

**TCCS**

**TIÊU CHUẨN CƠ SỞ**

**BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI  
TỔNG CỤC ĐƯỜNG BỘ VIỆT NAM**



**TCCS 38 : 2022/TCĐBVN**

Xuất bản lần 1

**ÁO ĐƯỜNG MỀM –  
CÁC YÊU CẦU VÀ CHỈ DẪN THIẾT KẾ**

*Flexible Pavement Design – Specification and Guidelines*

**HÀ NỘI – 2022**

## MỤC LỤC

Lời nói đầu .....	3
1. Phạm vi áp dụng .....	4
2. Tài liệu viện dẫn .....	4
3. Thuật ngữ, định nghĩa.....	5
4. Quy định chung.....	8
5. Thiết kế cấu tạo kết cấu nền – mặt đường .....	9
6. Thiết kế thoát nước nền – mặt đường ô tô .....	15
7. Tải trọng thiết kế kết cấu nền – mặt đường mềm .....	18
8. Độ tin cậy trong thiết kế kết cấu áo đường mềm .....	20
9. Kiểm toán chiều dày các lớp kết cấu áo đường mềm .....	21
10. Thiết kế tăng cường, cải tạo áo đường cũ.....	36
Phụ lục A (Quy định) Phương pháp xác định tham số giao thông trong thiết kế kết cấu áo đường mềm.....	42
Phụ lục B (Tham khảo) Các thông số tính toán của nền đường.....	49
Phụ lục C (Tham khảo) Xác định các đặc trưng tính toán của của vật liệu các kết cấu áo đường .....	55
Phụ lục D (Tham khảo) Các ví dụ tính toán.....	61
Phụ lục E (Tham khảo) Biểu thức giải tích gần đúng tính mô đun đàn hồi $E_{ch}$ và ứng suất kéo uốn $\bar{\sigma}_{ku}$ của hệ hai lớp.....	71
Phụ lục F (Tham khảo) Bề dày tối thiểu của tầng mặt cấp cao A1 .....	73

## Lời nói đầu

**TCCS 38 : 2022/TCĐBVN** do Viện Khoa học và Công nghệ GTVT biên soạn, Bộ Giao thông Vận tải thẩm định và giao Tổng cục Đường bộ Việt Nam công bố.

*Thông tin liên hệ:*

*Viện Khoa học và Công nghệ GTVT*

*1252 Đường Láng – Đống Đa – Hà Nội*

*Điện thoại: 024 3766 3977 – 024 3834 7980*

*Email: [vkhn-gtvt@itst.gov.vn](mailto:vkhn-gtvt@itst.gov.vn); Website: <http://itst.gov.vn>*

## **Áo đường mềm – Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế**

### ***Flexible Pavement Design – Specification and Guidelines***

#### **1. Phạm vi áp dụng**

**1.1** Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về thiết kế cấu tạo kết cấu nền mặt đường và phương pháp kiểm toán chiều dày các lớp vật liệu áo đường đối với kết cấu mặt đường mềm theo phương pháp cơ học.

**1.2** Tiêu chuẩn này áp dụng cho kết cấu áo đường mềm trên đường ô tô cao tốc, đường ô tô có cấp hạng thiết kế khác nhau, 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.

#### **2. Tài liệu viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 4054 – Đường ô tô – Yêu cầu thiết kế

TCVN 4199 – Đất xây dựng – Phương pháp xác định sức chống cắt trong phòng thí nghiệm ở máy cắt phẳng

TCVN 5729 – Đường ô tô cao tốc – Yêu cầu thiết kế

TCVN 8819 – Mặt đường bê tông nhựa nóng – Yêu cầu thi công và nghiệm thu

TCVN 8820 – Hỗn hợp bê tông nhựa nóng – Thiết kế theo phương pháp Marshall

TCVN 8857 – Lớp kết cấu áo đường ô tô bằng cấp phối thiên nhiên – Vật liệu, thi công và nghiệm thu

TCVN 8858 – Móng cấp phối đá dăm và cấp phối thiên nhiên gia cố xi măng trong kết cấu áo đường ô tô – Thi công và nghiệm thu

TCVN 8859 – Móng cấp phối đá dăm trong kết cấu áo đường ô tô – Vật liệu, thi công và nghiệm thu

TCVN 8861 – Áo đường mềm – Xác định mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp kết cấu áo đường bằng phương pháp sử dụng tấm ép cứng

TCVN 8862 – Quy trình thí nghiệm xác định cường độ kéo khi ép chẻ của vật liệu hạt liên kết bằng chất kết dính

TCVN 8863 – Mặt đường láng nhựa nóng – Thi công và nghiệm thu

TCVN 8864 – Mặt đường ô tô – Xác định độ bằng phẳng bằng thước dài 3 m



TCVN 8865 – Mặt đường ô tô – Phương pháp đo và đánh giá xác định độ bằng phẳng theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI

TCVN 8866 – Mặt đường ô tô – Xác định độ nhám mặt đường bằng phương pháp rắc cát – Thử nghiệm

TCVN 8867 – Áo đường mềm – Xác định mô đun đàn hồi chung của kết cấu bằng cần đo vông Benkelman.

TCVN 8868 – Thí nghiệm xác định sức kháng cắt không cố kết – không thoát nước và cố kết – thoát nước của đất dính trên thiết bị nén ba trục

TCVN 9436 – Nền đường ô tô – Thi công và Nghiệm thu

TCVN 9843 – Xác định mô đun đàn hồi của vật liệu đá gia cố chất kết dính vô cơ trong phòng thí nghiệm

TCVN 10271 – Mặt đường ô tô – Xác định sức kháng trượt của bê tông mặt đường bằng phương pháp con lăn Anh

TCVN 12790 – Đất, đá dăm dùng trong công trình giao thông – Đầm nén Proctor

TCVN 12792 – Vật liệu nền, móng mặt đường – Phương pháp xác định tỷ số CBR trong phòng thí nghiệm

TCVN 12759–1 và TCVN 12759–2 – Bê tông nhựa siêu mỏng tạo nhám và bê tông nhựa mỏng tạo nhám

TCVN 13048 – Lớp mặt bê tông nhựa rỗng thoát nước – Yêu cầu thi công và nghiệm thu

TCCS 07:2013/TCĐBVN – Tiêu chuẩn kỹ thuật bảo dưỡng thường xuyên đường bộ

AASHTO M 145/ ASTM D3282 – Classification of Granular Materials for Road Construction Purpose (Phân loại vật liệu dạng hạt cho xây dựng đường bộ)

ASTM D 2434 – Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Phương pháp xác định độ thấm của đất dạng hạt)

EN 12697–19 – Bituminous mixtures – Test methods – Part 19: Permeability of specimen (Hỗn hợp bitum – Phương pháp thử – Phần 19: Độ thấm của mẫu)

EN 12697–40 – Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 40: In situ drainability (Hỗn hợp bitum – Phương pháp thử đối với bê tông nhựa trộn nóng – Phần 40: Khả năng thoát nước tại chỗ)

### **3. Thuật ngữ, định nghĩa**

**3.1** Kết cấu áo đường mềm (hay gọi là áo đường mềm) là kết cấu bao gồm nhiều lớp vật liệu với tầng mặt gồm các lớp làm bằng các vật liệu hạt, vật liệu hạt có xử lý bề mặt bằng nhựa đường hoặc hỗn hợp vật liệu hạt với nhựa đường, tầng móng gồm các lớp bằng các vật liệu khác nhau đặt trên nền đất đã được cải thiện hoặc xử lý cơ học.

**3.2** Tầng mặt áo đường mềm dùng cho đường cao tốc hay đường cấp I và cấp II có thể có nhiều lớp gồm lớp tạo nhám, lớp mặt trên (Surface Course) và lớp mặt dưới (Binder Course). Lớp tạo nhám có thể không tính vào chiều dày chịu lực của kết cấu trong quá trình kiểm toán, trừ trường hợp sử dụng vật liệu đặc biệt để đảm nhận cả chức năng tạo nhám và chịu lực. Tầng mặt của áo đường mềm cho đường các cấp khác, ngoài lớp mặt trên và lớp mặt dưới, còn có thể có lớp bảo



vệ hay còn gọi là lớp hao mòn trên cùng.

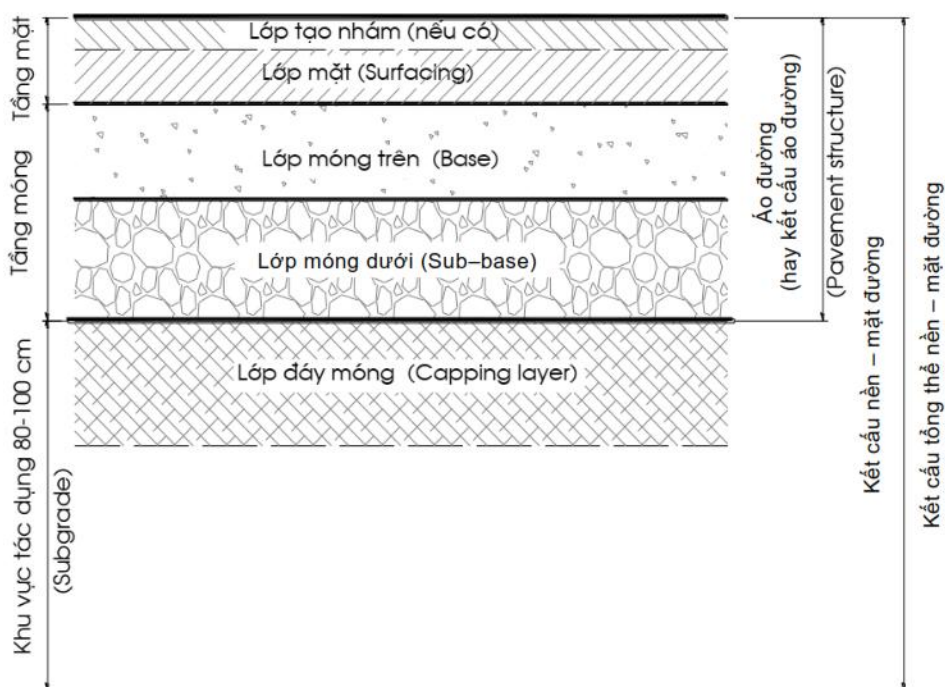
**3.3** Lớp mặt trên chịu tải trọng trực tiếp từ xe chạy và tiếp xúc trực tiếp với điều kiện môi trường nên cần đủ cường độ và ổn định trong mọi điều kiện khai thác. Đặc biệt, lớp mặt trên cần có cường độ kháng cắt đủ để chống lại ứng suất cắt lớn nhất xuất hiện trong lớp mặt trên có xét đến thành phần lực ngang do tải trọng bánh xe gây ra. Lớp mặt dưới tiếp thu tải trọng truyền xuống từ lớp mặt trên, cần đủ cường độ và ổn định. Với lớp mặt dưới, cường độ kháng uốn là chỉ tiêu quan trọng để chống lại ứng suất kéo uốn gây ra do tải trọng bánh xe.

**3.4** Nền đường trong kết cấu nền – mặt đường được gọi là khu vực tác dụng của nền đường (Subgrade) là phần nền đất ngay dưới kết cấu áo đường trong phạm vi từ 80 đến 100 cm. Phạm vi cụ thể của khu vực tác dụng của nền đường tùy thuộc vào cấp đường như được quy định trong TCVN 4054.

**3.5** Kết cấu nền – mặt đường là tổng thể kết cấu áo đường và nền đất trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đường. Thiết kế tổng thể nền – mặt đường là giải pháp thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường kết hợp cải thiện nền đất trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đường, đặc biệt với phần trên cùng của nền đường, gọi là lớp đáy móng áo đường.

**3.6** Thiết kế cấu tạo kết cấu nền – mặt đường là đưa ra một hay nhiều hơn một giải pháp bố trí các lớp vật liệu khác nhau với chiều dày dự kiến cho tầng mặt, tầng móng và giải pháp cho lớp đáy móng áo đường.

**3.7** Tầng móng thông thường bao gồm lớp móng trên (Base Course) và lớp móng dưới (Sub-base). Tùy trường hợp cụ thể, tầng móng còn có thể bao gồm lớp móng có chức năng đặc biệt để thoát nước hoặc cách nước. Lớp móng trên và lớp móng dưới có thể bao gồm cả các chức năng đặc biệt này. Các lớp móng có thể là vật liệu hạt không gia cố hay vật liệu có gia cố chất liên kết vô cơ (xi măng, vôi) hay hữu cơ (nhựa đường). Tầng móng chủ yếu chịu tải trọng truyền xuống từ tầng mặt nên khả năng kháng nén là quan trọng. Tuy nhiên, vật liệu gia cố có tính liên khối cần được kiểm tra về khả năng kháng kéo khi uốn còn vật liệu rời rạc, kém dính cần được kiểm tra về khả năng kháng trượt.



Hình 1 – Sơ đồ cấu tạo chung kết cấu nền – mặt đường



**3.8** Lớp đáy móng hay lớp đáy móng áo đường (Capping Layer) là phần trên cùng của khu vực tác dụng của nền đường, ngay dưới tầng móng. Lớp đáy móng là phần nền được cải thiện để đảm bảo móng áo đường có đủ sức chịu tải và đồng đều về cường độ. Với việc cải thiện bằng vật liệu hay cơ học, lớp đáy móng ít nhạy cảm với độ ẩm và có thể tạo lớp cách nước ngăn nước thấm lên trên làm ẩm vật liệu móng áo đường. Lớp đáy móng cứng tạo “hiệu ứng đê” để lu chặt vật liệu móng áo đường và còn tạo mặt bằng cho xe máy thi công di chuyển.

**3.9** Móng mềm là lớp móng áo đường bằng vật liệu hạt không gia cố, như đá dăm, cấp phối đá dăm, cấp phối tự nhiên, cát, xỉ lò cao hay là vật liệu hạt gia cố chất liên kết hữu cơ như đá dăm trộn nhựa.

**3.10** Móng nửa cứng là lớp móng áo đường bằng vật liệu hạt gia cố chất liên kết vô cơ, như xi măng, vôi, xi măng + tro bay, vôi + tro bay,... hay các loại chất hóa học khác tạo ra hỗn hợp vật liệu có độ cứng lớn hơn vật liệu móng mềm.

**3.11** Vật liệu hạt là tên gọi cho các vật liệu dạng hạt. Tùy nguồn gốc vật liệu, vật liệu hạt có các kích thước khác nhau, với kích thước hạt lớn nhất hoặc lớn nhất danh định là  $D$ , với  $D$  tương ứng là cỡ sàng nhỏ nhất mà 100% các hạt cốt liệu lọt qua hoặc cỡ sàng nhỏ nhất để một lượng hạt nhất định (thông thường là 90%) lọt qua. Vật liệu hạt có thể là cấp phối đá dăm, cấp phối tự nhiên (cấp phối đồi, cấp phối sỏi suối), cát, đất các loại.

**3.12** Theo TCVN 4054, tùy từng cấp đường, kết cấu áo đường ô tô có thể có tầng mặt cấp cao A1, tầng mặt cấp cao thứ yếu A2, tầng mặt cấp thấp B1, tầng mặt cấp thấp B2.

**3.12.1** Mặt đường cấp cao A1 của của kết cấu áo đường mềm là mặt đường có lớp mặt trên bằng bê tông nhựa sử dụng nhựa đường cải tiến như nhựa đường polime, bê tông nhựa nóng, bê tông nhựa ẩm theo tiêu chuẩn thiết kế hỗn hợp và thi công hiện hành của Bộ GTVT.

**3.12.2** Mặt đường cấp cao A2 là mặt đường có lớp mặt trên cùng bằng bê tông nhựa nguội, đá dăm thấm nhập sâu, cấp phối đá dăm hay đá dăm tiêu chuẩn láng nhựa nóng hay láng nhựa nhũ tương.

**3.12.3** Mặt đường cấp thấp B1 hay còn gọi là mặt đường quá độ là mặt đường có lớp mặt trên bằng cấp phối đá dăm, đá dăm tiêu chuẩn, cấp phối tự nhiên, có lớp bảo vệ bằng vật liệu rời, mịn được duy tu bảo dưỡng thường xuyên bằng cách rải bù, chèn kín bề mặt.

**3.12.4** Mặt đường cấp thấp B2 là mặt đường có lớp mặt trên bằng đất, đá tại chỗ được gia cố cơ học hay gia cố bằng phế thải công nghiệp, chất liên kết vô cơ.

**3.13** Tải trọng thiết kế đối với kết cấu áo đường mềm là tải trọng phân bố đều trên diện tích hình tròn tương đương vệt bánh xe kép của trục xe tiêu chuẩn 100 kN trong trường hợp đường giao thông thông thường, và vệt bánh xe kép của trục xe tiêu chuẩn 120 kN trong trường hợp đường chuyên dụng có lượng giao thông nặng chiếm tỉ lệ lớn. Đường chuyên dụng có lượng giao thông nặng tỉ lệ lớn là đường có đặc điểm giao thông theo điều 7.3 của tiêu chuẩn này.

**3.14** Số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên làn xe thiết kế là tổng số trục xe qui đổi về trục xe tiêu chuẩn tính toán tác dụng lên mặt đường trên một làn xe trong suốt thời hạn thiết kế. Phụ lục A bao gồm các thông tin chi tiết về tải trọng tính toán, trục xe tiêu chuẩn và hướng dẫn tính toán số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên làn xe thiết kế.

**3.15** Chế độ thủy nhiệt của nền đường được đặc trưng bởi điều kiện nhiệt độ và độ ẩm của nền đường phụ thuộc vào điều kiện thoát nước, mực nước ngầm và thời tiết.

**3.16** Nền đường có chế độ thủy nhiệt thuận lợi là các đoạn nền có khả năng thoát nước tự nhiên hoặc có hệ thống thoát nước mặt tốt. Chiều sâu mực nước ngầm nằm ngoài phạm vi hoạt động của nền đường tính trung bình là 1,2 m.



**3.17** Nền đường có chế độ thủy nhiệt bất lợi là các đoạn nền không có khả năng thoát nước tự nhiên (nền đắp thấp, nền đào) và mực nước ngầm nằm trong phạm vi hoạt động của nền đường tính trung bình là 1,2 m.

#### 4. Quy định chung

**4.1** Kết cấu nền – mặt đường mềm trong suốt thời gian thiết kế phải đủ cường độ và duy trì cường độ để hạn chế tối đa phá hoại của xe và của các yếu tố môi trường tự nhiên. Hạn chế các hiện tượng tích lũy biến dạng dẫn đến tạo vết lún bánh xe trên mặt đường, hạn chế phát sinh hiện tượng nứt, hạn chế hiện tượng bề mặt đường bị bào mòn và bong tróc, hạn chế các nguồn ẩm xâm nhập vào kết cấu nền – mặt đường hay khi có nguồn ẩm xâm nhập thì nước xâm nhập vào có thể thoát ra một cách nhanh chóng.

**4.2** Bề mặt kết cấu áo đường mềm phải đảm bảo bằng phẳng, đủ nhám, dễ thoát nước mặt và ít sinh bụi để đáp ứng yêu cầu giao thông an toàn, êm thuận, đảm bảo tính kinh tế và giảm thiểu tác dụng xấu đến môi trường. 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 được thiết kế cần thỏa mãn yêu cầu về độ bằng phẳng và độ nhám ở những mức độ tương ứng khác nhau như được qui định trong TCVN 4054 và các tiêu chuẩn có liên quan như TCVN 8864; TCVN 8865; TCVN 8866; TCVN 10271.

**4.3** Kết cấu áo đường được lựa chọn cấu tạo tùy thuộc tổng số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên một làn xe trong thời kì thiết kế và được chia thành 05 loại như trong Bảng 1 sau:

**Bảng 1 – Kết cấu áo đường theo tổng lượng trục xe tiêu chuẩn 100 KN tích lũy/1 làn xe trong thời hạn thiết kế**

TT	Loại kết cấu mặt đường	Lượng trục 100 KN tích lũy
1	Kết cấu áo đường cho đường có lượng giao thông đặc biệt nặng	$> 30 \times 10^6$
2	Kết cấu áo đường cho đường có lượng giao thông rất nặng	$10 \times 10^6 \div 30 \times 10^6$
3	Kết cấu áo đường cho đường có lượng giao thông nặng	$3 \times 10^6 \div 10 \times 10^6$
4	Kết cấu áo đường cho đường có lượng giao thông trung bình	$0,8 \times 10^6 \div 3 \times 10^6$
5	Kết cấu áo đường cho đường có lượng giao thông thấp	$< 0,8 \times 10^6$

**4.4** Phải bố trí lớp đáy móng thay thế lớp nền đường trên cùng khi đường có lượng giao thông nặng, trục xe  $\geq 3 \times 10^6$  (hoặc đường cấp 3 trở lên) và khi phạm vi khu vực tác dụng tải trọng có điều kiện về loại đất và chế độ thủy nhiệt bất lợi dẫn đến không đảm bảo đạt được các yêu cầu về độ chặt đầm nén và sức chịu tải CBR quy định ở Bảng 2, Bảng 3 trong TCVN 9436. Các yêu cầu kỹ thuật của lớp đáy móng được quy định cụ thể tại điều 5.9. Vật liệu lớp đáy móng có thể là cấp



phối sỏi đồi hay cấp phối sỏi suối, đất hoặc cát gia cố chất liên kết vô cơ như xi măng, vôi hay xi măng kết hợp tro bay; hỗn hợp đá thải (đá lẫn đất) với hàm lượng cốt liệu đá không nhỏ hơn 60%.

**4.5** Trường hợp không có sẵn các loại vật liệu như liệt kê ở điều 4.4 trên trong khu vực dự án, có thể sử dụng các loại đất cát có nguồn gốc khác nhau được xác định phân loại tương ứng A1, A-2-4, A-2-5, A3 tương ứng tiêu chuẩn AASHTO M145 kết hợp với vải địa kỹ thuật với chiều dày lớp đất và cấu trúc đất kết hợp vải địa kỹ thuật phù hợp làm lớp đáy móng nhằm cải thiện nền đường. Vật liệu cát được gia cố sử dụng chất liên kết vô cơ hay hữu cơ, hoặc được gia cường sử dụng ô địa kỹ thuật (Geocell, neoweb) có thể dùng cho lớp đáy móng khi có các phân tích thiết kế và/hoặc thử nghiệm và được chấp thuận bởi Chủ đầu tư.

**4.6** Trong trường hợp đường qua đoạn nền đất yếu, kết cấu áo đường nên chỉ được thiết kế trên cơ sở nền đường đã xử lý và đạt độ lún còn lại cho phép tùy thuộc cấp đường, vị trí của đoạn đường, được qui định trong tiêu chuẩn thiết kế nền đường đắp trên đất yếu tương ứng hiện hành. Trường hợp đặc biệt khi đoạn tuyến được chấp thuận cho khai thác tạm thời trong thời gian chờ lún, thiết kế kết cấu mặt đường cần được xem xét theo hướng sử dụng các lớp vật liệu phù hợp cho mục đích phân kỳ xây dựng mặt đường và thuận tiện cho thiết kế và thi công kết cấu mặt đường hoàn chỉnh khi nền đường đạt độ lún cuối cùng.

**4.7** Thiết kế kết cấu áo đường mềm tùy thuộc yêu cầu của dự án có thể bao gồm toàn bộ các công việc từ điều 4.7.1 đến 4.7.6, theo yêu cầu của Chủ đầu tư và được sự chấp thuận của cơ quan quản lý chuyên ngành:

4.7.1 Điều tra thu thập số liệu để xác định thông số tải trọng giao thông đầu vào thực hiện cho thiết kế, theo hướng dẫn điều tra ở phụ lục A.

