao tốc, đường cấp I, cấp II và đường đô thị phải thiết kế quy hoạch mặt đứng bề mặt phân xe chạy và lề đường để bố trí đúng vị trí các giếng thu cũng như các chỗ thoát nước ngang ra khỏi phạm vi nền đường (cần thể hiện trên một bản vẽ riêng hệ thống các công trình thoát nước mặt áo đường).

2.6.6. Các giải pháp hạn chế nước mao dẫn từ mức nước ngầm, nước đọng xâm nhập vào khu vực tác dụng (xem mục 2.5.3)

2.7 **Kết cấu áo đường của phần lề gia cố, của lớp phủ dải phân cách giữa và của các bộ phận khác**

2.7.1. Kết cấu áo đường của phần lề gia cố

1. Trường hợp giữa phần xe chạy dành cho xe cơ giới và lề gia cố không có dải phân cách bên hoặc dải phân cách bên chỉ bằng 2 vạch kẻ, tức là trường hợp xe cơ giới vẫn có thể đi lấn ra hoặc dừng đỗ trên phần lề gia cố thường xuyên, nếu sử dụng kết cấu áo lề là loại mềm thì kết cấu áo lề gia cố phải được cấu tạo với các yêu cầu sau:

- Lớp mặt trên cùng của lề gia cố phải cùng loại với lớp mặt trên cùng của làn xe liền kề nhưng bề dày có thể cấu tạo mỏng hơn.

- Số lớp và bề dày các lớp của tầng móng có thể giảm bớt so với làn xe liền kề.

- Kết cấu gia cố cần được xem xét để khi cải tạo mở rộng mặt đường và nâng cấp đường tận dụng đến mức tối đa kết cấu đã xây dựng.

- Trong điều kiện kinh tế cho phép, kết cấu áo đường của lề gia cố nên thiết kế như với kết cấu áo đường của làn xe chạy liền kề.

2. Trường hợp giữa phần xe chạy dành cho xe cơ giới và lề gia cố của đường cấp I và cấp II có bố trí dải phân cách bên, ngăn hẳn không cho xe cơ giới đi lấn ra hoặc đỗ ở lề thì kết cấu áo đường của lề gia cố có thể được thiết kế độc lập với kết cấu phần xe chạy với các yêu cầu sau:

- Tầng mặt lề gia cố thấp nhất phải là loại cấp cao A2 (láng nhựa, thấm nhập nhựa...) để tạo điều kiện thoát nước, ngăn chặn nước thấm và tạo điều kiện cho xe hai bánh đi lại thuận lợi.

- Có thể giảm bớt một lớp móng hoặc giảm bề dày các lớp móng so với kết cấu áo đường của phần xe chạy liền kề.

- Có thể thiết kế cao độ của phần lề gia cố thấp hơn cao độ phần xe chạy liền kề trong phạm vi 5 –6 cm (giảm một lớp mặt trên cùng so với kết cấu phần xe chạy và mép của lớp này phải tạo góc nghiêng 45^0 ra phía ngoài lề gia cố). Trong trường hợp này trên các đoạn đường cong, phần lề gia cố về phía lưng đường cong cũng vẫn tạo dốc ra phía ngoài để nước không đọng về phía mép phần xe chạy.

2.7.2. Kết cấu áo đường của phần dải an toàn trên đường cao tốc

Trong phạm vi 0,25m sát mép phần xe chạy chính phải được thiết kế giống như kết cấu áo đường của phần xe chạy. Ngoài phạm vi 0,25m đó kết cấu áo đường của phần bề rộng còn lại của dải an toàn phía trong và cả phía ngoài (tức là dải dừng xe khẩn cấp) đều có thể thiết kế mỏng hơn theo các khuyến nghị đã đề cập ở điểm 1 mục 2.7.1 (xem thêm ở Khoản 5.3, TCVN 5729).

2.7.3. Kết cấu lớp phủ của dải phân cách giữa

1. Khi dải phân cách rộng dưới 3,0m (kể cả với đường cao tốc và đường ô tô cấp I, II) thì phải thiết kế lớp phủ mặt bọc kín. Kết cấu lớp phủ mặt này có thể sử dụng loại tầng mặt cấp cao A1 hoặc A2 với một lớp móng và một lớp mặt có bề dày tối thiểu như ở Bảng 2-4. Không nên sử dụng loại móng gia cố chất liên kết vô cơ để tránh nứt phản ánh.
2. Tại các chỗ cắt dải phân cách giữa làm chỗ quay đầu xe thì kết cấu áo đường cũng phải thiết kế giống như kết cấu trên phần xe chạy chính
3. Trường hợp tại dải phân cách giữa không bố trí lớp phủ thì phải tuân thủ các quy định về thoát nước nêu ở mục 2.6.3 tiêu chuẩn này; các mục 4.4.3 của TCVN 4054 cho đường ô tô hoặc các mục 5.5.2, 5.5.3 của TCVN 5729 cho đường cao tốc.

2.7.4. Kết cấu áo đường trên các làn xe phụ (làn xe phụ leo dốc, làn chuyển tốc) trên các đường nhánh tại các nút giao thông và đường nhánh ra vào các khu dịch vụ dọc tuyến.

1. Phải dự báo được số trục xe tiêu chuẩn trung bình ngày đêm ở năm tính toán trên một làn xe và cả số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế để làm căn cứ thiết kế kết cấu áo đường riêng cho mỗi trường hợp và mỗi đoạn cụ thể trên tuyến và việc thiết kế vẫn theo đúng các chỉ dẫn của tiêu chuẩn này. Không nhất thiết phải thiết kế kết cấu áo đường cho các trường hợp này giống như kết cấu áo đường của các làn xe trên phần xe chạy chính. Riêng trong phạm vi 30m của đoạn nối trực tiếp với đường cao tốc, đường cấp I và cấp II thì kết cấu áo đường của đường nhánh phải có tầng mặt là loại cấp cao A2 trở lên.

2.7.5. Kết cấu áo đường trên cầu

Phải tuân thủ các yêu cầu đề cập ở Khoản 8.7 của TCVN 4054 : 2005

2.7.6. Kết cấu áo đường tại trạm thu phí

Trong phạm vi khu vực trạm thu phí không nên sử dụng kết cấu áo đường mềm. Trường hợp không có điều kiện xây dựng các loại mặt đường cứng (các loại mặt đường có tầng mặt bằng bê tông xi măng) thì phải sử dụng kết cấu tầng mặt cấp cao A1 bằng bê tông nhựa có tính ổn định cao (có thể sử dụng bitum polime) với tầng móng trên bằng cấp phối sỏi cuội (đá) gia cố xi măng và móng dưới bằng đất, cát gia cố xi măng (tham khảo thêm các quy định tại Khoản 9.10 của TCVN 5729).

2.7.7. Kết cấu áo đường của đường bên

Không phụ thuộc vào tiêu chuẩn các yếu tố hình học (xem ở mục 4.6.5 của TCVN 4054 : 05) và không phụ thuộc vào cấp hạng đường chính là cấp I hoặc cấp II, việc thiết kế kết cấu áo đường của đường bên chỉ dựa vào lưu lượng xe tính toán đã dự báo, vào điều kiện môi trường tự nhiên cũng như điều kiện môi trường kinh tế - xã hội (như tình hình phân bố dân cư...) dọc hai bên đường bên nhưng vẫn phải tuân theo các nguyên tắc, yêu cầu cũng như các chỉ dẫn khác có liên quan đến các điều kiện nêu trên đã đề cập trong tiêu chuẩn này.

CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ VÀ BỀ DÀY KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG

3.1 Các yêu cầu và nguyên tắc tính toán:

3.1.1. Yêu cầu tính toán

Sau khi căn cứ vào các quy định và chỉ dẫn ở Chương 2 để đưa ra các phương án cấu tạo kết cấu nền áo đường thì yêu cầu của việc tính toán là kiểm tra xem các phương án, cấu tạo đó có đủ cường độ không, đồng thời tính toán xác định loại bề dày cần thiết của mỗi lớp kết cấu và có thể phải điều chỉnh lại bề dày của mỗi lớp theo kết quả tính toán.

Kết cấu nền áo đường mềm được xem là đủ cường độ nếu như trong suốt thời hạn thiết kế quy định ở mục 1.3.2 dưới tác dụng của ô tô nặng nhất và của toàn bộ dòng xe trong bất kỳ lớp nào (kể cả nền đất) cũng không phát sinh biến dạng dẻo, tính liên tục của các lớp liên khối không bị phá vỡ và độ võng đàn hồi của kết cấu không vượt quá trị số cho phép.

3.1.2. Các tiêu chuẩn cường độ

Theo yêu cầu nêu trên, nội dung tính toán chính là tính toán kiểm tra 3 tiêu chuẩn cường độ dưới đây:

1. Kiểm toán ứng suất cắt ở trong nền đất và các lớp vật liệu chịu cắt trượt kém so với trị số giới hạn cho phép để đảm bảo trong chúng không xảy ra biến dạng dẻo (hoặc hạn chế sự phát sinh biến dạng dẻo);
2. Kiểm toán ứng suất kéo uốn phát sinh ở đáy các lớp vật liệu liên khối nhằm hạn chế sự phát sinh nứt dẫn đến phá hoại các lớp đó;
3. Kiểm toán độ võng đàn hồi thông qua khả năng chống biến dạng biểu thị bằng trị số mô đun đàn hồi Ech của cả kết cấu nền áo đường so với trị số mô đun đàn hồi yêu cầu Eyc. Tiêu chuẩn này nhằm đảm bảo hạn chế được sự phát triển của hiện tượng mỏi trong vật liệu các lớp kết cấu dưới tác dụng trùng phục của xe cộ, do đó bảo đảm duy trì được khả năng phục vụ của cả kết cấu đến hết thời hạn thiết kế.

3.1.3. Cơ sở của phương pháp tính toán:

Cơ sở của phương pháp tính toán theo 3 tiêu chuẩn giới hạn nêu trên là lời giải của bài toán hệ bán không gian đàn hồi nhiều lớp có điều kiện tiếp xúc giữa các lớp là hoàn toàn liên tục dưới tác dụng của tải trọng bánh xe (được mô hình hoá là tải trọng phân bố đều hình tròn tương đương với diện tích tiếp xúc của bánh xe trên mặt đường), đồng thời kết hợp với kinh nghiệm sử dụng và khai thác đường trong nhiều năm để đưa ra các quy định về các tiêu chuẩn giới hạn cho phép.

3.1.4. Về yêu cầu tính toán theo 3 điều kiện giới hạn

1. Đối với kết cấu áo đường cấp cao A1 và A2 đều phải tính toán kiểm tra theo 3 tiêu chuẩn cường độ nêu ở 3.1.2.

2. Về thứ tự tính toán, nên bắt đầu tính theo tiêu chuẩn độ võng đàn hồi, sau đó kiểm toán theo điều kiện cân bằng trượt và khả năng chịu kéo uốn.
3. Đối với áo đường cấp thấp B1 và B2 không yêu cầu kiểm tra theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn và điều kiện trượt.
4. Khi tính toán kết cấu áo đường chịu tải trọng rất nặng (tải trọng trục trên 120 kN ở đường công nghiệp hoặc đường chuyên dụng) thì cần tính trước theo điều kiện chịu cắt trượt và điều kiện chịu kéo uốn, sau đó quy đổi tất cả các trục xe chạy trên đường về xe tiêu chuẩn 120 kN để tính theo độ võng đàn hồi.
5. Khi tính toán kết cấu áo lề có gia cố thì phải tính theo các tiêu chuẩn như đối với kết cấu áo đường của phần xe chạy liền kề.

3.1.5. Các thông số tính toán cường độ và bề dày áo đường mềm

Cần phải xác định được các thông số tính toán dưới đây tương ứng với thời kỳ bất lợi nhất về chế độ thủy nhiệt (tức là thời kỳ nền đất và cường độ vật liệu của các lớp áo đường yếu nhất):

- Tải trọng trục tính toán và số trục xe tính toán (cách xác định xem ở Khoản 3.2);
- Trị số tính toán của mô đun đàn hồi E_o , lực dính C và góc nội ma sát φ tương đương với độ ẩm tính toán bất lợi nhất của nền đất. Độ ẩm tính toán bất lợi nhất được xác định tùy theo loại hình gây ẩm của kết cấu nền áo đường như chỉ dẫn ở Phụ lục B;
- Trị số tính toán của mô đun đàn hồi E , lực dính C và góc nội ma sát φ của các loại vật liệu làm áo đường; cường độ chịu kéo uốn của lớp vật liệu (xem hướng dẫn ở Phụ lục C).

Xét đến các điều kiện nhiệt ẩm, mùa hè là thời kỳ bất lợi vì mưa nhiều và nhiệt độ tăng mặt cao. Do vậy khi tính toán cường độ theo tiêu chuẩn độ lún đàn hồi, chỉ tiêu của bê tông nhựa và các loại hỗn hợp đá nhựa được lấy tương ứng với nhiệt độ tính toán là 30°C . Tuy nhiên, tính toán theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn thì tình trạng bất lợi nhất đối với bê tông nhựa và hỗn hợp đá dăm nhựa lại là mùa lạnh (lúc đó các vật liệu này có độ cứng lớn), do vậy lúc này lại phải lấy trị số mô đun đàn hồi tính toán của chúng tương đương với nhiệt độ $10 - 15^{\circ}\text{C}$. Khi tính toán theo điều kiện cân bằng trượt thì nhiệt độ tính toán của bê tông nhựa và các loại hỗn hợp đá nhựa nằm phía dưới vẫn lấy bằng 30°C , riêng với lớp nằm trên cùng lấy bằng 60°C .

3.2 Tải trọng trục tính toán và cách quy đổi số trục xe khác về số tải trọng trục tính toán

3.2.1. Tải trọng trục tính toán tiêu chuẩn:

Khi tính toán cường độ của kết cấu nền áo đường theo 3 tiêu chuẩn nêu ở mục 3.1.2, tải trọng trục tính toán tiêu chuẩn được quy định là trục đơn của ô tô có trọng lượng 100 kN đối với tất cả các loại áo đường mềm trên đường cao tốc, trên đường ô tô các cấp thuộc mạng lưới chung và cả trên các đường đô thị từ cấp khu vực trở xuống. Riêng đối với kết cấu áo đường trên các đường trục chính đô thị và một số đường cao tốc hoặc đường ô tô thuộc mạng lưới chung có điều kiện xe chạy đề cập ở mục 3.2.2 dưới đây

thì tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn được quy định là trực đơn trọng lượng 120 kN. Các tải trọng tính toán này được tiêu chuẩn hoá như ở Bảng 3.1.

Bảng 3.1: Các đặc trưng của tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn

Tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn, P (kN)	Áp lực tính toán lên mặt đường, p (Mpa)	Đường kính vệt bánh xe, D (cm)
100	0.6	33
120	0.6	36

3.2.2. Tải trọng trực tính toán trên đường có nhiều xe nặng lưu thông

1. Trên những đường có lưu thông các loại trực xe nặng khác biệt nhiều so với loại trực tiêu chuẩn ở Bảng 3.1 (như các đường vùng mỏ, đường công nghiệp chuyên dụng...) thì kết cấu áo đường phải được tính với tải trọng trực đơn nặng nhất có thể có trong dòng xe. Trong trường hợp này tư vấn thiết kế phải tự điều tra thông qua chứng chỉ xuất xưởng của xe hoặc cân đo để xác định được các đặc trưng p và D tương ứng với trực đơn nặng nhất đó để dùng làm thông số tính toán. Cách cân đo xác định p và D có thể tham khảo thực hiện theo mục 2.1.5 Quy trình 22 TCN 251- 98. Đối với các xe có nhiều trục thì việc xác định ra tải trọng trực nặng nhất tính toán có thể tham khảo ở Phụ lục A.

2. Nếu tải trọng trực đơn của xe nặng nhất không vượt quá 20% trị số tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn ở Bảng 3.1 và số lượng các trục này chiếm dưới 5% tổng số trục xe tải và xe buýt các loại chạy trên đường thì vẫn cho phép tính toán theo tải trọng trực tiêu chuẩn tức là cho phép quy đổi các trục đơn nặng đó về trục xe tiêu chuẩn để tính toán; ngược lại thì phải tính với tải trọng trực đơn nặng nhất theo chỉ dẫn ở điểm 4 mục 3.1.4.

3. Trên các đường cao tốc hoặc đường ô tô các cấp có lưu thông các trực đơn của xe nặng vượt quá 120 kN thoả mãn các điều kiện đề cập ở điểm 2 nêu trên thì được dùng tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn là 120 kN (tức là nếu trên đường có các trực đơn nặng trên 120 kN và dưới 144 kN với số lượng chiếm dưới 5% tổng số trục xe tải và xe buýt chạy trên đường thì lúc đó được chọn tải trọng trực tính toán là 120 kN).

3.2.3. Quy đổi số tải trọng trực xe khác về số tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn (hoặc quy đổi về tải trọng tính toán của xe nặng nhất)

Mục tiêu quy đổi ở đây là quy đổi số lần thông qua của các loại tải trọng trực i về số lần thông qua của tải trọng trực tính toán trên cơ sở tương đương về tác dụng phá hoại đối với kết cấu áo đường:

1. Việc quy đổi phải được thực hiện đối với từng cụm trục trước và cụm trục sau của mỗi loại xe khi nó chở đầy hàng với các quy định sau:

- Cụm trục có thể gồm m trục có trọng lượng mỗi trục như nhau với các cụm bánh đơn hoặc cụm bánh đôi (m =1, 2, 3);

- Chỉ cần xét đến (tức là chỉ cần quy đổi) các trục có trọng lượng trục từ 25 kN trở lên;
 - Bất kể loại xe gì khi khoảng cách giữa các trục $\geq 3,0\text{m}$ thì việc quy đổi được thực hiện riêng rẽ đối với từng trục;
 - Khi khoảng cách giữa các trục $< 3,0\text{m}$ (giữa các trục của cụm trục) thì quy đổi gộp m trục có trọng lượng bằng nhau như một trục với việc xét đến hệ số trục C_1 như ở biểu thức (3.1) và (3.2).
2. Theo các quy định trên, việc quy đổi được thực hiện theo biểu thức sau:

$$N = \sum_{i=1}^k C_1 \cdot C_2 \cdot n_i \cdot \left(\frac{P_i}{P_{tt}}\right)^{4,4} \quad ; \quad (3.1)$$

trong đó:

N là tổng số trục xe quy đổi từ k loại trục xe khác nhau về trục xe tính toán sẽ thông qua đoạn đường thiết kế trong một ngày đêm trên cả 2 chiều (trục/ngày đêm);

n_i là số lần tác dụng của loại tải trọng trục i có trọng lượng trục p_i cần được quy đổi về tải trọng trục tính toán P_{tt} (trục tiêu chuẩn hoặc trục nặng nhất). Trong tính toán quy đổi thường lấy n_i bằng số lần của mỗi loại xe i sẽ thông qua mặt cắt ngang điển hình của đoạn đường thiết kế trong một ngày đêm cho cả 2 chiều xe chạy;

C_1 là hệ số số trục được xác định theo biểu thức (3-2):

$$C_1 = 1 + 1,2(m-1); \quad (3-2)$$

Với m là số trục của cụm trục i (xem điểm 1 của mục 3.2.3);

C_2 là hệ số xét đến tác dụng của số bánh xe trong 1 cụm bánh: với các cụm bánh chỉ có 1 bánh thì lấy $C_2=6,4$; với các cụm bánh đôi (1 cụm bánh gồm 2 bánh) thì lấy $C_2=1,0$; với cụm bánh có 4 bánh thì lấy $C_2=0,38$.

3.3 Số trục xe tính toán trên một làn xe và trên kết cấu áo lề có gia cố

3.3.1. Định nghĩa

Số trục xe tính toán N_{tt} là tổng số trục xe đã được quy đổi về trục xe tính toán tiêu chuẩn (hoặc trục xe nặng nhất tính toán nêu ở mục 3.2.2) sẽ thông qua mặt cắt ngang đoạn đường thiết kế trong một ngày đêm trên làn xe chịu đựng lớn nhất vào thời kỳ bất lợi nhất ở cuối thời hạn thiết kế quy định tại mục 1.2.3 tùy thuộc loại tầng mặt dự kiến lựa chọn cho kết cấu áo đường.

Xác định N_{tt} theo biểu thức (3-3):

$$N_{tt} = N_{tk} \cdot f_1 \text{ (trục/làn.ngày đêm)}; \quad (3-3)$$

trong đó:

N_{tk} : là tổng số trục xe quy đổi từ k loại trục xe khác nhau về trục xe tính toán trong một ngày đêm trên cả 2 chiều xe chạy ở năm cuối của thời hạn thiết kế. Trị số N_{tk} được xác định theo biểu thức (3-1) nhưng n_i của mỗi loại tải trọng trục i đều được lấy số liệu ở năm cuối của thời hạn thiết kế và được lấy bằng số trục i trung bình ngày đêm trong khoảng thời gian mùa mưa hoặc trung bình ngày đêm trong cả năm (nếu n_i trung bình cả năm lớn hơn n_i trung bình trong mùa mưa) ;

f_1 : là hệ số phân phối số trục xe tính toán trên mỗi lần xe được xác định như ở mục 3.3.2 và 3.3.3.

3.3.2. Hệ số f_1 của các lần xe trên phần xe chạy:

1. Trên phần xe chạy chỉ có 1 lần xe thì lấy $f_1 = 1,0$;
2. Trên phần xe chạy có 2 lần xe hoặc 3 lần nhưng không có dải phân cách thì lấy $f_1 = 0,55$;
3. Trên phần xe chạy có 4 lần xe và có dải phân cách giữa thì lấy $f_1 = 0,35$;
4. Trên phần xe chạy có 6 lần xe trở lên và có dải phân cách giữa thì lấy $f_1 = 0,3$;
5. Ở các chỗ nút giao nhau và chỗ vào nút, kết cấu áo đường trong phạm vi chuyển làn phải được tính với hệ số $f_1 = 0,5$ của tổng số trục xe quy đổi sẽ qua nút.

3.3.3. Số trục xe tính toán trên kết cấu lề có gia cố:

Số trục xe tính toán N_{tt} để thiết kế kết cấu áo lề gia cố trong trường hợp giữa phần xe chạy chính và lề không có dải phân cách bên được lấy bằng $35 \div 50\%$ số trục xe tính toán của làn xe cơ giới liền kề tùy thuộc việc bố trí phần xe chạy chính.

Trường hợp phần xe chạy chỉ có 2 lần xe trở xuống thì nên lấy trị số lớn trong phạm vi quy định nêu trên; còn trường hợp phần xe chạy có 4 lần xe trở lên và có dải phân cách giữa thì lấy trị số nhỏ.

3.4 Tính toán cường độ kết cấu nền áo đường và kết cấu áo lề có gia cố theo tiêu chuẩn độ võng đàn hồi cho phép

3.4.1. Điều kiện tính toán

Theo tiêu chuẩn này kết cấu được xem là đủ cường độ khi trị số mô đun đàn hồi chung của cả kết cấu nền áo đường (hoặc của kết cấu áo lề có gia cố) E_{ch} lớn hơn hoặc bằng trị số mô đun đàn hồi yêu cầu E_{yc} nhân thêm với một hệ số dự trữ cường độ về độ võng K_{cd}^{dv} được xác định tùy theo độ tin cậy mong muốn

$$E_{ch} \geq K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc} \quad ; \quad (3.4)$$

3.4.2. Xác định hệ số cường độ và chọn độ tin cậy mong muốn

1. Hệ số cường độ về độ võng K_{cd}^{dv} trong (3.4) được chọn tùy thuộc vào độ tin cậy thiết kế như ở Bảng 3-2.

Bảng 3-2: Xác định hệ số cường độ về độ võng phụ thuộc độ tin cậy

Độ tin cậy	0,98	0,95	0,90	0,85	0,80
Hệ số cường độ K_{cd}^{dv}	1,29	1,17	1,10	1,06	1,02

2. Có thể chọn độ tin cậy thiết kế đối với các loại đường và cấp hạng đường như ở Bảng 3-3 theo nguyên tắc đường có tốc độ thiết kế càng cao, thời hạn thiết kế càng dài thì chọn độ tin cậy càng cao nhưng không được nhỏ hơn trị số nhỏ nhất ở Bảng 3-3. Ngoài ra, chủ đầu tư có thể căn cứ vào yêu cầu sử dụng để tự lựa chọn độ tin cậy muốn có cho công trình.

