

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TỔNG CỤC ĐƯỜNG BỘ VIỆT NAM



TCCS 37 : 2022/TCĐBVN

Xuất bản lần 1

**ÁO ĐƯỜNG MỀM – YÊU CẦU VÀ CHỈ DẪN THIẾT KẾ
THEO CHỈ SỐ KẾT CẤU (SN)**

*Specifications and Guidelines for Flexible Pavement Design on the
Structural Number (SN)*



HÀ NỘI – 2022

TCCS

TIÊU CHUẨN CƠ SỞ

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



TCCS 37 : 2022/TCĐBVN

Xuất bản lần 1

**ÁO ĐƯỜNG MỀM – YÊU CẦU VÀ CHỈ DẪN THIẾT KẾ
THEO CHỈ SỐ KẾT CẤU (SN)**

*Specifications and Guidelines for Flexible Pavement Design on the
Structural Number (SN)*

HÀ NỘI – 2022

MỤC LỤC

Lời nói đầu.....	5
1 Phạm vi áp dụng.....	6
2 Tài liệu viện dẫn.....	6
3 Thuật ngữ, định nghĩa và các chữ viết tắt.....	8
4 Quy định chung.....	14
5 Thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường mềm.....	14
6 Thiết kế kết cấu áo đường mềm được xây dựng mới – Tính toán xác định chỉ số kết cấu (SN) và chiều dày các lớp (D_i)	33
7 Thiết kế tăng cường áo đường cũ – Tính chiều dày lớp phủ tăng cường	56
8 Thiết kế kết cấu áo đường mềm khi lưu lượng xe thấp.....	66
9 Phân tích hiệu quả kinh tế các phương án kết cấu áo đường	75
Phụ lục A (Tham khảo) Bảng chuyển đổi từ các đơn vị đo dùng trong hệ thống đo lường của Hoa Kỳ (mà trong tiêu chuẩn này có sử dụng) sang hệ thống đo quốc tế SI	83
Phụ lục B (Quy định) Các bảng dùng để chuyển đổi lưu lượng xe hỗn hợp ra tổng số trục đơn tương đương 80 kN dùng trong thiết kế áo đường mềm	84
Phụ lục C (Quy định) Xác định mô đun đàn hồi của đất nền (M_R) bằng thí nghiệm các mẫu đất ở trong phòng thí nghiệm và xác định mô đun đàn hồi của vật liệu hạt (cấp phối đá) dùng làm lớp móng trên và móng dưới bằng thí nghiệm các mẫu cấp phối đá ở trong phòng thí nghiệm	100
Phụ lục D (Quy định) Xác định mô đun đàn hồi của đất nền đường M_R và mô đun đàn hồi E_p của kết cấu áo đường nằm phía trên lớp đất nền đường bằng phương pháp đo độ võng khi dùng thiết bị FWD (phương pháp thí nghiệm không phá hoại NDT)	115
Phụ lục E (Quy định) Các thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý chính của vật liệu các lớp áo đường bằng bê tông nhựa và các lớp móng bằng cấp phối vật liệu hạt có gia cố với xi măng	125
Phụ lục F (Tham khảo) Các ví dụ thiết kế áo đường mềm.....	130
Phụ lục G (Tham khảo) Giải gần đúng phương trình xác định SN và các phương trình hồi quy xác định hệ số lớp của nền đường, lớp móng dưới, lớp móng trên.....	156
Phụ lục H (Quy định) Tóm tắt danh mục đánh giá áo đường	158
Phụ lục I (Quy định) Hướng dẫn thu thập số liệu hiện trường cho công tác cải tạo áo đường	162