4.7.2 Điều tra, khảo sát thu thập số liệu, xác định thông số nền đường và điều tra khả năng tác động của các nguồn ẩm đến nền – móng áo đường theo hướng dẫn ở phụ lục B.

4.7.3 Thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường, bao gồm cấu tạo thoát nước mặt đường. .

4.7.4 Điều tra, khảo sát thu thập số liệu, xác định thông số vật liệu mặt đường theo hướng dẫn ở phụ lục C.

4.7.5 Thiết kế sơ bộ thành phần hỗn hợp bê tông nhựa, hỗn hợp đá trộn nhựa theo tiêu chuẩn TCVN 8820 và thiết kế sơ bộ thành phần hỗn hợp vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ theo tiêu chuẩn TCVN 8858.

4.7.6 Kiểm toán chiều dày kết cấu áo đường.

## **5. Thiết kế cấu tạo kết cấu nền – mặt đường**

**5.1** Thiết kế cấu tạo kết cấu nền – mặt đường phải tuân thủ các nguyên tắc cơ bản sau đây:

5.1.1 Chọn và bố trí đúng các tầng, lớp vật liệu trong kết cấu áo đường, bao gồm cả lớp đáy móng khi cần thiết sao cho phù hợp với chức năng của mỗi tầng, lớp và bảo đảm cả kết cấu đáp ứng được những yêu cầu chung, đồng thời phù hợp với khả năng cung ứng vật liệu, trình độ công nghệ thi công và nguồn lực cho công tác khai thác duy tu, sửa chữa, bảo trì sau này.

5.1.2 Ưu tiên sử dụng các vật liệu địa phương và phế thải công nghiệp tại chỗ trực tiếp làm các lớp móng – mặt kết cấu áo đường bằng vật liệu rời hoặc gia cố bằng chất kết dính vô cơ hoặc hữu cơ.

5.1.3 Chú trọng sử dụng các loại vật liệu đã được minh chứng về kỹ thuật chất lượng qua áp dụng đại trà hay áp dụng thử nghiệm, về sự chuyên nghiệp và trình độ công nghệ của các đơn vị thi công, và



về sự phù hợp với điều kiện về quản lý và khai thác của tuyến đường.

5.1.4 Xem xét đến các vấn đề liên quan đến an toàn giao thông, bảo vệ môi trường – giảm thiểu các ảnh hưởng đến môi trường trong quá trình thi công và trong giai đoạn khai thác sau này, yêu cầu bảo vệ sức khỏe và đảm bảo an toàn lao động trong thi công kết cấu nền – mặt đường.

5.1.5 Với các đường cấp cao: đường cao tốc, đường cấp I, cấp II, áp dụng giải pháp cấu tạo kết cấu nền – mặt đường mềm bền vững với tuổi thọ dài, sử dụng các lớp vật liệu lớp đáy móng áo đường, tầng móng và lớp mặt chịu lực có chất lượng cao.

5.1.6 Xem xét đến phương án phân kỳ đầu tư trong thiết kế cấu tạo kết cấu nền – áo đường. Trên cơ sở phương án cấu tạo kết cấu nền – mặt đường 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.

5.1.7 Trong bước thiết kế cơ sở lập dự án đầu tư, đề xuất nhiều hơn một phương án cấu tạo kết cấu nền – mặt đường để kiểm toán và luận chứng kinh tế – kỹ thuật tạo điều kiện cho chủ đầu tư lựa chọn giải pháp thiết kế phù hợp với dự án. Các phương án đề xuất có thể có các quan điểm thiết kế khác nhau, như giải pháp cấu tạo nền – mặt đường bền vững, giải pháp phân kỳ đầu tư.

5.1.8 Đề xuất cấu tạo thoát nước mặt đường trong trường hợp cần thiết.

**5.2** Lựa chọn vật liệu cho các lớp của tầng mặt kết cấu nền – mặt đường mềm theo các nguyên tắc cơ bản sau đây:

5.2.1 Lớp tạo nhám được yêu cầu cho các đường cao tốc. Lớp tạo nhám cho đường cao tốc là các loại hỗn hợp lớp phủ tạo nhám, như là bê tông nhựa siêu mỏng tạo nhám hay bê tông nhựa mỏng tạo nhám theo tiêu chuẩn TCVN 12759-1 và TCVN 12759-2, bê tông nhựa rỗng thoát nước theo TCVN 13048. Lớp tạo nhám có thể được tính vào cường độ tổng thể kết cấu nền – mặt đường khi kiểm toán trong trường hợp sử dụng bê tông nhựa rỗng thoát nước có chiều dày theo hướng dẫn hiện hành, từ 4 – 6 cm.

5.2.2 Lớp tạo nhám cũng được yêu cầu đối với đường cấp I và cấp II có tốc độ thiết kế từ 80 km/h trở lên hay đối với các đoạn đường của các cấp đường khác mà có yêu cầu cao về độ nhám, phù hợp với các tiêu chuẩn hiện hành, để đảm bảo an toàn giao thông. Qui định về vật liệu cho lớp tạo nhám trong các trường hợp này tương tự như lớp tạo nhám cho đường cao tốc được qui định ở điều 5.2.1.

5.2.3 Lớp bảo vệ và hao mòn là lớp vật liệu thường có trên bề mặt của mặt đường cấp cao thứ yếu, như láng nhựa, lớp phủ vữa nhựa Microsurfacing hay là lớp vật liệu nhỏ trên mặt đường quá độ. Lớp bảo vệ và hao mòn không tính vào cường độ tổng thể kết cấu nền – mặt đường khi kiểm toán.

5.2.4 Tùy thuộc vào cấp đường, vật liệu và cấu tạo tầng mặt có thể khác nhau. Khuyến cáo về vật liệu, cấu tạo tầng mặt và thời hạn thiết kế như trong Bảng 2 sau:

**Bảng 2 – Vật liệu cấu tạo tầng mặt và thời hạn thiết kế kết cấu áo đường mềm**

Cấp đường	Loại tầng mặt	Vật liệu và cấu tạo tầng mặt	Thời hạn thiết kế (năm)
Đường cao tốc, cấp I, cấp II	Cấp cao A1	Lớp tạo nhám + lớp mặt trên bằng hỗn hợp bê tông nhựa cải thiện <sup>(*)</sup> + lớp mặt chịu lực bằng Bê tông nhựa chặt (BTNC).	≥ 15



**Bảng 2 – Vật liệu cấu tạo tầng mặt và thời hạn thiết kế kết cấu áo đường mềm**

<b>Cấp đường</b>	<b>Loại tầng mặt</b>	<b>Vật liệu và cấu tạo tầng mặt</b>	<b>Thời hạn thiết kế (năm)</b>
Đường cấp III, IV <sup>(*)</sup>	Cấp cao A1	Lớp mặt trên bằng hỗn hợp bê tông nhựa chặt + lớp mặt chịu lực hỗn hợp bê tông nhựa chặt hoặc hỗn hợp bê tông nhựa bán rỗng	≥10
Cấp IV và cấp V	Cấp cao A2	- Bê tông nhựa chặt, đá dăm đen hoặc hỗn hợp nhựa nguội - Thẩm nhập nhựa - Láng nhựa (cấp phối đá dăm, đá dăm tiêu chuẩn, đất đá gia cố trên có láng nhựa)	≥8
Cấp 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	≥ 6
Cấp VI và đường GTNT	Cấp thấp B2	- Đất cải thiện thành phần hạt - Đất, đá tại chỗ, phế liệu công nghiệp gia cố (trên có lớp hao mòn, bảo vệ)	≥6
<b>CHÚ THÍCH:</b> (*)Hỗn hợp bê tông nhựa cải thiện có thể là bê tông nhựa sử dụng nhựa đường có phụ gia polimer hoặc các phụ gia có tính năng cải thiện khác được tư vấn thiết kế xác nhận là phù hợp với điều kiện khai thác về nhiệt độ, mức tải trọng và đặc điểm tải trọng và được chủ đầu tư chấp thuận. Lựa chọn loại chất kết dính nhựa đường cho bê tông nhựa tham khảo tiêu chuẩn TCVN 8819. (**) Lớp mặt trên bằng hỗn hợp bê tông nhựa cải thiện được sử dụng cho các đoạn đặc biệt trên tuyến như đoạn đường qua trạm thu phí, đoạn xe dừng nghỉ, đoạn dốc lớn, đoạn gần nút giao cắt,...			

5.2.5 Không nên bố trí bề dày tầng mặt chỉ bằng một lớp bê tông nhựa dày dưới 7 cm đối với mặt đường cấp cao A1, trừ trường hợp tầng mặt được đặt trực tiếp trên lớp móng trên bằng hỗn hợp đá chặt gia cố nhựa nóng hay bê tông nhựa bán rỗng có bề dày ít nhất là 10 cm. Bề dày tối thiểu của tầng mặt cấp cao A1 theo quy mô giao thông tham khảo tại phụ lục F. Nếu các lớp của tầng mặt nhựa cấp cao A1 được đặt trực tiếp trên lớp móng cấp phối đá dăm gia cố xi măng hoặc bê tông nghèo thì để hạn chế hiện tượng nứt phản ánh, tổng bề dày tối thiểu của tầng mặt có sử dụng nhựa phải bằng bề dày lớp móng gia cố và tối thiểu từ 14 cm đến 18 cm. Các giải pháp kỹ thuật bổ sung khác như sử dụng lớp hấp thụ ứng suất (Stress Absorbing Membrane Interlayer–SAMI), lưới địa kỹ thuật hay lưới sợi thủy tinh, xẻ khe giả và chèn khe bằng vật liệu dẻo được đề xuất và quyết định trong các trường hợp cần thiết bởi Chủ đầu tư dự án. Các tính toán thiết kế trong trường hợp này sẽ được thực hiện theo đề xuất của Tư vấn thiết kế sử dụng phương pháp và/hoặc phần mềm tính toán thích hợp được chấp nhận bởi Chủ đầu tư.



5.2.6 Trong trường hợp các lớp bê tông nhựa, các lớp mặt nhựa khác trong kết cấu áo đường nêu trên không thi công liền nhau về thời gian hoặc rải bê tông nhựa trên các lớp mặt đường cũ thì cần phải thiết kế lớp nhựa dính bám giữa các lớp.

5.2.7 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, hay đá dăm nước, cần phải thiết kế lớp thấm bám để đảm bảo liên kết giữa lớp móng và lớp mặt.

5.3 Tầng móng bao gồm móng trên gia cố chất dính kết hữu cơ, hỗn hợp gia cố nhựa (ATB – Asphalt Treated Base) và/hoặc gia cố chất dính kết vô cơ, hỗn hợp gia cố xi măng (CTB – Cement Treated Base) được yêu cầu áp dụng cho đường có lượng giao thông nặng trở lên. Tổng chiều dày của các lớp vật liệu có sử dụng chất dính kết, bao gồm cả tầng mặt và lớp móng trên gia cố cho các đường có lượng giao thông nặng tối thiểu là 20 cm, và tương ứng cho đường có lượng giao thông rất nặng là 25 cm và đặc biệt nặng là 30 cm. Móng trên sử dụng cho kết cấu áo đường có lượng giao thông trung bình trở xuống có thể là vật liệu hạt không gia cố.

5.4 Lớp móng dưới có thể là vật liệu không gia cố hoặc gia cố chất liên kết vô cơ. Loại vật liệu và chiều dày lớp móng dưới được lựa chọn để đảm bảo cường độ chung của kết cấu nền – mặt đường, tùy thuộc điều kiện đất nền và chế độ thủy nhiệt của nền đường, điều kiện vật liệu địa phương và đảm bảo dễ dàng trong thi công.

5.5 Lớp móng dưới ở các đoạn đường chịu ảnh hưởng ẩm do mao dẫn từ mực nước ngầm nên sử dụng vật liệu gia cố vô cơ.

5.6 Trường hợp lớp móng trên hoặc lớp móng dưới có chức năng thoát nước, vật liệu lớp móng phải có cấp phối thích hợp để đảm bảo độ rỗng sau đầm nén cao, từ 15% đến 20% và đạt hệ số thấm lớn hơn 3,0 m/ngày đêm được xác định theo ASTM D 2434 cho móng không gia cố và EN 12697–19 hoặc EN 12697–40 cho vật liệu gia cố.

5.7 Bề rộng các lớp móng phải rộng hơn các lớp phía trên để đảm bảo hiệu quả đầm nén và phạm vi phân bố tải trọng của các lớp vật liệu. Cụ thể như sau:

- Bề rộng của lớp móng trên phải rộng hơn bề rộng của tầng mặt mỗi bên 20 cm;
- Bề rộng lớp móng dưới phải rộng hơn bề rộng lớp móng trên mỗi bên 15 cm;
- Bề rộng lớp móng kiêm chức năng thoát nước nên rộng bằng toàn bộ bề rộng nền đường, kết hợp giải pháp gia cố taluy đảm bảo chống xói lở, hoặc thiết kế các rãnh xương cá để thoát nước.

5.8 Chiều dày của các lớp của kết cấu áo đường theo kết quả kiểm toán để đảm bảo cường độ chung chống biến dạng của tổng thể kết cấu nền – mặt đường, cường độ chịu kéo khi uốn của các lớp gia cố liền khối, và tối thiểu phải đủ để đảm bảo cấu trúc ổn định của vật liệu phụ thuộc vào đường kính cỡ hạt cốt liệu lớn nhất như khuyến cáo trong Bảng 3 sau đây.

**Bảng 3 – Chiều dày tối thiểu và chiều dày thường sử dụng của các vật liệu lớp kết cấu áo đường**

Loại vật liệu lớp kết cấu áo đường		Chiều dày tối thiểu (cm)	Chiều dày thường sử dụng (cm)
Lớp tạo nhám	– Lớp phủ mỏng tạo nhám; Lớp phủ siêu mỏng tạo nhám	1,5	2,0 – 3,0



**Bảng 3 – Chiều dày tối thiểu và chiều dày thường sử dụng của các vật liệu lớp kết cấu áo đường**

Loại vật liệu lớp kết cấu áo đường		Chiều dày tối thiểu (cm)	Chiều dày thường sử dụng (cm)
Bê tông nhựa rỗng thoát nước (Porous Asphalt)	– Bê tông nhựa rỗng thoát nước	02 lần đường kính cốt liệu lớn nhất	4,0 – 6,0
Lớp mặt trên và lớp mặt dưới	BTNC 19	02 lần đường kính hạt cốt liệu lớn nhất	6 – 8
	BTNC 16		5 – 7
	BTNC 12,5		4 – 6
	BTNC 9,5		4 – 5
Lớp phủ mỏng tạo nhám và siêu mỏng tạo nhám BTNC 4,75		1,5	2,0 – 3,0
		3,0	3,0 – 5,0
Thấm nhập nhựa sâu		4,0	5,0 – 6,0
Hỗn hợp nhựa bán rỗng (HHBR)			
HHBR 19		6	8 – 10
HHBR 25		7	10 – 12
HHBR 37,5		8	12 – 16
Hỗn hợp đá gia cố nhựa chặt nóng (ĐGCN)			
ĐGCN 25		6	8 – 12
ĐGCN 31,5		7	9 – 15
ĐGCN 37,5		8	12 – 15
Móng đá dăm gia cố xi măng		03 lần đường kính cốt liệu lớn nhất	14 – 18
Cấp phối đá dăm		03 lần đường kính cốt liệu lớn nhất	15 – 18
Cấp phối thiên nhiên		–	15 – 18
Đá dăm nước		03 lần đường kính cốt liệu lớn nhất	15 – 18
Các loại đất, đá, phế thải công nghiệp gia cố chất liên kết vô cơ theo phương pháp trộn		–	15 – 18

5.8.1 Khi sử dụng các loại vật liệu làm lớp bù vênh trên mặt đường cũ cũng phải tuân thủ các trị số chiều dày lớp tối thiểu trong Bảng 3.

5.8.2 Chiều dày lớp vật liệu từ kết quả kiểm toán nên được điều chỉnh tăng bằng bội số của bề dày tối thiểu và đảm bảo chiều dày đầm nén có hiệu quả ứng với thiết bị đầm nén sử dụng. Nếu chiều dày lớp thiết kế lớn hơn chiều dày đầm nén có hiệu quả thì phải chia lớp để thi công.

5.8.3 Chiều sâu hiệu quả đầm nén phụ thuộc vào thiết bị đầm nén sử dụng. Đối với các thiết bị đầm nén thông dụng, chiều dày lớp đầm nén tối đa là 8 cm đối với bê tông nhựa chặt, 16 cm với hỗn hợp nhựa bán rỗng hoặc đá dăm trộn nhựa chặt nóng, 18 cm với đá dăm gia cố chất liên kết vô cơ và vật liệu hạt không gia cố.

**5.9** Lớp đáy móng (capping layer) được bố trí theo như qui định ở điều 4.4 phải đảm bảo các yêu cầu sau đây:

5.9.1 Lớp đáy móng được bố trí với chiều dày tối thiểu là 30 cm.

5.9.2 Độ chặt đầm nén  $K=1,00\pm 1,02$  (So với đầm nén tiêu chuẩn theo TCVN 12790)

5.9.3 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 mẫu bão hòa 4 ngày đêm  $\geq 12$ .

5.9.4 Bề rộng lớp đáy móng ít nhất phải rộng hơn bề rộng tầng móng mỗi bên 15 cm, và nên bằng bề rộng nền đường.

5.9.5 Bố trí lớp đáy móng kết hợp với các giải pháp thoát nước mặt – nền đường trong điều kiện chế độ thủy nhiệt nền đường bất lợi (điều 6.1.6).

**5.10** Đất trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đường – có thể là đất nền tự nhiên hoặc vật liệu đắp – phải là các loại đất nằm trong phạm vi phân loại đất cho mục đích xây dựng đường theo AASHTO M145 hoặc ASTM D3282, và nên là các loại đất A1, A2 và A3 theo phân loại này. Sức chịu tải và độ chặt đầm nén của đất trong khu vực tác dụng của nền đường phải đáp ứng các yêu cầu được quy định trong Bảng 2 và Bảng 3 của TCVN 9436.

**5.11** Cường độ của nền đường được đại diện bằng mô đun đàn hồi đo bằng tấm ép tĩnh trên bề mặt đỉnh nền đường hoặc được đại diện bằng CBR trung bình các lớp đất trong khu vực tác dụng của nền đường được xác định theo Phụ lục B.

**5.12** Kết cấu áo đường lề gia cố được bố trí cấu tạo với lớp mặt trên cùng là loại vật liệu cùng loại với lớp mặt trên cùng của làn xe liền kề. Các lớp dưới có thể cùng số lớp, chiều dày và vật liệu với kết cấu áo đường phần xe chạy liền kề hoặc xem xét giảm số lớp hay giảm chiều dày nhưng phải đảm bảo thuận lợi trong tổ chức thi công mặt đường.

5.12.1 Kết cấu áo đường lề gia cố được xem xét để có cùng chiều dày và vật liệu của kết cấu áo đường phần xe chạy khi điều kiện kinh tế cho phép và trong trường hợp phân kỳ đầu tư với nhu cầu cải tạo, mở rộng hay nâng cấp đường để đảm bảo tận dụng kết cấu áo đường đã được xây dựng.

5.12.2 Đối với đường cấp cao có bố trí dải phân cách bên cố định để phân chia phần đường dành cho xe cơ giới và lề gia cố (đồng thời là làn đường dành cho xe thô sơ) và không xây dựng theo phân kỳ đầu tư, nên bố trí kết cấu áo đường lề gia cố có chiều dày thích hợp với giao thông của làn xe thô sơ và với vật liệu lớp bề mặt có chất lượng thấp hơn lớp mặt trên cùng của phần đường dành cho xe cơ giới để tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên, cần phải đảm bảo các yêu cầu như sau:

– Tầng mặt lề gia cố ít nhất phải là mặt đường cấp cao A2 để tạo thuận lợi cho thoát nước mặt và ngăn thấm nước xuống các lớp móng, nền dưới gây hư hỏng lề.



– Có thể giảm bớt lớp móng hay giảm bề dày của lớp móng, nhưng phải đảm bảo thuận lợi cho việc tổ chức thi công kết cấu áo đường lề gia cố và làn đường liền kề.

**5.13** Kết cấu áo đường làn dừng xe khẩn cấp trên đường cao tốc nên được thiết kế giống với kết cấu phần đường xe chạy của đường cao tốc. Trong trường hợp phân kỳ đầu tư và theo sự đề xuất của Chủ đầu tư, được chấp thuận của cơ quan quản lý chuyên ngành có liên quan, làn dừng xe khẩn cấp có thể được thiết kế với kết cấu khác với phần đường xe chạy. Tư vấn thiết kế phải có tính toán với các phân tích rõ ràng và hợp lý cho trường hợp thiết kế này.

**5.14** Kết cấu lớp phủ của dải phân cách giữa của đường cao tốc hay đường ô tô cấp I và cấp II trong trường hợp được yêu cầu theo TCVN 5729 cũng được thiết kế theo qui định của lề gia cố, như điều 5.12.2. Tại các vị trí cắt dải phân cách, kết cấu áo đường giống như kết cấu áo đường của phần xe chạy chính.

**5.15** Kết cấu áo đường trên các làn xe phụ như làn xe leo dốc, làn chuyển tốc, nhánh nối nút giao cắt hay nhánh nối vào các khu dịch vụ dọc tuyến,... được thiết kế theo yêu cầu giao thông cụ thể của các làn xe hay nhánh nối căn cứ số liệu điều tra và dự báo, với lớp mặt trên cùng tối thiểu là mặt đường cấp cao A2.

**5.16** Kết cấu lớp phủ mặt cầu phải đảm bảo không thấm nước, dính bám tốt với bản mặt cầu và ổn định để tránh trượt trời, lún vệt bánh xe. Lớp phủ mặt cầu bằng hỗn hợp bê tông nhựa cải tiến được yêu cầu căn cứ điều kiện khai thác về nhiệt độ và tải trọng, tương tự như qui định với lớp mặt trên cùng ở Bảng 2.

5.16.1 Kết cấu phủ mặt cầu tính từ bản mặt cầu trở lên bao gồm lớp bảo vệ mặt cầu (nếu là mặt cầu thép), lớp phòng nước và lớp phủ bằng bê tông nhựa chặt thông thường, bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường cải thiện hoặc hỗn hợp đá vữa nhựa (Stone Mastic Asphalt – SMA). Tổng chiều dày hỗn hợp phủ mặt cầu thường bố trí từ 7 cm đến 10 cm đối với các cầu lớn trên đường cao tốc và đường cấp cao, từ 5 cm đến 9 cm đối với các cầu trên đường từ cấp III trở xuống. Hỗn hợp bê tông nhựa cải thiện với nhựa đường có phụ gia hay với cốt sợi phân tán hay lưới sợi các loại có thể được sử dụng theo yêu cầu của điều kiện khai thác, tùy thuộc vào dự án và được quyết định bởi Chủ đầu tư.

5.16.2 Bố trí biện pháp thoát nước trong lớp phủ mặt cầu phù hợp bằng các khe dọc hay các ống nhựa có đục lỗ với kích thước thích hợp với chiều dày lớp phủ kết nối với các lỗ thoát nước mặt cầu để hạn chế suy giảm dính bám giữa lớp phủ mặt cầu và bản mặt cầu do nước.