Bảng 3-3 : Lựa chọn độ tin cậy thiết kế tùy theo loại và cấp hạng đường

(áp dụng cho cả kết cấu áo đường và kết cấu áo có lê gia cố)

Loại, cấp hạng đường	Độ tin cậy thiết kế
1. Đường cao tốc	0,90 , 0,95 , 0,98
2. Đường ô tô	
- Cấp I, II	0,90 , 0,95 , 0,98
- Cấp III, cấp IV	0,85 , 0,90 , 0,95
- Cấp V, VI	0,80 , 0,85 , 0,90
3. Đường đô thị	
- Cao tốc và trục chính đô thị	0,90 , 0,95 , 0,98
- Các đường đô thị khác	0,85 , 0,90 , 0,95
4. Đường chuyên dụng	0,80 , 0,85 , 0,90

3. Các đoạn đường nêu ở điểm 4 Khoản 1.4 khi thiết kế kết cấu áo đường cần chọn độ tin cậy cao hơn so với các đoạn thông thường ít nhất là 1 cấp.

3.4.3. Xác định trị số mô đun đàn hồi yêu cầu Eyc

1. Trị số mô đun đàn hồi yêu cầu được xác định theo Bảng 3-4 tùy thuộc số trục xe tính toán Ntt xác định theo biểu thức (3.4) và tùy thuộc loại tầng mặt của kết cấu áo đường thiết kế. Số trục xe tính toán đối với áo lê có gia cố phải tuân theo quy định ở mục 3.3.3

Bảng 3.4: Trị số mô đun đàn hồi yêu cầu

Loại tải trọng trục tiêu chuẩn	Loại tầng mặt	Trị số mô đun đàn hồi yêu cầu Eyc (MPa), tương ứng với số trục xe tính toán (xe/ngày đêm/làn)									
		10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	7000
10	Cấp cao A1			133	147	160	178	192	207	224	235
	Cấp cao A2		91	110	122	135	153				
	Cấp thấp B1		64	82	94						
12	Cấp cao A1		127	146	161	173	190	204	218	235	253
	Cấp cao A2	90	103	120	133	146	163				
	Cấp thấp B1		79	98	111						

2. Trị số mô đun đàn hồi yêu cầu xác định được theo Bảng 3-4 không được nhỏ hơn trị số tối thiểu quy định ở Bảng 3-5.

Chú ý: Không được phép dùng trị số tối thiểu của mô đun đàn hồi yêu cầu ở Bảng 3-5 như một căn cứ đề xuất nhiệm vụ thiết kế kết cấu áo đường (kể cả trong giai đoạn thiết kế cơ sở phục vụ cho việc lập dự án khả thi) để tránh việc điều tra dự báo lượng giao thông theo mục 1.5.2. Trong mọi trường hợp trước hết đều phải tiến hành điều tra dự báo lượng giao thông để từ đó xác định ra trị số mô đun đàn hồi yêu cầu tùy theo số

trục xe tính toán như ở Bảng 3-4 rồi sau đó mới so sánh với trị số ở Bảng 3-5 và chọn trị số lớn hơn làm trị số Eyc thiết kế.

Bảng 3-5: Trị số tối thiểu của mô đun đàn hồi yêu cầu (MPa)

Loại đường và cấp đường	Loại tầng mặt của kết cấu áo đường thiết kế		
	Cấp cao A1	Cấp cao A2	Cấp thấp B1
1. Đường ô tô			
- Đường cao tốc và cấp I	180 (160)		
- Đường cấp II	160 (140)		
- Đường cấp III	140 (120)	120 (95)	
- Đường cấp IV	130 (110)	100 (80)	75
- Đường cấp V		80 (65)	Không quy định
- Đường cấp VI			
2. Đường đô thị			
- Đường cao tốc và trục chính	190		
- Đường chính khu vực	155	130	
- Đường phố	120	95	70
- Đường công nghiệp và kho tàng	155	130	100
- Đường xe đạp, ngõ	100	75	50

Ghi chú Bảng 3-5:

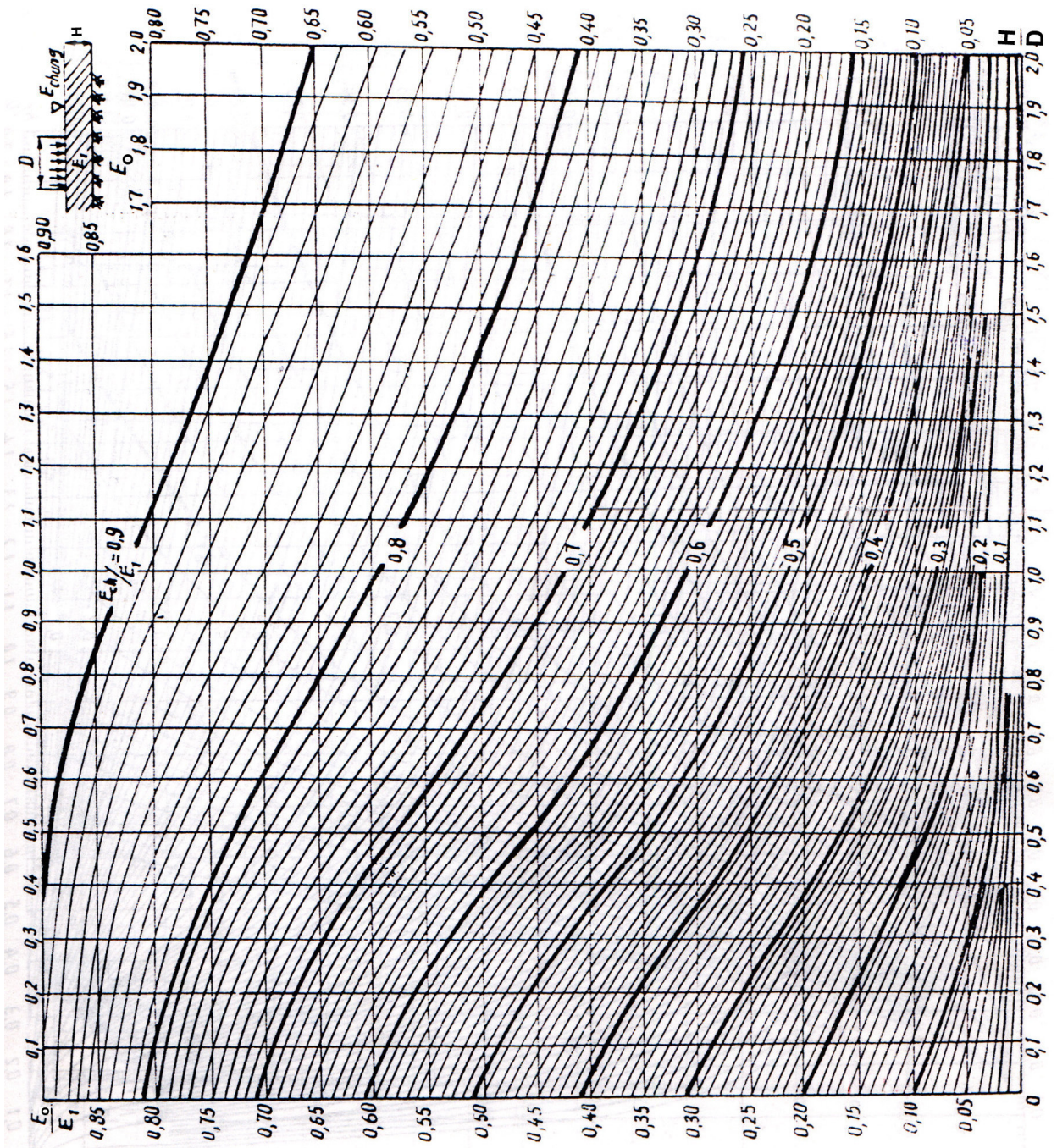
- Các trị số trong ngoặc là mô đun đàn hồi yêu cầu tối thiểu đối với kết cấu bê tông cốt thép.

3.4.4. Các trường hợp tính toán, phương pháp tính toán và cách xác định Ech

Sau khi xác định trị số mô đun đàn hồi yêu cầu sẽ có thể có 2 trường hợp tính toán:

1. Kiểm toán lại các phương án cấu tạo kết cấu nền áo đường đã đề xuất gồm các lớp vật liệu với bề dày đã giả thiết xem có thoả mãn điều kiện (3.4) hay không. Trong trường hợp này phải tính được Ech của cả kết cấu rồi so sánh với tích số $K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc}$ để đánh giá. Đây cũng là trường hợp tính toán để đánh giá cường độ của kết cấu nền áo đường cũ hiện có.
2. Biết tích số $K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc}$, tiến hành tính toán bề dày áo đường để thoả mãn điều kiện (3.4)

Đối với cả 2 trường hợp nêu trên việc tính toán đều có thể được thực hiện với toán đồ ở Hình 3-1



Hình 3-1: Toán đồ để xác định mô đun đàn hồi chung của hệ 2 lớp Ech

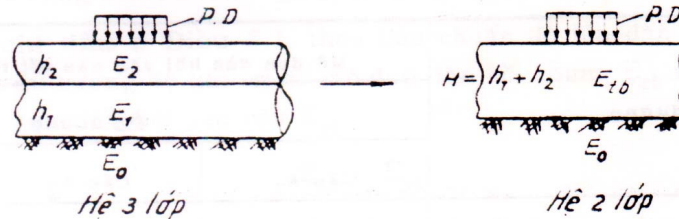
(Trị số ghi trên các đường cong là tỷ số $\frac{Ech}{E_1}$)

Theo toán đồ, nếu biết mô đun đàn hồi của nền trong phạm vi khu vực tác dụng E_0 (cách xác định E_0 xem ở mục 3.4.6), mô đun đàn hồi trung bình E_{tb}^{dc} đã điều chỉnh (tức là E_1) của cả kết cấu áo đường (cách xác định xem ở mục 3.4.5) và tổng bề dày kết cấu áo đường H thì sẽ tính được Ech ; ngược lại biết $Ech = K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc}$, biết E_{tb}^{dc} tức là E_1 và E_0 thì sẽ tính toán được bề dày H cần thiết để thoả mãn điều kiện (3. 5).

Trong trường hợp kết cấu áo đường có tổng bề dày lớn ($H/D > 2$) thì việc tính toán Ech có thể được tính theo công thức gần đúng như chỉ dẫn ở Phụ lục F.

3.4.5. Cách xác định trị số mô đun đàn hồi trung bình E_{tb} và trị số mô đun đàn hồi chung E_{ch} của kết cấu áo đường có nhiều lớp .

Vì kết cấu áo đường mềm thường có nhiều lớp nên cần quy đổi về hệ 2 lớp để áp dụng dạng toán đồ Hình 3-1. Việc quy đổi được thực hiện đối với 2 lớp một từ dưới lên theo sơ đồ ở Hình 3-2 và biểu thức (3.5)



Hình 3-2: Sơ đồ đổi hệ 3 lớp về hệ 2 lớp

(Các lớp ký hiệu số thứ tự tăng dần từ dưới lên)

$$E'_{tb} = E_1 \left[\frac{1 + k.t^{1/3}}{1 + k} \right]^3 ; \quad (3-5)$$

trong đó:

$k = h_2/h_1$; $t = E_2/E_1$ với h_2 và h_1 là chiều dày lớp trên và lớp dưới của áo đường; E_2 và E_1 là mô đun đàn hồi của vật liệu lớp trên và lớp dưới.

Việc đổi hệ nhiều lớp về hệ 2 lớp được tiến hành từ dưới lên, có hai lớp vật liệu quy đổi về một lớp bề dày $H' = h_1 + h_2$ và có trị số mô đun đàn hồi E'_{tb} tính theo (3.5).

Sau đó lại xem lớp H' (với E'_{tb}) là lớp dưới và tiếp tục quy đổi nó cùng với lớp trên nó thành một lớp có bề dày $H = H' + h_3$ và E'_{tb} tính theo (3.5) nhưng với E'_{tb} lớp này đóng vai trò E_1 và $K = h_3/H'$, $t = E_3/E'_{tb}$.

Sau khi quy đổi nhiều lớp áo đường về một lớp thì cần nhân thêm với E_{tb} một hệ số điều chỉnh β xác định theo Bảng 3-6 để được trị số E_{tb}^{dc} :

$$E_{tb}^{dc} = \beta . E'_{tb} \text{ với } \beta = 1,114.(H/D)^{0,12} \quad (3-6)$$

Bảng 3-6: Hệ số điều chỉnh β

Tỷ số H/D	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
Hệ số β	1,033	1,069	1,107	1,136	1,178	1,198	1,210

Chú thích Bảng 3-6 và biểu thức 3-6 :

- H là bề dày toàn bộ của kết cấu áo đường; D là đường kính vệt bánh xe tính toán. Khi $H/D > 2$ thì có thể tính β theo biểu thức (3-6).
- Trường hợp tính E_{tb}^{dc} theo (3-6) cho kết quả lớn hơn cả trị số mô đun đàn hồi lớn nhất của vật liệu trong các lớp kết cấu đem quy đổi thì chỉ được lấy E_{tb}^{dc} bằng trị số mô đun đàn hồi lớn nhất đó.

Trị số E_{tb}^{dc} tính theo (3.6) dùng để tính toán tiếp trị số Ech của cả kết cấu theo toán đồ Hình 3-1 và như vậy cách thiết kế tiện lợi nhất đối với hệ nhiều lớp là áp dụng trường hợp 1 nêu ở mục 3.4.4.

Trường hợp muốn tính bề dày thì cần giả thiết trước cấu tạo các lớp vật liệu (biết mô đun đàn hồi của các lớp này và tỷ số bề dày giữa các lớp kế nhau), từ đó theo (3.5) tính ra E_{tb} , với E_{tb} (chưa điều chỉnh) và cho Ech= Eyc lại áp dụng toán đồ Hình 3-1 để tính được tỷ số H/D để xác định bề dày H của áo đường một cách gần đúng (gần đúng vì E_{tb} lúc này chưa được điều chỉnh do chính hệ số β lại phụ thuộc vào H/D). Để chính xác hoá trị số H cần dựa vào tỷ số H/D tính được với E_{tb} chưa điều chỉnh này để giả thiết vài trị số H/D khác nhỏ hơn rồi tính nghiệm lại theo cách thử dần cho đến khi vừa thoả mãn cả (3.5) và điều kiện (3.4). Với tỷ số H/D được chính xác hoá và với tỷ số bề dày đã giả thiết ta sẽ tính được bề dày của các lớp áo đường thiết kế.

3.4.6. Xác định trị số mô đun đàn hồi E_0 trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đất dưới áo đường

1. Đối với kết cấu áo đường mới ở giai đoạn thiết kế cơ sở lập dự án đầu tư, tư vấn thiết kế phải thực hiện thí nghiệm xác định E_0 tương ứng với loại hình gây ảm dự báo trên các mẫu thí nghiệm trong phòng theo các phương pháp chỉ dẫn ở Phụ lục B, thí nghiệm xác định chỉ số sức chịu tải CBR và dùng tương quan $E_0 = f(\text{CBR})$ thực nghiệm để gián tiếp xác định ra E_0 đồng thời so sánh các kết quả trên với các trị số tra bảng tùy theo độ chặt và độ ẩm (tương đối) bất lợi nhất để quyết định trị số E_0 dùng trong tính toán cường độ kết cấu nền áo đường cho từng đoạn đường khác nhau dọc tuyến (khi tra bảng xác định E_0 trước hết phải xác định loại hình gây ảm đối với kết cấu nền áo đường thiết kế như chỉ dẫn ở Phụ lục B).

Trong trường hợp khu vực tác dụng của nền đường gồm nhiều lớp không đồng nhất về vật liệu, về loại đất, về độ chặt và độ ẩm (như trường hợp có bố trí lớp đáy áo đường hoặc trường hợp nền đào hoặc nền đắp với các lớp đất khác nhau...) thì từ trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm của các lớp E_m hoặc từ trị số CBR của các lớp khác nhau đó phải tính ra trị số E_m trung bình hoặc trị số CBR trung bình cho cả phạm vi khu vực tác dụng theo các cách chỉ dẫn ở Phụ lục B để suy ra trị số mô đun đàn hồi E_0 đại diện cho cả phạm vi khu vực tác dụng của nền đường.

2. Ở giai đoạn thiết kế kỹ thuật và thiết kế bản vẽ thi công đối với kết cấu áo đường mới, tư vấn thiết kế phải dự tính và kịp thời bố trí đo ép tại hiện trường bằng bản ép đường kính 33cm để xác định trị số của mô đun đàn hồi E_0 theo phương pháp chỉ dẫn ở Phụ lục D ngay trên các đoạn nền đường điển hình vừa thi công xong để kiểm nghiệm lại trị số E_0 đã dùng khi tính toán thiết kế. Nếu trị số E_0 thực đo nhỏ hơn trị số đã dùng để thiết kế thì phải kịp thời đưa ra các giải pháp điều chỉnh lại kết cấu thiết kế (tăng cường cường độ nền đất trong phạm vi khu vực tác dụng hoặc tăng bề dày lớp móng áo đường...). Việc đo ép

nên cố gắng thực hiện vào thời kỳ bất lợi của nền đường, nếu đo ép vào mùa khô thì có thể tham khảo Phụ lục B để điều chỉnh về thời kỳ bất lợi.

3. Trường hợp thiết kế cải tạo, tăng cường kết cấu áo đường cũ, khi cần thiết cũng có thể sử dụng phương pháp đo ép thử nghiệm tại hiện trường như chỉ dẫn ở Phụ lục D để xác định trị số mô đun đàn hồi của nền đất trong phạm vi khu vực tác dụng nhằm phục vụ cho tính toán thiết kế.

4. Khi thiết kế kết cấu có tầng mặt là loại cấp thấp B1 hoặc B2, nếu không có điều kiện thí nghiệm ở trong phòng (như nêu ở điểm 1) và đo ép hiện trường (như nêu ở điểm 2) thì cho phép chủ yếu dựa vào các bảng ở Phụ lục B để xác định trị số E_0 dùng trong tính toán ở cả mọi giai đoạn thiết kế. Tuy nhiên vẫn phải đánh giá chất lượng của nền bằng chỉ tiêu CBR và thông qua các tương quan $E_0 = f(\text{CBR})$ để kiểm tra lại trị số E_0 đã chọn theo cách tra bảng, nếu có sự sai khác thì chọn trị số E_0 nhỏ hơn giữa chúng để tính toán thiết kế.

3.4.7. Xác định trị số mô đun đàn hồi của các lớp vật liệu trong kết cấu áo đường.

1. Trong mọi giai đoạn thiết kế, đối với các đường ô tô với tầng mặt là loại đường cấp thấp B1, B2 thì trị số mô đun đàn hồi của các lớp kết cấu bằng các loại vật liệu khác nhau đều được phép lấy theo trị số ở các bảng của Phụ lục C trong tiêu chuẩn này để tính toán thiết kế. Điều này không áp dụng đối với đường thiết kế có tầng mặt là loại cấp cao A1 và A2.

2. Khi thiết kế kết cấu áo đường có tầng mặt là loại cấp cao A1 và A2 thì ngay trong giai đoạn thiết kế cơ sở lập dự án đầu tư đã phải thực hiện các việc sau đây:

- Thiết kế thành phần hỗn hợp vật liệu cho mỗi lớp kết cấu (tỷ lệ phối hợp các thành phần hạt, tỷ lệ trộn vật liệu hạt khoáng với chất liên kết) như đối với lớp bê tông nhựa, lớp đất loại đá gia cố chất liên kết, lớp cấp phối đá dăm hoặc cấp phối thiên nhiên... trên cơ sở các vật liệu thực tế dự kiến sẽ sử dụng dọc tuyến; theo đó chế bị các mẫu vật liệu tương ứng với thành phần đã thiết kế nêu trên, tiến hành các thí nghiệm trong phòng như cách đã chỉ dẫn ở Phụ lục C để xác định trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm của chúng.

- So sánh các số liệu thí nghiệm trong phòng với các trị số tra bảng ở Phụ lục C để quyết định trị số mô đun đàn hồi dùng để tính toán đối với mỗi lớp kết cấu (dùng trị số nhỏ hơn).

3. Ở các giai đoạn thiết kế tiếp theo cũng thực hiện các việc nêu trên nhằm chính xác hoá trị số thông số tính toán cho từng đoạn đường có điều kiện vật liệu tại chỗ khác nhau.

4. Trong mọi trường hợp, trị số mô đun đàn hồi của vật liệu phải được xác định ở nhiệt độ tính toán như quy định ở mục 3.1.5.

3.5 Tính toán cường độ kết cấu nền áo đường và kết cấu áo lề có gia cố theo tiêu chuẩn chịu cắt trượt trong nền đất và các lớp vật liệu kém dính kết.

3.5.1. Điều kiện tính toán :

Kết cấu nền áo đường có tầng mặt là loại A1, A2 và B1 được xem là đủ cường độ khi thoả mãn biểu thức (3.7):

$$T_{ax} + T_{av} \leq \frac{C_{tt}}{K_{cd}^{tr}} \quad ; \quad (3.7)$$

trong đó:

T_{ax} : ứng suất cắt hoạt động lớn nhất do tải trọng bánh xe tính toán gây ra trong nền đất hoặc trong lớp vật liệu kém dính (MPa); T_{ax} được xác định theo mục 3.5.2.

T_{av} : ứng suất cắt hoạt động do trọng lượng bản thân các lớp vật liệu nằm trên nó gây ra cũng tại điểm đang xét (MPa). T_{av} được xác định theo mục 3.5.3.

K_{cd}^{tr} là hệ số cường độ về chịu cắt trượt được chọn tùy thuộc độ tin cậy thiết kế như ở Bảng 3-7.

Bảng 3-7: Chọn hệ số cường độ về cắt trượt tùy thuộc độ tin cậy

Độ tin cậy	0,98	0,95	0,90	0,85	0,80
Hệ số K_{cd}^{tr}	1,10	1,00	0,94	0,90	0,87

Việc chọn độ tin cậy thiết kế được thực hiện cho cả kết cấu áo đường và kết cấu áo lề theo chỉ dẫn ở Bảng 3-3.

C_{tt} : Lực dính tính toán của đất nền hoặc vật liệu kém dính (MPa) ở trạng thái độ ẩm, độ chặt tính toán. Xác định theo phương pháp thí nghiệm cắt nhanh như chỉ dẫn ở Phụ lục B với các hệ số xét đến một số yếu tố ảnh hưởng khác xem mục 3.5.4.