Phụ lục K (Tham khảo) Các phương pháp cải tạo không dùng lớp phủ	175
Phụ lục L (Tham khảo) Các bản vẽ cấu tạo hệ thống thoát nước kết cấu áo đường mềm.....	184
Phụ lục M (Tham khảo) Mối quan hệ giữa CBR và M_R đã được công bố	190
Phụ lục N (Tham khảo) Hướng dẫn xác định thời đoạn các mùa trong năm (theo tình hình mưa) tại các vùng ở Việt Nam, dùng trong khi tiến hành xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu M_R của đất nền đường	193
Phụ lục O (Tham khảo) Một số kết quả thực nghiệm hệ số lớp ai của bê tông nhựa được thực hiện gần đây ở Việt Nam	195
Thư mục tài liệu tham khảo	196

Lời nói đầu

TCCS 37 : 2022/TCĐBVN xây dựng trên cơ sở tham khảo AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993 và tiêu chuẩn 22 TCN 274-01.

TCCS 37 : 2022/TCĐBVN do Tổng cục Đường bộ Việt Nam biên soạn, Bộ Giao thông vận tải thẩm định và giao Tổng cục Đường bộ Việt Nam công bố.

Thông tin liên hệ:

Tổng cục Đường bộ Việt Nam.

Vụ Khoa học công nghệ, Môi trường và Hợp tác quốc tế.

Điện thoại: 024.38571647;

Email: khcn-htqt.drvn@mt.gov.vn; Website: <https://www.drvn.gov.vn>

Áo đường mềm – Yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN)

Specification and Guidelines for Flexible Pavement Design on the Structural Number (SN)



1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về thiết kế cấu tạo và tính toán chiều dày các lớp kết cấu áo đường mềm theo chỉ số kết cấu (SN) cho đường ô tô cao tốc, đường ô tô các cấp hạng khác nhau, đường đô thị, trong trường hợp áo đường làm mới và trường hợp cải tạo, gia cường áo đường cũ.

1.2 Thiết kế chiều dày các lớp áo đường mềm cho đường có lưu lượng xe thấp được tiến hành theo Bảng tra lập sẵn trong Điều 8 của tiêu chuẩn này.

1.3 Khi áp dụng tiêu chuẩn này đồng thời phải tuân thủ các yêu cầu về vật liệu trong các tiêu chuẩn về công nghệ thi công và nghiệm thu đối với mỗi loại lớp kết cấu áo đường bằng vật liệu khác nhau.

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 : 2005	Đường ô tô – Yêu cầu thiết kế
TCVN 5729 : 2012	Đường ô tô cao tốc – Yêu cầu thiết kế
TCVN 8809 : 2011	Mặt đường đá dăm thấm nhập nhựa – Thi công và nghiệm thu
TCVN 8819	Mặt đường bê tông nhựa nóng – Yêu cầu thi công và nghiệm thu
TCVN 8857 : 2011	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 : 2011	Lớp móng cấp phối đá dăm trong kết cấu áo đường ô tô – Vật liệu, thi