**5.17** Nên sử dụng kết cấu áo đường cứng cho đoạn qua trạm thu phí tham khảo các tiêu chuẩn, hướng dẫn thiết kế áo đường cứng hiện hành. Trường hợp thiết kế kết cấu áo đường mềm cho đoạn qua trạm thu phí, tùy thuộc cấp đường và lượng giao thông, cần thiết kế cấu tạo đặc biệt để đảm bảo tránh các hư hỏng trượt trời hay lún vệt bánh xe với tầng mặt (bao gồm cả lớp mặt trên cùng và lớp mặt chịu lực) bằng hỗn hợp bê tông nhựa cải thiện, kết hợp với móng gia cố bằng: hỗn hợp gia cố nhựa cường độ cao với kích cỡ và tỉ lệ cốt liệu thô lớn sử dụng nhựa đường có độ kim lún thấp; gia cố xi măng cho lớp móng trên; và móng sỏi cuội, cát gia cố xi măng cho lớp móng dưới.

**5.18** Kết cấu áo đường của đường gom hai bên của đường cao tốc được thiết kế cấu tạo độc lập với đường chính, phụ thuộc vào lượng giao thông dự báo và điều kiện khai thác của đường bên.

## **6. Thiết kế thoát nước nền – mặt đường ô tô**

### **6.1 Mục đích và các hạng mục thiết kế**

6.1.1 Thiết kế thoát nước nền – mặt đường bao gồm các giải pháp thiết kế để 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 hoặc để thoát nước đã xâm nhập ra khỏi phạm vi kết cấu nền mặt.

6.1.2 Bề mặt đường phải được thiết kế với độ dốc ngang để thoát nhanh nước mưa, hạn chế nước thấm qua mặt đường, lề đường xâm nhập vào phạm vi kết cấu nền – mặt đường. Độ dốc ngang tối thiểu phụ thuộc vào loại vật liệu mặt đường, lề đường được quy định trong Bảng 4.

**Bảng 4 – Độ dốc ngang tối thiểu của mặt đường, lề đường đảm bảo thoát nước mặt**

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

6.1.3 Đối với đường cao tốc, đường cấp I và cấp II có bố trí dải phân cách giữa, phải có giải pháp thiết kế thu nước tại dải phân cách giữa trên các đoạn đường cong có bố trí siêu cao.

6.1.3.1 Nếu dải phân cách dạng lõm và không có lớp phủ, cần bố trí rãnh thoát nước (rãnh hở hoặc rãnh có nắp đậy) ở vị trí lõm nhất trên dải phân cách với kích thước phù hợp.

6.1.3.2 Nếu dải phân cách dạng lồi, có bó vỉa và không có lớp phủ, trên cả đoạn thẳng và đoạn cong đều phải bố trí rãnh ngầm thu nước thấm qua dải phân cách và dẫn nước ra khỏi phạm vi nền đường. Rãnh ngầm được thiết kế với cấu tạo phù hợp tùy thuộc vào điều kiện thực tế, có thể là ống thoát nước đục lỗ đường kính tối thiểu từ 6 cm đến 8 cm xung quanh bọc vải địa kỹ thuật dạng lọc, đặt trên lớp không thấm nước.

6.1.3.3 Nếu dải phân cách có lớp phủ và có bó vỉa, hoặc dải phân cách là dạng cứng bằng bê tông cao hơn mặt đường thì bố trí ga thu sát bờ vỉa và đường ống để dẫn nước, hoặc rãnh thu nước có nắp đậy với kích thước phù hợp sát với mép vỉa của dải phân cách dẫn nước về các công trình thoát nước nền đường gần nhất. Độ dốc của đường ống thoát nước hoặc rãnh thoát tối thiểu là 0,3%.

6.1.4 Trên các đoạn đắp cao của đường cao tốc, đường cấp I và cấp II có nhiều làn xe, mái taluy đường cần phải gia cố chống xói hoặc thiết kế bờ chắn nước bằng bê tông, bê tông nhựa hoặc đá xây có chiều cao 12 cm dọc theo mép ngoài của phần lề gia cố để ngăn nước chảy trực tiếp xuống taluy nền đường. Nước thu dọc theo bờ chắn nước và thoát ra khỏi phạm vi nền đường bằng rãnh tháo nước dạng dốc nước hoặc bậc nước. Bờ chắn nước có tiết diện hình thang với mặt phía trong phần xe chạy có dốc nghiêng 45<sup>0</sup> ra phía ngoài và mặt phía ngoài sát lề đất gần thẳng đứng. Nếu dùng bê tông nhựa làm vật liệu bờ chắn thì bê tông nhựa là loại hạt nhỏ (BTNC 9,5 hoặc BTNC 4,75) có độ rỗng từ 2% đến 4% và hàm lượng nhựa cao hơn từ 0,5 % đến 1% so với lượng nhựa tối ưu theo thiết kế thành phần hỗn hợp.

6.1.5 Cần phải bố trí hệ thống thoát nước thâm nhập qua tầng mặt kết cấu áo đường hở và khuyến khích bố trí hệ thống thoát nước trong kết cấu áo đường mềm cấp cao để thoát nước thâm nhập qua



các vết nứt, ổ gà của mặt đường trong thời kì khai thác. Cấu tạo của hệ thống thoát nước mặt đường tùy thuộc vào điều kiện thực tế của đường và kết cấu mặt đường, nhưng cần phải đủ khả năng thoát nước và được bao bọc bằng vải địa kỹ thuật để đảm bảo khả năng thoát nước lâu dài.

6.1.5.1 Trường hợp kết cấu áo đường có bố trí lớp mặt là bê tông nhựa rỗng thoát nước trên đoạn đường có bó vỉa, rãnh dọc bằng bê tông xi măng với kích thước phù hợp cần được bố trí sát bó vỉa để thu nước từ lớp bê tông nhựa rỗng để dẫn ra khỏi phạm vi nền đường.

6.1.5.2 Trường hợp kết cấu áo đường hờ (loại tầng mặt cấp thấp B1, B2), khuyến khích bố trí hệ thống thoát nước mặt đường bao gồm một lớp móng bằng vật liệu thoát nước bằng cốt liệu không gia cố đặt ngay dưới tầng mặt, rộng hết chiều rộng nền đường. Phía dưới móng là lớp không thấm nước, như là đất gia cố nhựa đường hay đất gia cố xi măng. Trong trường hợp lớp móng thoát nước không rộng hết chiều rộng nền, bố trí các rãnh xương cá bằng vật liệu rời, có kích thước rộng 0,2m, cao 0,2 m. Rãnh xương cá được bọc vải địa kỹ thuật dạng lọc và đầu phía ngoài taluy nền đường phải xếp đá to chặn đầu trong phạm vi 0,25 m. Rãnh xương cá được bố trí hai bên phần xe chạy so le nhau với cự ly từ 10 m đến 15 m một rãnh. Trong 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 từ  $60^\circ$  đến  $70^\circ$  theo hướng dốc. Dốc dọc của rãnh bằng dốc dọc của lề nhưng không nên dưới 5%. Tại đầu rãnh tiếp giáp với lớp móng trong phạm vi 0,6 m, đáy lớp móng nên thiết kế độ dốc dọc khoảng 10% để tạo điều kiện tụ nước về rãnh. Khi thi công lớp móng thì các rãnh xương cá tạm thời để hở để thoát nước lòng đường. Sau khi thi công xong lớp móng mới hoàn thiện cấu tạo rãnh.

6.1.5.3 Trường hợp kết cấu áo đường có tầng mặt là loại cấp cao A1 và A2 cũng được khuyến cáo để bố trí thoát nước mặt đường bằng lớp móng thoát nước. Lớp móng thoát nước cho loại mặt đường này là các loại cốt liệu gia cố có cấp phối hờ: bê tông nhựa rỗng thoát nước, đá dăm đen độ rỗng lớn, bê tông xi măng rỗng hay đá dăm gia cố xi măng cấu trúc hờ. Vật liệu móng thoát nước có độ rỗng dư tối thiểu 10% để đảm bảo khả năng thoát nước, ngoài ra phải đảm bảo các chỉ tiêu về cường độ theo yêu cầu của lớp móng mặt đường ô tô tương ứng. Bề dày lớp móng thoát nước từ 6 cm đến 12 cm. Một hệ thống thu nước từ lớp móng thoát nước đặt dọc ở mép phía thấp phần xe chạy gồm ống bằng chất dẻo có đục lỗ, đường kính từ 50 mm đến 60 mm, xung quanh chèn vật liệu lọc là cốt liệu rời, đáy ống cùng cao độ với đáy lớp móng thoát nước và rãnh xương cá để thoát nước ngang ra khỏi phạm vi nền đường. Không cần bố trí hệ thống này nếu lớp móng thoát nước rộng ra toàn bộ nền đường.

6.1.6 Hệ thống thoát nước cho kết cấu nền – mặt đường ô tô khi được thiết kế, phải tính toán để đáp ứng thoát lưu lượng nước xác định theo tần suất 4%, tương tự như yêu cầu đối với rãnh biên theo TCVN 4054. Đối với đường đô thị, việc thiết kế thoát nước cho kết cấu mặt đường khi được thực hiện phải được tính toán để tuân thủ các qui định về tần suất mưa tính toán được qui định trong các tiêu chuẩn hiện hành đối với đường đô thị.

6.1.7 Các giải pháp cấu tạo để hạn chế hiện tượng mao dẫn từ mực nước ngầm, từ nước đọng thường xuyên xâm nhập vào khu vực tác dụng của nền đường cần phải được đề cập để thực hiện cùng với thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường. Tùy thuộc điều kiện thực tế, có thể chọn một trong số các giải pháp được đề nghị như sau:

6.1.7.1 Đắp cao nền đường để toàn bộ nền đường trong phạm vi khu vực tác dụng nằm cao hơn mực nước ngầm hay mực nước đọng thường xuyên một trị số H như trong Bảng 5. Mực nước đọng thường xuyên là mực nước đọng liên tục từ 20 ngày trở lên.



**Bảng 5 – Khoảng cách từ mức nước động thường xuyên đến phạm vi khu vực tác dụng của nền đường**

Trạng thái ẩm đạt được	H tương ứng với loại đất nền (m)		
	Đất cát	Đất 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:

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

6.1.7.2 Hạ mức nước ngầm bằng rãnh ngầm hoặc rãnh ngầm kết hợp rãnh biên để đảm bảo phạm vi H từ mức nước ngầm đến phạm vi chịu tác dụng của nền đường.

Rãnh ngầm kết hợp rãnh biên là dạng hào ngầm bố trí phía dưới rãnh biên của nền đào được lấp bằng đá dăm đồng kích cỡ bọc vải địa kỹ thuật để đón và dẫn nước ngầm từ ta luy đào đến cống thoát nước ngang hoặc đến khu vực trung ngoài phạm vi của nền đường. Kích thước rãnh được tính toán thiết kế theo lưu lượng nước ngầm và yêu cầu về chiều cao cần hạ của mức nước ngầm.

Các loại rãnh ngầm kín hoặc hở có cấu tạo chi tiết như trong TCVN 4054 được sử dụng để chặn nước ngầm từ một phía, hạ mức nước ngầm đảm bảo chiều cao H đến khu vực tác dụng của nền đường.

6.1.7.3 Bố trí lớp ngăn cách nước mao dẫn bằng lớp vật liệu rỗng hoặc vật liệu chặt có chiều rộng bằng với chiều rộng nền đường. Lớp vật liệu rỗng ngăn cách là hỗn hợp đá, sỏi cuội, cát có độ rỗng lớn, rải vải địa kỹ thuật dạng lọc cả mặt trên và mặt dưới. Lớp vật liệu chặt ngăn cách là đất gia cố chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ có chiều dày tối thiểu phụ thuộc loại vật liệu. Đất gia cố vô cơ có chiều dày tối thiểu 12 cm. Đất gia cố chất liên kết hữu cơ có chiều dày tối thiểu 5 cm.

6.1.8 Giải pháp hạn chế nước ngập thường xuyên thấm ngang vào nền đường trong khu vực tác dụng là đảm bảo khoảng cách ngang từ mép phần xe chạy đến mặt ta luy nền đường ngang mức nước ngập lớn hơn hoặc bằng từ 2,0 m đến 2,4 m với điều kiện đất nền đường được đầm nén đạt độ chặt  $K \geq 0,95$  (phương pháp đầm nén tiêu chuẩn). Đường cao tốc, đường cấp I, cấp II lấy trị số lớn; các đường cấp khác lấy trị số nhỏ trong khoảng giới hạn trên.

## 7. Tải trọng thiết kế kết cấu nền – mặt đường mềm

7.1 Đặc trưng cơ bản của tải trọng trục tính toán tiêu chuẩn cho thiết kế kết cấu nền mặt đường mềm được quy định như ở Bảng 6.



**Bảng 6 – Các đặc trưng của tải trọng trục tính toán tiêu chuẩn**

Tải trọng trục 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

**7.2** Trong trường hợp thông thường, tải trọng tiêu chuẩn dùng để thiết kế kết cấu nền – mặt đường mềm là tải trọng trục đơn 100 kN với bánh đôi.

**7.3** Tải trọng tiêu chuẩn là tải trọng trục đơn 120 kN với bánh đôi được sử dụng khi thiết kế đường chuyên dụng có tải trọng trục nặng đến và hơn 120 kN, chiếm nhiều hơn 5% tổng số trục xe trên đường.

**7.4** Trường hợp các đường chuyên dụng có tải trọng đặc biệt lưu hành, như đường trong khu công nghiệp, khu khai thác mỏ, cảng hàng không, cảng biển,... tải trọng thiết kế nền – mặt đường mềm là tải trọng nặng đặc trưng được quyết định bởi tư vấn thiết kế và chủ đầu tư chấp thuận. Thiết kế cấu tạo cũng như kiểm toán chiều dày cho các loại đường này theo phương pháp riêng được tư vấn thiết kế đề nghị và chủ đầu tư chấp thuận. Phần mềm thiết kế để mô phỏng các tải trọng đặc biệt này, hay giải pháp thiết kế thử nghiệm mô phỏng mặt đường có thể được áp dụng với sự chấp thuận của chủ đầu tư.

**7.5** Quy đổi số tải trọng trục xe khác về số tải trọng trục tiêu chuẩn trên cơ sở tương đương về tác dụng phá hoại đối với kết cấu áo đường. Việc quy đổi thực hiện đối với từng cụm trục trước và cụm trục sau của xe, phụ thuộc vào tải trọng trục xe, số trục, số bánh trong từng cụm trục.

**7.6** Khoảng cách giữa các trục <3,0 m thì xem như các trục trong cùng một cụm trục. Khoảng cách các trục >3,0 m coi như là các trục/các cụm trục riêng rẽ.

**7.7** Việc quy đổi từ các trục xe khác nhau về trục xe tiêu chuẩn được thực hiện theo biểu thức :

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

Trong đó:

N: là tổng số trục xe quy đổi từ k loại trục xe khác nhau về trục xe tính toán qua mặt cắt ngang đường trong một ngày đêm (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  $P_{tt}$ . Trong tính toán quy đổi thường lấy  $n_i$  bằng số lần của mỗi loại xe i sẽ thông qua mặt cắt ngang của đoạn đường thiết kế trong một ngày đêm cho cả 2 chiều xe chạy;

$C_1$ : là hệ số xét đến số trục trong một cụm trục được xác định theo biểu thức (2):

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

Với m là số trục của cụm trục i;

$C_2$ : là hệ số xét đến tác dụng của số bánh xe trong 1 cụm bánh: với bánh đơn  $C_2 = 6,4$ ; bánh đôi  $C_2 = 1,0$ ; và cụm bánh có 4 bánh lấy  $C_2 = 0,38$ .

**7.8** Lưu lượng trục xe tính toán  $N_{tt}$  là tổng số trục xe đã được quy đổi về trục xe tiêu chuẩn, qua



mặt cắt ngang của đoạn đường thiết kế trong một ngày đêm, trên làn xe có lượng trục xe tính toán lớn nhất.  $N_{tt}$  được xác định theo biểu thức (3):

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

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 kỳ thiết kế. Trị số  $N_{tk}$  được xác định theo biểu thức (1) với  $n_i$  của mỗi loại tải trọng trục  $i$  là lưu lượng tại năm cuối của thời hạn thiết kế;

$f_l$ : là hệ số phân phối số trục xe tính toán trên mỗi làn xe.

**7.9** Hệ số  $f_l$  của các làn xe trên phần xe chạy thể hiện sự phân bố của tải trọng trục đối với làn xe thiết kế. Trong trường hợp thông thường, khi không có sự khác biệt lớn về phân bố lượng giao thông, thành phần và tải trọng giao thông theo hướng và theo làn, hệ số  $f_l$  có thể được xác định trong phạm vi sau:

- Đường 1 làn xe:  $f_l = 1,0$ ;
- Đường có 2 hoặc 3 làn xe nhưng không có dải phân cách giữa:  $f_l = 0,55$ ;
- Đường 4 làn xe có dải phân cách giữa:  $f_l = 0,35$ ;
- Đường 6 làn xe trở lên có dải phân cách giữa:  $f_l = 0,30$ ;
- Tại nút giao nhau, làn rẽ và các đường nhánh nối ra/vào nút, hệ số  $f_l$  được lấy tương tự, ứng với lượng trục xe và số làn xe trên nhánh rẽ/nhánh nối.

**7.10** Trường hợp đặc biệt có sự khác biệt lớn về phân bố lượng giao thông, thành phần và tải trọng giao thông theo hướng và theo làn, hệ số  $f_l$  có thể được đề xuất bởi tư vấn thiết kế phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của đường.

**7.11** Số trục xe tính toán cho kết cấu lè có gia cố ( $N_{tt}$ ) để thiết kế kết cấu áo lè gia cố trong trường hợp giữa phần xe chạy chính và lè không có dải phân cách bên được lấy bằng 35% ÷ 50% số trục xe tính toán của làn xe cơ giới liền kề. Trường hợp đường có 2 làn xe trở xuống thì nên lấy trị số lớn và đường 4 làn xe trở lên thì lấy trị số nhỏ trong phạm vi nêu trên.

## 8. Độ tin cậy trong thiết kế kết cấu áo đường mềm

**8.1** Hệ số an toàn trong kiểm toán kết cấu áo đường theo các trạng thái giới hạn cường độ khác nhau được xác định theo độ tin cậy thiết kế lựa chọn, phụ thuộc vào loại và cấp đường.

**8.2** Lựa chọn độ tin cậy thiết kế theo nguyên tắc đường có tốc độ thiết kế càng cao và thời hạn thiết kế càng dài thì có độ tin cậy lựa chọn càng lớn. Độ tin cậy lựa chọn không nhỏ hơn giá trị trong Bảng 7.

**8.3** Chủ đầu tư căn cứ vào yêu cầu sử dụng có thể lựa chọn độ tin cậy mong muốn ở mức cao.

**8.4** Hệ số an toàn tương ứng với độ tin cậy thiết kế lựa chọn theo các trạng thái giới hạn cường độ khác nhau xác định theo Bảng 8.



**Bảng 7 – Lựa chọn độ tin cậy theo loại và cấp hạng đường**

Loại cấp hạng đường	Độ tin cậy thiết kế		
	0,90	0,95	0,98
1. Đường cao tốc	0,90	0,95	0,98
2. Đường ô tô ngoài đô thị			
– Cấp I, II	0,90	0,95	0,98
– Cấp III, 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

**Bảng 8 – Hệ số an toàn tương ứng độ tin cậy thiết kế lựa chọn**

Độ tin cậy lựa chọn		0,98	0,95	0,90	0,85	0,80
Hệ số an toàn về cường độ theo trạng thái kiểm toán	Độ võng đàn hồi, $K_{cd}^{dv}$	1,29	1,17	1,10	1,06	1,02
	Kéo uốn và cắt trượt, $K_{cd}^{ku}$ ; $K_{cd}^{tr}$	1,10	1,00	0,94	0,90	0,87

## 9. Kiểm toán chiều dày các lớp kết cấu áo đường mềm

### 9.1 Các yêu cầu và nguyên tắc tính toán:

#### 9.1.1 Yêu cầu tính toán

Sau khi căn cứ vào các quy định và chỉ dẫn ở Phần 5 để đưa ra các phương án cấu tạo kết cấu nền mặt 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 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 mặt đường mềm được xem là đủ cường độ nếu như trong suốt thời hạn thiết kế quy định ở 5.2.4 dưới tác dụng của tải trọng giao thông, trong bất kỳ lớp nào (kể cả nền đất) cũng không phát sinh biến dạng dẻo, tính liên tục của các lớp liền khối không bị phá vỡ và độ võng đàn hồi của kết cấu không vượt quá trị số cho phép.

#### 9.1.2 Các tiêu chuẩn cường độ

Theo yêu cầu nêu trên, nội dung tính toán chính là kiểm tra 03 trạng thái giới hạn dưới đây:

– Kiểm toán độ võng đàn hồi thông qua khả năng chống biến dạng biểu thị bằng trị số mô đun đàn hồi  $E_{ch}$  của cả kết cấu nền mặt đường so với trị số mô đun đàn hồi yêu cầu  $E_{yc}$ . 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 tải trọng xe, do đó bảo đảm duy trì được khả năng phục vụ của cả kết cấu đến hết thời hạn thiết kế.

– Kiểm toán ứng suất cắt ở trong nền đất và các lớp vật liệu rời rạc 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).

– Kiểm toán ứng suất kéo uốn phát sinh ở đáy các lớp vật liệu liền khối nhằm hạn chế sự phát sinh nứt dẫn đến phá hoại các lớp đó.

### 9.1.3 Cơ sở của phương pháp tính toán:

Cơ sở của phương pháp tính toán theo 03 trạng thái 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.

### 9.1.4 Yêu cầu tính toán theo 3 điều kiện giới hạn

9.1.4.1 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 9.1.2.

9.1.4.2 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.

9.1.4.3 Đối với áo đường cấp thấp B1 và B2 không yêu cầu kiểm tra theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn và điều kiện trượt.

9.1.4.4 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.

9.1.4.5 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.

### 9.1.5 Các thông số tính toán cường độ và bề dày áo đường mềm

9.1.5.1 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 Mục 7);

– Trị số tính toán của mô đun đàn hồi  $E_0$ , lực dính  $C$  và góc nội ma sát  $\varphi$  tương đương với độ ẩm tính toán bất lợi nhất của nền đường trong khu vực tác dụng của tải trọng. Độ ẩm tính toán bất lợi nhất được xác định tùy theo loại hình gây ẩm của kết cấu nền mặt 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  $\varphi$  của các loại vật liệu làm áo đường; cường độ chịu kéo uốn của lớp vật liệu (xem hướng dẫn ở Phụ lục C).

9.1.5.2 Xét đến các điều kiện nhiệt ẩm, mùa hè là thời kỳ bất lợi vì mưa nhiều và nhiệt độ tầng mặt cao. Do vậy khi tính toán cường độ theo tiêu chuẩn độ võng 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  $30^{\circ}\text{C}$ . 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 ứng với nhiệt độ từ 10<sup>0</sup>C đến 15<sup>0</sup>C. Khi tính toán theo điều kiện cân bằng trượt của đất nền thì nhiệt độ tính toán của bê tông nhựa và các loại hỗn hợp đá nhựa vẫn lấy tương ứng với 30<sup>0</sup>C. Trường hợp cần kiểm toán cân bằng trượt trong lớp bê tông nhựa mặt đường theo yêu cầu của Chủ đầu tư thì mô đun đàn hồi lớp bê tông nhựa lấy tương ứng với nhiệt độ 60<sup>0</sup>C.

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

**9.2.1** 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 mặt 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 an toàn về độ võng  $K_{cd}^{dv}$  được xác định tùy theo độ tin cậy mong muốn.

$$E_{ch} \geq K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc} \tag{4}$$

Trong đó:

$E_{ch}$ : Mô đun đàn hồi chung của kết cấu áo đường, Mpa;

$E_{yc}$ : Mô đun đàn hồi yêu cầu, Mpa;

$K_{cd}^{dv}$  : Hệ số an toàn về cường độ theo trạng thái kiểm toán độ võng đàn hồi.