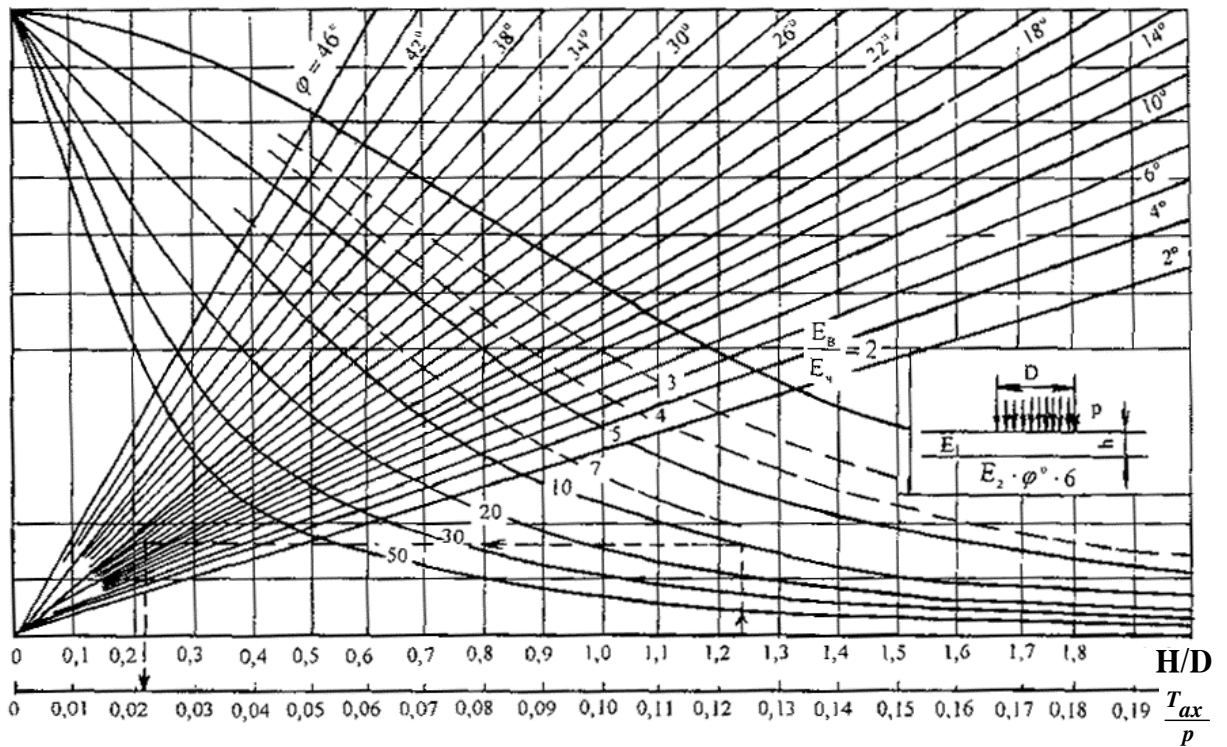
Chú ý: Không cần kiểm tra điều kiện (3.7) đối với kết cấu áo đường có tầng mặt là loại cấp thấp B1, B2.

3.5.2. Xác định ứng suất cắt hoạt động lớn nhất T_{ax}

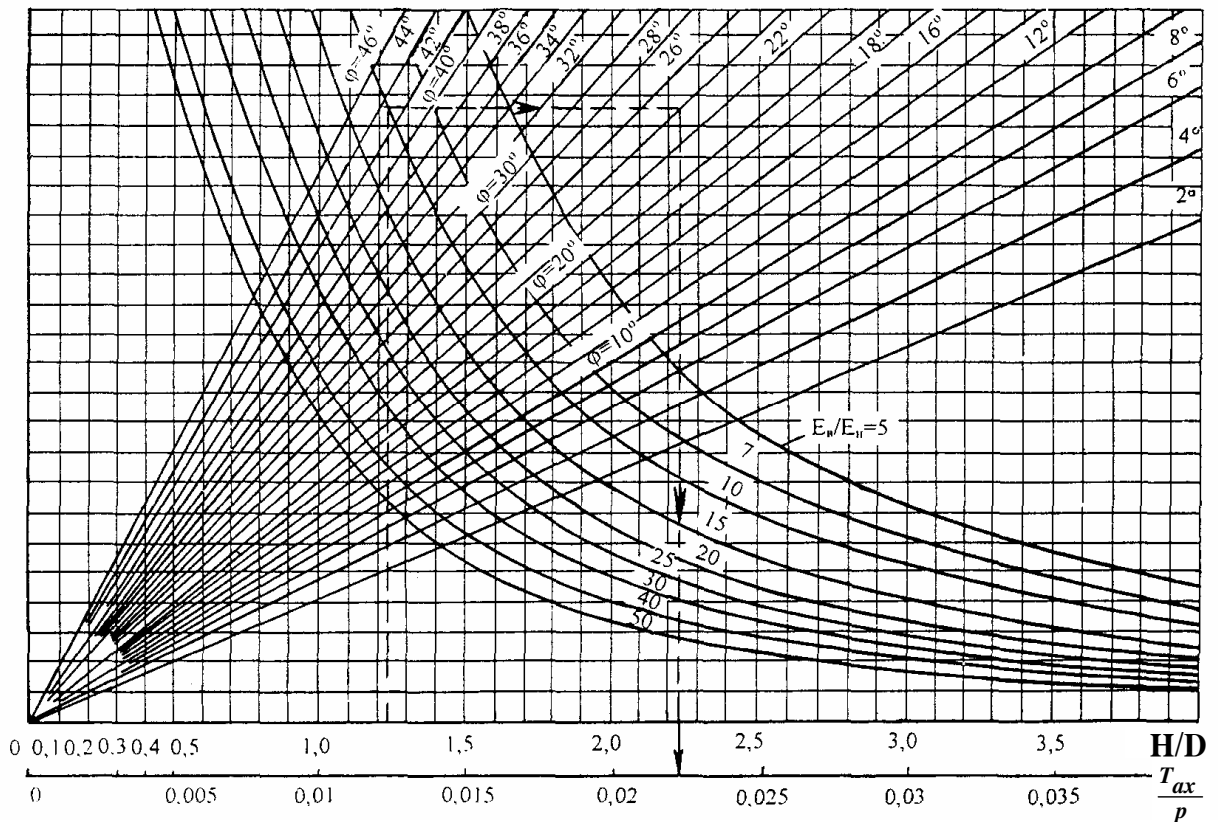
Việc xác định T_{ax} được thực hiện thông qua việc xác định $\frac{T_{ax}}{p}$ (biết p sẽ tính được T_{ax})

theo toán đồ Hình 3-2 (khi $\frac{H}{D} = 0 \div 2,0$) hoặc toán đồ Hình 3-3 (khi $\frac{H}{D} = 0 \div 4,0$).

Các toán đồ này được lập theo sơ đồ tính toán hệ 2 lớp có sự làm việc đồng thời giữa các lớp áo đường phía trên và nền đất phía dưới với hệ số Poisson $\mu_1 = 0,25$ đối với vật liệu áo đường và $\mu_2 = 0,35$ đối với nền đất, trong đó thể hiện mối quan hệ giữa tỷ số H/D (bề dày tương đối của áo đường), tỷ số mô đun đàn hồi lớp trên và lớp dưới E_1/E_2 với tỷ số T_{ax}/p (p là áp lực của tải trọng tính toán) đối với các trường hợp góc ma sát trong của nền đất ϕ khác nhau. Trình tự xác định T_{ax}/p được chỉ dẫn bằng các mũi tên trên toán đồ và lưu ý cũng phải chọn trị số ϕ ở trạng thái tính toán bất lợi (Phụ lục B).



Hình 3-2: Toán đồ xác định ứng suất trượt từ tải trọng bánh xe ở lớp dưới của hệ hai lớp ($H/D = 0 \div 2,0$)



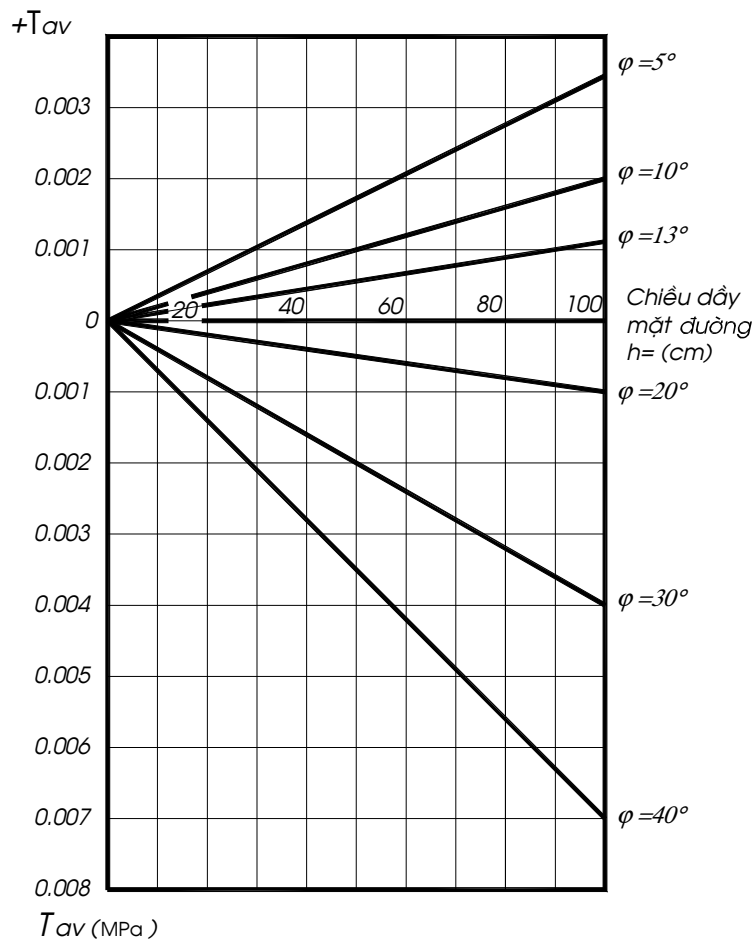
Hình 3-3: Toán đồ để xác định ứng suất trượt từ tải trọng bánh xe ở lớp dưới của hệ hai lớp ($H/D = 0 \div 4,0$).

Khi kiểm tra trượt trong nền đất dưới đáy áo đường, để áp dụng toán đồ tìm T_{ax} phải đổi hệ nhiều lớp về hệ 2 lớp theo cách nêu ở mục 3.4.5 (công thức 3.5 và 3.6); lúc này

trị số E_{tb} tính được đóng vai trò E_1 và trị số mô đun đàn hồi của nền đất E_0 đóng vai trò của E_2 . Khi kiểm tra trượt trong lớp vật liệu kém dính thì trị số E_2 phải được thay bằng trị số mô đun đàn hồi chung E_{ch} ở trên mặt lớp đó (trong khi c và φ vẫn dùng trị số tính toán của lớp đó), còn trị số E_1 phải được thay bằng trị số mô đun đàn hồi trung bình E_{tb} của các lớp nằm trên nó. Lúc này trị số E_{ch} được xác định theo cách nêu ở 3.4.4 và toán đồ ở Hình 3-1 với trị số E_{tb} cũng được xác định theo (3.5) và (3.6).

3.5.3. Xác định ứng suất cắt hoạt động do trọng lượng bản thân T_{av}

Xác định T_{av} được thực hiện với toán đồ Hình 3-4 tùy thuộc vào bề dày tổng cộng H của các lớp nằm trên lớp tính toán và trị số ma sát trong φ của đất hoặc vật liệu lớp đó. Chú ý rằng trị số T_{av} có thể mang dấu âm hoặc dương và phải dùng dấu đó trong công thức (3.7).



Hình 3-4: Toán đồ tìm ứng suất cắt hoạt động T_{av} do trọng lượng bản thân mặt đường (ở toán đồ này T_{av} được tính bằng MPa).

3.5.4. Xác định trị số lực dính tính toán C_{tt}

Trị số C_{tt} được xác định theo biểu thức (3.8)

$$C_{tt} = C \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad ; \quad (3.8)$$

trong đó:

C: lực dính của đất nền hoặc vật liệu kém dính xác định từ kết quả thí nghiệm cắt nhanh với các mẫu tương ứng với độ chặt, độ ẩm tính toán (MPa); với đất nền phải tiêu biểu cho sức chống cắt trượt của cả phạm vi khu vực tác dụng của nền đường;

K_1 : hệ số xét đến sự suy giảm sức chống cắt trượt khi đất hoặc vật liệu kém dính chịu tải trọng động và gây dao động. Với kết cấu nền áo đường phân xe chạy thì lấy $K_1=0,6$; với kết cấu áo lề gia cố thì lấy $K_1 = 0,9$ để tính toán;

K_2 : hệ số xét đến các yếu tố tạo ra sự làm việc không đồng nhất của kết cấu; các yếu tố này gây ảnh hưởng nhiều khi lưu lượng xe chạy càng lớn, do vậy K_2 được xác định tùy thuộc số trục xe quy đổi mà kết cấu phải chịu đựng trong 1 ngày đêm như ở Bảng 3-8.

Bảng 3-8: Xác định hệ số K_2 tùy thuộc số trục xe tính toán

Số trục xe tính toán (trục/ngày đêm/làn)	Dưới 100	Dưới 1000	Dưới 5000	Trên 5000
Hệ số K_2	1,0	0,8	0,65	0,6

Ghi chú Bảng 3-8:

- Số trục xe tính toán được xác định theo mục 3.3.3;
- Khi kiểm toán điều kiện chịu cắt trượt của kết cấu áo lề có gia cố thì lấy hệ số $K_2 = 1,0$; riêng với kết cấu áo lề có tầng mặt loại cấp thấp B1 thì được lấy $K_2 = 1,23$.

K_3 : hệ số xét đến sự gia tăng sức chống cắt trượt của đất hoặc vật liệu kém dính trong điều kiện chúng làm việc trong kết cấu khác với trong mẫu thử (đất hoặc vật liệu được chặn giữ từ các phía ...); ngoài ra hệ số này còn để xét đến sự khác biệt về điều kiện tiếp xúc thực tế giữa các lớp kết cấu áo đường với nền đất so với điều kiện xem như chúng dính kết chặt (tạo ra sự làm việc đồng thời) khi áp dụng toán đồ Hình 3-2 và 3-3 cho cả trường hợp nền đất bằng đất kém dính. Cụ thể trị số K_3 được xác định tùy thuộc loại đất trong khu vực tác dụng của nền đường như dưới đây:

- Đối với các loại đất dính (sét, á sét, á cát ...) $K_3 = 1,5$;
- Đối với các loại đất cát nhỏ $K_3 = 3,0$;
- Đối với các loại đất cát trung $K_3 = 6,0$;
- Đối với các loại đất cát thô $K_3 = 7,0$.

3.5.5. Xác định các thông số phục vụ việc tính toán theo điều kiện chịu cắt trượt

- Việc xác định trị số mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp vật liệu cũng thực hiện như các quy định ở các mục 3.1.5, 3.4.6 và 3.4.7.
- Đối với nền đất và các vật liệu kém dính, trong giai đoạn thiết kế cơ sở có thể tham khảo các trị số C, φ trong các bảng ở Phụ lục B và Phụ lục C để tính toán nhưng sang giai đoạn thiết kế kỹ thuật và thiết kế bản vẽ thi công đều phải thí nghiệm trong phòng để xác định trị số lực dính C và góc ma sát trong φ theo phương pháp cắt nhanh như chỉ dẫn ở Phụ lục B và Phụ lục C.

3.6 Tính toán cường độ kết cấu nền áo đường và kết cấu áo lề có gia cố theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn trong các lớp vật liệu liên khối

3.6.1. Điều kiện tính toán:

Theo tiêu chuẩn này, kết cấu được xem là đủ cường độ khi thỏa mãn điều kiện (3.9) dưới đây:

$$\sigma_{ku} \leq \frac{R_{tt}^{ku}}{K_{cd}^{ku}} \quad ; \quad (3.9)$$

trong đó:

σ_{ku} : ứng suất chịu kéo uốn lớn nhất phát sinh ở đáy lớp vật liệu liên khối dưới tác dụng của tải trọng bánh xe (xác định theo mục 3.6.2);

R_{tt}^{ku} : cường độ chịu kéo uốn tính toán của vật liệu liên khối (xác định theo mục 3.6.3);

K_{cd}^{ku} : hệ số cường độ về chịu kéo uốn được chọn tùy thuộc độ tin cậy thiết kế giống như với trị số K_{cd}^{tr} ở Bảng 3-7. Việc chọn độ tin cậy thiết kế cũng theo chỉ dẫn ở Bảng 3-3.

Chỉ phải tính toán kiểm tra điều kiện (3.9) đối với các lớp bê tông nhựa, hỗn hợp đá trộn nhựa, các lớp đất, cát gia cố, đá gia cố chất liên kết vô cơ sử dụng trong kết cấu áo đường cấp cao A1 và A2 (xem mục 3.1.4). Riêng đối với lớp thấm nhập nhựa và các lớp đất, đá gia cố nhựa lỏng thì không cần kiểm tra.

3.6.2. Xác định σ_{ku}

Ứng suất kéo uốn lớn nhất phát sinh ở đáy lớp vật liệu liên khối σ_{ku} được xác định theo biểu thức (3.10)

$$\sigma_{ku} = \overline{\sigma_{ku}} \cdot p \cdot k_b \quad ; \quad (3.10)$$

trong đó:

p : áp lực bánh của tải trọng trục tính toán nêu ở các mục 3.2.1 và 3.2.2;

k_b : hệ số xét đến đặc điểm phân bố ứng suất trong kết cấu áo đường dưới tác dụng của tải trọng tính toán là bánh đôi hoặc bánh đơn; khi kiểm tra với cụm bánh đôi (là trường hợp tính với tải trọng trục tiêu chuẩn) thì lấy $k_b = 0,85$, còn khi kiểm tra với cụm bánh đơn của tải trọng trục đặc biệt nặng nhất (nếu có) thì lấy $k_b = 1,0$.

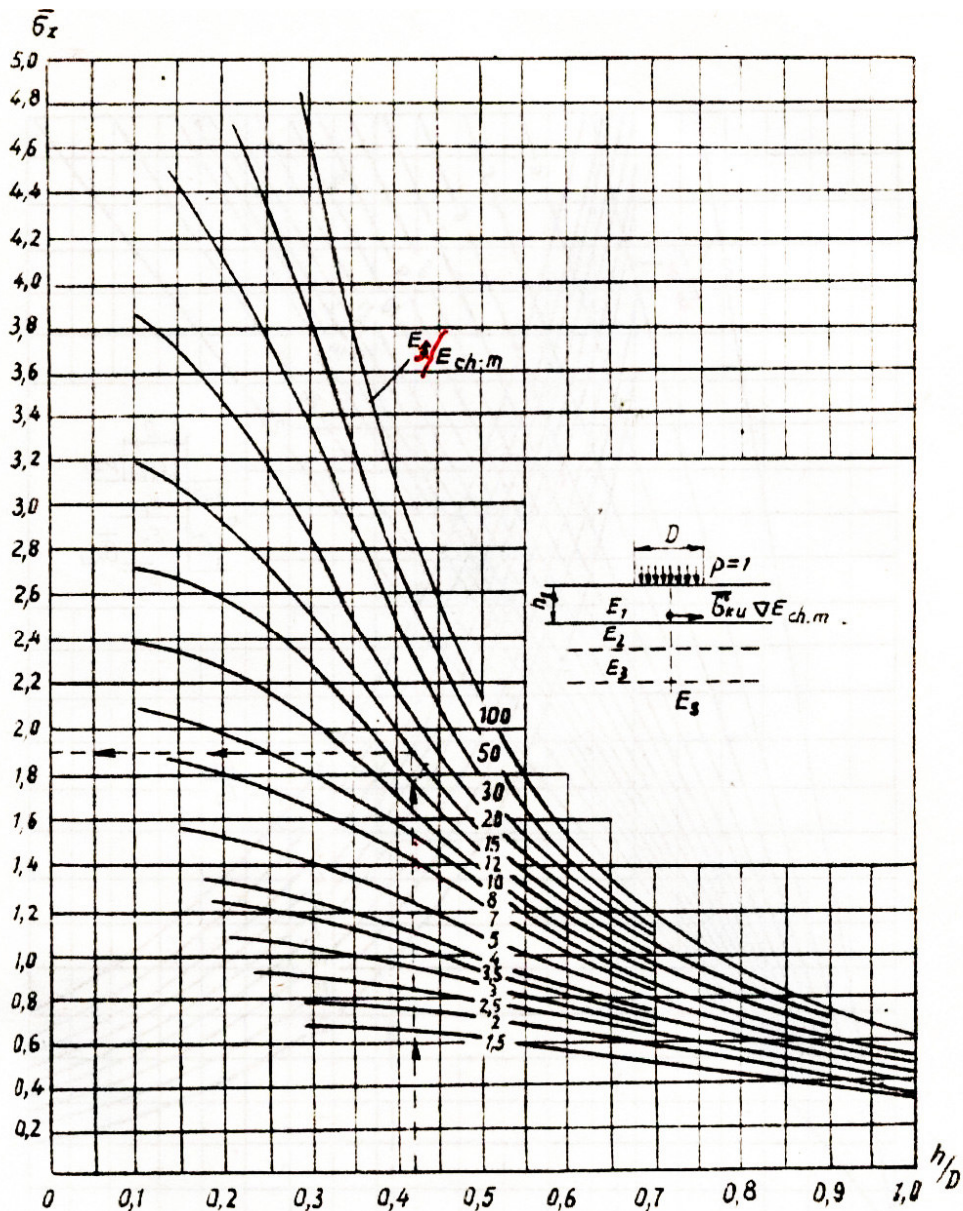
$\overline{\sigma_{ku}}$: ứng suất kéo uốn đơn vị; trị số này được xác định theo toán đồ Hình 3-5 cho trường hợp tính $\overline{\sigma_{ku}}$ ở đáy các lớp liên khối trong tầng mặt tùy thuộc vào tỷ số h_1/D và E_1/E_{chm} và xác định theo toán đồ 3-6 cho trường hợp tính $\overline{\sigma_{ku}}$ ở đáy các lớp liên khối trong tầng móng $\overline{\sigma_{ku}} = f(h_1/D, E_1/E_2, E_2/E_3)$. Các ký hiệu trong đó có ý nghĩa như sơ đồ tính ghi ở mỗi góc toán đồ cụ thể là:

- h_1 là tổng bề dày các lớp kết cấu kể từ đáy lớp được kiểm tra kéo uốn trở lên đến bề mặt áo đường.
- E_1 là mô đun đàn hồi trung bình của các lớp nằm trong phạm vi h_1 ; E_1 có thể được tính theo biểu thức (3.6) hoặc tính với nguyên tắc bình quân gia quyền

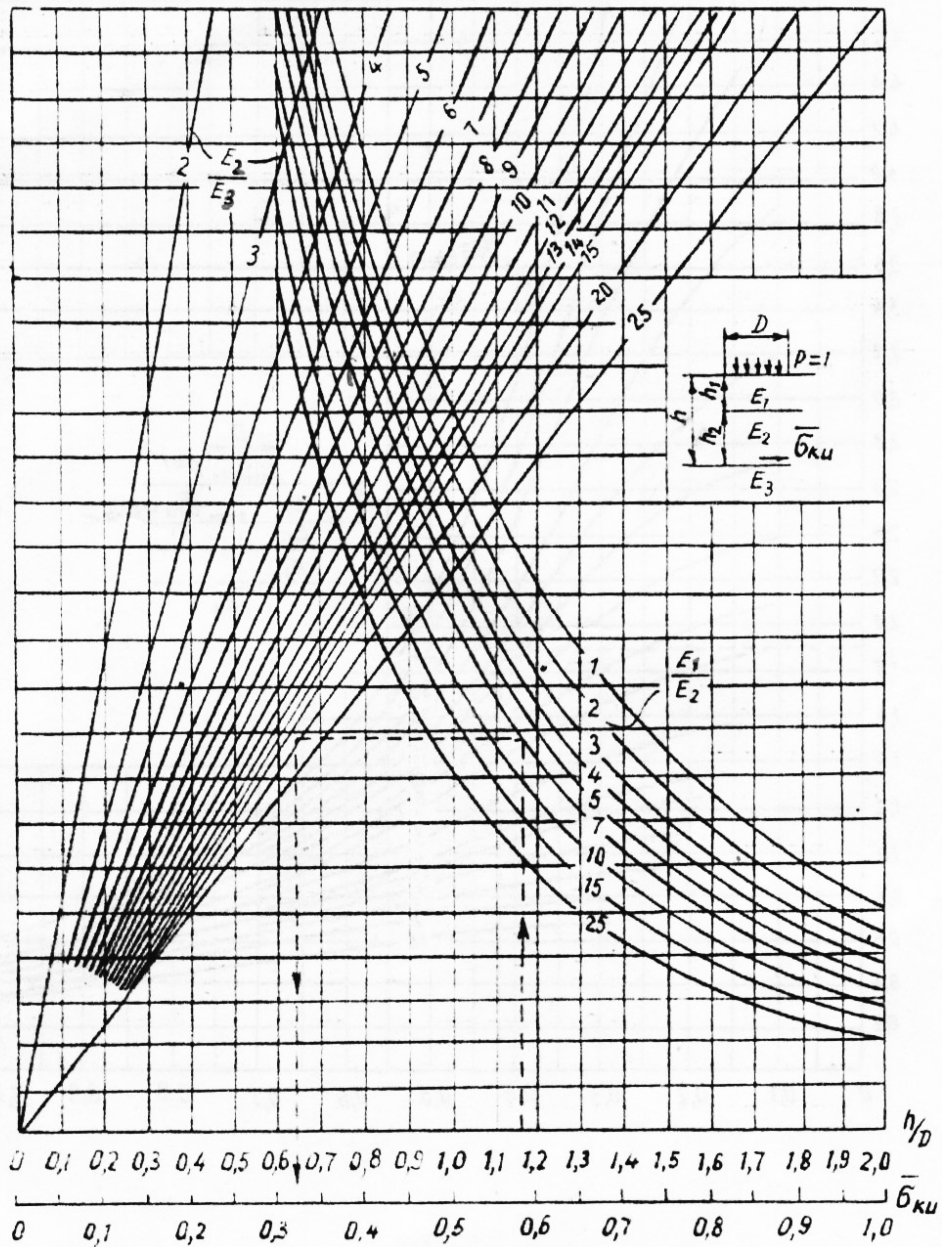
theo bề dày, tức là $E_1 = \frac{\sum E_i \cdot h_i}{h_1}$ (E_i , h_i là trị số mô đun đàn hồi và bề dày các lớp i trong phạm vi h_1).