công và nghiệm thu

TCVN 8860-1 : 2011	<i>Bê tông nhựa – Phương pháp thử</i>
TCVN 8863 : 2011	<i>Mặt đường láng nhựa nóng – Thi công và nghiệm thu</i>
TCVN 9436 : 2012	<i>Nền đường ô tô – Thi công và nghiệm thu</i>
TCVN 9504 : 2012	<i>Lớp kết cấu áo đường đá dăm nước – Thi công và nghiệm thu</i>
TCVN 10186 : 2014	<i>Móng cát gia cố xi măng trong kết cấu áo đường ô tô – Thi công và nghiệm thu</i>
TCVN 10379 : 2014	<i>Gia cố đất bằng chất kết dính vô cơ, hoá chất hoặc gia cố tổng hợp, sử dụng trong xây dựng đường bộ – Thi công và nghiệm thu</i>
TCVN 12759-1 : 2020	<i>Bê tông nhựa tạo nhám – Thi công và nghiệm thu. Phần 1: Lớp phủ siêu mỏng tạo nhám.</i>
TCVN 12759-2 : 2020	<i>Bê tông nhựa tạo nhám – Thi công và nghiệm thu. Phần 2: Lớp phủ mỏng tạo nhám.</i>
TCVN 12790 : 2020	<i>Đất, đá dăm dùng trong công trình giao thông – Đảm nén Proctor</i>
TCVN 12792 : 2020	<i>Vật liệu nền, móng mặt đường – Phương pháp xác định tỷ số CBR trong phòng thí nghiệm</i>
TCVN 12818 : 2019	<i>Hỗn hợp bê tông nhựa nóng – Thiết kế theo đặc tính thể tích Superpave</i>
TCVN 13048 : 2020	<i>Lớp mặt bê tông nhựa rỗng thoát nước – Yêu cầu thi công và nghiệm thu</i>
TCVN 13049 : 2020	<i>Nhựa đường phân cấp theo đặc tính làm việc – Yêu cầu kỹ thuật</i>
TCVN 13150-1 : 2020	<i>Lớp vật liệu tái chế nguội tại chỗ dùng cho kết cấu áo đường ô tô – Thi công và nghiệm thu. Phần 1 : Tái chế sâu sử dụng xi măng hoặc xi măng và nhũ tương nhựa đường.</i>
TCVN 13150-2 : 2020	<i>Lớp vật liệu tái chế nguội tại chỗ dùng cho kết cấu áo đường ô tô – Thi công và nghiệm thu. Phần 2 : Tái chế sâu sử dụng nhựa đường bột và xi măng.</i>
TCCS 06 : 2013/TCĐBVN	<i>Sửa chữa kết cấu áo đường bằng hỗn hợp đá dăm đen rải nóng – Thi công và nghiệm thu</i>
TCCS 08 : 2014/TCĐBVN	<i>Hỗn hợp bê tông nhựa nguội – Yêu cầu thi công và nghiệm thu</i>
TCCS 26 : 2019/TCĐBVN	<i>Hỗn hợp cấp phối đá chặt gia cố nhựa nóng sử dụng trong kết cấu áo đường – Yêu cầu thi công và nghiệm thu</i>
TCCS 36 : 2021/TCĐBVN	<i>Lớp mặt đường bằng hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA) – Thi công và</i>

thực nghiệm

AASHTO M145	<i>Standard Specification for Classification of Soils and Soil–Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes (Tiêu chuẩn phân loại đất và hỗn hợp đất cấp phối dùng cho xây dựng đường ô tô)</i>
AASHTO T22	<i>Standard Method of Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (Phương pháp thử xác định cường độ nén của các mẫu bê tông hình trụ)</i>
AASHTO T193	<i>Standard Method of Test for The California Bearing Ratio (Phương pháp xác định tỷ số CBR)</i>
AASHTO T292	<i>Standard Method of Test for Resilient Modulus of Subgrade Soils and Untreated Base/Subbase Materials (Phương pháp thử xác định mô đun đàn hồi của lớp đất nền và vật liệu lớp móng trên, móng dưới không gia cố)</i>
AASHTO T307	<i>Standard Method of Test for Determining the Resilient Modulus of Soils and Aggregate Materials (Phương pháp thử xác định Mô đun đàn hồi của lớp đất nền và vật liệu hạt)</i>
ASTM C977	<i>Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization (Tiêu chuẩn vôi sống và vôi tôi dùng để gia cố đất)</i>
ASTM D2434	<i>Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (constant Head) (Phương pháp thử xác định hệ số thấm của đất (mức nước cố định))</i>
ASTM D2940	<i>Standard Specification for Graded Aggregate Material For Bases or Subbases for Highways or Airports (Tiêu chuẩn cấp phối đá dùng làm móng trên hoặc móng dưới cho đường ô tô hoặc sân bay)</i>
ASTM D4123	<i>Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures (Phương pháp thử nghiệm kéo gián tiếp để xác định mô đun đàn hồi của hỗn hợp bê tông nhựa)</i>

3 Thuật ngữ, định nghĩa và các chữ viết tắt

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ, định nghĩa và chữ viết tắt sau:

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1.1

Áo đường cứng (Rigid pavement)

Chủ yếu là áo đường bê tông xi măng (các loại), nó phân bố tải trọng trực trên một diện tích tương đối rộng của các lớp kết cấu nằm ở dưới và nền đất, nhờ độ cứng và mô đun đàn hồi cao của nó.