**9.2.2** Xác định trị số mô đun đàn hồi yêu cầu  $E_{yc}$

9.2.2.1 Trị số mô đun đàn hồi yêu cầu được xác định theo Bảng 9, tùy thuộc số trục xe tính toán Ntt xác định theo chỉ dẫn trong Phần 7 và tùy thuộc loại tầng mặt của kết cấu áo đường thiết kế. Số trục xe tính toán đối với áo lề có gia cố phải tuân theo quy định ở điều 7.11.

**Bảng 9 – 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 $E_{yc}$ (MPa), tương ứng với số trục xe tính toán (trục/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						

9.2.2.2 Trị số mô đun đàn hồi yêu cầu xác định được theo Bảng 9 không được nhỏ hơn trị số tối thiểu quy định tại Bảng 10.



9.2.2.3 Không được phép dùng trị số tối thiểu của mô đun đàn hồi yêu cầu ở Bảng 10 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 đầu tư) để tránh việc điều tra dự báo lượng giao thông. Trong mọi trường hợp 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 theo Bảng 9 rồi sau đó mới so sánh với trị số ở Bảng 10 và chọn trị số lớn hơn làm trị số  $E_{yc}$  thiết kế.

**Bảng 10 – 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
CHÚ THÍCH: Các trị số trong ngoặc là mô đun đàn hồi yêu cầu tối thiểu đối với kết cấu lè gia cố.			

9.2.3 Các trường hợp tính toán, phương pháp tính toán và cách xác định  $E_{ch}$

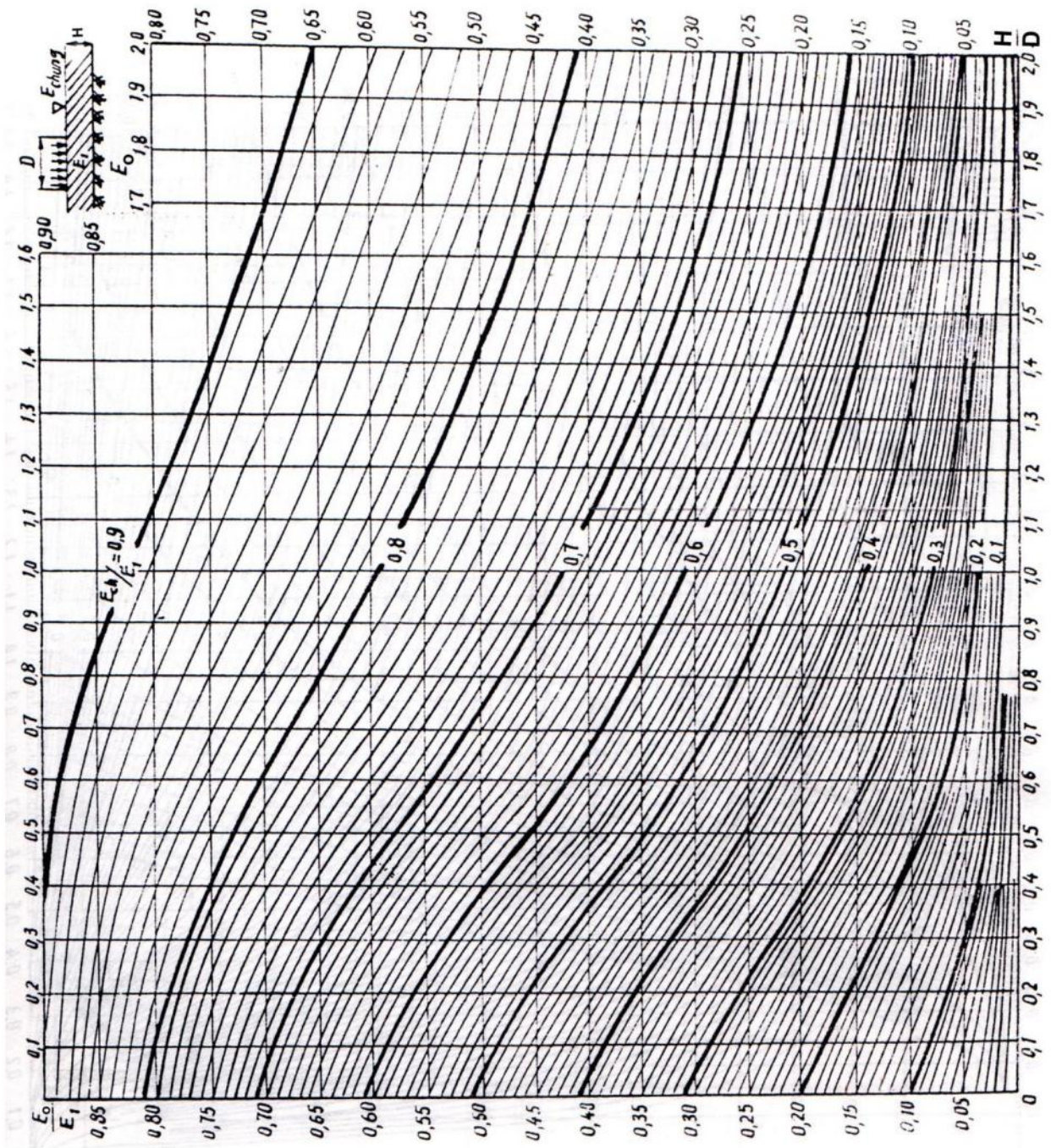
Sau khi xác định trị số mô đun đàn hồi yêu cầu sẽ có thể có 2 trường hợp tính toán:

a) Kiểm toán lại các phương án cấu tạo kết cấu nền mặt đường đã đề xuất gồm các lớp vật liệu với bề dày đã giả thiết xem có thoả mãn điều kiện (4) hay không. Trong trường hợp này phải tính được  $E_{ch}$  của cả kết cấu rồi so sánh với tích số  $(K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc})$  để đánh giá. Đây cũng là yêu cầu tính toán để đánh giá cường độ của kết cấu nền – mặt đường cũ hiện có.

b) Biết tích số  $(K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc})$ , tiến hành tính toán bề dày áo đường để thoả mãn điều kiện (4)

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





Hình 2 – Toán đồ để xác định mô đun đàn hồi chung của hệ 2 lớp  $E_{ch}$

(Trị số ghi trên các đường cong là tỷ số  $E_{ch}/E_1$ )

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 điều 9.2.5), 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 điều 9.2.4) và tổng bề dày kết cấu áo đường  $H$  thì sẽ tính được  $E_{ch}$ ; ngược lại biết  $E_{ch} = K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc}$ , 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 (4).

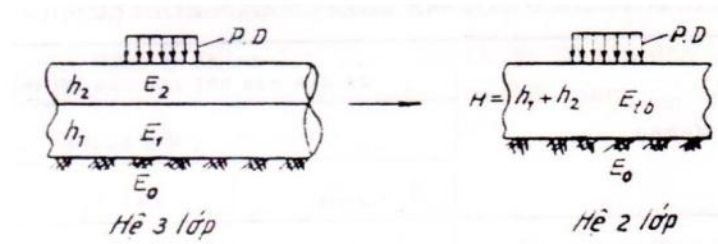
Trong trường hợp kết cấu áo đường có tổng bề dày lớn ( $H/D > 2$ ) thì việc tính toán  $E_{ch}$  có thể được tính theo công thức gần đúng như chỉ dẫn ở Phụ lục E.

9.2.4 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 2. Việc quy đổi được thực hiện đối với 2 lớp một từ dưới lên theo sơ đồ ở Hình 3 và biểu thức (5)



**Hình 3 – Sơ đồ đổi hệ 3 lớp về hệ 2 lớp**

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

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

Trong đó:

k là hệ số được xác định thông qua biểu thức  $k = h_2/h_1$ , với  $h_2$  và  $h_1$  là chiều dày lớp trên và lớp dưới của áo đường;

t là hệ số được xác định thông qua biểu thức  $t = E_2/E_1$ , với  $E_2$  và  $E_1$  là mô đun đàn hồi của vật liệu lớp trên và lớp dưới.

Việc đổi hệ nhiều lớp và 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 (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 (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  $E_{tb}$  với một hệ số điều chỉnh  $\beta$  xác định theo Bảng 11 để được trị số  $E_{tb}^{dc}$ :

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

Trong đó:

$E_{tb}^{dc}$  là mô đun đàn hồi trung bình sau điều chỉnh;

$E_{tb}$  là mô đun đàn hồi trung bình sau quy đổi về một lớp;

$\beta$  là hệ số điều chỉnh.



Bảng 11 – Hệ số điều chỉnh  $\beta$ 

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

## CHÚ THÍCH:

- 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  $\beta$  theo biểu thức (6).

- Trường hợp tính  $E_{tb}^{dc}$  theo (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 (6) dùng để xác định trị số  $E_{ch}$  của cả kết cấu theo toán đồ Hình 2.

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 kề nhau), từ đó theo điều 9.2.4 tính ra  $E_{tb}$ , với  $E_{tb}$  (chưa điều chỉnh) và cho  $E_{ch} = E_{yc}$  lại áp dụng toán đồ Hình 2 để xác định được tỷ số H/D và tính được 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  $\beta$  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, tính nghiệm lại theo cách thử dần cho đến khi vừa thoả mãn cả (6) và điều kiện (4). Với tỷ số H/D được chính xác hoá tương ứng với bề dày đã giả thiết chiều dày của các lớp áo đường thiết kế sẽ được xác định.

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

9.2.5.1 Đối với kết cấu áo đường mới ở giai đoạn thiết kế cơ sở lập dự án đầu tư, tư vấn thiết kế căn cứ số liệu khảo sát địa chất dọc tuyến, xác định loại đất và dự báo loại hình gây ẩm đối với nền đường trong phạm vi tác dụng của tải trọng, đối chiếu bảng trong phụ lục B để quyết định trị số  $E_0$  dùng trong tính toán cường độ kết cấu nền mặt đường cho từng đoạn đường khác nhau dọc tuyến.

9.2.5.2 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 thì từ trị số mô đun đàn hồi của các lớp tính toán trị số  $E_0$  trung bình cho cả phạm vi khu vực tác dụng theo chỉ dẫn ở Phụ lục B đại diện cho cả phạm vi khu vực tác dụng của nền đường.

9.2.5.3 Trong trường hợp thiết kế xây dựng được xác định có từ hai bước trở lên, trong các bước thiết kế sau, trị số mô đun đàn hồi  $E_0$  được tính toán điều chỉnh lại (nếu cần) theo số liệu khảo sát địa chất dọc tuyến trong giai đoạn này.

9.2.5.4 Khi triển khai thi công, nên tiến hành đo xác định xác định trị số của mô đun đàn hồi nền đường theo TCVN 8861 tại hiện trường trên các đoạn nền đường thi công thử nghiệm để kiểm tra 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 yêu cầu Tư vấn thiết kế 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 thực hiện vào thời kỳ bất lợi của nền đường. Trường hợp không thể đo xác định mô đun đàn hồi bằng tấm ép cứng vào mùa bất lợi thì có thể tham khảo Phụ lục B để điều chỉnh giá trị đo về thời kỳ bất lợi.

9.2.5.5 Trường hợp thiết kế cải tạo, tăng cường kết cấu áo đường cũ, căn cứ số liệu khảo sát địa chất dọc tuyến và số liệu khảo sát nền – mặt đường cũ để quyết định giá trị  $E_0$  dùng trong thiết kế kết



cầu nền – mặt đường. Thí nghiệm chùy xuyên động DCP và tương quan DCP–CBR, CBR– $E_0$  cũng được khuyến cáo để sử dụng trong việc quyết định giá trị  $E_0$ . Khi cần thiết, và được yêu cầu bởi Chủ đầu tư, tư vấn thiết kế sử dụng phương pháp đo ép thử nghiệm tại hiện trường theo TCVN 8861 để xác định trị số mô đun đàn hồi chung của nền đất, xử lý số liệu và sử dụng cho tính toán thiết kế.

9.2.5.6 Khi thiết kế kết cấu có tầng mặt là loại cấp thấp B1 hoặc B2, nếu không có điều kiện thí nghiệm, cho phép lấy theo trị số  $E_0$  tham khảo trong Phụ lục B cho tất cả các bước thiết kế. Khi triển khai thi công, 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.

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

9.2.6.1 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.

9.2.6.2 Trong các giai đoạn thiết kế cơ sở và thiết kế xây dựng cho phép tham khảo số liệu của các công trình tương tự, các giá trị thông số vật liệu trong phụ lục C để lựa chọn áp dụng.

9.2.6.3 Trong trường hợp thiết kế xây dựng được xác định có từ hai bước trở lên, trong các bước thiết kế sau, tư vấn thiết kế phải thiết kế thành phần hỗn hợp và thực hiện các thí nghiệm vật liệu với nguồn vật liệu dự kiến sử dụng cho dự án để xác định mô đun đàn hồi của vật liệu. Các số liệu thí nghiệm phải được so sánh với các trị số trong bảng tra ở Phụ lục C, để lấy trị số nhỏ hơn sử dụng cho điều chỉnh thiết kế. Thí nghiệm phải được thực hiện trên tổ hợp tối thiểu 03 mẫu và phải được đánh giá độ chụm của kết quả thí nghiệm theo các tiêu chuẩn hiện hành.

9.2.6.4 Trị số mô đun đàn hồi của vật liệu phải được xác định ở nhiệt độ tính toán như quy định ở 9.1.5.

**9.3** Tính toán cường độ kết cấu nền mặt 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.

9.3.1 Điều kiện tính toán:

Kết cấu nền mặt đường có tầng mặt là loại A1, A2 được xem là đủ cường độ khi thoả mãn biểu thức (7):

$$T_{ax} + T_{av} \leq \frac{C_{tt}}{K_{cd}^{tr}} \quad (7)$$

Trong đó:

$T_{ax}$  là 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 9.3.2.

$T_{av}$  là 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 9.3.3.

$K_{cd}^{tr}$  là hệ số cường độ về chịu cắt trượt được chọn tùy thuộc độ tin cậy thiết kế theo điều 8.4.

$C_{tt}$  là 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 9.3.4.

Chú ý: Không cần kiểm tra điều kiện (7) đối với kết cấu áo đường có tầng mặt là loại cấp thấp B1,

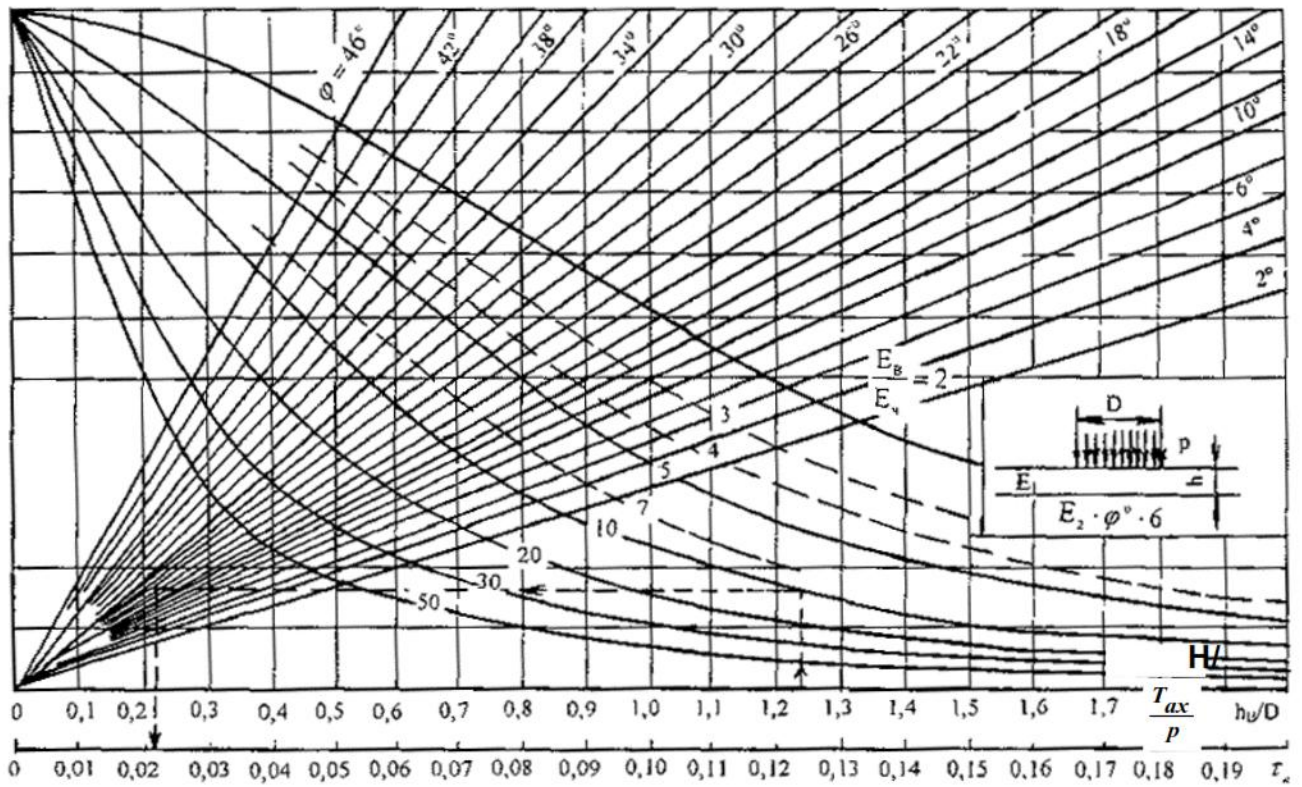


B2.

9.3.2 Xác định ứng suất cắt hoạt động lớn nhất  $T_{ax}$

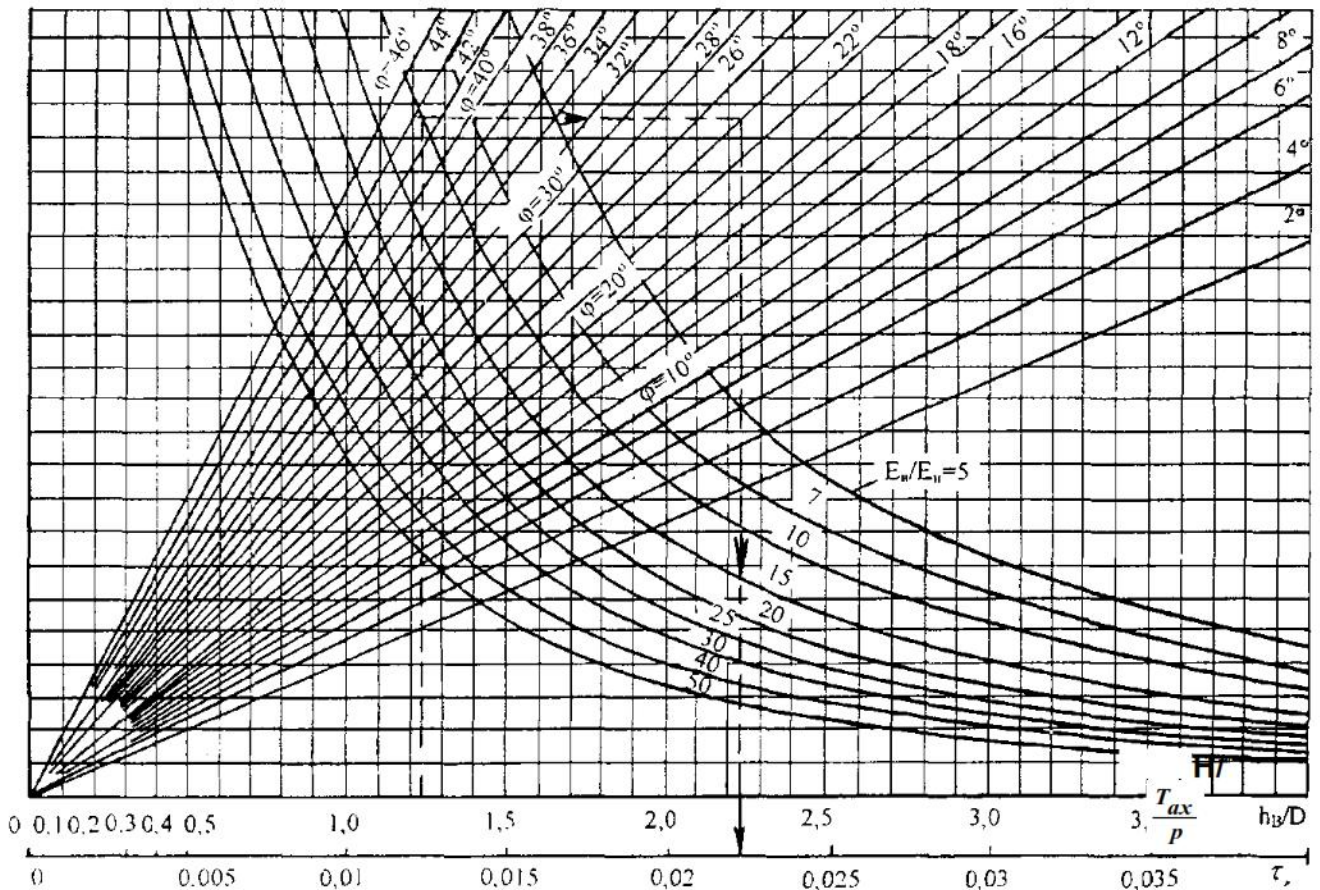
Việc xác định  $T_{ax}$  được thực hiện thông qua việc xác định  $T_{ax}/p$  (biết  $p$  sẽ tính được  $T_{ax}$ ) theo toán đồ Hình 4 (khi  $H/D = 0 \div 2$ ) hoặc toán đồ Hình 5 (khi  $H/D = 0 \div 4$ ).

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  $\varphi$  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  $\varphi$  ở trạng thái tính toán bất lợi (Phụ lục B).



Hình 4 – Toán đồ xác định ứng suất cắt trượt từ tải trọng bánh xe ở lớp dưới của hệ hai lớp ( $H/D = 0 \div 2,0$ )





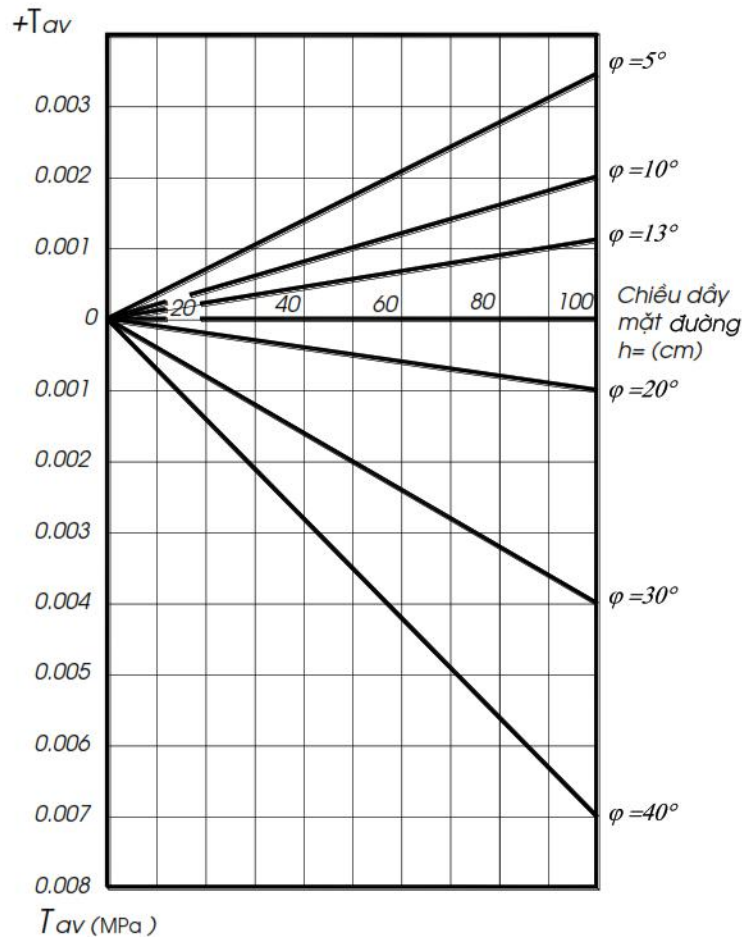
**Hình 5 – Toán đồ để xác định ứng suất cắt trượt từ tải trọng bánh xe ở lớp dưới của hệ hai lớp ( $H/D = 0 \div 4,0$ )**

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 điều 9.2.4 (công thức 9.2 và 9.3); 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  $\varphi$  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 9.2.3 và toán đồ ở Hình 2 với trị số  $E_{tb}$  cũng được xác định theo (5) và (6).