- D là đường kính vệt bánh xe tính toán (xem các mục 3.2.1 và 3.2.2).

- $E_{ch.m}$ là mô đun đàn hồi chung của nền đất và các lớp nằm phía dưới đáy lớp vật liệu liên khối được kiểm tra. Trị số $E_{ch.m}$ được xác định theo cách quy đổi nền đất và các lớp nằm phía dưới lớp đang xét nêu trên về hệ hai lớp từ dưới lên xem mục 3.4.5 rồi áp dụng toán đồ ở Hình 3-1.



Hình 3-5: Toán đồ xác định ứng suất kéo uốn đơn vị $\overline{\sigma_{ku}}$ ở các lớp của tầng mặt (số trên đường cong là tỉ số E_1/E_{ch} , móng)



Hình 3-6. Toán đồ tìm ứng suất kéo uốn đơn vị $\overline{\sigma_{ku}}$ ở các lớp liên khối của tầng móng (số trên đường cong là E_1/E_2 và trên đường tia là E_2/E_3)

Chú ý: Ở đây E_3 chính là $E_{ch.m}$ (mô đun đàn hồi chung của nền đất và các lớp nằm phía dưới đáy lớp liên khối được kiểm tra).

3.6.3. Xác định R_u^{ku}

Cường độ chịu kéo uốn tính toán của vật liệu liên khối được xác định theo biểu thức (3.11):

$$R_u^{ku} = k_1 \cdot k_2 \cdot R_{ku} \quad ; \quad (3.11)$$

trong đó:

R_{ku} : cường độ chịu kéo uốn giới hạn ở nhiệt độ tính toán (xem mục 3.1.5) và ở tuổi mẫu tính toán (với vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ) dưới tác dụng của tải trọng tác dụng 1 lần xác định theo chỉ dẫn ở Phụ lục C.

k_2 : hệ số xét đến sự suy giảm cường độ theo thời gian so với các tác nhân về khí hậu thời tiết. Với các vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ lấy $k_2 = 1,0$; còn với bê tông nhựa loại II, bê tông nhựa rỗng và các loại hỗn hợp vật liệu hạt trộn nhựa lấy $k_2 = 0,8$; với bê tông nhựa chặt loại I và bê tông nhựa chặt dùng nhựa polime lấy $k_2 = 1,0$.

k_1 : hệ số xét đến sự suy giảm cường độ do vật liệu bị mỏi dưới tác dụng của tải trọng trùng phức; k_1 được lấy theo các biểu thức dưới đây:

- Đối với vật liệu bê tông nhựa:

$$k_1 = \frac{11,11}{N_e^{0,22}} \quad ; \quad (3.12)$$

- Đối với vật liệu đá (sỏi cuội) gia cố chất liên kết vô cơ

$$k_1 = \frac{2,86}{N_e^{0,11}} \quad ; \quad (3.13)$$

- Đối với vật liệu đất gia cố chất liên kết vô cơ

$$k_1 = \frac{2,22}{N_e^{0,11}} \quad ; \quad (3.14)$$

Trong các biểu thức trên N_e là số trục xe tính toán tích lũy trong suốt thời hạn thiết kế thông qua trên một làn xe (xác định như chỉ dẫn ở Khoản A.2 của Phụ lục A). Với các lớp bê tông nhựa chặt loại I và bê tông nhựa polime, thời hạn thiết kế lấy bằng 15 năm; còn với các loại bê tông nhựa và hỗn hợp nhựa khác lấy bằng 10 năm.

Đối với các lớp móng gia cố chất liên kết vô cơ, thời hạn thiết kế được lấy bằng thời hạn thiết kế của tầng mặt đặt trên nó.

3.6.4. Xác định các thông số phục vụ việc tính toán theo điều kiện chịu kéo uốn

1. Việc xác định trị số mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp vật liệu cũng thực hiện như các quy định ở các mục 3.1.5 , 3.4.6 và 3.4.7.
2. Về cường độ chịu kéo uốn, trong giai đoạn thiết kế cơ sở lập dự án đầu tư có thể tham khảo các trị số ở Phụ lục C nhưng sang giai đoạn thiết kế kỹ thuật và thiết kế bản vẽ thi công phải xác định thông qua chế bị mẫu và thử nghiệm trong phòng như hướng dẫn ở Phụ lục C. Mẫu thử phải đúng với vật liệu sẽ sử dụng làm lớp kết cấu về thành phần vật liệu và về các điều kiện khống chế khác nhau.

CHƯƠNG 4. THIẾT KẾ TĂNG CƯỜNG, CẢI TẠO ÁO ĐƯỜNG CŨ

4.1 Các nội dung, yêu cầu và nguyên tắc thiết kế

4.1.1. Các trường hợp áp dụng

1. Các trường hợp cải tạo có sử dụng toàn bộ hoặc một phần kết cấu áo đường cũ thì phải áp dụng các nguyên tắc cấu tạo và tính toán thiết kế nêu trong chương này.

4.1.2. Các yêu cầu chung về thiết kế tăng cường, cải tạo áo đường cũ

1. Thiết kế tăng cường, mở rộng kết cấu áo đường cũ bao gồm cả phần lề gia cố vẫn phải đạt được các yêu cầu đề cập ở các mục 1.2.1, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.6 ở Chương 1.
2. Các yêu cầu nêu trên phải bảo đảm đạt được đồng đều trên kết cấu cũ và phần mới mở rộng
3. Dạng hình học trên toàn bề rộng phần xe chạy và lề (bao gồm phần trên kết cấu cũ và phần mở rộng mới) phải thống nhất để tạo ra mui lượn đúng với các tiêu chuẩn thiết kế và đảm bảo độ dốc ngang đề cập ở mục 2.6.2.

4.1.3. Các nguyên tắc thiết kế

1. Trên các đoạn đường cũ (nhất là đoạn có mặt đường cấp thấp B1, B2) nếu thường xuyên bị ẩm ướt, lầy bẩn thì không nên tăng cường bằng các loại tăng mặt rải nhựa trực tiếp trên chúng; mà trước hết phải thiết kế thoát nước, cải thiện trạng thái ẩm, chặt trong khu vực tác dụng của nền đường (tôn cao nền, đầm nén lại v.v..) và nên cây xới mặt đường cũ để cải thiện độ ổn định nước bằng cách trộn thêm các vật liệu hạt tốt hoặc chất liên kết vô cơ trước khi rải lớp tăng cường phía trên.
2. Phải xử lý sửa chữa tốt mặt đường cũ trước khi tăng cường như vá các ổ gà, đào thay đất các chỗ nền bị "cao su", sửa chữa các chỗ bị vết hằn bánh xe, nứt nẻ bong tróc và phải làm lớp bù vênh để tạo lại đúng hình dạng cần có đối với mặt đường cũ. Đối với mặt đường cũ cấp cao (có sử dụng nhựa) thì nên cố gắng tận dụng, nếu cần có thể áp dụng công nghệ tái sinh (cây xới bổ sung vật liệu nhựa) để tạo lại lớp kết cấu có đủ cường độ. Phải làm vệ sinh mặt đường cũ bảo đảm dính kết tốt giữa mặt kết cấu với lớp tăng cường ở trên.
3. Phải đề xuất các phương án cải tạo tăng cường mặt đường cũ trên cơ sở điều tra xác định đúng tình trạng hư hỏng, chất lượng khai thác sử dụng, cường độ chung của kết cấu nền áo đường và nguyên nhân xuống cấp, hư hỏng của chúng (do nền yếu, do vật liệu các lớp kết cấu kém, do yếu tố xe cộ hoặc yếu tố môi trường tác động...)

Các phương án chủ yếu là: Cải tạo toàn diện kết cấu từ nền trở lên, hoặc giữ lại nền và một số lớp kết cấu cũ tận dụng làm lớp móng cho kết cấu cải tạo, hoặc trực tiếp tăng cường lên trên lớp mặt cũ.

Về cao độ thiết kế thì có phương án tôn cao với các lớp tăng cường trên mặt đường cũ và phương án không tôn cao tùy thuộc vào việc xem xét đến cao độ quy hoạch (nhất là đường đô thị khả năng tôn cao thường là bị hạn chế) và xem xét ảnh hưởng của việc tôn cao đến chiều cao tĩnh không cần đảm bảo cho xe lưu thông trên đường (ở những chỗ nút giao khác mức, có cầu vượt...). Nếu không cho phép tôn cao thì có thể áp dụng giải pháp đào thay thế các lớp kết cấu cũ bằng các lớp kết cấu mới với vật liệu tốt hơn kết hợp cải thiện khu vực tác dụng của nền đất.

4.2 Yêu cầu đối với việc thiết kế cấu tạo tăng cường và mở rộng kết cấu áo đường cũ

4.2.1. Lớp bù vênh

1. Để đảm bảo các yêu cầu nêu ở mục 4.1.2, trên mặt đường cũ bắt buộc phải làm lớp bù vênh trước khi rải các lớp tăng cường phía trên nhằm bù phụ bề mặt đường cũ, tạo mui lượn mặt đường cũ phù hợp với độ dốc ngang phần xe chạy mới thiết kế.

2. Lớp bù vênh phải được xem là một lớp riêng, thi công riêng.

3. Vì bề dày lớp bù vênh có thể thay đổi trong phạm vi phần xe chạy, do vậy việc chọn vật liệu làm lớp bù vênh phải chú ý đến bề dày tối thiểu của lớp kết cấu tùy theo vật liệu quy định ở mục 2.4.2 với các chú ý sau:

- Để thi công thuận lợi và bảo đảm chỗ lớp bù vênh mỏng vật liệu không bị rời rạc thì nên sử dụng hỗn hợp đá nhựa hay thấm nhập nhựa để làm lớp bù vênh. Điều này là bắt buộc trong trường hợp lớp tăng cường trên lớp bù vênh là hỗn hợp nhựa (bê tông nhựa, thấm nhập nhựa...)

- Có thể bù vênh bằng các vật liệu hạt có kích cỡ phù hợp với bề dày bù vênh tối thiểu nếu phía trên là lớp tăng cường cũng bằng vật liệu hạt không sử dụng chất liên kết.

- Trong mọi trường hợp đều không được sử dụng vật liệu hạt gia cố hoặc đất gia cố chất liên kết vô cơ để làm lớp bù vênh.

4. Nếu lớp bù vênh bằng hỗn hợp nhựa thì trước khi rải lớp bù vênh cũng phải tưới lớp nhựa thấm bám hoặc dính bám như yêu cầu nêu ở các mục 2.2.10 và 2.2.11.

4.2.2. Cấu tạo các lớp kết cấu tăng cường nằm trên lớp bù vênh

Các yêu cầu cấu tạo đối với các lớp này đều phải tuân thủ theo những chỉ dẫn ở Chương 2 như đối với cấu tạo kết cấu mới.

4.2.3. Kết cấu áo đường mềm tăng cường trên kết cấu cũ là mặt đường bê tông xi măng hoặc trên kết cấu cũ có lớp gia cố chất liên kết vô cơ.

Đối với các trường hợp này yêu cầu về thiết kế cấu tạo chủ yếu là tránh được hiện tượng nứt phản ảnh lan truyền từ phía kết cấu cũ lên mặt của kết cấu mới.

1. Trường hợp trong kết cấu cũ có lớp vật liệu nửa cứng thì kết cấu tăng cường phải tuân thủ theo chỉ dẫn ở điểm 2 mục 2.2.9.

2. Trường hợp kết cấu tăng cường có tầng mặt bê tông nhựa trên kết cấu cũ là mặt đường bê tông xi măng thì nên chú ý các chỉ dẫn sau:

- Chỉ nên sử dụng mặt đường bê tông xi măng làm tầng móng để trực tiếp rải lớp tăng cường bê tông nhựa lên trên khi mặt đường này tương đối tốt, cụ thể là diện tích có khe nứt của bê tông xi măng cũ chiếm dưới 10% tổng diện tích mặt đường và độ cập kênh giữa các tấm (chênh lệch cao độ mép tấm) nhỏ hơn 10mm;

- Bề dày tầng mặt bê tông nhựa tăng cường trực tiếp trên bê tông xi măng cũ có thể được tính theo chỉ dẫn ở tiêu chuẩn 22 TCN 223, nhưng để tránh nứt phản ảnh thì tối thiểu phải là 16-18cm. Để giảm tốn kém có thể thay thế phần bê tông nhựa phía dưới bằng hỗn hợp đá dăm trộn nhựa loại có độ rỗng lớn từ 25-35%, nhằm tạo tác dụng cắt giảm nứt cho lớp bê tông nhựa (không nên dùng cấp phối đá dăm làm lớp đệm cắt giảm nứt);

- Để tạo tác dụng cắt giảm nứt có thể sử dụng lớp vải địa kỹ thuật, vải lưới ô vuông bằng sợi tổng hợp, sợi thủy tinh. Khi áp dụng giải pháp này nên làm thử nghiệm theo chỉ dẫn của các hãng sản xuất trước khi quyết định sử dụng đại trà.

4.2.4. Yêu cầu cấu tạo đối với kết cấu mở rộng mặt đường cũ

1. Yêu cầu chính là phải bảo đảm phần mở rộng liên kết chắc với kết cấu cũ và có độ võng khi xe chạy qua tương đương so với kết cấu cũ để tránh phát sinh đường nứt và tích lũy biến dạng không đều làm cho khu vực tiếp xúc giữa cũ và mới kém bằng phẳng và thấm nước.

2. Để đảm bảo yêu cầu trên, trước hết phần mở rộng phải chú trọng các giải pháp bảo đảm khu vực tác dụng của nền đất đạt các yêu cầu nêu ở Khoản 2.5 và cấu tạo kết cấu mở rộng nên bố trí đủ các tầng, lớp như kết cấu cũ với bề dày các lớp móng có thể tăng thêm so với móng cũ (hoặc giữ nguyên nhưng sử dụng vật liệu tốt hơn để khỏi phải hạ thấp cao độ đáy móng). Ngoài ra, các lớp kết cấu mở rộng nên gối lên các trên các lớp cũ (tạo bậc cấp kết cấu cũ ít nhất là 0.5m) sao cho các đường tiếp xúc giữa các lớp không trùng nhau từ dưới lên trên.

3. Sau khi thi công làm thử có thể đo võng dưới bánh xe nặng tính toán tại hai phía lân cận chỗ tiếp xúc giữa kết cấu cũ và kết cấu mới mở rộng; nếu độ võng chênh lệch đáng kể (trên 0.1mm) thì nên kịp thời điều chỉnh thiết kế lại (trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công).

4. Lớp mặt tăng cường mới (nếu có) được bố trí đều trên phần kết cũ đã bù vênh và phân mở rộng.

4.2.5. Yêu cầu cấu tạo chuyển tiếp giữa các đoạn có bề dày các lớp kết cấu khác nhau
 Khi kết cấu áo đường tăng cường, cải tạo giữa các đoạn kề liền gồm số lớp kết cấu khác nhau hoặc bề dày các lớp kết cấu khác nhau tạo ra sự thay đổi cao độ trong khi phân kết cấu cũ vẫn được tận dụng giữ lại thì những thay đổi này phải được xử lý chuyển tiếp trên nguyên tắc không tạo ra độ dốc dọc phụ thêm trên bề mặt mặt đường quá 0,5% đối với đường cao tốc, đường cấp I, cấp II và 1% đối với đường cấp III trở xuống.

4.3 Điều tra thu thập số liệu phục vụ thiết kế tăng cường, cải tạo áo đường cũ

4.3.1. Phân đoạn đường cũ để điều tra

Thông thường áo đường cũ đã trải qua quá trình xây dựng sửa chữa phức tạp, do vậy, để có giải pháp thiết kế tăng cường hoặc cải tạo đúng đắn, trước hết phải tiến hành phân đoạn điều tra kỹ từng đoạn trên cơ sở sự khác biệt về các điều kiện sau:

- Loại đất nền trong phạm vi khu vực tác dụng và cấu tạo các lớp kết cấu áo đường cũ (về vật liệu và bề dày lớp);
- Loại hình tác động của các nguồn ẩm (chiều cao nền đắp, mực nước ngập và thời gian duy trì chúng...);
- Tình trạng và mức độ hư hỏng bề mặt theo các dạng hư hỏng miêu tả ở Bảng 4-1;
- Lưu lượng và thành phần xe chạy.

Chiều dài mỗi phân đoạn được xác định tùy tình hình thực tế (không quy định chiều dài đoạn tối thiểu) nhưng tối đa không được phân đoạn dài quá 1000m.

Bảng 4-1: Các dạng hư hỏng trên bề mặt kết cấu áo đường cũ

Dạng hư hỏng	Tầng mặt nhựa (Cấp A1, A2)	Tầng mặt cấp thấp B1	Tiêu chí đánh giá mức độ nghiêm trọng
Nứt	- Nứt dọc, nứt ngang, nứt phản ảnh		- Nhẹ: Bề rộng khe nứt <6mm không gây xóc khi xe chạy qua; - Vừa: bề rộng >6mm, gây xóc; - Nặng: nứt rộng, sâu, gây va đập khi xe chạy qua.
	- Nứt thành lưới (nứt mai rùa hoặc nứt thành miếng)		- Nhẹ: Các đường nứt chưa liên kết với nhau; - Vừa: Đã liên kết thành mạng; - Nặng: Nứt lan ra ngoài phạm vi vệt bánh xe và liên kết với nhau như da cá sấu.

Dạng hư hỏng	Tầng mặt nhựa (Cấp A1, A2)	Tầng mặt cấp thấp B1	Tiêu chí đánh giá mức độ nghiêm trọng
Biến dạng bề mặt	- Vết hàn bánh, lún sụt		- Cách đo: Dùng thước 1,22m đặt ngang vết hàn; cứ cách 7,5m đo một chỗ rồi lấy trị số trung bình cho mỗi đoạn. - Vết hàn sâu trung bình 6-13mm: nhẹ; 13-25mm: vừa và >25mm: nặng.
	- Làn sóng, xô dòn	- Làn sóng, xô dòn	- Nghiêm trọng (không phân mức độ)
	- Đẩy trượt trôi	- Đẩy trượt trôi	- Nghiêm trọng (không phân mức độ)
		Mất mui luyên hoặc mui luyên ngược	- Nghiêm trọng (không phân mức độ)
Hư hỏng bề mặt	- Chảy nhựa		- Diện tích càng lớn thì mức độ hư hỏng càng nặng.
	- Bong tróc, rời rạc - Mài mòn, lộ đá	Bong tróc, rời rạc	- Không phân mức độ nghiêm trọng
	- Ổ gà	- Ổ gà	- Đánh giá theo chủ quan của kỹ sư điều tra; nếu đã vá sửa tốt thì xếp mức độ nhẹ; chưa vá sửa và đang phát triển : nặng

Ghi chú Bảng 4-1:

1. Khi điều tra nên ước tính diện tích mặt đường có xuất hiện các loại hư hỏng nêu trên S (m²). Khi tính diện tích xuất hiện nứt dọc, ngang hoặc xiên thì lấy chiều dài đường nứt nhân với 1.0m rộng, còn nứt thành lưới thì tính diện tích phạm vi nứt. Các loại hư hỏng khác cũng có thể tính tổng diện tích phát sinh hư hỏng.
2. Có thể đánh giá mức độ hư hỏng nghiêm trọng theo % diện tích hư hỏng so với tổng diện tích đoạn điều tra.

4.3.2. Thử nghiệm đánh giá cường độ kết cấu nền áo đường cũ và thu thập số liệu phục vụ thiết kế

1. Việc thí nghiệm này phải được thực hiện trên từng phân đoạn bằng cần đo vồng trực tiếp dưới bánh xe (cần đo Benkelman) theo chỉ dẫn ở 22 TCN 251-98 (kể cả việc xử lý số liệu đo để xác định được mô đun đàn hồi chung đặc trưng cho kết cấu áo đường cũ ở mỗi đoạn). Sau khi đo độ vồng mặt đường cũ bằng cần Benkelman thì có thể tham khảo chỉ dẫn ở Phụ lục III tiêu chuẩn 22 TCN 251-98 để tiến hành điều chỉnh phân đoạn.
2. Ở mỗi đoạn (nhỏ hơn 1000m) đồng thời phải tiến hành đào bóc một chỗ kết cấu áo đường cũ để xác định bề dày các lớp kết cấu, tình trạng cũng như chất lượng của chúng, xác định loại đất, lực dính C, góc ma sát ϕ và xác định trị số mô đun đàn hồi đất nền bằng phương pháp ép tĩnh hoặc phương pháp lấy mẫu để thử nghiệm trong phòng theo cách hướng dẫn ở Phụ lục B tương ứng với trạng thái ẩm bất lợi để từ đó tính ra cường độ chung của cả kết cấu áo đường cũ theo cách chỉ dẫn ở mục 3.4.4. Chỗ đào bóc áo đường cũ để thử nghiệm này phải trùng với một điểm đo độ vồng đàn hồi dưới bánh xe (thường chọn chỗ có tình trạng hư hỏng nhất đặc trưng cho cả đoạn) để đối chiếu cường độ tính từ dưới lên (có xét đến trạng thái ẩm ướt bất lợi) và cường độ tính toán theo độ vồng đàn hồi đo được dưới bánh xe từ đó có cơ sở để dùng các số liệu đo vồng ở các điểm khác trên toàn đoạn một cách tin cậy hơn.
3. Các yếu tố điều tra, thu thập số liệu dự báo giao thông, điều tra khả năng tác động của những nguồn gây ẩm, điều tra đất nền và vật liệu xây dựng đều được thực hiện như chỉ dẫn Khoản 1.5 (1.5.2, 1.5.3, 1.5.4 và 1.5.5) tương ứng với các giai đoạn thiết kế như khi điều tra thu thập số liệu phục vụ thiết kế kết cấu nền áo đường mới.