3.1.2

Áo đường nửa cứng (Semi rigid pavement)

Kết cấu áo đường gồm tầng mặt bê tông nhựa rải trên lớp móng cấp phối đá gia cố xi măng.

3.1.3

Áo đường mềm (Flexible pavement)

Hệ thống chịu tải trọng xe được tạo thành từ một hoặc nhiều lớp, được thiết kế để truyền và phân bố tải trọng xuống lớp vật liệu phía dưới và nền đất. Lớp có chất lượng cao là lớp mặt (thường là bằng bê tông nhựa), lớp móng trên có chất lượng kém hơn được rải phía dưới lớp mặt, và tiếp sau đó là lớp móng dưới.

3.1.4

Áo đường tổ hợp (Composite pavement)

Kết cấu áo đường gồm một lớp mặt bê tông nhựa và một tấm bê tông xi măng. Một lớp phủ bằng bê tông nhựa trên một tấm bê tông xi măng cũng gọi là áo đường tổ hợp.

3.1.5

Bê tông nhựa Stone Mastic Asphalt (SMA)

Loại bê tông nhựa mà cốt liệu thô chiếm 70% đến 80% tạo thành một khung xương đá, để chống đỡ các biến dạng thường xuyên do tải trọng bánh xe gây ra. Khung xương đá được lấp đầy matit nhựa, cát, cốt liệu mịn và chất ổn định. Chất ổn định có thể là sợi hữu cơ hay sợi khoáng chất được thêm vào để tăng tính ổn định của vữa nhựa (matit bitum) và ngăn ngừa sự chảy nhựa trong quá trình khai thác.

3.1.6

Chỉ số kết cấu SN (Structural number)

Chỉ số được tính toán trên cơ sở phân tích lượng giao thông, tình trạng đất nền và môi trường, được dùng để chuyển đổi thành chiều dày các lớp của mặt đường mềm thông qua việc sử dụng các hệ số lớp thích hợp liên quan tới loại vật liệu được sử dụng trong mỗi lớp của kết cấu áo đường.

3.1.7

Chỉ số phục vụ PSI (Present serviceability index)

Trị số được rút ra qua công thức đánh giá mức độ phục vụ xuất phát từ việc đo đạc một số đặc trưng vật lý của mặt đường. Các đặc trưng vật lý gồm có độ gồ ghề quốc tế (IRI), độ sâu vết hằn bánh xe (RD), tổng số các đường nứt và các miếng vá (C+P)

3.1.8**Đặc tính phục vụ của áo đường (Pavement performance)**

Khả năng phục vụ khi chịu tác dụng của tải trọng.

3.1.9**Độ tin cậy R (Reliability)**

Độ tin cậy của quá trình thiết kế khả năng phục vụ của một kết cấu áo đường là xác suất mà kết cấu áo đường ấy có thể phục vụ thoả đáng tương ứng với lượng giao thông và điều kiện môi trường trong suốt cả thời hạn thiết kế.

3.1.10**Hệ số lớp a_1, a_2, a_3 (Layer coefficient)**

Thuật ngữ biểu thị mối quan hệ thực nghiệm giữa chỉ số kết cấu (SN) và chiều dày lớp, nó biểu thị cho khả năng tương đối của một loại vật liệu với chức năng là một thành phần kết cấu của áo đường.

3.1.11**Khả năng phục vụ (Serviceability)**

Khả năng phục vụ cho giao thông tại thời điểm quan sát mặt đường.