### 9.3.3 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 6 tùy thuộc vào bề dày tổng cộng  $H$  của các lớp nằm trên lớp tính toán và trị số ma sát trong  $\varphi$  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 (7).





**Hình 6 – 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)**

9.3.4 Xác định trị số lực dính tính toán  $C_{tt}$

Trị số  $C_{tt}$  được xác định theo biểu thức (8)

$$C_{tt} = C \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (8)$$

Trong đó:

C là 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;

$K_1$  là 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 mặt đường phần xe chạy thì lấy  $K_1=0,6$ ; với kết cấu áo lề gia cố thì lấy  $K_1 = 0,9$  để tính toán;

$K_2$  là 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 12.



**Bảng 12 – 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

**CHÚ THÍCH:**

- Số trục xe tính toán được xác định theo 7.8;
- 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  $K_2 = 1,23$ .

$K_3$  là 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 và điều kiện tiếp xúc thực tế giữa các lớp kết cấu áo đường với nền đất. 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  $K_3 = 7,0$ .

9.3.5 Trong trường hợp nền đường đắp bằng cát có lực dính  $C=0$ , cần có giải pháp ngăn cách hoặc chuyển tiếp giữa nền đắp cát và móng mặt đường.

9.3.5.1 Ngăn cách bằng vải địa kỹ thuật loại vải lọc. Trong trường hợp này, không cần kiểm tra tiêu chuẩn cắt trượt của đất nền.

9.3.5.2 Bố trí lớp chuyển tiếp bằng lớp vật liệu chọn lọc: cấp phối tự nhiên, cấp phối đá dăm loại II, đá lẫn đất. Trường hợp này, kiểm toán trượt được thực hiện với lớp vật liệu chọn lọc dính nền.

9.3.6 Trong trường hợp có bố trí lớp vật liệu cải thiện dính nền, hoặc lớp chuyển tiếp từ nền đắp cát, mô đun đàn hồi dính nền được tính từ mô đun đàn hồi đất nền và chiều dày lớp cải thiện dính nền hoặc lớp chuyển tiếp, sử dụng toán đồ Hình 2.

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

9.3.7.1 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 9.1.5.

9.3.7.2 Đối với nền đất và các vật liệu kém dính, căn cứ số liệu khảo sát địa chất dọc tuyến, trong giai đoạn thiết kế cơ sở và thiết kế xây dựng, có thể tham khảo các trị số  $C$ ,  $\varphi$  trong các bảng ở Phụ lục B và Phụ lục C. Trong trường hợp thiết kế xây dựng được xác định có từ hai bước trở lên, trong các bước thiết kế sau, tư vấn thiết kế phải thực hiện thí nghiệm trong phòng để xác định trị số lực dính  $C$  và góc ma sát trong  $\varphi$  bằng thí nghiệm cắt theo tiêu chuẩn TCVN 4199 hoặc tiêu chuẩn TCVN 8868.

9.3.8 Trường hợp có lớp vật liệu cải thiện dính nền hoặc lớp chuyển tiếp từ nền đắp cát, căn cứ loại vật liệu sử dụng để tham khảo các trị số  $C$ ,  $\varphi$  trong các bảng ở Phụ lục B và Phụ lục C cho giai đoạn thiết kế cơ sở và thiết kế xây dựng. Trong trường hợp thiết kế xây dựng được xác định có từ hai bước trở lên, trong các bước thiết kế sau, tư vấn thiết kế phải thực hiện thí nghiệm trong phòng để xác định trị số  $C$ ,  $\varphi$  của loại vật liệu sử dụng cho lớp cải thiện dính nền hoặc lớp chuyển tiếp theo tiêu chuẩn TCVN 4199 hoặc tiêu chuẩn TCVN 8868.



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

#### 9.4.1 Điều kiện tính toán:

Theo tiêu chuẩn này, kết cấu được xem là đủ cường độ khi thỏa mãn điều kiện (9) dưới đây:

$$\sigma_{ku} \leq \frac{R_{tt}^{ku}}{K_{cd}^{ku}} \quad (9)$$

Trong đó:

$\sigma_{ku}$  là ứng suất chịu kéo uốn lớn nhất phát sinh ở đáy lớp vật liệu liền khối dưới tác dụng của tải trọng bánh xe (xác định theo 9.4.2);

$R_{tt}^{ku}$  là cường độ chịu kéo uốn tính toán của vật liệu liền khối (xác định theo 9.4.3);

$K_{cd}^{ku}$  là hệ số cường độ về chịu kéo uốn được chọn tùy thuộc độ tin cậy thiết kế theo Bảng 8.

Chỉ phải tính toán kiểm tra điều kiện (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. Riêng đối với lớp thấm nhập nhựa và các lớp đất, đá gia cố nhựa lỏng thì không cần kiểm tra.

#### 9.4.2 Xác định $\sigma_{ku}$

Ứng suất kéo uốn lớn nhất phát sinh ở đáy lớp vật liệu liền khối  $\sigma_{ku}$  được xác định theo biểu thức (10)

$$\sigma_{ku} = \overline{\sigma_{ku}} \cdot p \cdot k_b \quad (10)$$

Trong đó:

$p$  là áp lực bánh của tải trọng trục tính toán nêu ở 7.1 và Bảng 6;

$k_b$  là 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  $k_b = 1,0$ .

$\overline{\sigma_{ku}}$  là ứng suất kéo uốn đơn vị; trị số này được xác định theo toán đồ Hình 7 cho trường hợp tính  $\overline{\sigma_{ku}}$  ở đáy các lớp liền khối trong tầng mặt tùy thuộc vào tỷ số  $h_1/D$  và  $E_1/E_{chm}$  và xác định theo toán đồ Hình 8 cho trường hợp tính  $\overline{\sigma_{ku}}$  ở đáy các lớp liền 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.

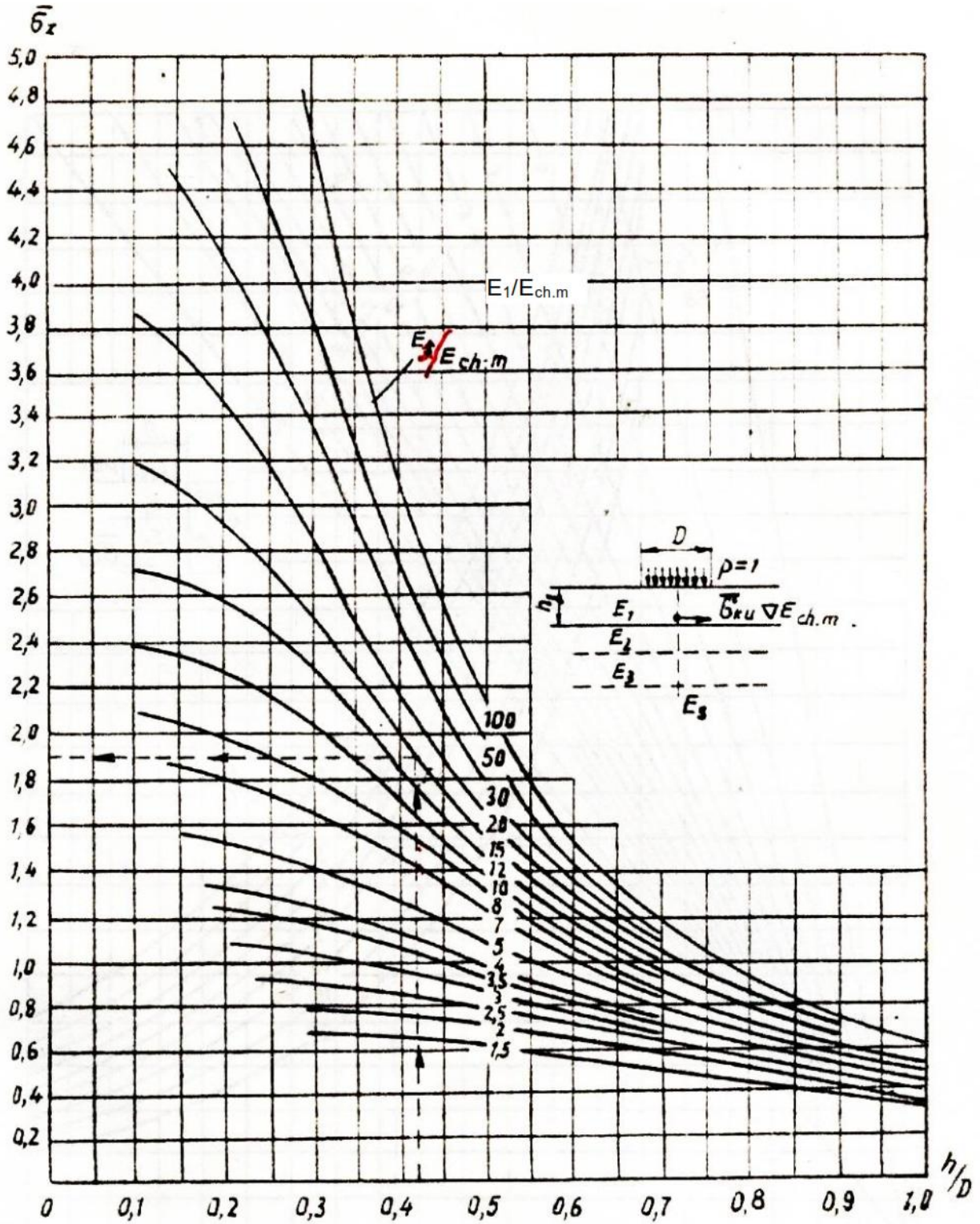
–  $E_1$  là mô đun đàn hồi trung bình của các lớp nằm trong phạm vi  $h_1$ ;  $E_1$  có thể được tính đổi để các định theo (5) và (6) hoặc tính với nguyên tắc bình quân gia quyền theo bề dày, tức là  $E_1 = \frac{\sum E_i \cdot h_i}{h_1}$  ( $E_i, h_i$  là trị số mô đun đàn hồi và bề dày các lớp  $i$  trong phạm vi  $h_1$ ).

–  $D$  là đường kính vệt bánh xe tính toán (điều 7.1 và Bảng 6).

–  $E_{chm}$  là mô đun đàn hồi chung của nền đất và các lớp nằm phía dưới đáy lớp vật liệu liền khối được kiểm tra. Trị số  $E_{chm}$  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 9.2.4 rồi áp dụng toán đồ ở

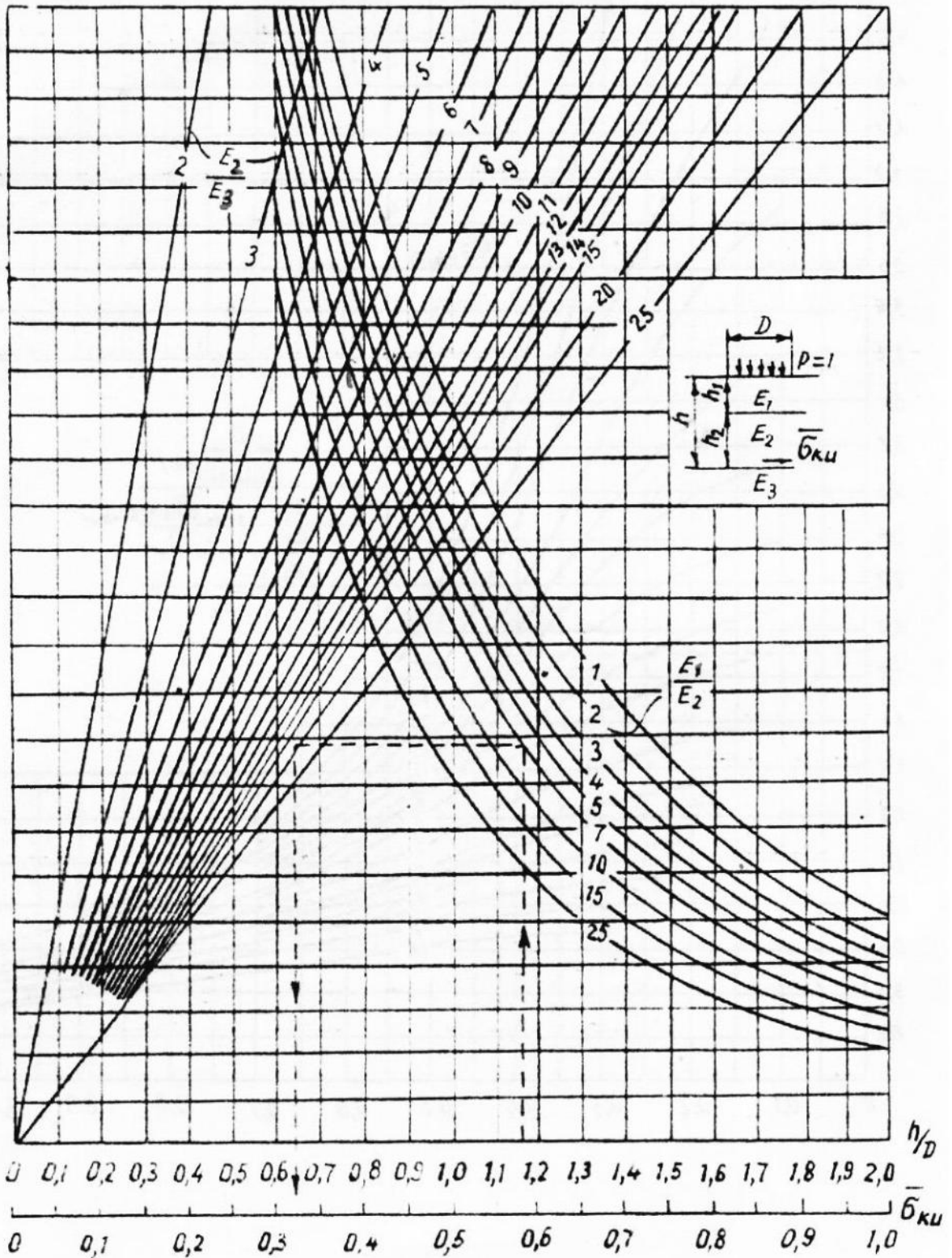


Hình 7.



Hình 7 – Toán đồ xác định ứng suất kéo uốn đơn vị  $\bar{\sigma}_{ku}$  ở các lớp của tầng mặt (số trên đường cong là tỉ số  $E_1/E_{ch}$ , móng)





Hình 8 – 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 THÍCH:

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).

9.4.3 Xác định  $R_{tt}^{ku}$



Cường độ chịu kéo uốn tính toán của vật liệu liền khối được xác định theo biểu thức (11):

$$R_{tt}^{ku} = k_1 \cdot k_2 \cdot R_{ku} \quad (11)$$

Trong đó:

$R_{ku}$  : cường độ chịu kéo uốn giới hạn ở nhiệt độ tính toán (xem 9.1.5) 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:

$$k_1 = \frac{11,11}{N_e^{0,22}} \quad (12)$$

– Đối với vật liệu đá, sỏi cuội gia cố chất liên kết vô cơ

$$k_1 = \frac{2,86}{N_e^{0,11}} \quad (13)$$

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

$$k_1 = \frac{2,22}{N_e^{0,11}} \quad (14)$$

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 trong 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.

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

9.4.4.1 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 9.2.5 và 9.2.6.

9.4.4.2 Cường độ chịu kéo uốn của các loại vật liệu gia cố có thể tham khảo các trị số trong Phụ lục C trong giai đoạn thiết kế cơ sở lập dự án đầu tư. Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật – lập bản vẽ thi công, việc tham khảo này phải được chấp thuận của Chủ đầu tư và Cơ quan quản lý Dự án. Khi được yêu cầu, tư vấn thiết kế phải xác định các trị số thông qua chế bị mẫu và thử nghiệm trong phòng như hướng dẫn ở Phụ lục C với tiêu chuẩn thí nghiệm được tham chiếu. Mẫu thử phải chế tạo từ đúng loại vật liệu sẽ sử dụng làm lớp kết cấu về thành phần vật liệu và được thí nghiệm với các điều kiện khống chế theo tiêu chuẩn tham chiếu.

## 10. Thiết kế tăng cường, cải tạo áo đường cũ



## 10.1 Các nội dung, yêu cầu và nguyên tắc thiết kế

10.1.1 Các trường hợp cải tạo, tăng cường kết cấu mặt đường cũ 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.

10.1.2 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 trong Phần 4. Các yêu cầu trong Phần 4 phải đảm bảo đạt được đồng đều trên kết cấu cũ và phần mới mở rộng.

10.1.3 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 thỏa mãn tiêu chuẩn thiết kế hình học đường ô tô hiện hành theo cấp đường thiết kế.

10.1.4 Các nguyên tắc thiết kế:

10.1.4.1 Trên các đoạn đường cũ, đặc biệt là mặt đường cấp thấp B1 và B2 cần phải kiểm tra, đánh giá để thực hiện các giải pháp kỹ thuật cải thiện trạng thái ẩm và độ chặt của nền – mặt đường cũ. Các giải pháp kỹ thuật có thể bao gồm nhưng không hạn chế trong các giải pháp: thiết kế thoát nước nền – mặt đường, đào bỏ và thay thế vật liệu hư hỏng, gia cố vật liệu tại chỗ.

10.1.4.2 Sửa chữa các hư hỏng trên mặt đường cũ: vá ổ gà, sửa chữa các hố lún cao su, sửa chữa vết lún bánh xe, xử lý các vết nứt, vá mặt đường bong bật, bù vênh mặt đường, .... để khôi phục hình dạng mặt đường cũ. Ứng dụng công nghệ tái chế thích hợp để tận dụng vật liệu mặt đường cũ, đặc biệt đối với mặt đường nhựa cũ. Làm vệ sinh mặt đường cũ kết hợp với các giải pháp tạo nhám để đảm bảo dính kết tốt giữa mặt đường cũ với lớp tăng cường ở trên.

10.1.4.3 Phương án cải tạo tăng cường mặt đường cũ được đề xuất trên cơ sở điều tra xác định đúng tình trạng hư hỏng, chất lượng khai thác mặt đường, cường độ chung của kết cấu nền mặt đường và nguyên nhân xuống cấp, hư hỏng của chúng. Các phương án có thể là: cải tạo toàn bộ kết cấu từ nền trở lên; giữ lại nền và một số lớp kết cấu cũ tận dụng làm lớp móng cho kết cấu mặt đường cải tạo; trực tiếp tăng cường lên trên lớp mặt cũ.

10.1.4.4 Khi quyết định phương án cải tạo tăng cường mặt đường cũ, cần xem xét cao độ mặt đường sau khi cải tạo tăng cường để phù hợp với cao độ quy hoạch (nếu có), đánh giá ảnh hưởng của cao độ và kết cấu đường cải tạo đến điều kiện thoát nước chung toàn khu vực, an toàn giao thông để có giải pháp phù hợp với các công trình quanh và đảm bảo tĩnh không (tại vị trí đi dưới các cầu vượt, nút giao thông khác mức,...).

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

10.2.1 Yêu cầu đối với lớp bù vênh mặt đường:

10.2.1.1 Để đảm bảo các yêu cầu nêu ở 10.1.3, cần 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.

10.2.1.2 Lớp bù vênh nên được xem là một lớp riêng, thi công riêng, và không được tính vào cường độ chung của kết cấu nền – mặt đường sau khi tăng cường. Trường hợp lớp bù vênh có chiều dày nhỏ hơn chiều dày tối thiểu thi công được quy định trong Bảng 3, lớp bù vênh được thi công đồng thời với lớp móng hoặc mặt đường phía trên, và phải đảm bảo cùng loại vật liệu và chiều dày lu lèn hiệu quả.

10.2.1.3 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 5.8 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 để làm lớp bù vênh. Điều này là bắt buộc trong trường hợp lớp tăng cường trên lớp bù vênh là hỗn hợp 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.

– 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 đối với thi công mặt đường nhựa mới theo TCVN 8819.

10.2.2 Cấu tạo các lớp kết cấu tăng cường nằm trên lớp bù vênh tuân theo các chỉ dẫn trong Mục 5 như đối với cấu tạo kết cấu mới.

10.2.3 Kết cấu áo đường mềm tăng cường trên kết cấu cũ có lớp gia cố chất liên kết vô cơ được thiết kế cấu tạo để tránh hiện tượng nứt phản ánh từ mặt đường cũ theo chỉ dẫn ở 5.2.6.

10.2.4 Để khắc phục hiện tượng nứt phản ánh có thể sử dụng lớp vật liệu chịu kéo rải trên bề mặt mặt đường gia cố vô cơ cũ như: vải địa kỹ thuật chịu kéo, lưới sợi tổng hợp, lưới 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. Các giải pháp khác như bổ sung lớp cắt nứt bằng vật liệu rời, sử dụng công nghệ nghiền mặt đường cũ,... được xem xét sử dụng với các điều kiện áp dụng thích hợp.

10.2.5 Yêu cầu cấu tạo đối với kết cấu mở rộng mặt đường cũ:

10.2.5.1 Yêu cầu chủ yếu là phải bảo đảm phần mở rộng liên kết chắc với kết cấu mặt đường trên phần đường cũ, 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.

10.2.5.2 Ở phần nền đường mở rộng, cần phải chú trọng các giải pháp kỹ thuật để bảo đảm cường độ của đất nền trong khu vực tác dụng của nền đường đạt các yêu cầu nêu trong các điều từ 5.10 đến 5.12. Kết cấu mở rộng cần được bố trí đủ các tầng, lớp với bề dày và cường độ phù hợp để đảm bảo cường độ đồng đều trên toàn bộ mặt đường cả phần mặt đường cũ và phần kết cấu mở rộng. Kết cấu mở rộng nên gối lên trên các lớp cũ (tạo bậc cấp kết cấu cũ trong khoảng rộng ít nhất là 0,3 m) sao cho các đường tiếp xúc giữa các lớp không trùng nhau từ dưới lên trên.

10.2.5.3 Sau khi thi công thử đến bề mặt kết cấu mở rộng, đo độ võng mặt đường bằng cần Benkelman hoặc tấm ép tĩnh dưới bánh xe nặng tính toán tại hai phía của đường tiếp xúc giữa kết cấu cũ và kết cấu mới mở rộng. Nếu độ võng đo được chênh lệch  $> 0,1$  mm hoặc 10% mô đun đàn hồi đo được thì nên kịp thời điều chỉnh thiết kế bản vẽ thi công.

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

10.2.6 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 phần 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.