4.4 Tính toán cường độ (bề dày) kết cấu tăng cường hoặc cải tạo

4.4.1. Việc tính toán cường độ (bề dày) kết cấu tăng cường hoặc cải tạo mặt đường cũ vẫn phải tuân theo các yêu cầu và nguyên tắc nêu trong Khoản 3.1 và các chỉ dẫn khác nêu ở các Khoản 2.3, 3.3, 3.4, 3.5 và 3.6.

4.4.2. Tính toán bề dày tăng cường trên mặt kết cấu áo đường cũ trước hết được thực hiện theo toán đồ Hình 3-1 với trị số mô đun đàn hồi chung đặc trưng cho kết cấu cũ của mỗi phân đoạn E_{ch} cũ đóng vai trò là E_0 trong sơ đồ tính của toán đồ này. Sau đó, lần lượt kiểm tra nền đất và các lớp kết cấu khác theo chỉ dẫn ở Khoản 3.5 và 3.6.

PHỤ LỤC A : VÍ DỤ TÍNH TOÁN QUY ĐỔI SỐ TRỤC XE KHÁC VỀ SỐ TRỤC XE TÍNH TOÁN, TÍNH SỐ TRỤC XE TIÊU CHUẨN TÍCH LŨY VÀ CÁCH TÍNH TẢI TRỌNG TRỤC TƯƠNG ĐƯƠNG NẶNG NHẤT CỦA XE NHIỀU TRỤC

A.1. Ví dụ tính toán quy đổi số trục xe khác về số trục xe tính toán

A.1.1. Số liệu ban đầu

Dựa vào kết quả điều tra giao thông đã dự báo được thành phần xe ở năm thứ nhất sau khi đường được đưa vào khai thác sử dụng như ở Bảng A-1. Để phục vụ cho việc tính toán thiết kế kết cấu áo đường cần quy đổi số trục khai thác về trục xe tính toán tiêu chuẩn loại 100 kN (10 tấn)

Bảng A-1 : Dự báo thành phần giao thông ở năm đầu sau khi đưa đường vào khai thác sử dụng

Loại xe	Trọng lượng trục P_i (kN)		Số trục sau	Số bánh của mỗi cụm bánh ở trục sau	Khoảng cách giữa các trục sau (m)	Lượng xe n_i xe/ngày đêm
	Trục trước	Trục sau				
Tải trung	25,8	69,6	1	Cụm bánh đôi		300
Tải nhẹ	18,0	56,0	1	Cụm bánh đôi		400
Tải nặng	48,2	100,0	1	Cụm bánh đôi		320
Tải nặng	45,4	90,0	2	Cụm bánh đôi	<3,0	208
Tải nặng	23,1	73,2	2	Cụm bánh đôi	>3,0	400

A.1.2. Tính số trục xe quy đổi về trục tiêu chuẩn 100 kN:

Việc tính toán quy đổi được thực hiện như mục 3.2.3 theo biểu thức (3.1) và (3.2); cụ thể là:

$$N = \sum_{i=1}^k c_1 \cdot c_2 \cdot n_i \left(\frac{P_i}{100} \right)^{4.4}$$

Với $C_1 = 1+1,2(m-1)$ và $C_2 = 6,4$ cho các trục trước và trục sau loại mỗi cụm bánh chỉ có 1 bánh và $C_2 = 1,0$ cho các trục sau loại mỗi cụm bánh có hai bánh (cụm bánh đôi)

Việc tính toán được thực hiện như ở Bảng A -2. Kết quả tính được $N = 1032$ trục xe tiêu chuẩn / ngày đêm.

Bảng A-2: Bảng tính số trục xe quy đổi về số trục tiêu chuẩn 100 kN

Loại xe		P_i (kN)	C_1	C_2	n_i	$C_1 \cdot C_2 \cdot n_i \cdot \left(\frac{P_i}{100} \right)^{4.4}$
Tải trung	Trục trước	25,8	1	6,4	300	5
	Trục sau	69,6	1	1	300	61
Tải nhẹ	Trục trước	18,0	1	6,4	400	*
	Trục sau	56,0	1	1	400	31
Tải nặng	Trục trước	48,2	1	6,4	320	83
	Trục sau	100,0	1	1,0	320	320
Tải nặng	Trục trước	45,4	1	6,4	208	41
	Trục sau	90,0	2,2	1,0	208	288
Tải nặng	Trục trước	23,1	1	6,4	400	*
	Trục sau	73,2	2**	1,0	400	203

Ghi chú ở Bảng A-2:

* Vì tải trọng trục dưới 25 kN (2,5 tấn) nên không xét đến khi quy đổi (xem mục 3.2.3)

** Vì khoảng cách các trục sau lớn hơn 3,0 m nên việc quy đổi được thực hiện riêng từng trục, tức là $C_1=2,0$ (xem mục 3.2.3).

A.2. Tính số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế

A.2.1. Về nguyên tắc phải dựa vào kết quả dự báo hàng năm ở mục 1.5.2 tiêu chuẩn này để tính ra số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế N_e tức là tính theo biểu thức sau:

$$N_e = \sum_1^t N_i ; \quad (A-1)$$

trong đó:

N_i là số trục xe quy đổi về trục tiêu chuẩn ở năm i và t là thời hạn thiết kế (khi áp dụng quy định ở Bảng 2-2 lấy $t=15$ năm)

A.2.2. Trong trường hợp dự báo được tỷ lệ tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm q (bao gồm các lượng giao thông nêu ở điểm 4 mục 1.5.2) thì có thể tính N_e theo biểu thức sau:

$$N_e = \frac{[(1+q)^t - 1]}{q} . 365 . N_1 ; \quad (A-2)$$

trong đó:

N_1 là số trục xe tiêu chuẩn trung bình ngày đêm của năm đầu đưa đường vào khai thác sử dụng (trục/ngày đêm):

Trường hợp biết số trục dự báo ở năm cuối của thời hạn thiết kế N_t (trục/ngày đêm) thì cũng có thể tính N_e theo biểu thức (A-3):

$$N_e = \frac{[(1+q)^t - 1]}{q(1+q)^{t-1}} 365 . N_t \quad (A-3)$$

Chú ý: Các biểu thức trên cho số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên cả 2 chiều xe chạy. Tùy mục đích sử dụng trong tính toán (như trường hợp tính theo mục 2.2.9 xác định bề dày tối thiểu tầng mặt nhựa hoặc khi xác định R_H^{kt} theo mục 3.6.3) thì phải nhân thêm hệ số phân phối số trục tính toán trên mỗi làn xe f_L để xác định ra số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên một làn xe (trục/ngày đêm.làn).

A.2.3. Ví dụ: Với số liệu ở ví dụ I.1 ta có thể tính được N_e tương ứng với tỷ lệ tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm $q=0,1$ (10%) và $t=15$ năm là:

$$N_e = \frac{(1+0,1)^{15} - 1}{0,1} . 365 . 1032 = 11,97 . 10^6 \text{ trục}$$

Nếu đường có 2 làn xe thì theo mục 3.3.2 $f_L = 0,55$ và ta có số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên 1 làn xe là: $6,582 . 10^6$ trục.

A.3. Cách xác định tải trọng trục tính toán của xe nặng (hoặc rơ moóc) có nhiều trục theo mục 3.2.2:

Tải trọng trục tính toán của xe nặng (rơ moóc nặng) P_{tt} được xác định gần đúng theo biểu thức A-4 để xét ảnh hưởng của các trục khác trên cùng một cụm trục:

$$P_{tt} = P_n . k_c ; \quad (A-4)$$

trong đó:

P_n là tải trọng trục nặng nhất trong số các trục trên cùng một cụm trục (kN); P_n có thể được xác định thông qua chứng chỉ xuất xưởng của xe hoặc cân trục tiếp; k_c là hệ số xét đến ảnh hưởng của các trục khác được xác định theo biểu thức (A-5):

$$k_c = a - b \sqrt{L_m - c} ; \quad (A-5)$$

Trong (A-5) các ký hiệu được xác định như sau:

L_m là khoảng cách tính bằng mét giữa các trục ngoài cùng của cụm trục (m)

a, b, c là các trị số cho ở Bảng A-3.

Bảng A-3 : Các trị số a, b, c

Số trục trên cùng 1 cụm trục của xe (hoặc rơ moóc)	a	b	c
Hai trục	1,7/1,52	0,43/0,36	0,50/0,50
Ba trục	2,0/1,60	0,46/0,28	1,0/1,0

Ghi chú Bảng A-3: trị số a, b, c cho ở tử số áp dụng khi tính toán kết cấu áo đường có tầng mặt loại cấp cao A1 và A2; trị số cho ở mẫu số áp dụng khi tính toán áo đường cấp thấp.

PHỤ LỤC B : XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG TÍNH TOÁN CỦA NỀN ĐẤT TRONG PHẠM VI KHU VỰC TÁC DỤNG

B.1. Xác định độ ẩm tương đối tính toán trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đất

B.1.1. Đối với nền đào phải điều tra độ ẩm tương đối $\frac{W_m}{W_{nh}}$ vào mùa bất lợi và độ chặt từng lớp 20 cm

trong phạm vi khu vực tác dụng theo mục 1.5.4 và lấy trị số độ ẩm tương đối trung bình của các lớp trong phạm vi này làm độ ẩm tính toán

B.1.2. Đối với trường hợp nền đắp hoặc nền đào có áp dụng các giải pháp chủ động cải thiện điều kiện nền đất trong phạm vi khu vực tác dụng (như thay đất, đầm nén lại...) thì có thể xác định trị số độ ẩm tương đối tính toán theo loại hình gây ẩm (hay loại hình chịu tác động của các nguồn ẩm) đối với kết cấu nền áo đường như sau:

Loại I (luôn khô ráo) là loại đồng thời bảo đảm được các điều kiện và yêu cầu dưới đây:

- Khoảng cách từ mực nước ngầm hoặc mực nước đọng thường xuyên ở phía dưới đến đáy khu vực tác dụng h phải thỏa mãn điều kiện ở Bảng 2-6 mục 2.5.3 tiêu chuẩn này (tùy thuộc loại đất nền). Riêng với mực nước đọng hai bên đường, nếu h không thỏa mãn điều kiện ở Bảng 2.6 nhưng thời gian ngập dưới 3 tháng thì thay vì bảo đảm yêu cầu ở mục 2.5.4 cũng được xem là đạt loại I;
- Kết cấu áo đường phải có tầng mặt không thấm nước và tầng móng bằng vật liệu gia cố chất liên kết hoặc có lớp đáy móng đề cập ở mục 1.2.3 với yêu cầu ở điểm 2, mục 2.5.2;
- Nền đất trong khu vực tác dụng phải đầm nén đạt yêu cầu ở Bảng 2-5;
- Độ ẩm tính toán của đất nền loại I có thể lấy bằng $0,55 \div 0,60$ độ ẩm giới hạn chảy xác định theo thí nghiệm.

Loại II (ẩm vừa)

Kết cấu nền áo đường loại này có chịu ảnh hưởng của một vài nguồn ẩm nào đó và không đạt được một trong các điều kiện như với loại I; chẳng hạn như khoảng cách h chỉ đạt được tương ứng trạng thái ẩm vừa như ở Bảng 2-6 hoặc có tầng mặt thấm nước...

Tùy theo sự phân tích mức độ có thể chịu ảnh hưởng của các nguồn ẩm, trị số độ ẩm tính toán của đất nền loại này có thể được xác định theo phạm vi trong Bảng B-1.

Bảng B-1: Độ ẩm tính toán của đất nền loại II

Độ chặt K	Độ ẩm tính toán đối với loại đất		
	Sét	Á sét	Á cát
1,0	0,6 - 0,65	0,6 - 0,64	0,6 - 0,64
0,95	0,6 - 0,7	0,6 - 0,7	0,6 - 0,7
0,9	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8	0,7 - 0,85

Loại III (quá ẩm): Kết cấu nền áo đường chịu nhiều ảnh hưởng của các nguồn ẩm.

Nền đường loại này thường đắp thấp, lề hẹp bằng đất đầm chặt kém, có nước ngập thường xuyên (trị số h như ở Bảng 2-6) thoát nước mặt không tốt và chịu ảnh hưởng của nước ngầm. Mặt đường thuộc loại thấm nước, móng là loại không kín (đá ba, đá dăm...).

Độ ẩm tính toán của loại III có thể lấy theo Bảng B-2.

Bảng B-2: Độ ẩm tính toán của đất nền loại III

Độ chặt K	Độ ẩm tính toán đối với loại đất		
	Sét	Á sét	Á cát
1,0	0,65 - 0,67	0,64 - 0,66	0,64 - 0,66
0,95	0,72 - 0,75	0,74 - 0,75	0,76 - 0,80
0,9	0,80 - 0,85	0,85 - 0,90	0,89 - 0,96

Độ ẩm tính toán trong các Bảng B-1 và B-2 là độ ẩm tương đối so với giới hạn chảy của đất xác định theo thí nghiệm.

Độ ẩm tính toán của đất lãn sỏi sạn lấy tương ứng theo đất cùng loại không có sỏi sạn.

B.2. Các trị số tham khảo đối với các đặc trưng dùng trong tính toán của đất nền

Các trị số tham khảo về mô đun đàn hồi của đất nền và trị số các đặc trưng về lực dính C và góc ma sát φ tùy thuộc độ ẩm tương đối tính toán được cho ở Bảng B-3. Cách sử dụng các trị số tham khảo này được chỉ dẫn ở các mục 3.4.6 và 3.5.5. Khi sử dụng Bảng B-3 có thể nội suy các trị số giữa các khoảng độ ẩm cho trong bảng.

Bảng B-3: Các đặc trưng tính toán của đất nền (tham khảo) tùy thuộc độ ẩm tương đối

Loại đất	Các chỉ tiêu	Độ ẩm tương đối $a = \frac{W}{W_{nh}}$							
		0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Sét và á sét	E (Mpa)	46 (60)	42 (57)	40 (53)	34 (50)	29 (46)	25 (42)	21 (40)	20 (38)
	φ (độ)	27	24	21	18	15	13	12	11,5
	c (Mpa)	0,038	0,032	0,028	0,023	0,019	0,015	0,013	0,012
Á sét nhẹ và Á cát bụi nặng	E (Mpa)	48	45	42	37	32	27	23	22
	φ (độ)	28	26	26	25	25	24	24	23
	c (Mpa)	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009
Á cát nhẹ và Á cát	E (Mpa)	49	45	42	38	34	32	30	28
	φ (độ)	30	28	28	27	27	26	26	25
	c (Mpa)	0,020	0,018	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008
Cát mịn	E (Mpa)	40							
	φ (độ)	35							
	c (Mpa)	0,005							
Đất bazan Tây Nguyên	E (Mpa)	51	44	40	25	23	21	16	
	φ (độ)	17	12	14	8	11	9	7	
	c (Mpa)	0,036	0,031	0,028	0,024	0,019	0,015	0,011	

Ghi chú Bảng B-3:

- Các trị số tham khảo trên cần được các đơn vị tư vấn khảo sát thiết kế bổ sung chính xác hóa dân;
- Đối với đất lãn sỏi sạn trị số E có thể được lấy theo trị số trong ngoặc ở hàng đầu tương ứng với đất sét và á sét; còn trị số c, φ lấy tương ứng với loại đất không có sỏi sạn;
- Các trị số trong bảng là tương ứng với điều kiện độ chặt tối thiểu $K=0,95$ (đảm nén tiêu chuẩn). Việc tăng, giảm độ chặt được xét đến khi xác định độ ẩm tính toán. Độ chặt đảm nén $k = 0,95$ tương ứng với trị số độ ẩm tính toán lớn và nếu $k \geq 0,98$ thì được chọn trị số độ ẩm tính toán nhỏ trong phạm vi tương ứng với loại hình gây ẩm I, II, III (xem Khoản B.1).
- Phân loại đất trong Bảng B-3 sử dụng các tiêu chí như ở dưới đây:
 - Sét và á sét là loại đất có chỉ số dẻo từ $12 \div 27$;
 - Á sét nhẹ có chỉ số dẻo từ $7 \div 12$ và tỷ lệ hạt cát từ 2-0,05mm chiếm trên 40% khối lượng đất khô;
 - Á cát bụi nặng là loại có chỉ số dẻo $1 \div 7$ và tỷ lệ cỡ hạt 2 ÷ 0,05mm chiếm dưới 20%;

- Á cát nhẹ có chỉ số dẻo $1 \div 7$ và tỷ lệ cỡ hạt $2 \div 0,05\text{mm}$ chiếm trên 50%;
- Á cát là loại có chỉ số dẻo $1 \div 7$;
- Cát mịn là loại có chỉ số dẻo dưới 1 và cỡ hạt $> 0,05 \text{ mm}$ chiếm $>75\%$.

B.3. Xác định chỉ số sức chịu tải CBR và sức chịu tải trung bình CBR_{tb} đặc trưng cho phạm vi khu vực tác dụng của nền đất

B.3.1. Phương pháp thí nghiệm trong phòng để xác định chỉ số sức chịu tải CBR

Chỉ số CBR được xác định thông qua thí nghiệm trong phòng theo chỉ dẫn ở tiêu chuẩn 22 TCN 332 - 06 với các điều kiện nêu ở đoạn ghi chú thuộc điểm 2 mục 2.5.1 của tiêu chuẩn này.

B.3.2. Sức chịu tải trung bình CBR_{tb} đặc trưng cho cả phạm vi khu vực tác dụng của nền được xác định theo biểu thức B-1 dưới đây:

$$CBR_{tb} = \frac{\sum_1^n CBR_i \cdot h_i}{\sum_1^n h_i}; \quad (B-1)$$

trong đó:

CBR_i là chỉ số sức chịu tải của lớp đất i dày h_i (cm) và n là số lớp có trị số CBR_i khác nhau (có thể bao gồm cả lớp đáy móng đề cập ở mục 2.5.2)

$\sum h_i$ là tổng bề dày khu vực tác dụng và nên điều tra khảo sát, thí nghiệm trong phạm vi $\sum h_i = 100$ cm.

Khi xác định CBR_{tb} theo biểu thức trên cần chú ý các chỉ dẫn sau:

- Nếu CBR_i của một lớp nào đó (như lớp đáy móng) lớn hơn 20% thì đưa vào tính chỉ lấy bằng 20%;
- Bề dày lớp đất thay thế hay lớp đáy móng bằng đất gia cố khi tính phải trừ đi 20cm phía dưới; 20cm này chỉ được tính CBR_i bằng CBR_i của đất nguyên thổ trước khi thay đất hoặc bằng CBR_i trung bình trước và sau khi gia cố (trong trường hợp gia cố đất tại chỗ để tăng sức chịu tải của nền);
- Nếu có một lớp có trị số CBR_i nhỏ hơn nằm phía trên thì không được phép tính CBR_{tb} mà phải dùng trị số CBR_i nhỏ này đặc trưng cho cả khu vực tác dụng (cũng có nghĩa là biểu thức B-1 chỉ áp dụng cho trường hợp CBR_i lớp trên phải cao hơn CBR_i lớp dưới);
- Nếu trong khu vực tác dụng có phân bố một lớp dày dưới 20cm ($h_i < 20\text{cm}$) thì tính các lớp khác cũng phải chia nhỏ bằng bề dày lớp h_i đó để đưa vào tính trị số CBR_{tb} theo biểu thức B-1.

B.4. Các tương quan thực nghiệm giữa mô đun đàn hồi E_0 với chỉ số sức chịu tải CBR

Để thực hiện các chỉ dẫn ở mục 3.4.6, có thể tham khảo các tương quan thực nghiệm $E_0 = f(CBR)$ dưới đây với chú ý: trị số CBR đặc trưng cho cả phạm vi khu vực tác dụng của nền đất được xác định như đề cập ở B.3.2.

1. Một vài quan hệ thực nghiệm Trung Quốc

- Của tỉnh An Huy:

$$E_0 = 5,76 \cdot CBR^{0,854}; \quad (B-2)$$

trong đó: E_0 (MPa) là trị số mô đun đàn hồi xác định bằng thí nghiệm tấm ép đường kính 30 cm ở hiện trường. Quan hệ này sử dụng chung cho mọi loại đất

- Với loại đất sét đỏ vùng Quảng Tây Trung Quốc:

$$E_0 = 15,55 \cdot CBR^{0,582}; \quad (B-3)$$

trong đó: E_0 (MPa) cũng là trị số xác định bằng thí nghiệm tấm ép đường kính 30 cm ở hiện trường.

2. Một số các quan hệ thực nghiệm của Việt Nam

- Các loại đất (với hệ số tương quan $R^2 = 0,91$)

$$E_0 = 7,93 \cdot CBR^{0,85} \text{ (MPa)}; \quad (B-4)$$

- Cát đắp (với hệ số tương quan $R^2 = 0,89$)

$$E_0 = 4,68 \cdot \text{CBR} + 12,48 \text{ (MPa)}; \quad (\text{B-5})$$

trong đó: E_0 (MPa) là trị số mô đun đàn hồi xác định bằng tấm ép đường kính 33cm ở hiện trường; CBR tính bằng số %.

B.5. Các phương pháp xác định trị số mô đun đàn hồi E_0 của đất nền bằng cách thử nghiệm trong phòng (theo mục 3.4.6)

B.5.1. Phương pháp nén nở hông tự do áp dụng cho các loại đất dính (có thể đúc được mẫu để nén một trục nở hông tự do):

1. Dùng mẫu tròn đường kính 5 cm, cao 5 cm; nếu có thể lấy nguyên dạng tại nền đường vừa thi công xong hoặc tại nền đường cũ (trường hợp thiết kế tăng cường áo đường cũ) tương ứng với thời gian bất lợi về độ ẩm; mẫu cũng có thể chế bị bằng đất dùng để xây dựng nền đường hoặc bằng đất lấy ở nền đường cũ về sao cho có độ chặt bằng độ chặt thực tế khi nền làm việc và có độ ẩm tính toán nêu ở Khoản B-1. Cách chế bị mẫu phải theo đúng như cách qui định trong qui trình thí nghiệm đất (gồm cả việc bảo dưỡng mẫu trong bình giữ ẩm để ẩm phân bố đều trong mẫu).

Mẫu được ép trên máy nén với bản ép có đường kính 5 cm (bằng đường kính của mẫu) và không có khuôn (nén một trục cho nở hông tự do). Tăng tải một cấp cho đến trị số $0,22 \div 0,2,5$ MPa. Sau đó dỡ tải và đo biến dạng hồi phục S . Khi gia và dỡ tải đều đợi đến lúc biến dạng không quá 0,01 mm/5 phút mới đọc trị số biến dạng.

2. Tính trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm theo công thức sau:

$$E_m = \frac{p \cdot H}{S} \text{ (Mpa)} \quad (\text{B-5})$$

trong đó:

p là áp lực tác dụng lên mẫu khi nén, Mpa

H – chiều cao mẫu, cm;

S là biến dạng hồi phục tương ứng với áp lực p , cm.

Trị số E_m sử dụng kết quả trung bình ít nhất của 3 mẫu cùng loại đất, cùng độ ẩm và độ chặt nếu trị số thí nghiệm của chúng không chênh lệch quá 20% (nếu quá 20% thì phải thêm mẫu và làm lại).