3.1.12**Khe nứt dọc (Longitudinal cracking)**

Các khe nứt hoặc vỡ trong mặt đường cứng hoặc mềm mà hướng của nó gần song song với tim đường.

3.1.13**Khe nứt ngang (Transverse cracking)**

Các khe nứt trong mặt đường bê tông nhựa gần thẳng góc với tim đường, thường phát sinh do các ứng suất nhiệt vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông nhựa. (Các khe nứt ngang cũng xuất hiện trong mặt đường bê tông xi măng nhưng thường do ứng suất tải trọng động kết hợp với lớp móng không bằng phẳng).

3.1.14**Khu vực tác dụng của nền đường (Subgrade)**

Phần phía trên của nền đường, nằm ngay dưới đáy kết cấu áo đường. Đây là phạm vi nền đường cần có sức chịu tải cao để cùng với kết cấu áo đường chịu tác động của tải trọng bánh xe truyền xuống. Chiều sâu thông thường bằng 80 cm đến 100 cm tính từ đáy kết cấu áo đường. Đường có nhiều xe nặng chạy thì phạm vi chiều sâu khu vực tác dụng lấy trị số lớn.

3.1.15**Lớp bù vênh** (Leveling course)

Lớp vật liệu, thường là bê tông nhựa hoặc vật liệu được xử lý hoặc gia công được rải lên bề mặt gỗ ghe hoặc lượn sóng của một mặt đường hiện tại, của mặt cầu,... để cải thiện bề mặt hoặc chất lượng chạy xe trước khi rải các lớp tiếp theo.

3.1.16**Lớp đáy móng** (Capping layer)

Một lớp vật liệu được cải thiện chất lượng rải lên trên nền đường và ở dưới lớp móng dưới. Nếu kết cấu nền áo đường có bố trí thêm lớp đáy móng thì lớp này cũng thuộc khu vực tác dụng của nền đường và thay thế cho 30 cm nền thượng.

3.1.17**Lớp móng trên** (Base course)

Một lớp vật liệu hạt được lựa chọn, gia công, và/hoặc được xử lý có một chiều dày và chất lượng đã quy định, được rải ngay dưới lớp mặt và nằm trên lớp móng dưới hoặc nằm trên đất nền để đỡ lớp mặt đường.

3.1.18**Lớp móng dưới** (Subbase)

Một lớp vật liệu hạt có bề dày đã thiết kế và có chất lượng quy định, được rải trên đất nền, làm móng cho lớp móng trên.

3.1.19**Lớp nền thượng** (Upper layer)

Phần phía trên cùng của nền đường tiếp xúc trực tiếp với đáy kết cấu áo đường, thông thường có chiều dày là 30 cm.

3.1.20**Lớp phủ** (Overlay)

Một lớp thường là bê tông nhựa được rải lên trên mặt đường bê tông nhựa hoặc mặt đường bê tông xi măng để phục hồi chất lượng chạy xe, để làm tăng cường độ kết cấu (khả năng chịu tải) và để kéo dài tuổi thọ phục vụ.

3.1.21**Mặt cắt kết cấu** (Structural section)

Một thiết kế công trình đã được dự tính gồm các lớp vật liệu đã quy định (thông thường gồm có lớp móng dưới, lớp móng trên và lớp mặt đường) được rải trên đất nền để chịu tải trọng xe đã dự báo

tác dụng tích lũy trong suốt thời hạn thiết kế. Mặt cắt kết cấu thường cũng được gọi là mặt cắt kết cấu áo đường hoặc gọi đơn giản là kết cấu áo đường (Pavement structural section).

3.1.22

Mô đun đàn hồi (Resilient modulus)

Trị số đo của mô đun đàn hồi của đất nền hoặc của vật liệu mặt đường khác.