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



10.3.1 Phân đoạn đường cũ để điều tra.

10.3.1.1 Kết cấu nền – mặt đường cũ thường trải qua quá trình bảo trì sửa chữa phức tạp, do vậy, để có giải pháp thiết kế tăng cường hoặc cải tạo đúng, 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 từng dạng hư hỏng được miêu tả ở Bảng 13 hoặc theo chỉ số Tình trạng mặt đường PCI như được mô tả và hướng dẫn xác định trong TCCS 07:2013/TCĐBVN;

– Lưu lượng và thành phần xe chạy.

10.3.1.2 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 1000 m.

**Bảng 13 – 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 <10 mm không gây xóc khi xe chạy qua; - Vừa: bề rộng >10 mm, gây xóc, bắt đầu có vết nứt thứ cấp xung quanh vết nứt chính. Chiều rộng nứt chính và nứt thứ cấp ≤ 100 mm; - Nặng: nứt rộng, sâu, gây va đập khi xe chạy qua. Có vết nứt thứ cấp xung quanh vết nứt chính. Chiều rộng nứt chính và nứt thứ cấp đến > 100 mm;
	- 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. Bắt đầu hiện tượng bong vỡ.
Biến dạng bề mặt	- Vệt hằn bánh, lún sụt		- Cách đo: Dùng thước thẳng đặt ngang vệt hằn; cứ cách từ 5m đến 10 m đo một chỗ rồi lấy trị số trung bình cho mỗi đoạn. - Vệt hằn sâu trung bình từ 6 mm đến 13 mm: nhẹ; từ 13 mm đến 25 mm: vừa và > 25 mm: nặng.



**Bảng 13 – Các dạng hư hỏng trên bề mặt kết cấu áo đường cũ**

<b>Dạng hư hỏng</b>	<b>Tầng mặt nhựa (Cấp A1, A2)</b>	<b>Tầng mặt cấp thấp B1</b>	<b>Tiêu chí đánh giá mức độ nghiêm trọng</b>
	- Làn sóng, xô dồn, đẩy trôi	- Làn sóng, xô dồn	- Nhẹ: mặt đường bị đẩy trôi, dồn nhựa nhưng không ảnh hưởng đến chất lượng chạy xe; - Vừa: mặt đường bị đẩy trôi ảnh hưởng đến chất lượng chạy xe; lái xe thấy khó chịu do xóc; - Nặng: mặt đường bị đẩy trôi, nhựa dồn cao ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng chạy xe; lái xe không thể chạy với tốc độ cao do xóc.
	- Lún lõm, đẩy trôi cục bộ	- Lún lõm, đẩy trôi cục bộ	- Nhẹ: chiều sâu lún cục bộ từ 13 mm đến 25 mm; - Vừa: chiều sâu lún cục bộ từ 25 mm đến 50 mm; - Nặng: chiều sâu lún cục bộ > 50 mm.
		Mất mui luyên hoặc mui luyên ngược gây lõm giữa đường	- Nhẹ: tồn tại mui luyên mặt đường nhưng độ dốc ngang không đạt yêu cầu; - Vừa: Không còn mui luyên, dốc ngang mặt đường gần bằng 0, xuất hiện đọng nước nhẹ khi trời mưa; - Nặng: Mui luyên ngược, mặt đường lõm ở giữa, đọng nước khi trời mưa.
Hư hỏng bề mặt	- Chảy nhựa		- Không phân mức độ nghiêm trọng khi phân đoạn đường.
	- Bong tróc, rời rạc - Mài mòn, lộ đá	Bong tróc, rời rạc	- Không phân mức độ nghiêm trọng khi phân đoạn đường.
	- Ổ gà	- Ổ gà	- Không phân mức độ nghiêm trọng khi phân đoạn đường.

10.3.1.3 Khi điều tra nên ước tính diện tích mặt đường có xuất hiện các loại hư hỏng nêu trên S (m<sup>2</sup>). Khi tính diện tích xuất hiện nứt dọc, ngang hoặc xiên thì lấy chiều dài đường nứt nhân với 1,0 m 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.

10.3.1.4 Có thể đánh giá mức độ hư hỏng nghiêm trọng theo % diện tích hư hỏng so với tổng diện tích đoạn điều tra hoặc theo PCI như chỉ dẫn trong TCCS 07:2013/TCĐBVN.

10.3.2 Thử nghiệm đánh giá cường độ kết cấu nền mặt đường cũ, thu thập số liệu độ võng đàn hồi



của mặt đường theo TCVN 8867. Tiêu chuẩn TCVN 8867 hướng dẫn phân đoạn, thực hiện đo đạc xác định độ võng đàn hồi, xử lý số liệu để xác định mô đun đàn hồi đặc trưng của mặt đường cũ theo từng đoạn phục vụ thiết kế cải tạo, tăng cường mặt đường.

10.3.3 Các số liệu khác phục vụ thiết kế cải tạo, tăng cường mặt đường cũ như: chiều dày các lớp vật liệu kết cấu đường cũ; tình trạng, chất lượng lớp vật liệu; tình trạng, chất lượng, cường độ kháng cắt (lực dính C, góc ma sát  $\varphi$ ), cường độ kháng biến dạng (mô đun đàn hồi) đất nền đường,... tùy thuộc giải pháp cải tạo tăng cường yêu cầu khảo sát để xác định cho mỗi phân đoạn. Cách xác định có thể qua hố khảo sát kết cấu nền – mặt đường kết hợp thí nghiệm xuyên động (DCP); đào bóc từng lớp kết cấu mặt đường trong khoảng đủ lớn để tiến hành đo xác định mô đun đàn hồi của từng lớp sử dụng tấm ép cứng theo TCVN 8861; kết hợp lấy mẫu vật liệu các lớp mặt đường và nền đường đánh giá chất lượng và/hoặc làm các thí nghiệm tương ứng đánh giá chất lượng, cường độ vật liệu nền – mặt đường cũ.

10.3.4 Điều tra, thu thập số liệu dự báo giao thông được thực hiện thông qua đếm xe, cân trục xe tương ứng các giai đoạn thiết kế như yêu cầu điều tra phục vụ thiết kế kết cấu nền – mặt đường mới. Các công tác điều tra khác như đánh giá các nguồn gây ồn và ảnh hưởng các nguồn gây ồn, vật liệu xây dựng địa phương,... tương ứng với các giai đoạn thiết kế được thực hiện giống như điều tra phục vụ thiết kế nền – mặt đường mới.

#### **10.4 Tính toán cường độ (bề dày) kết cấu tăng cường hoặc cải tạo**

10.4.1 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 các chỉ dẫn ở Phần 9.

10.4.2 Tính toán bề dày tăng cường trên mặt kết cấu áo đường cũ trước hết được thực hiện theo 9.2 sử dụng toán đồ Hình 2 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  $E_o$  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 tương ứng ở 9.3 và 9.4.



## Phụ lục A

(Quy định)

### Phương pháp xác định tham số giao thông trong thiết kế kết cấu áo đường mềm

#### A.1 Điều tra xác định tham số lưu lượng và thành phần

A.2.1 Lưu lượng và thành phần xe phục vụ thiết kế được dự báo từ lưu lượng giao thông hay nhu cầu lưu lượng giao thông hiện tại xét đến lưu lượng giao thông gia tăng bình thường, lưu lượng giao thông hấp dẫn, lưu lượng giao thông phát sinh trong thời hạn thiết kế.

A.2.2 Trường hợp thiết kế đường mới, tham số lưu lượng và thành phần xe được dự báo theo điều tra kinh tế, xã hội để xây dựng ma trận lưu lượng vận chuyển giữa các điểm trong khu vực ảnh hưởng của tuyến đường thiết kế (điều tra O-D) và cơ sở dữ liệu lưu lượng và thành phần xe từ các tổ chức quản lý khai thác đường bộ, bao gồm cơ sở dữ liệu từ các tuyến đường BOT trong khu vực ảnh hưởng của tuyến đường thiết kế.

A.2.3 Khi thu thập và phân tích dữ liệu phục vụ dự báo, cần tập trung vào các đặc trưng cơ bản, bao gồm: lưu lượng xe trung bình ngày; tỉ lệ thành phần các loại xe trong dòng xe, đặc biệt là tỉ lệ xe có tải trọng nặng; dân số; quy hoạch sử dụng đất; quy hoạch mạng lưới giao thông; quy hoạch kết nối các loại hình giao thông. Chuỗi số liệu phục vụ phân tích trong khoảng 5÷10 năm tính đến thời điểm thiết kế.

A.2.4 Số liệu lưu lượng và thành phần xe dự báo từ điều tra O-D được so sánh, đối chiếu với cơ sở dữ liệu lưu lượng và thành phần xe thu thập được hoặc đối chiếu với đếm xe tại các vị trí quan trọng trong mạng lưới đường để hiệu chỉnh kết quả dự báo từ điều tra O-D.

A.2.5 Trường hợp thiết kế cải tạo, nâng cấp đường hay tăng cường mật độ đường, lưu lượng và thành phần xe được xác định từ số liệu đếm xe trên đường và tỉ lệ tăng trưởng xe hàng năm dự báo.

A.2.6 Điều tra xác định lưu lượng và thành phần giao thông được thực hiện bằng phương pháp đếm xe thủ công, bán thủ công (sử dụng thiết bị đếm xe cầm tay; đếm xe trong phòng sử dụng các file từ camera đặt tại hiện trường hoặc video quay tại hiện trường); đếm xe tự động. Khuyến cáo đếm xe được thực hiện liên tục trong 7/7 ngày trong tuần và 24/24 giờ trong ngày để xác định lưu lượng xe/ngày đêm và thành phần xe, tránh thời điểm đặc biệt như dịp nghỉ Tết, nghỉ lễ, lễ hội, mùa vụ thu hoạch, sự cố do ảnh hưởng của thời tiết, tai nạn hay tổ chức, phân luồng giao thông bất thường ... thời gian mà có điều kiện giao thông biến động đặc biệt.

A.2.7 Đối với những tuyến đường có lưu lượng giao thông ít biến động thì thời gian điều tra có thể rút ngắn xuống 3 ngày trong tuần (1 ngày làm việc, 1 ngày trước hoặc sau ngày nghỉ cuối tuần, 1 ngày nghỉ cuối tuần), mỗi ngày điều tra 24/24 giờ. Số liệu điều tra được phân tích để có hệ số lưu lượng theo ngày trong dự báo lưu lượng xe thiết kế.

A.2.8 Đối với những tuyến đường có dòng xe ban đêm không đáng kể, thời gian điều tra có thể rút ngắn xuống 16/24 giờ (từ 6:00 am đến 22:00 pm), nhưng ít nhất phải có 1 ngày điều tra 24/24 giờ để xây dựng các hệ số lưu lượng xe theo giờ trong dự báo lưu lượng xe thiết kế.

A.2.9 Một số trường hợp đặc biệt, điều tra dự báo lưu lượng và thành phần giao thông có thể được đề xuất bởi tư vấn thiết kế, được xem xét và chấp thuận bởi Chủ đầu tư và các cấp Quản lý.

A.2.10 Vị trí điều tra cần được lựa chọn phù hợp để dự báo lưu lượng và thành phần giao thông của tuyến thiết kế. Vị trí điều tra đặt ở đầu mỗi các luồng giao thông chính hướng vào tuyến thiết kế, bỏ



sung vị trí điều tra ở nơi có thay đổi lưu lượng lớn như nơi giao cắt với tuyến đường khác hiện có, vị trí nút giao ngã ba, ngã tư mà có lưu lượng giao thông ra/vào lớn.

A.2.11 Khi thiết kế tuyến đường mới, ngoài điều tra kinh tế – xã hội xây dựng ma trận lượng vận chuyển O–D, đếm xe xác định lưu lượng và thành phần xe có thể thực hiện trên các tuyến đường hiện hữu có qui mô tương đương, chạy song song và/hoặc giao cắt với tuyến đường thiết kế trong phạm vi ảnh hưởng của dự án để dự báo lượng giao thông hấp dẫn.

## A.2 Khảo sát tải trọng trục xe

A.2.1 Tải trọng trục xe được khảo sát sử dụng thiết bị WIM với chế độ cân tĩnh hoặc cân động, thu thập số liệu đủ để xử lý xác định tải trọng trục xe đại diện cho các loại xe trong dòng xe, được hiểu là tối thiểu 30 tổ hợp mà đại diện cho loại tổ hợp phương tiện được khảo sát. Chế độ tĩnh được thực hiện bằng cách điều khiển để xe chạy trên thiết bị và tải trọng mỗi trục được xác định thông qua thao tác của người vận hành trên máy tính kết nối với thiết bị. Chế độ cân động được mặc định để xác định tải trọng một cách tự động khi phương tiện đi qua bàn cân mà không cần thao tác của người vận hành. Dữ liệu cân động được ghi nhận chuyển tới phần mềm thông qua giao thức kết nối, được lưu giữ.

A.2.2 Thiết bị phục vụ cân tải trọng trục xe phải đảm bảo các yêu cầu được nêu trong các thông tư, hướng dẫn hiện hành có liên quan về phương tiện, quy trình và nghiệp vụ sử dụng phương tiện của cơ quan quản lý chuyên ngành.

A.2.3 Thông tin thu được từ thiết bị khảo sát tải trọng trục xe cần bao gồm:

*Thông tin cho mỗi tổ hợp phương tiện:*

- Thời gian thực hiện cân (ngày, giờ)
- Tên tổ hợp phương tiện (được định nghĩa sẵn và tự nhận biết để ghi)
- Tên người vận hành (nếu chế độ tĩnh, hoặc tên người phụ trách ca khảo sát nếu chế độ cân động)
- Chế độ cân
- Tải trọng (trục), tương ứng với đơn vị đo
- Tổng tải trọng tổ hợp đo được
- Tải trọng tối đa cho phép của tổ hợp theo luật định
- Tải trọng quá tải tính toán được
- Mã số vi phạm tổng quát đánh giá mức độ vượt tải
- Tình trạng tải trọng (Đúng, Vi phạm, Mức lỗi vi phạm)

*Thông tin trên mỗi trục xe:*

- Tải trọng trục xe
- Tốc độ và gia tốc của mỗi trục (với chế độ cân động)
- Tải trọng tối đa cho phép với mỗi trục
- Mức qua tải của trục
- Mã vi phạm quá tải của trục

*Thông tin trên mỗi nhóm trục xe:*

- Tải trọng mỗi nhóm trục xe (trục đơn, trục đôi, trục ba,...)



- Tải trọng tối đa cho phép với mỗi trục
- Mức qua tải của trục
- Mã vi phạm quá tải của trục

A.2.4 Trước khi thực hiện khảo sát tải trọng trục xe, cần kiểm tra và hiệu chỉnh các thông số của cân (nếu cần thiết). Các bước kiểm tra và hiệu chỉnh bao gồm:

- Kiểm tra và hiệu chỉnh đơn vị.
- Định chuẩn tải trọng theo phản ánh của bộ phận cảm ứng. Bước thực hiện này phải do người có chuyên môn và chỉ được thực hiện khi có yêu cầu.
- Hiệu chỉnh trọng lực theo vĩ độ của nơi định chuẩn và vĩ độ của nơi vận hành hệ thống.
- Xác định giới hạn tốc độ và gia tốc.
- Xác định phần bù tải trọng cố định do kết cấu đo. Bước thực hiện này chỉ cần được thực hiện với đợt khảo sát đầu tiên khi mới sử dụng thiết bị.
- Định chuẩn đưa về giá trị "0" của tải trọng (trước đi cân).

A.2.5 Sau khi định chuẩn thiết bị, cần phải định các thông số cơ bản của các tổ hợp phương tiện. Mỗi tổ hợp phương tiện được hiểu là một xe tải đơn với trục sau là trục đơn, trục đôi hay trục ba, hoặc là một đầu kéo với đuôi nửa mooc hay một xe kéo gắn với mooc độc lập qua thanh mooc. Cần kiểm tra các loại tổ hợp phương tiện đã có trong phần mềm tích hợp với thiết bị cân, đối chiếu với kết quả thị sát để định dạng thêm hay sửa đổi trục, nhóm trục các tổ hợp phương tiện như sau:

- Lập giá trị trục xe mới: tên mới, giá trị mới, giá trị tải trọng tối đa cho phép mới và tải hình ảnh đại diện mới (nếu có).
- Sửa đổi giá trị trục xe hiện có và ghi lại.
- Xóa giá trị trục xe hiện có.
- Lập nhóm trục mới.
- Sửa đổi nhóm trục hiện có.
- Xóa nhóm trục hiện có.
- Lập tổ hợp phương tiện (xe) mới.
- Sửa đổi tổ hợp phương tiện hiện có.

A.2.6 Thực hiện cân theo chế độ cân tĩnh, theo nguyên lý tổng tải trọng trục nghĩa là tải trọng xe là tổng tải trọng của các trục xe, với các bước như sau:

*Bước 1:*

- Chọn tên tổ hợp phương tiện được cân
- Kiểm tra mặt cân (không có bất kì vật gì trên mặt cân)
- Kiểm tra số hiện thị tải trọng "0"

*Bước 2:*

- Cho trục thứ nhất đặt lên mặt cân, xác nhận tải trọng
- Lập lại cho các trục tiếp theo

*Bước 3:*



- Ghi số liệu

Trong quá trình cân tĩnh, giá trị tốc độ và gia tốc bằng “0”.

A.2.7 Cân động có thể là theo chế độ cân tay hoặc chế độ tự động. Với thiết bị cân điện tử không có bộ phận cảm ứng để nhận biết xe, chỉ có thể sử dụng chế độ cân tay. Với thiết bị cân điện tử có bộ phận cảm ứng nhận biết xe có thể cân động với chế độ tự động, hoặc cân động với chế độ cân tay.

A.2.8 Với chế độ tự động, xe chạy qua bàn cân và khi toàn bộ xe nằm trên mặt cân, cân tự động xác định tải trọng mỗi trục vào thời điểm thực. Khi bộ phận cảm ứng xác định phần cuối của xe, cân tự động tìm tổ hợp xe phù hợp đã được định dạng sẵn và tự thực hiện cân và lưu dữ liệu cân.

A.2.9 Trong chế độ cân tay (cân bán tự động cùng thiết bị cảm ứng), xe từ từ đi lên bàn cân, cân tự động xác định tải trọng của từng trục vào thời điểm cụ thể. Sau khi bộ phận cảm ứng xác định định dạng xe phù hợp, kết quả hiển thị và người vận hành xác nhận lưu và cân tự động trở về trạng thái chờ cân tổ hợp phương tiện sau.

A.2.10 Số liệu cân với số lượng tổ hợp phương tiện được cân đủ theo yêu cầu phụ thuộc vào mỗi Dự án, được Chủ đầu tư và các cấp Quản lý chấp thuận được xử lý thống kê để đưa ra các thông tin như sau:

- Số loại tổ hợp phương tiện (có mã số và hình ảnh mô phỏng).
- Số tổ hợp phương tiện được cân cho mỗi tổ hợp phương tiện.
- Tải trọng lớn nhất đo được của mỗi tổ hợp phương tiện:
  - + Tổng tải trọng
  - + Các tải trọng trục (tùy thuộc loại tổ hợp phương tiện để có số tải trọng trục)
- Tải trọng trung bình đo được của mỗi tổ hợp phương tiện:
  - + Tổng tải trọng
  - + Các tải trọng trục (tùy thuộc loại tổ hợp phương tiện để có số tải trọng trục)

- Biểu đồ phân bố tải trọng đo được của mỗi tổ hợp phương tiện, từ đó có tải trọng trục điển hình của mỗi tổ hợp phương tiện ứng với độ tin cậy lựa chọn, tùy thuộc vào từng Dự án.

A.2.11 Vị trí đặt thiết bị và khảo sát tải trọng trục xe phải đảm bảo để thực hiện các thao tác cân tải trọng trục một cách thuận tiện và an toàn, không ảnh hưởng đến di chuyển của dòng giao thông trên đường.

A.2.12 Vị trí khảo sát cần phải đặt ở các đoạn đường có tầm nhìn đảm bảo về cả hai hướng, không đặt ở các vị trí có độ dốc và chiều dài đoạn dốc lớn, hạn chế đặt ở các đoạn có thay đổi độ dốc dọc, đoạn đường cong nằm có độ dốc siêu cao lớn, mặt đường có chất lượng kém.

A.2.13 Khi sử dụng cân động, cần chọn các vị trí để tốc độ xe không hoặc gần như không thay đổi để bố trí thiết bị cân. Tận dụng vị trí các trạm thu phí, các trạm kiểm soát tải trọng trục của các cơ quan quản lý khai thác đường để bố trí vị trí đặt thiết bị và khảo sát tải trọng trục xe.

A.2.14 Kế hoạch điều tra, các biểu mẫu điều tra lưu lượng, thành phần và tải trọng trục xe được tư vấn thiết kế tham khảo các quy định, hướng dẫn hiện hành và được sự xem xét chấp thuận của Chủ đầu tư và Cơ quan quản lý chuyên ngành.

### **A.3 Ví dụ tính toán quy đổi về lưu lượng trục xe tính toán/ngày đêm/làn và tổng lượng trục xe tính toán trong thời kỳ**

Dựa vào kết quả điều tra giao thông như A.1 và A.2, có được lưu lượng, thành phần và tải trọng



trục của các xe trong dòng xe trong năm thứ nhất, ví dụ như trong 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.

**Bảng A.1 – Tải trọng trục và lưu lượng xe năm đầu tiên theo kết quả điều tra giao thông**

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)	Lưu 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.3.1 Tính số trục xe quy đổi về trục tiêu chuẩn 100 kN:

Việc tính toán quy đổi được thực hiện như Phần 7 theo biểu thức (1) và (2); cụ thể là:

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

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.

Lưu lượng trục xe tiêu chuẩn/ngày đêm cần được nhân với hệ số phân bố theo làn để có được lưu lượng trục tiêu chuẩn/ngày đêm/làn thiết kế. Trong trường hợp này, hệ số làn xe là 0,55 và lưu lượng là:  $1032 \cdot 0,55 = 568$  trục/ngày đêm/làn.

**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



**Bảng A.2 – Bảng tính số trục xe quy đổi về số trục tiêu chuẩn 100 kN**

Loại xe		P <sub>i</sub> (kN)	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	n <sub>i</sub>	C <sub>1</sub> .C <sub>2</sub> .n <sub>i</sub> .( $\frac{P_i}{100}$ ) <sup>4,4</sup>
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
<p>CHÚ THÍCH:</p> <p>* Tải trọng trục &lt; 25 kN (2.5 tấn) nên không xét đến khi quy đổi.</p> <p>** Khoảng cách các trục sau lớn hơn 3,0 m nên việc quy đổi được thực hiện riêng từng trục.</p>						

**A.4 Tính số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế**

A.4.1 Tính số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế N<sub>e</sub> theo công thức sau:

$$N_e = \sum_1^t N_i \tag{A.1}$$

Trong đó:

N<sub>i</sub> là số trục xe quy đổi về trục tiêu chuẩn ở năm i và t là thời hạn thiết kế

A.4.2 Trong trường hợp dự báo được tỷ lệ tăng trưởng lượng giao thông trung bình năm q, tính N<sub>e</sub> theo công thức:

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

Trong đó:

N<sub>1</sub> là số trục xe tiêu chuẩn trung bình ngày đêm của năm đầu đưa đường vào khai thác sử dụng, (trục/ngày đêm)

t là thời hạn thiết kế, (năm)

q là tỉ lệ tăng trưởng xe hàng năm

Trường hợp biết số trục dự báo ở năm cuối của thời hạn thiết kế N<sub>t</sub> (trục/ngày đêm) thì cũng có thể tính N<sub>e</sub> theo biểu thức (A.3):

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

Kết cấu áo đường được thiết kế cho làn xe, nên số N<sub>e</sub> sau khi được tính toán cần nhân với hệ số phân bố theo làn f<sub>L</sub> để có được tổng lưu lượng trục/làn tích lũy trong thời kì thiết kế.