3. Trường hợp nền đường có độ chặt và độ ẩm thay đổi nhiều theo chiều sâu hoặc gồm các lớp đất khác nhau (không đồng nhất) thì phải chia ra nhiều lớp để lấy mẫu nguyên dạng (hoặc chế bị mẫu) xác định mô đun đàn hồi thí nghiệm E_m^i của mỗi lớp đó theo cách nêu ở trên. Khi đó trị số E_m chung của cả nền đường được tính theo công thức sau:

$$E_m = \frac{30}{\frac{12}{E_m^0} + \frac{9}{E_m^1} + \frac{5}{E_m^2} + \frac{3}{E_m^3} + \frac{1}{E_m^4}} \quad (\text{B-6})$$

trong đó: $E_m^0, E_m^1, E_m^2, E_m^3, E_m^4$ là mô đun đàn hồi thí nghiệm nén một trục nở hông tự do của các lớp đất tương ứng ở các độ sâu 0,0m, 1D, 2D, 3D, 4D (D là đường kính của vệt bánh xe tính toán trên mặt đường).

4. Với phương pháp này, trị số mô đun đàn hồi tính toán của đất nền E_0 phải điều chỉnh theo biểu thức:

$$E_0 = K_n \cdot E_m; \quad (\text{B-7})$$

trong đó:

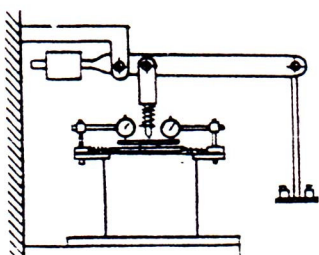
E_m được xác định theo (B-5) hoặc (II – 6) và hệ số $K_n = 1,3$. Hệ số này để xét đến việc thí nghiệm ở trong phòng trên các mẫu nhỏ thường cho kết quả nhỏ hơn so với kết quả thí nghiệm bằng các tấm ép lớn tại hiện trường.

B.5.2. Trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm của đất nền cũng có thể được xác định theo phương pháp ép lún có hạn chế nở hông bằng máy nén đôn bẫy, nhất là trong trường hợp đất kém dính, không đúc được mẫu để ép theo cách nở hông tự do như trên.

Theo phương pháp này mẫu được chế bị và khi thí nghiệm vẫn được đặt trong khuôn hình trụ có đường kính không nhỏ hơn 4 lần và chiều cao không nhỏ hơn 3 lần so với đường kính tấm ép. Đường kính tấm ép nên dùng là 4-5 cm, do vậy cũng thường dùng khuôn 15x15 hoặc 15x20cm. Yêu cầu về việc chuẩn bị mẫu giống như nêu ở B.5.1. Khối lượng đất và nước trộn với tỷ lệ được tính toán trước và sau

khi trộn đều chia làm 3-4 lần để đổ vào khuôn; mỗi lần đều dùng chày sắt đầm chặt đến vạch dự tính trước để đạt độ chặt tính toán. Nên tạo mẫu cao hơn mặt khuôn độ 2cm sau đó dùng dây thép con cắt bằng mặt khuôn để đặt tấm ép khi thí nghiệm. Do vậy phải dùng khuôn có lắp đoạn khuôn mũ.

Khi thí nghiệm, lắp đặt mẫu và các đồng hồ đo chuyển vị như sơ đồ ở Hình B-1 (máy nén kiểu đòn bẩy).



Hình B-1: Sơ đồ lắp đặt tấm ép và thiên phân kế

1. Đồng hồ đo chuyển vị; 2. Tấm ép; 3. Khuôn có mẫu đất

Tải trọng được chuyển qua tấm ép đặt ở trung tâm mẫu và chất tải trọng theo từng cấp (3-4 cấp) cho đến cấp lớn nhất là $p=0,20 \div 0,2,5$ MPa. Cứ mỗi cấp, đợi cho biến dạng không quá 0,01mm/phút, lại dỡ tải và cũng đợi cho biến dạng hồi phục ổn định (với tốc độ trên) thì đọc trị số ở đồng hồ đo chuyển vị để xác định biến dạng hồi phục sau mỗi cấp. Trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm E_{in} của mỗi mẫu được xác định theo công thức sau:

$$E_{in} = \frac{\pi p.D(1-\mu)}{4 l} \text{ (Mpa)} \quad \text{(B-8)}$$

trong đó: l là biến dạng hồi phục đo được tương ứng với áp lực tính toán MPa ($p=0,20 \div 0,2,5$ MPa); D là đường kính tấm ép;

μ : là hệ số Poisson, với đất $\mu = 0,35$.

Trị số E_{in} sử dụng cũng phải là kết quả trung bình của 3 mẫu như trường hợp thí nghiệm nén 1 trục nở hông tự do nêu trên.

Sau khi có E_{in} , lại sử dụng công thức B-6 và B-7 để xác định trị số mô đun đàn hồi tính toán của nền đất như với trường hợp nếu một trục nở hông tự do nêu trên.

B.6. Xác định các đặc trưng sức chống cắt của nền đất (theo mục 3.5.5)

Trị số lực dính c và góc ma sát φ của nền đất được xác định bằng thí nghiệm cắt nhanh không thoát nước với các mẫu đất hình trụ tròn được chế bị ở trạng thái ẩm và chặt bất lợi nhất với diện tích mẫu khoảng 40 cm² (đường kính không nhỏ hơn 70mm) và cao 30-35mm. Yêu cầu đối với thí nghiệm cắt có thể tham khảo quy trình thí nghiệm cơ học đất thông thường (kể cả yêu cầu về số mẫu và cách xử lý số liệu thí nghiệm).

PHỤ LỤC C : XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRUNG TÍNH TOÁN CỦA VẬT LIỆU LÀM CÁC LỚP KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG

C.1. Các đặc trưng tính toán của bê tông nhựa và hỗn hợp đá nhựa

Trị số của các đặc trưng này phải được xác định tùy thuộc trường hợp tính theo tiêu chuẩn cường độ khác nhau tương ứng với nhiệt độ tính toán khác nhau như đề cập ở mục 3.1.5. Ở Bảng C-1 là các trị số trung bình (tham khảo) được sử dụng theo chỉ dẫn ở các mục 3.4.7, 3.5.5 và 3.5.4.

Bảng C-1: Các đặc trưng tính toán của bê tông nhựa và hỗn hợp đá nhựa

Loại vật liệu	Mô đun đàn hồi E (MPa) ở nhiệt độ			Cường độ chịu kéo uốn R_{ku} (Mpa)
	10 – 15°C	30°C	60°C	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1. Bê tông nhựa chặt (đá dăm $\geq 50\%$)	1800 - 2200	420	300	2,4 ÷ 2,8
2. Bê tông nhựa chặt (đá dăm $\geq 35\%$)	1600 - 2000	350	250	1,6 ÷ 2,0
3. Bê tông nhựa chặt (đá dăm $\geq 20\%$)	1200 - 1600	280	200	1,2 ÷ 1,6
4. Bê tông nhựa rỗng	1200 - 1600	320	250	1,2 ÷ 1,6
5. Bê tông nhựa cát		225	190	1,1 ÷ 1,3
6. Đá dăm đen nhựa đặc chêm chèn	800 - 1000	350		
7. Thấm nhập nhựa	400 - 600	280 - 320		
8. Đá, sỏi trộn nhựa lỏng	400 - 500	220 - 250		

Ghi chú Bảng C-1

- Các loại bê tông nhựa cho trong bảng đều tương ứng với trường hợp sử dụng nhựa đặc có độ kim lún ≤ 90 ; trị số lớn ở cột 2 tương ứng với nhiệt độ tính toán là 10°C áp dụng cho trường hợp tầng mặt chỉ có một lớp bê tông nhựa dày từ 7cm trở xuống, còn trị số nhỏ ở cột 2 tương ứng với nhiệt độ 15°C áp dụng cho tầng mặt có bề dày tổng cộng lớn hơn 7cm. Nếu dùng nhựa có độ kim lún ≥ 90 cũng sử dụng trị số nhỏ.
- Ở cột 5, trị số lớn dùng cho bê tông nhựa loại I, trị số nhỏ dùng cho bê tông nhựa loại II;
- Ở cột 3, trị số lớn dùng cho hỗn hợp sử dụng nhựa đặc có độ kim lún ≤ 90 ; các trường hợp khác dùng trị số nhỏ.

Về phương pháp thí nghiệm xác định các chỉ tiêu này ở trong phòng xem ở mục C.3.

C.2. Các đặc trưng tính toán của các loại vật liệu khác

Ở trong Bảng C-2 là các trị số trung bình (tham khảo) được sử dụng theo chỉ dẫn ở các mục 3.4.7, 3.5.5 và 3.6.4 .

Bảng C-2: Các đặc trưng tính toán của các vật liệu làm mặt đường (tham khảo)

Loại vật liệu	Mô đun đàn hồi E, (Mpa)	Cường độ kéo uốn R_u (Mpa)	Góc ma sát φ°	Lực dính C (Mpa)	Ghi chú
Đá dăm, sỏi cuội có mặt vỡ gia cố xi măng: - Cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày $\geq 4\text{MPa}$ - Cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày $\geq 2\text{MPa}$	600 – 800 400 – 500	0,8 – 0,9 0,5 – 0,6			- Theo 22 TCN 245 cường độ chịu nén càng cao thì lấy trị số lớn
Đất có thành phần tốt nhất gia cố xi măng hoặc vôi 8 -10% Cát và á cát gia cố xi măng:	300-400	0,25-0,35			- Cường độ chịu nén càng cao thì lấy trị số lớn

Loại vật liệu	Mô đun đàn hồi E, (Mpa)	Cường độ kéo uốn R _u (Mpa)	Góc ma sát φ°	Lực dính C (Mpa)	Ghi chú
- Cường độ chịu nén 28 ngày tuổi < 2 Mpa	180	0,15-0,25			- Cường độ chịu nén của cát gia cố theo 22 TCN 246 - 98
- Cường độ chịu nén 28 ngày tuổi ≥ 2 Mpa	280	0,4-0,5			
- Cường độ chịu nén 28 ngày tuổi >3 Mpa	350	0,6-0,7			
Á sét gia cố xi măng hoặc vôi 8 – 10%	200-250	0,2-0,25			
- Đá dăm nước	250 – 300				Độ cứng của đá càng cao thì lấy trị số lớn
- Cấp phối đá dăm loại I	250 – 300				
- Cấp phối đá dăm loại II	200 - 250				
- Cấp phối thiên nhiên	150 - 200		40	0,02-0,05	Cấp phối phải phù hợp quy định ở 22 TCN 304 - 03. Loại A được lấy trị số cao nhất cho đến loại E lấy trị số nhỏ nhất.
Xi lò chất lượng đồng đều cấp phối tốt trộn lẫn đất + cát.	200- 250				Cỡ hạt lớn nhất càng lớn thì lấy trị số lớn hơn
Xi lò (không lẫn đất) có hoạt tính hoặc hoạt tính yếu	200-300				Xi hoạt tính cao lấy trị số lớn

C.3. Thí nghiệm trong phòng để xác định các đặc trưng tính toán của vật liệu có sử dụng chất liên kết

C.3.1. Xác định mô đun đàn hồi của các vật liệu gia cố chất liên kết (bao gồm cả bê tông nhựa) được thực hiện bằng cách ép các mẫu trụ tròn trong điều kiện cho nở hông tự do (nén 1 trục, mẫu không đặt trong khuôn, bản ép bằng đường kính mẫu). Lúc này, trị số mô đun đàn hồi của vật liệu được tính theo trị số biến dạng đàn hồi L đo được khi thí nghiệm ép, tương ứng với tải trọng p (Mpa) với công thức sau:

$$E = \frac{pH}{L}; \text{ (MPa)} \quad \text{(C-1)}$$

trong đó:

$$p = \frac{4P}{\pi D^2}$$

D là đường kính mẫu (đường kính bàn ép) và H là chiều cao mẫu.

P là lực tác dụng lên bàn ép – kN. Khi thí nghiệm thường lấy p = 0,5 Mpa (tương đương với áp lực làm việc của vật liệu áo đường). Còn đường kính mẫu thì chọn tùy cỡ hạt lớn nhất có trong vật liệu d_{max} (D ≥ 4d_{max}); Chiều cao mẫu có thể bằng hai hoặc bằng đường kính mẫu. Thường mẫu có kích thước như sau:

- Với bê tông nhựa D = 10 cm, H = 10 cm (sai số ± 0,2 cm);
- Với đá sỏi gia cố D = 10 cm, H = 10 cm (sai số ± 0,2 cm);
- Với đất, cát gia cố D = 5cm, H = 5 cm (sai số ± 0,1 cm).

Các mẫu phải được chế bị đúng với thực tế thi công về tỷ lệ các thành phần, về độ chặt, độ ẩm hoặc khoan lấy mẫu vật liệu vừa được rải và lu lèn như thực tế hiện trường. Thường với mẫu đất gia cố chất liên kết vô cơ được chế bị ở độ chặt lớn nhất và độ ẩm tốt nhất, còn mẫu bê tông nhựa thường chế bị với áp lực khoảng 30 Mpa và duy trì áp lực này trong 3 phút. Mẫu vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ phải ủ mặt cửa ẩm hàng ngày có tưới nước bảo dưỡng cho đến trước thí nghiệm (28 và 90 ngày), trước khi ép phải bão hoà mẫu bằng cách ngâm chìm mẫu trong nước 1-2 ngày hoặc dùng máy hút chân không. Có thể dùng các tương quan thực nghiệm tích lũy được để suy từ trị số 28 ngày ra 90 ngày nhưng vẫn phải lưu mẫu kiểm tra lại.

Mẫu bê tông nhựa và vật liệu gia cố chất liên kết hữu cơ phải được bảo dưỡng ở nhiệt độ trong phòng ít nhất 16 giờ và trước khi thí nghiệm ép phải giữ ở nhiệt độ tính toán (quy định ở mục 3.1.4) trong 2,5 giờ để đảm bảo toàn khối đạt đến nhiệt độ đó (giữ trong tủ nhiệt hoặc ngâm trong nước có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tính toán vài độ).

Mẫu đem ép với chế độ gia tải 1 lần. Giữ áp lực p trên mẫu cho đến khi biến dạng lún ổn định, cụ thể được xem là ổn định khi tốc độ biến dạng chỉ còn 0,01mm/phút (trong 5 phút). Sau đó dỡ tải ra và đợi biến dạng phục hồi cũng đạt được ổn định như trên thì mới đọc thiên phân kế để xác định trị số biến dạng đàn hồi L.

Đối với vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ thì trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm tính được theo (B-1) phải giảm nhỏ vài lần (2-3 lần) vì trên thực tế các vật liệu này luôn phát sinh khe nứt làm giảm hẳn khả năng phân bố tải trọng của chúng và cũng vì chất lượng thi công không thể đảm bảo như lúc chế bị mẫu. Do vậy nếu không có kinh nghiệm thử thách nhiều năm trên những kết cấu áo đường thực tế thì không dùng trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm được cao hơn trị số Bảng C-2, nếu trị số thí nghiệm nhỏ hơn thì phải dùng trị số nhỏ hơn.

Khi ép thử, đối với vật liệu gia cố chất liên kết hữu cơ thì nên dùng loại máy nén thủy lực có tốc độ gia tải nhanh (tạo tốc độ từ 50mm/phút trở lên để nhiệt độ mẫu không bị giảm khi gia tải) còn đối với vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ thì có thể dùng bất cứ loại máy nén nào, kể cả máy nén kiểu đòn bẩy với tốc độ 3mm/phút. Thử nghiệm phải làm với tổ mẫu từ 3-6 mẫu (gia cố nhựa và bê tông nên làm 6 mẫu).

C.3.2. Xác định cường độ chịu kéo - uốn của vật liệu gia cố chất kết dính vô cơ và hữu cơ (kể cả bê tông nhựa) được thực hiện với những mẫu kiểu dầm với kích thước không nhỏ hơn 4x4x16 cm (chẳng hạn như có thể dùng mẫu dài 25cm, rộng 30cm và cao 35cm với khoảng cách đặt gối 20cm). Chế bị mẫu trong các khuôn có bề dày hơn 20mm. Yêu cầu về chế bị và bảo dưỡng với các loại vật liệu khác nhau cũng giống như đối với mẫu để thí nghiệm mô đun đàn hồi nêu ở mục C.3.1 (khuôn để đúc mẫu bê tông nhựa cũng phải sấy nóng đến nhiệt trộn hỗn hợp). Mẫu phải chế bị với độ chính xác về mọi kích thước là ± 2 mm, nếu không bảo đảm độ chính xác này thì phải loại bỏ và trước khi thí nghiệm phải đo lại kích thước mẫu bằng thước kẹp chính xác đến 0,1mm.

Thí nghiệm uốn mẫu bằng cách đặt mẫu trên 2 gối tựa nhau 14 cm (1 gối cố định, 1 gối di động) và cự ly giữa hai gối phải bảo đảm sai số dưới $\pm 0,5$ mm. Phần gối tiếp xúc với mẫu có dạng mặt trụ với bán kính 5mm. Chất tải ở giữa mẫu trên khắp bề ngang mẫu thông qua tám đệm thép có dạng mặt trụ bán kính 10 mm hoặc có dạng mặt phẳng dày 8 mm. Khi gia tải phải theo dõi độ võng của dầm bằng các chuyển vị kế đặt ngược ở dưới lên tại đáy giữa và ở 2 gối (để sau loại trừ được biến dạng cục bộ của vật liệu tại gối). Tốc độ gia tải trên máy nén là 2 – 4 mm/phút với đất, đá gia cố chất liên kết vô cơ và 100-200 mm/phút với bê tông nhựa cho đến phá hoại. Riêng với bê tông nhựa và vật liệu gia cố chất liên kết hữu cơ thì toàn bộ thời gian kể tới lúc lấy mẫu ra khỏi tủ nhiệt (ở 10°C hoặc 15°C) để đem thí nghiệm đến khi thí nghiệm xong không được quá 45 giây.

Cường độ chịu kéo – uốn giới hạn R_{ku} của vật liệu được xác định theo công thức:

$$R_{ku} = \frac{3.P.L}{2b.h^2} \quad (C-2)$$

trong đó: P là tải trọng phá hoại mẫu; L là khoảng cách giữa hai gối tựa; b, h là chiều rộng và chiều cao mẫu.

Cường độ chịu kéo uốn cũng có thể được xác định gần đúng bằng phương pháp ép chế theo 22 TCN 73 - 84 trên các mẫu trụ tròn đường kính d và chiều cao h:

- Với các loại vật liệu gia cố vô cơ có thể đúc các mẫu theo chỉ dẫn ở các tiêu chuẩn ngành 22 TCN 246 - 98 và 22 TCN 245 - 98 hoặc nếu cỡ vật liệu hạt lớn nhất bằng 5mm thì có thể dùng mẫu d=5cm và h=5cm;
- Với bê tông nhựa và hỗn hợp gia cố nhựa có thể dùng mẫu Marshall tiêu chuẩn d=101,6 mm \pm 0,25mm, h=63,5mm \pm 1,3mm. Mẫu cũng được chế bị và bảo dưỡng với các yêu cầu như với mẫu

kéo uốn rồi ép với tốc độ gia tải như mẫu kéo uốn kiểu dầm. Theo cách này, cường độ kéo uốn giới hạn được tính theo biểu thức sau:

$$R_{ku} = K_n \cdot R_c \quad (C-3)$$

trong đó:

K_n hệ số quan hệ thực nghiệm giữa 2 loại cường độ: nếu không có số liệu kinh nghiệm tích lũy được thì tạm sử dụng $K_n=1,6 \div 2,0$ đối với vật liệu gia cố vô cơ và $K_n = 2$ với vật liệu có liên kết hữu cơ (cỡ hạt vật liệu càng lớn thì hệ số K_n càng nhỏ).

R_c là cường độ ép chẻ được xác định theo công thức:

$$R_c = K \cdot \frac{P}{dh} \quad (\text{MPa}) \quad (C-4)$$

Với P là tải trọng ép chẻ khi mẫu bị nứt tách; d, h - Đường kính và chiều cao mẫu; K - Hệ số, lấy bằng 1,0 đối với vật liệu có chất liên kết hữu cơ, bằng $2/\pi$ đối với vật liệu có chất liên kết vô cơ.

C.3.3. Xác định lực dính c và hệ số góc ma sát của vật liệu được thí nghiệm ở trong phòng bằng cách cắt phẳng theo một mặt định trước hoặc bằng thí nghiệm nén 3 trục.

Với vật liệu chứa cỡ hạt lớn nhất nhỏ hơn 40mm thì phải dùng khuôn đường kính 30cm (nếu có cỡ hạt lớn hơn 40mm thì cho phép thay thế bằng cỡ hạt từ 10-40mm theo khối lượng có trong vật liệu). Thường chế mẫu trực tiếp trong khuôn này theo những yêu cầu giống như đối với mẫu kéo-uốn nêu trên. Với thí nghiệm nén 3 trục thường dùng mẫu tròn chiều cao gấp đôi đường kính tùy theo cỡ hạt lớn nhất D_{max} ($D_{max} = 5\text{mm}$ dùng đường kính $d=5\text{cm}$, $D_{max} = 25\text{mm}$ dùng đường kính mẫu $d=10\text{cm}$, $D_{max} = 40\text{mm}$ dùng đường kính mẫu $d=15\text{cm}$).

Phải tiến hành thí nghiệm ít nhất 3 mẫu có cùng trạng thái về ẩm, nhiệt độ nhưng chịu những trị số tải trọng thẳng đứng khác nhau (tải trọng lớn nhất không vượt quá ứng suất có thể xảy ra trong áo đường). Dùng máy nén lắp thêm phụ tùng để cắt với tốc độ biến dạng không đổi khoảng 0,1 cm/phút. Khi cắt, theo dõi biến dạng trượt qua các khoảng thời gian đều nhau cho đến tốc độ biến dạng tăng vọt thì đọc áp lực kế để xác định trị số cường độ chống cắt giới hạn.

Có các trị số cường độ chống cắt giới hạn tương ứng với các trị số tải trọng thẳng đứng khác nhau, sẽ xác định trị số lực dính c và góc ma sát theo phương trình Coulomb:

$$\tau = c + p \cdot \text{tg}\varphi ; (\text{MPa}) \quad (C-5)$$

trong đó: τ là sức chống cắt giới hạn; p : áp lực thẳng đứng khi thí nghiệm cắt, MPa.

C.4. Thử nghiệm trong phòng để xác định trị số mô đun đàn hồi của vật liệu hạt không sử dụng chất liên kết (cấp phối đá dăm, cấp phối thiên nhiên...)

Để xác định có thể áp dụng phương pháp ép lún có hạn chế nở hông như đối với đất nền theo mục B.5.2 Phụ lục B với tấm ép cứng có đường kính 5 cm và khuôn tròn có đường kính và chiều cao 15 ÷ 20cm (có thể lợi dụng dụng cụ làm thí nghiệm xác định CBR). Khi áp dụng phương pháp này để xác định mô đun đàn hồi của vật liệu hạt cần chú ý các điểm sau:

- Có thể tham khảo quy trình “Đầm nén đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm” 22 TCN 333 - 06 (kể cả khi vật liệu hạt có chiếm hạt quá cỡ) và quy trình “Xác định chỉ số CBR của đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm” 22 TCN 332 - 06 để chế bị mẫu ép thử đạt độ ẩm, độ chặt như thực tế sẽ thi công.
- Quá trình thử nghiệm thực hiện gia tải từng cấp như nêu ở II.5.2 nhưng cấp lớn nhất là $p=0,5-0,6$ MPa.
- Tính toán kết quả vẫn theo biểu thức B-8 và dùng ngay trị số tính theo B-8 làm trị số mô đun đàn hồi tính toán của vật liệu loại này (không nhân hệ số $K_n=1,30$ ở biểu thức B-7 như đối với đất nền).