3.1.23

Nứt thành lưới (Alligator cracking)

Các đường nứt liên thông hoặc đan xen nhau có liên quan đến tác dụng của tải trọng (mỏi) xuất hiện trong mặt đường bê tông nhựa, tạo thành một chuỗi các đa giác nhỏ giống như da cá sấu.

3.1.24

Tầng mặt (Surface course)

Một hoặc nhiều lớp của kết cấu áo đường được thiết kế để chịu tác dụng trực tiếp của tải trọng xe và ảnh hưởng của các nhân tố thiên nhiên.

3.1.25

Tái chế bề mặt (Surface recycling)

Nung nóng tại chỗ bề mặt của lớp bê tông nhựa, tiếp theo là xới, trộn lại và lu lèn, thường thực hiện ở chiều sâu khoảng 20 mm. Công việc này được xem như một trình tự bảo trì mặt đường.

3.1.26

Tái chế nguội (Cold recycling)

Khôi phục lại lớp mặt đường bê tông nhựa mà không dùng nhiệt khi cào xới và trộn với lượng nhựa đường mới và/hoặc với các chất phụ gia tại chỗ.

3.1.27

Tái chế nóng (Hot recycling)

Sử dụng vật liệu lớp mặt đường bê tông nhựa cũ, trộn thêm với cốt liệu mới, nhựa mới và đôi khi thêm cả các chất phụ gia, tại trạm trộn bê tông nhựa nóng trung tâm, và sau đó đem rải, thay cho tất cả các vật liệu mới.

3.1.28

Tải trọng trục đơn (Single axle load)

Tổng tải trọng trục truyền từ tất cả các bánh xe của một trục đơn, nằm trong phạm vi cả chiều rộng của xe.

3.1.29

Tổng các trục đơn tải trọng tương đương ESAL's (Sum of Equivalent Single Axle Loads)

Tổng số của các trục đơn có tải trọng tương đương 80 kN, dùng để chuyển đổi lượng giao thông hỗn hợp về lượng giao thông thiết kế trong thời hạn thiết kế.

3.1.30**Tải trọng trục đôi hay trục kép (Tandem axle load)**

Tổng tải trọng truyền lên mặt đường qua hai trục kề nhau có tim trục nằm giữa hai mặt phẳng thẳng đứng song song cách nhau lớn hơn 1,016 m (40 in.), và không vượt quá 2,438 m (96 in.), nằm trong phạm vi cả chiều rộng của xe. (AASHTO đã dùng trong thử nghiệm đường khoảng cách giữa 2 trục là 1,22 m (48 in.)).

3.1.31**Tải trọng trục ba (Triple (Tridem) axle load)**

Tổng tải trọng truyền lên mặt đường qua 3 trục kề nhau, mà khoảng cách giữa từng cặp trục liên tiếp được quy định như ở tải trọng trục kép.

3.1.32**Thời hạn phân tích (Analysis period)**

Là khoảng thời gian trong đó việc phân tích kinh tế phải căn cứ vào; thông thường trong khoảng thời gian này phải có ít nhất một lần cải tạo.

3.1.33**Thời hạn thiết kế - Thời hạn phục vụ (Design period - Performance period)**

Khoảng thời gian mà một kết cấu mặt đường xây dựng mới hoặc cải tạo lần đầu đã được thiết kế còn phục vụ được trước khi đạt đến khả năng phục vụ cuối cùng của nó, hoặc đạt đến tình trạng đòi hỏi phải sửa chữa lớn hoặc xây dựng lại.

3.1.34**Vết hằn bánh xe (Rutting)**

Các chỗ lún dọc phát sinh trong các vết bánh xe ở mặt đường mềm dưới tải trọng xe. Sự biến dạng không phục hồi này và đôi khi còn tiến triển thêm chủ yếu do mặt đường bê tông nhựa không ổn định hoặc do lớp nền móng ở dưới không đủ cường độ, hoặc do cả hai.