A.4.3 Ví dụ: Với số liệu ở ví dụ A.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:

$$N_e = \frac{[(1+0,1)^{15}-1]}{0,1} \cdot 365.1032 = 11,97 \times 10^6 \text{ trục}$$

Nếu đường có 2 làn xe thì theo 7.8  $f_L = 0,55$  và ta có số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trên 1 làn xe là:  $6,582 \cdot 10^6$  trục.

**A.5 Cách xác định tải trọng trục tính toán của xe nặng (hoặc rơ moóc) có nhiều trục theo Phần 7**

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:

$$P_{tt} = P_n \cdot k_c \tag{A.4}$$

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 trực tiếp;

$k_c$  là hệ số xét đến ảnh hưởng của các trục khác được xác định theo biểu thức (A.5):

$$K_c = a - b\sqrt{L_m - c} \tag{A.5}$$

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

**CHÚ THÍCH:**

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

(Tham khảo)

### Các thông số tính toán của nền đường

#### 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, khuyến cáo điều tra độ ẩm tương đối  $W_{tn}/W_{nh}$  vào mùa bất lợi và độ chặt từng lớp 20 cm trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đường 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 mặt 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 đến dưới đáy phạm vi tác dụng của nền đường thỏa mãn điều kiện trong Bảng B.1. Đối với mực nước đọng thường xuyên không thỏa mãn, nếu không thỏa mãn điều kiện trong Bảng B.1, nhưng thời gian ngập trong một năm dưới 3 tháng, xem như nền đường loại I;
- Kết cấu áo đường phải có tầng mặt kín và lớp móng trên bằng vật liệu gia cố chất liên kết hoặc có lớp cải thiện nền theo khuyến nghị ở 4.4;
- Nền đất trong khu vực tác dụng phải đầm nén đạt yêu cầu ở Bảng 2 của TCVN 9436;
- 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.

<b>Bảng B.1 – Trạng thái ẩm tương ứng với khoảng cách từ mực nước ngầm hoặc mực nước đọng thường xuyên đến đáy khu vực tác dụng của nền đường</b>			
<b>Trạng thái ẩm</b>	<b>Khoảng cách từ mực nước ngầm đến đáy khu vực tác dụng của nền đường (h, m)</b>		
	<b>Đất cát</b>	<b>Đất sét</b>	<b>Đất bụi</b>
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

Loại II (ẩm vừa)

Kết cấu nền mặt đường loại này có chịu ảnh hưởng của một vài nguồn ẩm và không đạt được một trong các điều kiện như đối với loại I; chẳng hạn, khoảng cách h chỉ đạt được tương ứng trạng thái ẩm vừa ở Bảng B.1 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.2.

**Bảng B.2 – 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
1,00	0,60 ÷ 0,65	0,60 ÷ 0,64	0,60 ÷ 0,64
0,95	0,60 ÷ 0,70	0,60 ÷ 0,70	0,60 ÷ 0,70
0,90	0,70 ÷ 0,80	0,70 ÷ 0,80	0,70 ÷ 0,85

Loại III (quá ẩm)

Kết cấu nền mặt đường chịu nhiều ảnh hưởng của các nguồn ẩm. Cụ thể trong các trường hợp sau:

Nền đường đắp thấp, lè hẹp bằng đất đầm chặt kém, có nước ngập thường xuyên không thỏa mãn yêu cầu Bảng B.1. Mặt đường hở, móng là vật liệu hở, không gia cố (đá ba, đá dăm...).

Độ ẩm tính toán của nền đường loại III có thể lấy theo Bảng B.3.

**Bảng B.3 – 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.2 và B.3 là độ ẩm tương đối so với giới hạn chảy của đất xác định theo thí nghiệm.

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

Độ ẩm tính toán của đoạn nền đào nên hạ một cấp so với trị số độ ẩm điều tra xác định được (nếu điều tra xác định được tương ứng với loại I thì hạ xuống loại II, xác định được tương ứng loại II thì hạ xuống loại III) để thiết kế.

## **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  $\varphi$  tùy thuộc độ ẩm tương đối tính toán được cho ở Bảng B.4. Các giá trị trung gian có thể nội suy tuyến tính.



**Bảng B.4 – Các đặc trưng tính toán tham khảo của đất nền 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)
	$\varphi$ (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
	$\varphi$ (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
	$\varphi$ (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							
	$\varphi$ (độ)	35							
	c (MPa)	0,005							
Đất bazan Tây Nguyên	E (MPa)	51	44	40	25	23	21	16	
	$\varphi$ (độ)	17	12	14	8	11	9	7	
	c (MPa)	0,036	0,031	0,028	0,024	0,019	0,015	0,011	

**CHÚ THÍCH:**

1- Đối với đất lẫn 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,  $\varphi$  lấy tương ứng với loại đất không có sỏi sạn.

2- Các trị số trong bảng là tương ứng với điều kiện độ chặt tối thiểu K = 0,95 tương ứng với đầm nén tiêu chuẩn. Việc tăng, giảm độ chặt được xét đến khi xác định độ ẩm tính toán. Độ chặt đầm 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 loại I, loại II hay loại III.

3- Nếu cùng một trị số độ chặt nhưng đầm nén theo tiêu chuẩn cải tiến thì trị số E được tăng thêm 20% so với trị số E theo đầm nén tiêu chuẩn.

4- Phân loại đất trong Bảng B.4 sử dụng các tiêu chí như ở dưới đây:



**Bảng B.4 – Các đặc trưng tính toán tham khảo của đất nền 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 là loại đất có chỉ số dẻo từ 12 ÷ 27; - Á sét nhẹ có chỉ số dẻo từ 7 ÷ 12 và tỷ lệ hạt cát từ 2 ÷ 0,05 mm chiếm trên 40% khối lượng đất khô; - Á cát bụi nặng là loại có chỉ số dẻo 1 ÷ 7 và tỷ lệ cỡ hạt 2 ÷ 0,05 mm chiếm dưới 20%; - Á cát nhẹ có chỉ số dẻo 1 ÷ 7 và tỷ lệ cỡ hạt 2 ÷ 0,05 mm chiếm trên 50%; - Á cát là loại có chỉ số dẻo 1 ÷ 7; - Cát mịn là loại có chỉ số dẻo dưới 1 và cỡ hạt > 0,05 mm chiếm >75%.									

**B.3 Các tương quan thực nghiệm giữa mô đun đàn hồi vật liệu đất nền với chỉ số sức chịu tải CBR**

Có thể tham khảo các tương quan thực nghiệm giữa mô đun đàn hồi của đất nền đường  $E_0 = f(\text{CBR})$  dưới đây để xác định mô đun đàn hồi của đất nền đường từ trị số CBR đặc trưng của toàn khu vực tác dụng của nền đường.

1. Một số các quan hệ thực nghiệm được khuyến cáo

- Với các loại đất ( với hệ số xác định  $R^2 = 0,91$ )

$$E_0 = 7,93 \cdot \text{CBR}^{0,85} \quad (\text{MPa}); \tag{B.1}$$

- Với cát đắp (với hệ số xác định  $R^2 = 0,89$ )

$$E_0 = 4,68 \cdot \text{CBR} + 12,48 \quad (\text{MPa}); \tag{B.2}$$

Trong đó:

$E_0$  là trị số mô đun đàn hồi xác định bằng tấm ép đường kính 33 cm ở hiện trường, Mpa;

CBR là hệ số sức chịu tải của đất nền đường được xác định theo phiên bản cập nhật nhất của của TCVN và/hoặc của AASHTO, %.

**B.4 Xác định mô đun đàn hồi của đất nền**

B.4.1 Mô đun đàn hồi  $E_0$  của đất nền được xác định bằng thí nghiệm nén tấm ép tĩnh ngoài hiện trường, trên đoạn thử nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 8861.

B.4.2 Mô đun đàn hồi  $E_0$  của đất nền còn có thể xác định từ thí nghiệm nén hạn chế nở hông mẫu trong phòng đại diện cho các lớp đất nền đường.

B.4.3 Theo phương pháp này mẫu được chế bị trong khuôn Proctor loại lớn hoặc khuôn CBR (đường kính 152 mm) tương ứng với độ chặt thiết kế. Tấm ép có đường kính 50 mm. Tải trọng tác dụng lên mẫu qua tấm ép theo nguyên lý gia tải tĩnh bằng máy nén đa năng có thể giữ tải trọng không đổi tác dụng lên mẫu, đảm bảo áp lực qua tấm ép theo từng cấp, mỗi cấp 0,05 MPa bắt đầu từ 0,1 MPa đến cấp lớn nhất là  $p = 0,20 \div 0,25$  MPa. Sau mỗi cấp gia tải, chờ cho biến dạng dừng phát triển (tốc độ tăng biến dạng rất chậm, không quá 0,01 mm/phút), dỡ tải và chờ cho biến dạng dừng phát triển để ghi



giá trị biến dạng hồi phục. Trị số mô đun đàn hồi của mẫu đất được thí nghiệm được tính toán như sau:

$$E_{tn} = \frac{\pi p \cdot D(1-\mu^2)}{4l} \quad (\text{Mpa}) \quad (\text{B.3})$$

Trong đó:

$l$  là biến dạng hồi phục đo được tương ứng với áp lực lớn nhất (là  $p = 0,20 \text{ MPa} \div 0,25 \text{ MPa}$ ), mm;

$D$  là đường kính tấm ép, mm;

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

Trị số  $E_{tn}$  sử dụng cũng phải là kết quả trung bình của ít nhất 6 mẫu đã xử lý để đảm bảo độ chụm của các kết quả thí nghiệm.

Khi nền đường bao gồm nhiều lớp đất khác nhau, mô đun đàn hồi chung của nền đường được tính toán tương tự như cách tính toán chỉ số sức chịu tải của nền đường CBR trung bình theo công thức:

$$E_{tn} = \frac{30}{\frac{12}{E_{tn}^0} + \frac{9}{E_{tn}^1} + \frac{5}{E_{tn}^2} + \frac{3}{E_{tn}^3} + \frac{1}{E_{tn}^4}} \quad (\text{B.4})$$

Trong đó:

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

### B.5 Xác định các đặc trưng sức chống cắt của nền đất

B.5.1 Trị số lực dính  $C$  và góc ma sát  $\varphi$  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. Quy trình thí nghiệm và các xử lý số liệu thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 4199.

B.5.2 Các trị số lực dính  $C$  và góc ma sát  $\varphi$  của nền đất cũng có thể xác định bằng thí nghiệm nén ba trục theo tiêu chuẩn TCVN 8868.

### B.6 Xác định chỉ số sức chịu tải CBR và sức chịu tải trung bình CBR<sub>tb</sub> đặc trưng cho phạm vi khu vực tác dụng của nền đất

B.6.1 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 TCVN 12792 để đảm bảo các quy định ở (4.4, 5.9 và 5.10)

B.6.2 Sức chịu tải trung bình CBR<sub>tb</sub> đặc trưng cho cả phạm vi khu vực tác dụng của nền được xác định theo biểu thức B-1 dưới đây:

$$CBR_{tb} = \frac{\sum_1^n CBR_i \cdot h_i}{\sum_1^n h_i} \quad (\text{B.5})$$

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

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



$$\sum h_i = 100 \text{ cm.}$$

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 20 cm phía dưới; 20 cm 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.5 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 20 cm ( $h_i < 20$  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.5.



**Phụ lục C**

(Tham khảo)

**Xác định các đặc trưng tính toán của của vật liệu các 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 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 9.1.5. Ở Bảng C.1 là các trị số trung bình (tham khảo).

**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°C – 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. Hỗn hợp bê tông nhựa bán rỗng	1200 – 1600	320	250	1,2 ÷ 1,6
5. Bê tông nhựa 4,75 mm		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. Hỗn hợp đá, sỏi trộn nhựa lỏng	400 – 500	220 – 250		

**GHI CHÚ:**

- Các loại bê tông nhựa cho trong bảng đều tương ứng với trường hợp sử dụng nhựa đặc có độ kim lún  $\leq 90$ ; 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 7 cm 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 7 cm.
- Bê tông nhựa polime lấy giá trị tương ứng như bê tông nhựa nhưng ở ngưỡng giá trị cao trong Bảng C1.
- Bê tông nhựa rỗng thoát nước có chiều dày 4 – 6 cm khi đưa vào kiểm toán lấy giá trị tương ứng bê tông nhựa rỗng, giá trị cao trong Bảng C1.
- Đá dăm trong cột 1 được hiểu là đá cỡ hạt trên sàng 4,75 mm.

Về phương pháp thí nghiệm xác định các chỉ tiêu này ở trong phòng xem ở 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 tính toán trong Phần 9.

**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 $\phi^\circ$	Lực dính C (Mpa)	Ghi chú
Đá dăm, sỏi cuội có mặt vỡ gia cố xi măng: - Cường độ chịu nén ở tuổi 14 ngày $\geq 4$ MPa - Cường độ chịu nén ở tuổi 14 ngày $\geq 2$ MPa	600 – 800 400 – 500	0,8 – 0,9 0,5 – 0,6			– Cường độ chịu nén càng cao thì lấy trị số lớn. Cường độ chịu nén xác định theo TCVN 8858.
Đất có thành phần tốt nhất gia cố xi măng hoặc vôi 8 – 10% Cát và á cát gia cố xi măng: - Cường độ chịu nén 14 ngày tuổi $< 2$ Mpa - Cường độ chịu nén 14 ngày tuổi $\geq 2$ Mpa - Cường độ chịu nén 14 ngày tuổi $> 3$ Mpa Á sét gia cố xi măng hoặc vôi 8 – 10%	300–400 180 280 350 200–250	0,25–0,35 0,15–0,25 0,4–0,5 0,6–0,7 0,2–0,25			– Cường độ chịu nén càng cao thì lấy trị số lớn. – Cường độ chịu nén của cát gia cố theo TCVN 8858.
– Đá dăm nước – Cấp phối đá dăm loại I – Cấp phối đá dăm loại II	250 – 300 250 – 300 200 – 250				Độ cứng của đá càng cao thì lấy trị số lớn.
– Cấp phối thiên nhiên	150 – 200		40	0,02–0,05	Cấp phối phải phù hợp quy định ở –TCVN 8857. Loại A được lấy trị số cao nhất cho đến loại E lấy trị số nhỏ nhất.
Xỉ lò chất lượng đồng đều cấp phối tốt trộn lẫn đất +	200 – 250				Cỡ hạt lớn nhất càng lớn thì lấy



**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 $\phi^\circ$	Lực dính C (Mpa)	Ghi chú
cát.					trị số lớn hơn.
Xỉ lò ( không lẫn đất) có hoạt tính hoặc hoạt tính yếu	200–300				Xỉ hoạt tính cao lấy trị số lớn.

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

C.3.1 Ở bước thiết kế kỹ thuật – bản vẽ thi công, khi được yêu cầu bởi Chủ đầu tư và/hoặc Cơ quan quản lý Dự án, tư vấn thiết kế tiến hành thí nghiệm kiểm tra và lựa chọn giá trị các đặc trưng tính toán của vật liệu sử dụng chất kết dính.

C.3.2 Mô đun đàn hồi của lớp vật liệu có thể được xác định bằng thí nghiệm nén tấm ép cứng theo tiêu chuẩn TCVN 8861 trên máng vật liệu thử nghiệm. Máng vật liệu thử nghiệm là lớp vật liệu được thi công theo đúng yêu cầu thiết kế về loại và thành phần vật liệu, chất lượng vật liệu và chất lượng thi công. Kích thước của máng vật liệu bao gồm cả chiều dày phải đảm bảo  $\geq 3 \times 4$  lần đường kính tấm ép cứng (là 33 cm đối với vật liệu mặt đường).

C.3.3 Có thể xác định mô đun đàn hồi của các vật liệu gia cố chất liên kết (bao gồm cả bê tông nhựa) trong phòng thí nghiệm bằng cách nén dọc trục mẫu trụ tròn trong điều kiện cho nở hông tự do, sử dụng máy nén đa năng duy trì áp lực nén không đổi tác dụng lên mẫu. Trị số mô đun đàn hồi của vật liệu được tính theo trị số biến dạng đàn hồi L đo được tương ứng với tải trọng p (Mpa) theo công thức:

$$E = \frac{p \cdot H}{L} \quad (\text{MPa}) \quad (\text{C.1})$$

Trong đó:

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

D là đường kính mẫu (đường kính tấm ép)

H là chiều cao mẫu

P là lực tác dụng lên tấm ép (kN)

p – áp lực tác dụng lên tấm ép; khi thí nghiệm thường lấy  $p = 0,5 \text{ MPa}$  (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  $d_{\max}$  ( $D \geq 4d_{\max}$ ); Chiều cao mẫu có thể bằng hai hoặc bằng đường kính mẫu. Thường mẫu có kích thước như sau:

- Với bê tông nhựa  $D = 10 \text{ cm}$ ,  $H = 10 \text{ cm}$  (sai số  $\pm 0,2 \text{ cm}$ );
- Với đá sỏi gia cố  $D = 10 \text{ cm}$ ,  $H = 10 \text{ cm}$  (sai số  $\pm 0,2 \text{ cm}$ );
- Với đất, cát gia cố  $D = 5 \text{ cm}$ ,  $H = 5 \text{ cm}$  (sai số  $\pm 0,1 \text{ cm}$ ).

Mô đun đàn hồi của vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ được thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 9843.



C.3.4 Các mẫu phải được chế bị đúng với thực tế thi công về tỷ lệ các thành phần vật liệu, độ chặt, độ ẩm hoặc mẫu khoan từ vật liệu rải và lu lên từ đoạn thử nghiệm được thi công theo đúng thiết kế.

C.3.5 Mẫu đất gia cố chất liên kết vô cơ được chế bị ở độ chặt lớn nhất và độ ẩm tốt nhất. Mẫu vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ phải ủ mặt cưa ẩm hàng ngày có tưới nước bảo dưỡng cho đến trước thí nghiệm (28 và 90 ngày), trước khi ép phải bảo 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.

C.3.6 Mẫu bê tông nhựa được chế bị sử dụng đầm Marshall với qui trình đầm được điều chỉnh thích hợp để phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 8820. 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 9.1.5) trong 4,0 giờ trong tủ ổn nhiệt bằng không khí và tối thiểu 2,0 giờ trong bình ổn nhiệt bằng nước để đảm bảo toàn bộ mẫu đạt đến nhiệt độ mong muốn.

C.3.7 Thí nghiệm nén mẫu xác định mô đun đàn hồi được thực hiện bằng cách nén dọc trục theo chế độ gia tải 1 lần. Áp lực thí nghiệm (p) được đặt lên mẫu và tiếp tục duy trì mức áp lực không đổi, theo dõi biến dạng cho đến khi biến dạng được xem như ổn định, nghĩa là cho đến khi tốc độ biến dạng chỉ còn 0,01 mm/phút (trong 5 phút). Sau đó dỡ tải ra và đợi biến dạng phục hồi cũng đạt được ổn định được mô tả như trên thì mới đọc thiên phân kế để xác định trị số biến dạng đàn hồi L.

C.3.8 Đối với vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ thì trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm tính được theo công thức (C.1) phải giảm đi từ 2 ÷ 3 lần vì trên thực tế các vật liệu dễ dàng hình thành khe nứt làm giảm khả năng phân bố tải trọng và do điều kiện thi công thực tế không thể đảm bảo chất lượng vật liệu như mẫu được chế bị trong phòng.

C.3.9 Trong mọi trường hợp, với tất cả các vật liệu gia cố, không dùng trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm được nếu trị số này cao hơn trị số tham khảo tương ứng trong Bảng C.2. Nếu trị số thí nghiệm nhỏ hơn thì phải dùng trị số thí nghiệm.

C.3.10 Trong thí nghiệm nén mẫu vật liệu gia cố chất liên kết hữu cơ, nên dùng loại máy nén thủy lực có tốc độ gia tải nhanh (tạo tốc độ từ 50 mm/phút trở lên để nhiệt độ mẫu không bị giảm khi gia tải). Vật liệu gia cố chất liên kết vô cơ thì có thể dùng bất cứ loại máy nén nào.

C.3.11 Thử nghiệm trong phòng đối với mỗi loại vật liệu phải được tiến hành với tổ mẫu từ 3–6 mẫu (gia cố nhựa và bê tông nên làm 6 mẫu).

C.3.12 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 25 cm, rộng 30 cm và cao 35 cm với khoảng cách đặt gối 20 cm). Chế bị mẫu trong các khuôn có bề dày hơn 20 mm. 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  $\pm 2$  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 0,1 mm.

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 5 mm. 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 từ 2 mm/phút đến 4 mm/phút với đất, đá gia cố chất liên kết vô cơ và từ 100 mm/phút đến 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, N

L là khoảng cách giữa hai gối tựa, mm

b, h là chiều rộng và chiều cao mẫu, mm

$R_{ku}$ : cường độ chịu kéo khi uốn, MPa

C.3.13 Cường độ chịu kéo uốn cũng có thể được xác định gần đúng bằng phương pháp ép chẻ theo TCVN 8862 trên các mẫu trụ tròn đường kính d và chiều cao h.

Theo cách này, cường độ kéo uốn giới hạn được tính theo biểu thức sau:

$$R_{ku} = K_n.R_{kc} \quad (C.3)$$

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).

$R_{kc}$  là cường độ ép chẻ được xác định theo tiêu chuẩn theo công thức TCVN 8862, MPa:

$$R_{kc} = \frac{2P}{\pi HD} \quad (MPa) \quad (C.4)$$

Trong đó:

P là tải trọng khi phá hủy mẫu hình trụ, N;

H – Chiều cao của mẫu hình trụ (chiều dài đường sinh), mm;

D – Đường kính đáy mẫu hình trụ, mm;

$\pi = 3,1416$

#### **C.4 Thí nghiệm xác định đặc trưng tính toán của vật liệu hạt không sử dụng chất liên kết (cấp phối đá dăm, cấp phối thiên nhiên...)**

C.4.1 Ở bước thiết kế kỹ thuật – bản vẽ thi công, khi được yêu cầu bởi Chủ đầu tư và/hoặc Cơ quan quản lý Dự án, tư vấn thiết kế tiến hành thí nghiệm kiểm tra và lựa chọn giá trị các đặc trưng tính toán của lớp vật liệu hạt không sử dụng chất kết dính.

C.4.2 Mô đun đàn hồi của lớp vật liệu có thể được xác định bằng thí nghiệm nén tấm ép cứng theo tiêu chuẩn TCVN 8861 trên máng vật liệu thử nghiệm. Máng vật liệu thử nghiệm là lớp vật liệu được thi công theo đúng yêu cầu thiết kế về loại và thành phần vật liệu, chất lượng vật liệu và chất lượng thi công. Kích thước của máng vật liệu bao gồm cả chiều dày phải đảm bảo  $\geq 3 \div 4$  lần đường kính tấm ép cứng (là 33 cm đối với vật liệu mặt đường).

C.4.3 Mô đun đàn hồi của vật liệu hạt không sử dụng chất kết dính còn có thể xác định từ thí nghiệm nén hạn chế nở hông mẫu trong phòng đại diện vật liệu sử dụng ngoài hiện trường.