PHỤ LỤC D : PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM XÁC ĐỊNH MÔ ĐUN ĐÀN HỒI CỦA ĐẤT VÀ VẬT LIỆU ÁO ĐƯỜNG TẠI HIỆN TRƯỜNG HOẶC TẠI MÁNG THÍ NGHIỆM.

D.1. Xác định bằng thí nghiệm đo ép trên tấm ép lớn

1. Trong trường hợp này mô đun đàn hồi của đất hoặc vật liệu được xác định theo công thức:

$$E = \frac{\pi p \cdot D(1 - \mu^2)}{4 l}; (\text{MPa}) \quad (\text{D-1})$$

trong đó: l là biến dạng hồi phục đo được khi thực nghiệm tương ứng với cấp tải trọng p . Khi thực nghiệm thường dùng $p=0,5 \div 0,6$ MPa đối với trường hợp đo ép trên mặt các lớp vật liệu và $0,20 \div 0,25$ MPa trên mặt đất nền.

D là đường kính tấm ép, trong điều kiện hiện nay cho phép dùng tấm ép cứng đường kính từ 30-40cm đối với cả đất và vật liệu (nếu có điều kiện nên dùng tấm ép đường kính 76cm).

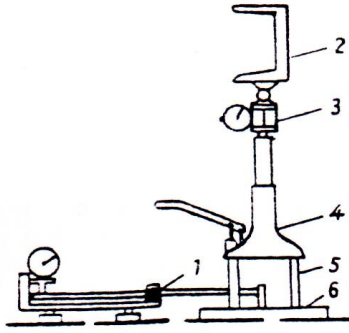
μ là hệ số Poisson, được lấy bằng 0,35 đối với đất nền; 0,25 đối với vật liệu và 0,30 đối với cả kết cấu áo đường.

2. Thời gian đo ép tiến hành thực nghiệm tại hiện trường phải là lúc kết cấu mặt đường ở vào trạng thái bất lợi nhất về ẩm và nhiệt như nêu ở mục 3.1.5. Kết quả đo ép ở các thời điểm khác trong năm chỉ có giá trị tham khảo; trong trường hợp này muốn sử dụng được kết quả đó thì cần kết hợp với các thí nghiệm trong phòng theo cách hướng dẫn ở Phụ lục B và Phụ lục C bằng các mẫu chế bị đúng với trạng thái ẩm nhiệt bất lợi hoặc áp dụng hệ số quy đổi về mùa bất lợi theo tiêu chuẩn ngành 22 TCN 251-98.
3. Trong trường hợp sử dụng máng thí nghiệm thì có thể tạo nên kết cấu thí nghiệm giống hệt kết cấu thực tế về vật liệu về bề dày tầng lớp và về công nghệ thi công nhưng đồng thời lại có thể tạo được nền đất và các lớp vật liệu có trạng thái ẩm nhiệt bất lợi nhất. Trong máng thí nghiệm cũng có thể cấu tạo cả kết cấu áo đường hoàn chỉnh (gồm đất nền và đủ các lớp vật liệu) hoặc cũng có thể cấu tạo riêng nền đất, riêng từng vật liệu nếu muốn thực nghiệm xác định mô đun đàn hồi của riêng chúng. Yêu cầu chính là phải bảo đảm đồng nhất về cấu tạo trong mỗi lớp.

Trong mọi trường hợp, máng thí nghiệm tối thiểu phải bảo đảm kích thước mặt bằng và chiều sâu bằng 4 lần đường kính D của tấm ép.

4. Trên các kết cấu áo đường cũ hiện đang khai thác hoặc trên máng thí nghiệm có cấu tạo kết cấu nền áo đường hoàn chỉnh thì trình tự đo ép thực nghiệm được tiến hành như sau:
 - Đo ép trên mặt áo đường để xác định biến dạng hồi phục l của cả kết cấu nền áo đường, từ đó xác định mô đun đàn hồi chung của cả kết cấu theo công thức D-1.
 - Tiếp tục đo mô đun đàn hồi tương ứng ở trên mặt mỗi lớp vật liệu áo đường khác nhau bằng cách đào bóc dần từng lớp để đo chiều dày mỗi lớp và đo ép trên mặt các lớp từ trên xuống dưới. Phải đào bóc một mặt bằng có kích thước không được nhỏ hơn 3 lần đường kính tấm ép ngay tại vị trí đặt tấm ép lớn trên. Cứ như vậy cho đến cuối cùng là ép trên mặt nền đất.
 - Từ trên xuống dưới, áp lực đo ép lớn nhất p có thể giảm dần từ 0,50 MPa đối với khi ép trên mặt áo đường cho đến 0,02- 0,025 MPa khi ép trên mặt nền đất.
 - Biết chiều dày lớp, biết trị số mô đun đàn hồi tương đương trên mặt áo đường và trên mặt mỗi tầng lớp vật liệu thì có thể áp dụng toán đồ 3.3.1 để tính ngược ra trị số mô đun đàn hồi của mỗi lớp vật liệu; còn mô đun đàn hồi của nền đất thì được xác định trực tiếp theo công thức D-1.
5. Các thao tác đo ép thực nghiệm ở trên mặt mỗi lớp được thực hiện như sau:

Tại chỗ đặt tấm ép phải tạo sửa bề mặt cho thật bằng phẳng để tấm ép có thể tiếp xúc tốt với đất hoặc vật liệu (có thể xoa 1 lớp cát mỏng 1-2 mm, loại cát cho lọt qua lỗ sàng đường kính 0,5 mm). Sau đó bố trí kích và các thiết bị đo ép như sơ đồ Hình D-1.



Hình D-1: Sơ đồ lắp đặt thiết bị đo ép tại hiện trường hoặc máng thí nghiệm

Kích 4 được đặt dưới khung xe tải 2 (hoặc dầm của khung giá ép trên máng thí nghiệm) để truyền tải xuống tấm ép 6. Chuyển vị thẳng đứng đo bằng cân đo độ võng Benkelman 1 mà mũi đo được đặt chính ở giữa bàn ép (trong trường hợp này kích phải được đặt trên 1 giá truyền tải có 3 trụ đứng, giá 5. Tải trọng trên tấm ép được đo bằng áp lực kế 3. Cũng có thể đo chuyển vị thẳng đứng bằng máy thủy bình chính xác $N_1 : 004$ hoặc bằng 2 chuyển vị kế đặt ở 2 bên gần mép tấm ép (đặt đối xứng); trong trường hợp này các chuyển vị kế phải được lắp trên 1 dầm cứng có 2 gối tựa xuống nền cách xa tấm ép và các bánh xe một khoảng cách không nhỏ hơn $4D$. Trước khi thử nghiệm phải chèn chặt bánh trước của ô tô và trong suốt thời gian thử nghiệm phải khóa chặt nhíp ô tô.

- Sau khi lắp đặt xong thiết bị như trên, tiến hành gia tải đến tải trọng p lớn nhất và giữ tải trọng đó trong 2 phút rồi dỡ tải chờ đến khi biến dạng hồi phục hết (bước này là bước gia tải chuẩn bị).
- Bước vào thử nghiệm chính thức, việc gia tải được thực hiện với 3-4 cấp cho đến tải trọng p là cấp cuối cùng, cứ gia tải 1 cấp, đợi biến dạng ổn định (tốc độ biến dạng không quá $0,02$ mm/phút) thì lại dỡ tải và đợi biến dạng hồi phục ổn định (tốc độ biến dạng như trên) thì ghi số đọc ở chuyển vị kế để tính ra trị số biến dạng hồi phục tương ứng với các tải trọng đó. Sau đó tiếp tục gia tải và dỡ tải cấp tiếp theo.
- Vẽ biểu đồ quan hệ giữa biến dạng hồi phục và tải trọng; đường biểu diễn quan hệ này phải là đường cong đều, không có điểm gãy gập với đường thẳng.
- Tính trị số mô đun đàn hồi theo công thức D-1.

Thường đo ép thử nghiệm 3 lần trong phạm vi 10-15 m trên đường hiện có hoặc trong phạm vi 1-2 m trên máng thí nghiệm. Sau đó tính trị số trung bình của các kết quả đo ép 3 lần đó và dùng nó làm trị số mô đun đàn hồi tính toán. (Chênh lệch giữa các lần đo không được quá 20%).

D.2. Xác định bằng phương pháp dùng cân đo võng Benkelman

1. Có thể sử dụng phương pháp này để đo độ võng đàn hồi trực tiếp dưới bánh xe trên mặt kết cấu áo đường và cả trên nền đất để từ đó tính ra trị số mô đun đàn hồi chung của kết cấu nền áo đường và mô đun đàn hồi của nền đất theo đúng các chỉ dẫn ở quy trình 22 TCN 251 - 98 (kể cả về phân đoạn đánh giá, cách đo, cách xử lý số liệu và công thức tính mô đun đàn hồi).
2. Phương pháp này không áp dụng được trong các trường hợp sau:
 - Lớp mặt là loại vật liệu rời rạc, kém dính kết như đá dăm nước, cấp phối đá dăm, ...lớp mặt thấm nhập nhựa hoặc láng nhựa chưa hình thành hoàn toàn (đá chưa chìm hết vào nhựa);
 - Đất nền đường là cát chưa có lớp phủ bằng đất dính ở trên.

PHỤ LỤC E : CÁC VÍ DỤ TÍNH TOÁN

E.1. Ví dụ I: Thiết kế kết cấu áo đường có tầng mặt cấp cao A1

E.1.1. Số liệu ban đầu: thiết kế sơ bộ kết cấu áo đường mềm của phần xe chạy cho một tuyến đường cấp II đồng bằng 4 làn xe, có dải phân cách giữa và có dải phân cách bên tách riêng làn dành cho xe đạp và xe thô sơ. Theo kết quả điều tra dự báo tại năm cuối của thời hạn thiết kế 15 năm như ở Bảng E-1 với quy luật tăng trưởng xe trung bình năm $q = 6\%$ năm.

Bảng E-1: Dự báo thành phần xe ở năm cuối thời hạn thiết kế

Loại xe	Trọng lượng trục P_i (kN)		Số trục sau	Số bánh của mỗi cụm bánh ở trục sau	Khoảng cách giữa các trục sau (m)	Lượng xe 2 chiều n_i (xe/ngày đêm)
	Trục trước	Trục sau				
1/ Xe con các loại						1800
2/ Xe buýt các loại						
- Loại nhỏ	26,4	45,2	1	Cụm bánh đôi	-	500
- Loại lớn	56,0	95,8	1	Cụm bánh đôi	-	50
3/ Xe tải các loại						
- Nhẹ	18,0	56,0	1	Cụm bánh đôi	-	1800
- Vừa	25,8	69,6	1	Cụm bánh đôi	-	1250
- Nặng	48,2	100,0	1	Cụm bánh đôi	-	600
- Nặng	45,2	94,2	2	Cụm bánh đôi	1,40	200

E.1.2. Trình tự tính toán thiết kế:

1. Tính số trục xe tính toán trên một làn xe của phần xe chạy sau khi quy đổi về trục trên chuẩn 100 kN theo cách quy đổi ở phần A.1.2 (Phụ lục A) sẽ xác định được số trục xe tiêu chuẩn 100 kN cho cả 2 chiều trong một ngày đêm ở năm cuối của thời hạn thiết kế (năm cuối của thời kỳ khai thác $N_{tk}=1637$ trục/ngày đêm. 2 chiều)

2. Tính số trục xe tính toán tiêu chuẩn trên 1 làn xe N_{tt}

$$N_{tt} = N_{tk} \cdot f_L$$

Vì đường thiết kế có 4 làn xe và có dải phân cách giữa nên theo 3.3.2 $f_L = 0,35$

Vậy $N_{tt} = 1637 \times 0,35 = 573$ (trục/làn.ngày đêm)

3. Tính số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn tính toán 15 năm

Theo biểu thức (A-3) ở Phụ lục A tính được:

$$N_e = \frac{[(1 + 0,06)^{15} - 1]}{0,06(1 + 0,06)^{14}} \cdot 365 \cdot 573 = 2,16 \cdot 10^6 \text{ (trục)}$$

4. Dự kiến cấu tạo kết cấu áo đường

- Chọn móng trên bằng đá dăm gia cố xi măng có cường độ chịu nén theo 22 TCN 245 bằng 4Mpa và móng dưới bằng cấp phối đá dăm loại I theo 22 TCN 334 - 06;
- Tầng mặt bằng 2 lớp bê tông nhựa chặt loại I, tổng bề dày tối thiểu của tầng mặt này phải tuân thủ quy định ở mục 2.2.9: Nếu theo tổng số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong 15 năm trên 1 làn xe $N_e=2,16 \cdot 10^6$ thì tổng bề dày tối thiểu 2 lớp bê tông nhựa phải là 10 cm (Bảng 2.2 mục 2.2.9) và vì chúng được đặt trên lớp móng nửa cứng nên tối thiểu phải là 12-18 cm nhưng không nhỏ hơn bề dày lớp móng nửa cứng;
- Các đặc trưng tính toán của nền đất và các lớp vật liệu xác định theo chỉ dẫn ở các mục 3.4.6, 3.5.5, 3.4.7 và 3.6.4 được tập hợp ở Bảng E-2 cùng với cấu tạo kết cấu dự kiến bảo đảm được quy định ở mục 2.4.2 về bề dày tối thiểu mỗi lớp kết cấu.

Bảng E-2: Dự kiến cấu tạo kết cấu thiết kế và các đặc trưng tính toán của mỗi lớp kết cấu

Lớp kết cấu (từ dưới lên)	Bề dày lớp (cm)	E (Mpa)			R _{ku} (Mpa)	C (MPa)	φ (độ)
		Tính về độ võng	Tính về trượt	Tính về kéo uốn			
- Đất nền á sét ở độ ẩm tương đối tính toán 0,6		42				0,032	24
- Cấp phối đá dăm loại II	18	250	250	250			
- Cấp phối đá dăm loại I	17	300	300	300			
- Đá dăm gia cố xi măng	14	600	600	600	0,8		
- Bê tông nhựa chặt loại I (lớp dưới)	8	350	250	1600	2,0		
- Bê tông nhựa chặt loại I (lớp trên)	6	420	300	1800	2,8		

5. Tính toán kiểm tra cường độ chung của kết cấu dự kiến theo tiêu chuẩn về độ võng đàn hồi

a/ Việc đổi tầng 2 lớp một từ dưới lên được thực hiện theo biểu thức (3.5):

$$E_{tb}' = E_1 \left[\frac{1 + k.t^{1/3}}{1 + k} \right]^3$$

Với $k = \frac{h_2}{h_1}$ và $t = \frac{E_2}{E_1}$; Kết quả tính đổi tầng như ở Bảng E-3

Bảng E-3: Kết quả tính đổi tầng 2 lớp một từ dưới lên để tìm E_{tb}

Lớp kết cấu	E _i (MPa)	t = $\frac{E_2}{E_1}$	h _i (cm)	k = $\frac{h_2}{h_1}$	H _{tb} (cm)	E _{tb} ' (Mpa)
- Cấp phối đá dăm loại II	250		18		18	250
- Cấp phối đá dăm loại I	300	$\frac{300}{250} = 1,200$	17	$\frac{17}{18} = 0,944$	35	274
- Đá gia cố xi măng	600	$\frac{600}{274} = 2,189$	14	$\frac{14}{35} = 0,400$	49	350
- Bê tông nhựa lớp dưới	350	$\frac{350}{350} = 1,000$	8	$\frac{8}{49} = 0,163$	57	350
- Bê tông nhựa lớp trên	420	$\frac{420}{350} = 1,200$	6	$\frac{6}{57} = 0,105$	63	356,3

b/ Xét đến hệ số điều chỉnh $\beta = f\left(\frac{H}{D}\right)$: Với $\frac{H}{D} = \frac{63}{33} = 1,909$

Tra Bảng 3.6 được $\beta = 1,206$. Vậy kết cấu nhiều lớp được đưa về kết cấu 2 lớp với lớp trên dày 63 cm có mô đun đàn hồi trung bình $E_{tb}^{dc} = \beta \cdot E_{tb}' = 356,3 \times 1,206 = 429,6$ (Mpa)

c/ Tính E_{ch} của cả kết cấu: sử dụng toán đồ Hình 3.1

$$\frac{H}{D} = \frac{63}{33} = 1,909; \quad \frac{E_o}{E_{tb}^{dc}} = \frac{42}{429,6} = 0,098$$

Từ 2 tỷ số trên tra toán đồ Hình 3-1 được $\frac{E_{ch}}{E_1} = 0,495$; Vậy $E_{ch} = 429,6 \times 0,495 = 212,6$ Mpa

d/ Nghiệm lại điều kiện (3-4) theo mục 3.4.1; phải có:

$$E_{ch} \geq K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc}$$

- Vì số trục xe tính toán trong 1 ngày đêm trên 1 làn xe là 574 trục/ làn.ngày đêm nên tra Bảng 3-4 (nội suy giữa $N_{tt} = 500$ và $N_{tt} = 1000$) tìm được $E_{yc} = 180$ Mpa (lớn hơn E_{yc} tối thiểu với đường cấp II theo Bảng 3-5 là 157 MPa) do vậy lấy $E_{yc} = 180$ MPa để kiểm toán.
- Đường cấp II, 4 làn xe nên theo Bảng 3-3, chọn độ tin cậy thiết kế là 0,95, do vậy, theo Bảng 3-2 xác định được $K_{cd}^{dv} = 1,17$ và $K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc} = 1,17 \times 180 = 210,6$ MPa

Kết quả nghiệm toán:

$$E_{ch} = 212,6 > K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc} = 210,6 \text{ MPa}$$

Cho thấy với cấu tạo kết cấu dự kiến bảo đảm đạt yêu cầu cường độ theo tiêu chuẩn độ võng đàn hồi cho phép.

6. Tính kiểm tra cường độ kết cấu dự kiến theo tiêu chuẩn chịu cắt trượt trong nền đất

a/ Tính E_{tb} của cả 5 lớp kết cấu:

- Việc đổi tầng về hệ 2 lớp được thực hiện như ở Bảng E-4

Bảng E-4: Kết quả tính đổi tầng 2 lớp một từ dưới lên để tìm E_{tb}'

Lớp kết cấu	E_i (MPa)	$t = \frac{E_2}{E_1}$	h_i (cm)	$k = \frac{h_2}{h_1}$	H_{tb} (cm)	E_{tb}' (Mpa)
- Cấp phối đá dăm loại II	250		18		18	250
- Cấp phối đá dăm loại I	300	$\frac{300}{250} = 1,200$	17	$\frac{17}{18} = 0,944$	35	274
- Đá gia cố xi măng	600	$\frac{600}{274} = 2,189$	14	$\frac{14}{35} = 0,400$	49	350
- Bê tông nhựa lớp trên	250	$\frac{250}{350} = 0,714$	8	$\frac{8}{49} = 0,163$	57	334,6
- Bê tông nhựa lớp dưới	300	$\frac{300}{334,6} = 0,897$	6	$\frac{6}{57} = 0,105$	63	331,2

Ghi chú Bảng E-4: trừ 2 số có thể hiện phép tính, các số khác đều giống như ở Bảng E-3.

- Xét đến hệ số điều chỉnh $\beta = f\left(\frac{H}{D} = \frac{63}{33}\right)$ tương tự như tính ở điểm 5 nêu trên.

Do vậy : $E_{tb} = 1,206 \times 331,2 = 399,4$ MPa

b/ Xác định ứng suất cắt hoạt động do tải trọng bánh xe tiêu chuẩn tính toán gây ra trong nền đất T_{ax} :

$$\frac{H}{D} = \frac{63}{33} = 1,909; \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{E_{tb}}{E_0} = \frac{399,4}{42} = 9,51;$$

Theo biểu đồ Hình 3-3, với góc nội ma sát của đất nền $\phi = 24^\circ$ ta tra được $\frac{T_{ax}}{p} = 0,0113$. Vì áp lực trên mặt đường của bánh xe tiêu chuẩn tính toán $p = 6 \text{ daN/cm}^2 = 0,6 \text{ MPa}$

$$T_{ax} = 0,0113 \times 0,6 = 0,0068 \text{ MPa}$$

c/ Xác định ứng suất cắt hoạt động do trọng lượng bản thân các lớp kết cấu áo đường gây ra trong nền đất T_{av} :

Tra toán đồ Hình 3-4 ta được $T_{av} = -0,002 \text{ MPa}$

d/ Xác định trị số C_{tt} theo (3-8):

$$C_{it} = C \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

- Theo Bảng E-2: $C = 0,032$ MPa
- Theo mục 3.5.4 có $k_1 = 0,6$; $k_2 = 0,8$ vì số trục xe tính toán ở đây là 574 trục/làn.ngày đêm < 1000 trục, và $k_3 = 1,5$ (đất nền là á sét)

$$\text{Vậy } C_{it} = 0,032 \times 0,6 \times 0,8 \times 1,5 = 0,023 \text{ MPa}$$

e/ Kiểm toán lại điều kiện tính toán cường độ theo tiêu chuẩn chịu cắt trượt trong nền đất (biểu thức 3.7):

Với đường cấp II, độ tin cậy yêu cầu ở Bảng 3-3 bằng 0,95 do vậy theo Bảng 3-7 $k_{cd}^{tr} = 1,0$ và với các trị số T_{ax} và T_{av} tính được ở trên ta có:

$$T_{ax} + T_{av} = 0,0068 - 0,002 = 0,0048 \text{ MPa}$$

$$\frac{C_{it}}{k_{cd}^{tr}} = \frac{0,023}{1} = 0,023 \text{ MPa}$$

Kết quả kiểm toán cho thấy $0,0048 < 0,023$ nên điều kiện (3.7) được bảo đảm

7. Tính kiểm tra cường độ kết cấu dự kiến theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn trong các lớp bê tông nhựa và đá gia cố xi măng

a/ Tính ứng suất kéo uốn lớn nhất ở đáy các lớp bê tông nhựa theo biểu thức (3-10):

- Đối với bê tông nhựa lớp dưới:

$$h_1 = 14 \text{ cm}; E_1 = \frac{1600 \times 8 + 1800 \times 6}{8 + 6} = \frac{12800 + 10800}{14} = 1686 \text{ MPa}$$

Trị số E_{tb}' của 3 lớp móng cấp phối đá dăm II, cấp phối đá dăm I và đá gia cố xi măng là $E_{tb}' = 350$ MPa (theo kết quả đã tính ở Bảng V -3) với bề dày 3 lớp này là $H' = 18 + 17 + 14 = 49$ cm

trị số này còn phải xét đến hệ số điều chỉnh β theo (3-7):

$$\text{với } \frac{H'}{D} = \frac{49}{33} = 1,485 \text{ tra Bảng 3-6 được } \beta = 1,17; \text{ Vậy theo (3.7), } E_{tb}^{dc} = 1,1755 \cdot 350 = 411,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Với } \frac{E_{\text{nền đất}}}{E_{tb}^{dc}} = \frac{42}{411,4} = 0,102, \text{ tra toán đồ Hình 3-1 được } \frac{E_{ch.m}}{E_{tb}^{dc}} = 0,43. \text{ Vậy được:}$$

$$E_{ch.m} = 411,4 \times 0,43 = 176,9 \text{ MPa}$$

Tìm $\bar{\sigma}_{ku}$ ở đáy lớp bê tông nhựa lớp dưới bằng cách tra toán đồ Hình 3.5 với:

$$\frac{H_1}{D} = \frac{14}{33} = 0,424; \frac{E_1}{E_{ch.m}} = \frac{1686}{176,9} = 9,53$$

Kết quả tra toán đồ được $\bar{\sigma}_{ku} = 1,50$ và với $p = 0,6$ MPa theo (3.11) ta có:

$$\sigma_{ku} = 1,50 \times 0,6 \times 0,85 = 0,765 \text{ MPa}$$

- Đối với bê tông nhựa lớp trên:

$$h_1 = 6 \text{ cm}; E_1 = 1800 \text{ MPa}$$

trị số E_{tb}' của 4 lớp phía dưới nó được xác định như ở Bảng E-5:

Bảng E-5: Tính đổi tầng 2 lớp một từ dưới lên để tính E_{tb}'

Lớp kết cấu	E_i (MPa)	$t = \frac{E_2}{E_1}$	h_i (cm)	$k = \frac{h_2}{h_1}$	H_{tb} (cm)	E_{tb}' (Mpa)
- Cấp phối đá dăm loại II	250		18		18	250
- Cấp phối đá dăm loại I	300	$\frac{300}{250} = 1,200$	17	$\frac{17}{18} = 0,944$	35	274
- Đá gia cố xi măng	600	$\frac{600}{274} = 2,189$	14	$\frac{14}{35} = 0,400$	49	350
- Bê tông nhựa hạt trung	1600	$\frac{1600}{350} = 4,571$	8	$\frac{8}{49} = 0,163$	57	456,3

Xét đến hệ số điều chỉnh $\beta = f\left(\frac{H}{D} = \frac{57}{33} = 1,727\right)$ ta có

$$E_{tb}^{dc} = 456,3 \times 1,146 = 545,8 \text{ MPa}$$

Áp dụng toán đồ Hình 3-1 để tìm E_{ch}^m ở đáy lớp bê tông nhựa hạt nhỏ:

$$\text{Với } \frac{H'}{D} = \frac{57}{33} = 1,727 \text{ và } \frac{E_{\text{nền đá}}}{E_{tb}^{dc}} = \frac{42}{545,8} = 0,077$$

Tra toán đồ Hình 3-1 ta được $\frac{E_{ch,m}}{E_{tb}^{dc}} = 0,41$. Vậy có $E_{ch}^m = 0,41 \times 545,8 = 223,8 \text{ MPa}$

Tìm $\bar{\sigma}_{ku}$ ở đáy lớp bê tông nhựa lớp trên bằng cách tra toán đồ Hình 3.5 với

$$\frac{H_1}{D} = \frac{6}{33} = 0,182; \quad \frac{E_1}{E_{ch,m}} = \frac{1800}{223,8} = 8,043$$

Kết quả tra toán đồ được $\bar{\sigma}_{ku} = 1,81$ và với $p = 0,6 \text{ MPa}$

Ta có:

$$\sigma_{ku} = 1,81 \times 0,6 \times 0,85 = 0,923 \text{ MPa}$$

b/ Kiểm toán theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn ở đáy các lớp bê tông nhựa theo biểu thức (3.9):

- Xác định cường độ chịu kéo uốn tính toán của các lớp bê tông nhựa theo (3-12)

$$K_1 = \frac{11,11}{N_c^{0,22}} = \frac{11,11}{[2,16 \cdot 10^6]^{0,22}} = 0,449$$

Theo mục 3.6.3 trong trường hợp này lấy $k_2 = 1,0$;

Vậy cường độ chịu kéo uốn tính toán của lớp bê tông nhựa lớp dưới là:

$$R_{tt}^{ku} = k_1 \cdot k_2 \cdot R_{ku} = 0,449 \times 1,0 \times 2,0 = 0,898 \text{ MPa}$$

Và của lớp BTN lớp trên là:

$$R_{tt}^{ku} = k_1 \cdot k_2 \cdot R_{ku} = 0,449 \times 1,0 \times 2,8 = 1,251 \text{ MPa}$$

- Kiểm toán điều kiện theo biểu thức (3.9) với hệ số $K_{dc}^{ku} = 1,0$ lấy theo Bảng 3-7 cho trường hợp đường cấp II ứng với độ tin cậy 0,95.

- Với lớp bê tông nhựa lớp dưới

$$\sigma_{ku} = 0,765 \text{ MPa} < \frac{0,898}{1} = 0,898 \text{ MPa}$$

- Với lớp bê tông nhựa hạt nhỏ

$$\sigma_{ku} = 0,923 \text{ MPa} < \frac{1,251}{1} = 1,251 \text{ MPa}$$

Vậy kết cấu thiết kế dự kiến đạt được điều kiện (3.9) đối với cả hai lớp bê tông nhựa.

c/ Kiểm toán theo điều kiện chịu kéo uốn ở đáy lớp móng bằng đá gia cố xi măng.

- Đối các lớp phía trên (kể từ mặt lớp đá gia cố xi măng trở lên) về 1 lớp ta có:

$$h_1 = 6 + 8 = 14 \text{ cm}$$

$$E_1 = \frac{1600 \times 8 + 1800 \times 6}{8 + 6} = \frac{12800 + 10800}{14} = 1686 \text{ MPa}$$

- Tính E_{ch}^m của các lớp phía dưới lớp đá gia cố xi măng:

theo kết quả ở Bảng E-5 có $E_{tb}' = 274$ và $H_{tb} = 35 \text{ cm}$ (của 2 lớp cấp phối đá dăm). Xét thêm hệ số điều

chỉnh $\beta = f\left(\frac{H}{D} = \frac{35}{33} = 1,061\right)$ ta có

$$E_{tb}^{dc} = 274 \times 1,114 = 305,25 \text{ MPa}$$

Tra toán đồ 3-1 để tìm E_{ch}^m với

$$\frac{H}{D} = \frac{35}{33} = 1,061 \text{ và } \frac{E_{\text{nền đất}}}{E_{tb}^{dc}} = \frac{42}{305,25} = 0,138$$

Tra toán đồ Hình 3-1 ta được $\frac{E_{ch,m}}{E_{tb}^{dc}} = 0,38$. Vậy có

$$E_{ch}^m = 0,38 \times 305,25 = 116 \text{ MPa}$$

Tìm $\bar{\sigma}_{ku}$ ở đáy lớp gia cố xi măng bằng cách tra toán đồ Hình 3.6 với

$$\frac{H_1}{D} = \frac{28}{33} = 0,848; \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{1686}{600} = 2,81 \text{ và } \frac{E_2}{E_3} = \frac{600}{116} = 5,17$$

Kết quả tra toán đồ được $\bar{\sigma}_{ku} = 0,38$

- Với $p = 0,6 \text{ MPa}$, tính ứng suất kéo uốn lớn nhất phát sinh ở đáy lớp đá gia cố xi măng theo biểu thức (3.11):

$$\sigma_{ku} = 0,38 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 0,1938 \text{ MPa}$$

- Kiểm toán theo điều kiện (3-9) với R_{tt}^{ku} xác định theo (3-11) và hệ số cường độ $K_{cd}^{ku} = 1,0$ (điều 3.6.1)

Ở đây trong (3-11) theo mục 3.6.3 xác định được $k_1 = \frac{2,86}{(2,16 \cdot 10^6)^{0,11}} = 0,575$ (công thức 3.13) và $k_2 = 1$; từ đó:

$$R_{tt}^{ku} = k_1 \cdot k_2 \cdot R_{ku} = 0,575 \times 1,0 \times 0,8 = 0,46 \text{ MPa}$$

Như vậy $\sigma_{ku} = 0,1938 < \frac{R_{tt}^{ku}}{K_{cd}^{ku}} = \frac{0,46}{1,0} = 0,46$, kết cấu dự kiến thiết kế bảo đảm đủ cường độ theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn đối với lớp đá gia cố xi măng

8 . Kết luận

Các kết quả kiểm toán theo trình tự tính toán như trên cho thấy kết cấu dự kiến bảo đảm được tất cả các điều kiện về cường độ, do đó có thể chấp nhận nó làm kết cấu thiết kế.

E.2. Ví dụ II: Thiết kế kết cấu áo đường mềm cho đường cấp IV có hai làn xe, mặt đường cấp cao A2

E.2.1. Số liệu ban đầu

1. Số liệu điều tra dự báo xe cộ

Từ số liệu điều tra dự báo, theo cách quy đổi đã chỉ dẫn ở Phụ lục A đã tính được số trục xe tính quy đổi về trục 100 kN ở năm cuối của thời kỳ khai thác (năm cuối của thời hạn thiết kế) là 226 trục/ngày đêm/ 2chiều.

2. Đất nền là loại á cát, có độ chặt chỉ đạt độ đầm nén $K=0,95$ và độ ẩm tương đối 0,65 (loại II về chịu tác động của các nguồn ẩm).

E.2.2. Trình tự tính toán thiết kế

1. Tính số trục xe tiêu chuẩn tính toán trên một làn xe của phân xe chạy.

$$N_{tt} = N_{tk} \cdot f_L$$

Vì đường thiết kế có 2 làn xe nên theo 3.3.2 trị số $f_L = 0,55$.

Do vậy: $N_{tt} = 226 \times 0,55 = 124$ trục/ngày đêm.làn.

2. Chọn loại tầng mặt và dự kiến cấu tạo kết cấu gồm lớp mặt là loại láng nhựa 2 lớp dày 2cm (theo 22 TCN 271), lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm loại I dày 16cm và tầng móng dưới bằng cấp phối thiên nhiên loại A theo quy trình 22 TCN 304 - 03 dày 34cm.

Các đặc trưng tính toán của nền đất và các lớp vật liệu xác định theo chỉ dẫn ở các mục 3.4.6, 3.5.5, 3.4.7 và 3.6.4 được tập hợp ở Bảng E-6 dưới đây:

Bảng E-6: Dự kiến cấu tạo kết cấu thiết kế và các đặc trưng tính toán của mỗi lớp kết cấu

Lớp kết cấu (từ dưới lên)	Bề dày lớp (cm)	Mô đun đàn hồi E (Mpa)		C (MPa)	φ (độ)
		Tính về độ võng	Tính về trượt		
- Đất nền á cát, a=0,66, k=0,95		42	42	0,018	26
- Cấp phối thiên nhiên loại A (22 TCN 304)	34	200	200	0,050	40
- Cấp phối đá dăm loại I (22 TCN 334)	16	300	300		

3. Kiểm tra cường độ của kết cấu dự kiến theo tiêu chuẩn về độ võng đàn hồi

a/ Đổi tầng 2 lớp một từ dưới lên theo biểu thức (3.5)

$$E_{tb}' = E_1 \left[\frac{1 + kt^{1/3}}{1 + k} \right]^3 \text{ và được liệt kê ở Bảng E-7}$$

Bảng E-7: Tính đổi tầng 2 lớp một từ dưới lên để tính E_{tb}'

Lớp kết cấu	E_i (MPa)	$t = \frac{E_2}{E_1}$	h_i (cm)	$k = \frac{h_2}{h_1}$	H_{tb} (cm)	E_{tb}' (Mpa)
- Cấp phối thiên nhiên	200		34		34	200
- Cấp phối đá dăm loại I	300	$\frac{300}{200} = 1,500$	16	$\frac{16}{34} = 0,471$	50	229
- Láng nhựa 2 lớp	Không tính		2		52	

b/ Xét đến hệ số điều chỉnh $\beta = f\left(\frac{H}{D} = \frac{50}{33}\right) = 1,17$ ta có

$$E_{tb}^{dc} = 229 \times 1,17 = 268,2 \text{ MPa}$$

c/ Tính mô đun đàn hồi chung E_{ch} của cả kết cấu bằng cách sử dụng toán đồ Hình 3-1:

$$\frac{H}{D} = \frac{50}{33} = 1,515 \text{ và } \frac{E_o}{E_{tb}^{dc}} = \frac{42}{268,2} = 0,157$$

Tra toán đồ Hình 3-1 được $\frac{E_{ch}}{E_1} = 0,53$. Vậy $E_{ch} = 0,53 \times 268,2 = 142,2 \text{ MPa}$

d/ Theo mục 3.4.1, nghiệm lại điều kiện (3.4):

$$E_{ch} \geq K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc}$$

- Vì số trục xe tính toán là 124 trục /làn.ngày đêm nên tra Bảng 3-4 được $E_{yc} = 125 \text{ MPa}$ (nội suy giữa $N_{tt} = 100$ và $N_{tt} = 200$ tương ứng với tầng mật cấp cao A2). Trị số này lớn hơn E_{yc} tối thiểu ở Bảng 3-5 ($E_{yc}^{toithieu} = 100 \text{ MPa}$). Vậy lấy $E_{yc} = 125 \text{ MPa}$ để kiểm toán.

- Với đường cấp IV, chọn độ tin cậy thiết kế bằng 0,90 (theo Bảng 3-3), do vậy tra Bảng 3-2 tìm được hệ số cường độ tương ứng $K_{cd} = 1,1$.

Vậy kết quả kiểm toán là:

$$E_{ch} = 142,2 > 1,1 \times 125 = 137,5$$

Điều này cho thấy kết cấu dự kiến bảo đảm đạt yêu cầu cường độ theo tiêu chuẩn độ võng đàn hồi cho phép (không những vậy có thể giảm được 1-2 cm móng dưới; tuy nhiên cần phải đợi kết quả kiểm toán với tiêu chuẩn chịu cắt trượt rồi sẽ điều chỉnh bề dày một thể).

4. Kiểm tra cường độ theo tiêu chuẩn chịu cắt trượt trong nền đất:

Theo kết quả tính ở Bảng E-7, sơ đồ tính đã được đưa về bài toán 2 lớp với lớp trên có $E_{tb}^{dc}=285$ MPa và dày 50 cm trên nền đất có $E_o=42$ MPa, $c=0,018$ MPa và $\varphi=26^\circ$. Việc tính toán được tiếp tục như dưới đây:

a/ Xác định ứng suất cắt hoạt động do tải trọng bánh xe tiêu chuẩn tính toán có $p=0,6$ MPa và $D=33$ cm gây ra trong nền đất theo toán đồ Hình 3-3 có:

$$\frac{H}{D} = \frac{50}{33} = 1,515 \text{ và } \frac{E_1}{E_2} = \frac{E_{tb}^{dc}}{E_o} = \frac{268,2}{42} = 6,39 \quad ;$$

Vậy tra toán đồ Hình 3-3 được:

$$\frac{T_{ax}}{p} = 0,021$$

Vậy tìm được $T_{ax} = 0,021 \times 0,6 = 0,0126$ MPa

b/ Xác định ứng suất cắt hoạt động do trọng lượng bản thân các lớp kết cấu áo đường gây ra trong nền đất

Tra toán đồ Hình 3-4 với $\varphi = 26^\circ$ và $H=50$ cm, ta được:

$$T_{av} = - 0,0012 \text{ MPa}$$

c/ Xác định trị số c_{tt} theo (3.8)

$$C_{tt} = c.k_1.k_2.k_3$$

- Theo Bảng E-6 đất nền có $c=0,018$ MPa
- Theo mục 3.5.4 có $k_1=0,6$, $k_2 = 0,8$ (Bảng 3-8) và $k_3=1,5$.

Vậy $c_{tt} = 0,018 \times 0,6 \times 0,8 \times 1,5 = 0,01296$ MPa

d/ Kiểm toán lại theo (3.7) đối với điều kiện cường độ chịu cắt trượt

- Với đường cấp IV, yêu cầu độ tin cậy thiết kế theo Bảng 3-3 là 0,90; từ đó theo Bảng 3-7 tìm được hệ số cường độ về cắt trượt tương ứng là $k_{cd}^{tr}=0,94$ và kết quả kiểm toán theo (3.7) như sau:

$$T_{ax} + T_{av} = 0,0126 - 0,0012 = 0,0114 \text{ MPa nhỏ hơn } \frac{c_{tt}}{K_{cd}^{tr}} = \frac{0,01296}{0,94} = 0,01378 \text{ MPa}$$

Như vậy theo điều kiện này nền đất có đủ khả năng chống cắt trượt

5. Kiểm toán cường độ theo tiêu chuẩn chịu cắt trượt trong lớp cấp phối thiên nhiên:

a/ Xác định mô đun đàn hồi chung $E_{ch.m}$ trên lớp cấp phối thiên nhiên

$$\text{- Với } \frac{h_1}{D} = \frac{34}{33} = 1,03 \text{ và } \frac{E_o}{E_1} = \frac{42}{200} = 0,21$$

$$\text{Tra toán đồ Hình 3-1 được } \frac{E_{ch}'}{E_1} = 0,52$$

$$\text{Vậy } E_{ch}' = 0,52 \times 200 = 104 \text{ MPa}$$

$$\text{- Xét đến hệ số điều chỉnh } \beta = f\left(\frac{H}{D} = \frac{34}{33} = 1,03\right) \text{ do đó } \beta = 1,11.$$

$$\text{Vậy } E_{ch}^m = \beta.E_{ch}' = 1,11 \times 104 = 115,5 \text{ MPa}$$

b/ Tính ứng suất cắt hoạt động do tải trọng bánh xe tiêu chuẩn tính toán có $p=0,6$ MPa và $D=33$ cm gây ra trong lớp móng cấp phối thiên nhiên.

Theo kết quả tính ở trên, sơ đồ tính được đưa về hệ hai lớp để áp dụng toán đồ Hình 3.2 gồm lớp trên là lớp cấp phối đá dăm có $E_1=350$ MPa dày 16 cm, phía dưới là lớp bán không gian có $E_2=115,5$ MPa, $c=0,05$ MPa và $\varphi = 40^\circ$. Do vậy với $\varphi = 40^\circ$, $\frac{H}{D} = \frac{16}{33} = 0,485$ và $\frac{E_1}{E_2} = \frac{300}{115,5} = 2,60$ tra toán đồ Hình 3-2

được $\frac{T_{ax}}{p} = 0,065$; và từ đó tìm được $T_{ax} = 0,065 \times 0,6 = 0,0390 \text{ MPa}$

c/ Tính ứng suất cắt hoạt động do trọng lượng bản thân của lớp cấp phối đá dăm dày 16cm ở trên lớp móng dưới bằng cấp phối thiên nhiên

tra toán đồ Hình 3-4 được $T_{av} = -0,0013 \text{ MPa}$

d/ Xác định trị số c_{tt} của lớp móng cấp phối thiên nhiên:

Tương tự như đối với nền đất có $k_1 = 0,6$, $k_2 = 0,8$ và $k_3 = 1,5$. Vậy: $c_{tt} = 0,05 \times 0,6 \times 0,8 \times 1,5 = 0,036 \text{ MPa}$

e/ Kiểm toán theo điều kiện (3-7) với hệ số cường độ về cắt trượt $k_{cd}^{tr} = 0,94$ tương ứng với độ tin cậy yêu cầu bằng 0,9 ta có:

$T_{ax} + T_{av} = 0,0390 - 0,0013 = 0,0377 \text{ MPa}$ nhỏ hơn $\frac{c_{tt}}{K_{cd}^{tr}} = \frac{0,036}{0,94} = 0,0383 \text{ MPa}$. Như vậy theo điều

kiện này lớp móng cấp phối thiên nhiên gần như vừa đủ khả năng chống cắt trượt.

6. Kết luận chung

Các kết quả kiểm toán theo trình tự như trên cho thấy kết cấu áo đường dự kiến bảo đảm được các điều kiện yêu cầu về cường độ, có điều kiện thừa cường độ nhưng có điều kiện chỉ vừa đủ cường độ. Vậy chấp nhận kết cấu này làm kết cấu áo đường thiết kế.

PHỤ LỤC F : BIỂU THỨC GIẢI TÍCH GẦN ĐÚNG TÍNH MÔ ĐUN ĐÀN HỒI E_{ch} VÀ ỨNG SUẤT KÉO UỐN ĐƠN VỊ $\bar{\sigma}_{ku}$ CỦA HỆ HAI LỚP

F.1. Biểu thức giải tích gần đúng tính mô đun đàn hồi Ech

F.1.1. Công thức gần đúng

Toán đồ Hình 3-1 có thể được thể hiện gần đúng bằng công thức Bachero tính mô đun đàn hồi chung Ech của hệ bán không gian đàn hồi 2 lớp như dưới đây:

$$Ech = \frac{1,05 \cdot E_0}{1 + \frac{E_0}{E_1}} \cdot \frac{E_0}{\sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{H}{D}\right)^2 \cdot \left(\frac{E_0}{E_1}\right)^{-0,67}} + \frac{E_0}{E_1}} \quad ; \quad (F-1)$$

Các ký hiệu trong công thức này chính là các ký hiệu ở sơ đồ tính của toán đồ Hình 3-1.

trong đó:

- Ech - mô đun đàn hồi chung của hệ hai lớp;
- Eo - mô đun đàn hồi của nền đất bán không gian vô hạn;
- E1 - mô đun đàn hồi của lớp kết cấu áo đường có bề dày H;
- D - đường kính của vệt bánh xe tính toán.

F.1.2. Sai số và phạm vi sử dụng của công thức F-1

Theo các kết quả tính thử thì công thức F-1 cho kết quả tính Ech của hệ hai lớp sai khác với kết quả tra toán đồ Hình 3-1 trong khoảng 5-10%. Do vậy việc tính toán cường độ kết cấu áo đường mềm trong tiêu chuẩn này vẫn dựa vào cách tra toán đồ Hình 3-1. Chỉ trong trường hợp kết cấu áo đường có chiều dày lớn ($H/D > 2$) thì được dùng công thức F-1.

Muốn biết Ech tính theo công thức F-1 có xu hướng nhỏ hơn hay lớn hơn trị số Ech tra theo toán đồ ta có thể vừa tính thử theo F-1 vừa tra toán đồ Hình 3-1 cùng với cặp biến số $H/D = 2.0$ và $E_0/E_1 = a$ dự kiến thiết kế, từ đó tự phán đoán đánh giá suy ra cho trường hợp $H/D > 2.0$. Ví dụ với $H/D = 1,909$, $E_0/E_1 = 0,098$ thì kết quả tra toán đồ được $Ech/E_1 = 0,49$ trong khi tính theo F-1 được $Ech/E_1 = 0,450$, tức là Ech tính theo công thức cho kết quả nhỏ hơn theo toán đồ gần 8%.

F.2. Biểu thức giải tích gần đúng để tính ứng suất kéo uốn đơn vị $\bar{\sigma}_{ku}$

Để tiện cho việc tính toán trên máy tính, ở Liên Xô (cũ) đã có sử dụng các biểu thức giải tích dưới đây để mô tả gần đúng các toán đồ Hình 3-5 và Hình 3-6.

F.2.1. Tính ứng suất kéo uốn đơn vị cho các lớp của tầng mặt (mô tả gần đúng toán đồ Hình 3-5)

$$\bar{\sigma}_{ku} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{h_1}{D} \cdot \frac{E_1}{E_{ch.m}} \cdot \left(1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{h_{td}}{D}\right) \cdot \operatorname{arctg}^2 \frac{D}{h_{td}} \quad ; \quad (F-2)$$

Các ký hiệu trong (F-2) có ý nghĩa như ở mục 3.6.2 và như ở sơ đồ tính toán trên toán đồ 3-5. Riêng ký hiệu h_{td} được tính theo công thức (F-3):

$$h_{td} = 1,1 \cdot h_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_{ch.m}}} \quad ; \quad (F-3)$$

F.2.2. Tính ứng suất kéo uốn đơn vị $\bar{\sigma}_{ku}$ đối với các lớp móng bằng vật liệu liên khối (mô tả gần đúng toán đồ Hình 3-6)

$$\bar{\sigma}_{ku} = \frac{\left[1,29 \cdot \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^{-0,185} \cdot \frac{D}{h} \right] - 0,203 \cdot \frac{E_2}{E_1} - 0,283}{9,3 \cdot \frac{E_3}{E_2} + 0,83} ; \quad (F-4)$$

Các ký hiệu trong (F-4) có ý nghĩa như đã nêu ở sơ đồ tính toán trên toán đồ Hình 3-6.

Khi sử dụng các biểu thức (F-2) và (F-4) nên đối chiếu lại với kết quả tra toán đồ để đánh giá mức độ sai số mắc phải, từ đó tự tổng kết đưa ra các hệ số điều chỉnh cần thiết.