3.1.35**Vật liệu chọn lọc (Selected material)**

Vật liệu địa phương phù hợp được lấy từ các nguồn chọn lọc, chẳng hạn ở các đoạn nền đào đặc biệt, hoặc ở các mỏ vật liệu thích hợp, có các đặc tính quy định để dùng cho một mục đích cụ thể.

3.2 Chữ viết tắt

ATB (Asphalt Treated Base): Móng đá gia cố nhựa

ATPB (Asphalt Treated Pemeable Base): Lớp móng bằng hỗn hợp đá nhựa rỗng

CTPB (Cement Treated Permeable Base): Lớp móng bằng hỗn hợp đá – xi măng rỗng

SAMI (Stress Absorbed Membrane Interlayer): Lớp hấp thụ ứng suất

NDT (Non-Destruction Test) : Phương pháp thí nghiệm không phá hoại

4 Quy định chung

4.1 Để thiết kế áo đường mềm phải tiến hành các công việc theo trình tự sau:

- Thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường;
- Tính toán xác định chỉ số kết cấu của áo đường (SN) và lựa chọn chiều dày các lớp (D) của kết cấu áo đường;
- Phân tích kinh tế để chọn lựa kết cấu áo đường.

4.2 Để thiết kế cấu tạo và tính toán chiều dày các lớp áo đường mềm cần phải tổ chức điều tra, khảo sát, thí nghiệm để thu thập và xác định các số liệu sau:

- Quy mô giao thông hiện tại và dự báo lượng xe trong tương lai trong suốt thời hạn phục vụ và thời hạn phân tích của kết cấu áo đường (xem Phụ lục B);
- Xác định các thông số tính toán đối với đất nền đường (xem Phụ lục C và Phụ lục D);
- Xác định các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu xây dựng các lớp của kết cấu áo đường (xem Phụ lục E);
- Các điều kiện địa chất, thủy văn, khí hậu, điều kiện gây ẩm kết cấu áo đường;
- Chất lượng phục vụ của các kết cấu áo đường ở các dự án có kết cấu tương tự trong các điều kiện môi trường giống nhau ở trong cùng một vùng;
- Các số liệu dùng trong phân tích kinh tế và so sánh các phương án kết cấu áo đường dựa vào “chi phí chu kỳ tuổi thọ” gồm chi phí ban đầu, chi phí duy tu bảo dưỡng và chi phí khôi phục trong suốt chu kỳ tuổi thọ đã được lựa chọn (xem Điều 9).

5 Thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường mềm

5.1 Thiết kế cấu tạo áo đường mềm để xác định hợp lý việc bố trí các lớp tầng mặt, lớp móng trên, lớp móng dưới và lựa chọn các lớp vật liệu sao cho phù hợp nhất với đặc điểm chịu lực và với các điều kiện cụ thể của mỗi dự án.

5.2 Phải tuân theo nguyên tắc thiết kế tổng thể nền và áo đường, tạo điều kiện thuận lợi để nền đất cùng tham gia chịu lực với áo đường đến mức tối đa.

Kiểu kết cấu áo đường mềm gồm một hoặc hai lớp bê tông nhựa rải lên trên lớp vật liệu tái chế từ các lớp phía trên của áo đường cũ được cào xới sâu và trộn với chất liên kết như nhũ tương, nhựa đường bột, xi măng,...theo phương pháp nguội (hoặc rải trên lớp vật liệu tái chế theo phương pháp nóng) ở Hình 2e được dùng có hiệu quả khi cần gia cường áo đường mềm cũ đã bị hư hỏng và không đủ cường độ.



a) Áo đường mềm truyền thống



b) Áo đường mềm gồm nhiều lớp bê tông nhựa dày. Lớp trên cùng có thể là bê tông nhựa polime, SMA hoặc bê tông nhựa rỗng thoát nước



c) Áo đường có lớp móng trên đá gia cố xi măng



d) Áo đường có lớp móng trên đá gia cố nhựa (ATB)



e) Áo đường tăng cường

Hình 2 – Các kiểu cấu tạo của áo đường mềm

5.5 Cấu tạo của tầng mặt

5.5.1 Các lớp mặt trong kết cấu áo đường mềm của tiêu chuẩn thiết kế này phải là lớp bê tông nhựa các loại, hoặc ít nhất là có lán nhựa (đối với các loại kết cấu áo đường ít xe chạy, có lớp mặt bằng cấp phối đá dăm được thiết kế theo Điều 8).