C.4.4 Theo phương pháp này mẫu được chế bị trong khuôn Proctor loại lớn hoặc khuôn CBR (đường kính 152 mm) tương ứng với độ chặt thiết kế. Tấm ép có đường kính 50 mm. Tải trọng tác dụng lên mẫu qua tấm ép theo nguyên lý gia tải tĩnh bằng máy nén đa năng có thể giữ tải trọng không đổi tác dụng lên mẫu, đảm bảo áp lực qua tấm ép theo từng cấp, mỗi cấp 0,05 MPa bắt đầu từ 0,2 MPa đến cấp lớn nhất là  $p = 0,5$  MPa. Sau mỗi cấp gia tải, chờ cho biến dạng dừng phát triển (tốc độ tăng biến dạng rất chậm, không quá 0,01 mm/phút), dỡ tải và chờ cho biến dạng dừng phát triển để ghi giá trị biến dạng hồi phục. Trị số mô đun đàn hồi của mẫu đất được thí nghiệm được tính toán như sau:

$$E_{tn} = \frac{\pi p \cdot D(1-\mu^2)}{4l} \quad (\text{Mpa}) \quad (\text{C.5})$$

Trong đó:

$l$  là biến dạng hồi phục đo được tương ứng với áp lực lớn nhất (là  $p = 0,5$  MPa), mm;

$D$ : là đường kính tấm ép, mm;

$\mu$ : hệ số Poisson, với vật liệu mặt đường  $\mu = 0,30$ .

Trị số  $E_{tn}$  sử dụng cũng phải là kết quả trung bình của ít nhất 6 mẫu đã xử lý để đảm bảo độ chụm của các kết quả thí nghiệm.

C.4.5 Trị số lực dính  $C$  và góc ma sát  $\varphi$  của cấp phối tự nhiên có thể 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. Quy trình thí nghiệm và các xử lý số liệu thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 4199 hoặc thí nghiệm nén ba trục theo tiêu chuẩn TCVN 8868.

C.4.6 Khi thực hiện thí nghiệm để xác định các tham số tính toán cho vật liệu lớp mặt đường, các kết quả sau xử lý được so sánh với giá trị tham khảo trong các bảng tương ứng (C.1 và C.2). Giá trị nhỏ hơn sẽ được lựa chọn cho tham số tính toán vật liệu lớp mặt đường.



**Phụ lục D**

(Tham khảo)

**Các ví dụ tính toán**

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

D.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 D.1 với quy luật tăng trưởng xe trung bình năm  $q = 6\%$  năm.

**Bảng D.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

D.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 7.9  $f_L = 0,35$

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:



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

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 TCVN 8858 bằng 4 MPa và móng dưới bằng cấp phối đá dăm loại I theo TCVN 8859.
- Tầng mặt bằng 2 lớp bê tông nhựa chặt theo TCVN 8819, tổng bề dày tối thiểu của tầng mặt đặt trên lớp móng gia cố xi măng tối thiểu phải là 14 cm và không nhỏ hơn bề dày lớp móng gia cố xi măng.
- Chiều dày lớp móng gia cố xi măng lấy lớn hơn trị số tối thiểu (bằng 3 lần đường kính hạt cốt liệu lớn nhất).
- Các đặc trưng tính toán của nền đất và các lớp vật liệu xác định theo chỉ dẫn được tập hợp ở Bảng D.2 cùng với cấu tạo kết cấu dự kiến.

**Bảng D.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 <sub>ku</sub> (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 0,55		46				0,038	27
- 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 19, đá dăm ≥ 35% (lớp dưới)	8	350	250	1600	2,0		
- Bê tông nhựa chặt 12,5, đá dăm ≥ 50% (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 (5):

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

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



Bảng D.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	$300/250=1,200$	17	$17/18 = 0,944$	35	274
- Đá gia cố xi măng	600	$600/274=2,194$	14	$14/35=0,400$	49	350
- Bê tông nhựa lớp dưới	350	$350/358=0,978$	8	$8/49=0,163$	57	350
- Bê tông nhựa lớp trên	420	$420/357=1,177$	6	$6/57=0,105$	63	356,3

b/ Xét đến hệ số điều chỉnh  $\beta = 1,114 \cdot (H/D)^{0,12}$  Với  $H/D = 63/33 = 1,909$

Tra Bảng 11 ta có  $\beta=1,206$ . 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  $E_{tb}^{dc} = \beta \cdot E_{tb}' = 1,208 \times 356,3 = 429,69(\text{Mpa})$

c/ Tính  $E_{ch}$  của cả kết cấu: sử dụng toán đồ Hình 2

$$H/D = 63/33 = 1,909; E_o/E_{tb}^{dc} = 46/429,69 = 0,107$$

Từ 2 tỷ số trên tra toán đồ Hình 2 được  $E_{ch}/E_1 = 0,510$ ; Vậy  $E_{ch} = 429,69 \times 0,510 = 219,1 \text{ Mpa}$

d/ Nghiệm lại điều kiện (4); 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 573 trục/ làn.ngày đêm nên tra Bảng 9 (nội suy giữa  $N_{tt} = 500$  và  $N_{tt} = 1000$ ) tìm được  $E_{yc} = 180 \text{ Mpa}$  (lớn hơn  $E_{yc}$  tối thiểu với đường cấp II theo Bảng 11 là 160 MPa) do vậy lấy  $E_{yc} = 180 \text{ MPa}$  để kiểm toán.

- Đường cấp II, 4 làn xe, mặt đường cấp cao A1 nên theo Bảng 8, chọn độ tin cậy thiết kế là 0,95, xác định được  $K_{cd}^{dv} = 1,17$  và  $K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc} = 1,17 \times 180 = 210,6 \text{ MPa}$

Kết quả nghiệm toán:

$$E_{ch} = 217,7 > K_{cd}^{dv} \cdot E_{yc} = 210,6 \text{ MPa}$$

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 D.4



Bảng D.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	$300/250=1,200$	17	$17/18=0,944$	35	274
- Đá gia cố xi măng	600	$600/274=2,189$	14	$14/35=0,400$	49	350
- Bê tông nhựa lớp dưới	250	$250/300 =0,714$	8	$6/57=0,163$	57	334,6
- Bê tông nhựa lớp trên	300	$300/334,6=0,897$	6	$6/57=0,105$	63	331,2

- Xét đến hệ số điều chỉnh  $\beta = 1,114.(H/D)^{0,12}$  Với  $H/D = 63/33 = 1,909$ , tương tự như tính ở 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  $T_{ax}$ :

$$H/D = 63/33 = 1,909; E_1/E_2 = E_{tb}/E_o = 399,4/46 = 8,68;$$

Theo biểu đồ Hình 5, với góc nội ma sát của đất nền  $\varphi = 27^\circ$  ta tra được  $T_{ax}/p = 0,0107$ . Vì áp lực trên mặt đường của bánh xe tiêu chuẩn tính toán  $p = 6 \text{ daN/cm}^2 = 0,6$  MPa

$$T_{ax} = 0,0107 \times 0,6 = 0,0064 \text{ MPa}$$

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 6 ta được  $T_{av} = -0,0019$  MPa

d/ Xác định trị số  $C_{tt}$  theo:

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

- Theo Bảng D.2:  $C = 0,038$  MPa

- Theo 9.3.4 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)

$$\text{Vậy } C_{tt} = 0,038 \times 0,6 \times 0,8 \times 1,5 = 0,027 \text{ MPa}$$

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

Với đường cấp II, độ tin cậy lấy 0,95 do vậy theo Bảng 8  $K_{cd}^{tr} = 1,0$  và với các trị số  $T_{ax}$  và  $T_{av}$  tính được ở trên ta có:

$$T_{ax} + T_{av} = 0,0064 - 0,0019 = 0,0045 \text{ MPa}$$

$$C_{tt}/K_{cd}^{tr} = 0,027/1,0 = 0,027 \text{ Mpa}$$

Kết quả kiểm toán cho thấy  $0,0045 < 0,027$  nên điều kiện (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 (9-7):



- 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  $E_{tb}' = 350 \text{ MPa}$  (theo kết quả đã tính ở Bảng D –5) với bề dày 3 lớp này là  $H'= 18+17+14 = 49 \text{ cm}$

Xét đến hệ số điều chỉnh  $\beta$ :

với  $H'/D = 49/33 = 1,485$  , tra Bảng 11 ta được  $\beta = 1,175$ ,  $E_{tb}^{dc} = 1,175 \cdot 350 = 411,25 \text{ MPa}$

Với  $E_{nen}/ E_{tb}^{dc} = 46/411,2 = 0,112$  tra toán đồ Hình 2 được  $E_{chm}/ E_{tb}^{dc} = 0,455$ .

Vậy được:

$$E_{chm} = 411,25 \times 0,46 = 187,1 \text{ MPa}$$

Tìm  $\overline{\sigma}_{ku}$  ở đáy lớp bê tông nhựa lớp dưới bằng cách tra toán đồ Hình 7 với:

$$H_1/D = 14/33 = 0,424 ; E_1/E_{chm} = 1686/187,1 = 9,01$$

Kết quả tra toán đồ được  $\overline{\sigma}_{ku} = 1,59$  và với  $p = 0,6 \text{ MPa}$ , ta có:

$$\sigma_{ku} = 1,59 \times 0,6 \times 0,85 = 0,811 \text{ MPa}$$

- 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 D.5:

**Bảng D.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	$300/250=1,200$	17	$17/18=0,944$	35	274
- Đá gia cố xi măng	600	$600/274=2,189$	14	$14/35=0,400$	49	350
- Bê tông nhựa lớp dưới	1600	$1600/350=4,571$	8	$8/49=0,163$	57	456,3

Xét đến hệ số điều chỉnh;  $\beta = f(H/D=57/33=1,727)$  ta có

$$E_{tb}^{dc} = 456,3 \times 1,196 = 545,8 \text{ MPa}$$

Áp dụng toán đồ Hình 2 để tìm Mô đun đàn hồi ở đáy lớp bê tông nhựa hạt nhỏ:

Với  $H/D = 57/33 = 1,727$  và  $E_{nen}/ E_{tb}^{dc} = 46/545,8=0,84$

Tra toán đồ Hình 2 ta được  $E_{chm}/ E_{tb}^{dc} = 0,44$ . Vậy có  $E_{chm} = 0,44 \times 545,8 = 240,2 \text{ MPa}$

Tìm  $\overline{\sigma}_{ku}$  ở đáy lớp bê tông nhựa lớp trên bằng cách tra toán đồ Hình 7 với

$$H_1/D = 6/33 = 0,182; E_1/E_{chm} = 1800/240,2=7,49$$

Kết quả tra toán đồ được  $\overline{\sigma_{ku}} = 1,95$  và với  $p = 0,6$  MPa

Ta có:

$$\overline{\sigma_{ku}} = 1,95 \times 0,6 \times 0,85 = 0,994 \text{ MPa}$$

b/ Kiểm toán theo tiêu chuẩn chịu kéo uốn ở đáy các lớp bê tông nhựa theo biểu thức (9):

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

$$k_1 = 11,11 / N_e^{0,22} = 11,11 / 2,16 \times 10^6 = 0,449$$

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 (9) với hệ số  $K_{cd}^{ku} = 1,0$  lấy theo Bảng 8 cho trường hợp đường cấp II ứng với độ tin cậy 0,95.

- Với lớp bê tông nhựa lớp dưới

$$\sigma_{ku} = 0,811 \text{ MPa} < 0,898 / 1 = 0,898 \text{ MPa}$$

- Với lớp bê tông nhựa lớp trên

$$\sigma_{ku} = 0,994 \text{ MPa} < 1,251 / 1 = 1,251 \text{ MPa}$$

Vậy kết cấu thiết kế dự kiến đạt được điều kiện (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.

- Đãi 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 D.5 có  $E_{tb}' = 274$  và  $H_{tb} = 35$  cm (của 2 lớp cấp phối đá dăm). Xét thêm hệ số điều chỉnh  $\beta = f(H/D = 35/33 = 1,061)$  ta có

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

Tra toán đồ Hình 2 để tìm  $E_{chm}$  với

$$H/D = 35/33 = 1,061 \text{ và } E_{nen} / E_{tb}^{dc} = 46/305,25 = 0,151$$

Tra toán đồ Hình 2 ta được  $E_{chm} / E_{tb}^{dc} = 0,43$  Vậy có

$$E_{chm} = 0,43 \times 305,25 = 130,3 \text{ MPa}$$

Tìm  $\overline{\sigma_{ku}}$  ở đáy lớp gia cố xi măng bằng cách tra toán đồ Hình 7 với

$$H_1/D = 28/33 = 0,848 ; E_1/E_2 = 1686/600 = 2,81 \text{ và } E_2/E_{chm} = 600/130,3 = 4,60$$



Kết quả tra toán đồ được  $\overline{\sigma_{ku}} = 0,352$

– Với  $p = 0,6$  MPa, tính ứng suất kéo uốn lớn nhất phát sinh ở đáy lớp đá gia cố xi măng theo biểu thức (10):

$$\sigma_{ku} = 0,35 \times 0,6 \times 0,85 = 0,1793 \text{ MPa}$$

- Kiểm toán theo điều kiện (11) với  $R_{tt}^{ku}$  xác định theo (14) và hệ số cường độ  $K_{cd}^{ku} = 1,0$  (Bảng 8)

Xác định được  $k_1 = 2,86 / (2,16 \times 10^6)^{0,11} = 0,575$  (công thức 14) 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  $\sigma_{ku} = 0,1793 < 0,46 / 1 = 0,46$ , 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.

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

### D.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).

### D.2.2 Trình tự tính toán thiết kế

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

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

Vì đường thiết kế có 2 làn xe nên theo 6.9 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 2 cm (theo TCVN 8863), lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm loại I dày 16 cm và tầng móng dưới bằng cấp phối thiên nhiên loại A theo quy trình TCVN 8857 dày 34 cm.

Các đặc trưng tính toán của nền đất và các lớp vật liệu được tập hợp ở Bảng D.6 dưới đây:

**Bảng D.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)	$\phi$ (độ)
		Tính về độ võng	Tính về trượt		
- Đất nền á cát, $a=0,55$ , $k=1,00$		46	46	0,038	27

**Bảng D.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		
- Cấp phối thiên nhiên loại A	34	200	200	0,050	40
- Cấp phối đá dăm loại I	16	300	300		

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

a/ Đối tầng 2 lớp một từ dưới lên theo biểu thức (5)

$$E'_{tb} = E_1 \left[ \frac{1+k \cdot t^{1/3}}{1+k} \right]^3 \text{ và được liệt kê ở Bảng D.7}$$

**Bảng D.7 – Tính đối 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  $\beta = f(H/D=50/33=1,18)$  ta có

$$E_{tb}^{dc} = 229 \times 1,18 = 270 \text{ MPa}$$

c/ Tính mô đun đàn hồi chung  $E_{ch}$  của cả kết cấu bằng cách sử dụng toán đồ Hình 2:

$$H/D = 50/33 = 1,515 \text{ và } E_o / E_{tb}^{dc} = 46/270,0 = 0,170$$

Tra toán đồ Hình 2 được  $E_{ch}/E_1 = 0,55$ . Vậy  $E_{ch} = 0,55 \times 270 = 149,4 \text{ MPa}$

d/ Theo 9.2.1, nghiệm lại điều kiện (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 9 được  $E_{yc} = 125 \text{ MPa}$  (nội suy giữa  $N_{tt} = 100$  và  $N_{tt} = 200$  tương ứng với tầng mặt cấp cao A2). Trị số này lớn hơn  $E_{yc}$  tối thiểu ở Bảng 11 ( $E_{yc}^{toihieu} = 100 \text{ MPa}$ ). Vậy lấy  $E_{yc} = 125 \text{ MPa}$  để kiểm toán.

- Với đường cấp IV, 2 làn xe, mặt đường cấp cao A2 nên theo Bảng 8, chọn độ tin cậy là 0,90, xác định được  $K_{cd} = 1,1$ .



Vậy kết quả kiểm toán là:

$$E_{ch} = 149,4 > 1,1 \times 125 = 137,5$$

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.

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

Theo kết quả tính ở Bảng D.7, sơ đồ tính đã được đưa về bài toán 2 lớp với lớp trên có  $E_{tb}^{dc} = 270$  MPa và dày 50 cm trên nền đất có  $E_o = 46$  MPa,  $c = 0,038$  MPa và  $\varphi = 27^\circ$ . 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 5 có:

$$H/D = 50/33 = 1,515 \text{ và } E_1/E_2 = E_{tb}^{dc}/E_o = 270,0/46 = 5,87;$$

Vậy tra toán đồ Hình 5 được:

$$T_{ax}/p = 0,021$$

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 6 với  $\varphi = 27^\circ$  và  $H = 50$  cm, ta được:

$$T_{av} = - 0,0015 \text{ MPa}$$

c/ Xác định trị số  $C_{tt}$

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

- Theo Bảng D.6 đất nền có  $c = 0,038$  MPa

- Theo 9.3.4 có  $k_1 = 0,6$ ,  $k_2 = 0,8$  và  $k_3 = 1,5$ .

Vậy  $C_{tt} = 0,038 \times 0,6 \times 0,8 \times 1,5 = 0,027$  MPa

d/ Kiểm toán lại điều kiện tính toán cường độ theo tiêu chuẩn chịu cắt trượt trong nền đất:

- Với đường cấp IV, yêu cầu độ tin cậy thiết kế lấy 0,90; từ đó theo Bảng 8 tìm được hệ số cường độ về cắt trượt tương ứng là  $K_{cd}^{ku} = 0,94$  và với các trị số  $T_{ax}$  và  $T_{av}$  tính được ở trên ta có:

$$T_{ax} + T_{av} = 0,0126 - 0,0015 = 0,0111 \text{ MPa nhỏ hơn } 0,027/0,94 = 0,0291$$

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

– Với  $h_1/D = 34/33 = 1,03$  và  $E_o/E_1 = 46/200 = 0,23$

Tra toán đồ Hình 2 được  $E_{ch}'/E_1 = 0,52$

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

- Xét đến hệ số điều chỉnh  $\beta = f(H/D = 34/33 = 1,03)$  do đó  $\beta = 1,11$ .

Vậy  $E_{ch,m} = \beta.E_{ch}' = 1,11 \times 104 = 115,5$  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 4 gồm lớp trên là lớp cấp phối đá dăm có  $E_1=300$  MPa dày 16 cm, phía dưới là lớp bán không gian có  $E_2=116,1$  MPa,  $c=0,05$  MPa và  $\varphi = 40^\circ$ . Do vậy với  $\varphi = 40^\circ$ ,  $H/D=16/33 = 0,485$  và  $E_1/E_2=300/116,1=2,59$  tra toán đồ Hình 4 được  $T_{ax}/p = 0,065$ ; và từ đó tìm được  $T_{ax} = 0,065 \times 0,6 = 0,0390$  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 6 được  $T_{av} = -0,0013$  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:  $C_{tt}= 0,05 \times 0,6 \times 0,8 \times 1,5 = 0,036$  MPa

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

Với đường cấp IV, yêu cầu độ tin cậy thiết kế lấy 0,90; từ đó theo Bảng 8 tìm được hệ số cường độ về cắt trượt tương ứng là  $K_{cd}^{ku} = 0,94$  và với các trị số  $T_{ax}$  và  $T_{av}$  tính được ở trên ta có:

$$T_{ax} + T_{av} = 0,0390 - 0,0013 = 0,0377 \text{ MPa nhỏ hơn } 0,036/0,94 = 0,0383 \text{ Mpa.}$$

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 E**

(Tham khảo)

**Biểu thức giải tích gần đúng tính mô đun đàn hồi  $E_{ch}$  và ứng suất kéo uốn  $\bar{\sigma}_{ku}$  của hệ hai lớp**

**E.1 Biểu thức giải tích gần đúng tính mô đun đàn hồi  $E_{ch}$**

E.1.1 Công thức gần đúng

Toán đồ Hình 2 có thể được thể hiện gần đúng bằng công thức Bacberơ tính mô đun đàn hồi chung  $E_{ch}$  của hệ bán không gian đàn hồi 2 lớp như dưới đây:

$$E_{ch} = \frac{1,05 \cdot E_0}{\frac{1 + \frac{E_0}{E_1}}{\sqrt{1 + 4 \left(\frac{H}{D}\right)^2 \left(\frac{E_0}{E_1}\right)^{-0,67} + \frac{E_0}{E_1}}}} \quad (E.1)$$

Các ký hiệu trong công thức này chính là các ký hiệu ở sơ đồ tính của toán đồ Hình 2.

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.

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

Theo các kết quả tính thử thì công thức E.1 cho kết quả tính Ech của hệ hai lớp sai khác với kết quả tra toán đồ Hình 2 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 2. Chỉ trong trường hợp kết cấu áo đường có chiều dày lớn ( $H/D > 2$ ) thì được dùng công thức E.1.

Muốn biết Ech tính theo công thức E.1 có xu hướng nhỏ hơn hay lớn hơn trị số Ech tra theo toán đồ ta có thể vừa tính thử theo E.1 vừa tra toán đồ Hình 2 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  $E_{ch}/E_1 = 0,49$  trong khi tính theo E.1 được  $E_{ch}/E_1 = 0,450$ , tức là Ech tính theo công thức cho kết quả nhỏ hơn theo toán đồ gần 8%.

**E.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 7 và Hình 8.

E.2.1 Tính ứng suất kéo uốn đơn vị cho các lớp của tầng mặt (mô tả gần đúng toán đồ Hình 7)

$$\bar{\sigma}_{ku} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{h_1}{D} \cdot \frac{E_1}{E_{ch.m}} \cdot \left(1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{h_{td}}{D}\right) \cdot \operatorname{arctg}^2 \frac{D}{h_{td}} \quad (E.2)$$

Các ký hiệu trong (E.2) có ý nghĩa như ở 9.4.2 và như ở sơ đồ tính toán trên toán đồ Hình 7. Riêng ký

hiệu  $h_{td}$  được tính theo công thức (E.3):

$$h_{td} = 1,1 \cdot h_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_{ch.m}}} \quad (E.3)$$

E.2.2 Tính ứng suất kéo uốn đơn vị  $\bar{\sigma}_{ku}$  đối với các lớp móng bằng vật liệu liền khối (mô tả gần đúng toán đồ Hình 8)

$$\bar{\sigma}_{ku} = \frac{\left[ 1,29 \left( \frac{E_1}{E_2} \right)^{-0,185} \cdot \frac{D}{h} \right] - 0,203 \frac{E_2}{E_1} - 0,283}{9,3 \cdot \frac{E_3}{E_2} + 0,83} \quad (E.4)$$

Các ký hiệu trong (E.4) có ý nghĩa như đã nêu ở sơ đồ tính toán trên toán đồ Hình 8.

Khi sử dụng các biểu thức (E.2) và (E.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.



**Phụ lục F**

(Tham khảo)

**Bề dày tối thiểu của tầng mặt cấp cao A1****Bảng F.1 – 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)
$< 0,1 \times 10^6$	6 (5)
$\geq 0,1 \times 10^6$	7 (5)
$\geq 0,5 \times 10^6$	8 (5)
$\geq 1 \times 10^6$	9 (5)
$\geq 2 \times 10^6$	10 (5)
$\geq 4 \times 10^6$	12,5 (7,5)
$\geq 6 \times 10^6$	15,0 (10)
$\geq 9 \times 10^6$	20,0 (10)

**CHÚ THÍCH:**

- Không nên bố trí bề dày tầng mặt chỉ bằng một lớp bê tông nhựa dày dưới 7 cm;
- 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 10 cm thì bề dày tối thiểu của tầng mặt được giảm đến trị số quy định để ở trong ngoặc ở Bảng F.1;
- Tính trị số trục xe tiêu chuẩn tích lũy có thể tham khảo các chỉ dẫn ở Phụ lục A.