5.5.2 Chất lượng và công nghệ thi công các lớp mặt bằng bê tông nhựa các loại phải theo đúng quy trình thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa hiện hành (TCVN 8819 đối với các lớp bê tông nhựa chặt; TCVN 13048 : 2020 đối với bê tông nhựa rỗng thoát nước; TCCS 36 : 2021/TCĐBVN với SMA ...).

5.5.3 Tầng mặt bằng bê tông nhựa có thể chỉ là 1 lớp hoặc 2 hay 3 lớp ... và được gọi là bê tông nhựa lớp trên, bê tông nhựa lớp giữa và bê tông nhựa lớp dưới. Cỡ hạt lớn nhất danh định của hỗn hợp bê tông nhựa lớp mặt trên không nên lớn hơn 16,0 mm, của hỗn hợp bê tông nhựa ở lớp mặt giữa và lớp mặt dưới không nên nhỏ hơn 16,0 mm, và của lớp móng trên không nên nhỏ hơn 25 mm.

Chiều dày tối đa có hiệu quả lu lèn của mỗi lớp không nên quá 10 cm đối với bê tông nhựa chặt, 15 cm đối với hỗn hợp đá gia cố nhựa. Chiều dày tối thiểu lớp bê tông nhựa cấp phối liên tục và SMA không được nhỏ hơn 2,5 lần cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu. Chiều dày tối thiểu của lớp bê tông nhựa cấp phối hờ không được nhỏ hơn 2,0 lần cỡ hạt lớn nhất danh định của cốt liệu.

5.5.4 Lớp bê tông nhựa tầng mặt có thể là loại bê tông nhựa chặt rải nóng, rải ấm, rải nguội, bê tông nhựa polime, SMA (Stone Mastic Asphalt), bê tông nhựa rỗng thoát nước.

Lớp dưới của tầng mặt ngoài những loại nêu trên, có thể dùng bê tông nhựa bán rỗng, đá dăm đen, đá dăm thấm nhập nhựa, đá dăm lán nhựa, bê tông nhựa tái chế.

5.5.5 Lớp tạo nhám được bố trí trên mặt đường ô tô có tốc độ thiết kế từ 80 km/h trở lên (đường ô tô cao tốc theo TCVN 5729 : 2012, đường ô tô cao tốc đô thị, đường ô tô theo TCVN 4054 : 2005). Lớp tạo nhám được sử dụng có thể là bê tông nhựa tạo nhám theo TCVN 12759 : 2012 hoặc bê tông nhựa rỗng thoát nước theo TCVN 13048 : 2020.

5.5.5.1 Ở các đoạn đường đặc biệt nguy hiểm có tốc độ thiết kế từ 60 km/h trở lên cũng nên xem xét việc bố trí thêm lớp tạo nhám nêu trên (như trên đường vòng quanh co, các đoạn dốc có độ dốc lớn hơn 5% với chiều dài dốc > 100 m hoặc các đoạn nền đắp cao qua vực sâu,...).

5.5.5.2 Khi sử dụng SMA làm lớp mặt trên cùng thì không cần bố trí lớp tạo nhám.

5.5.6 Chiều dày của lớp lán nhựa xử lý bề mặt, hoặc lớp bê tông nhựa tạo nhám (làm nhiệm vụ bảo vệ, chống nước thấm, lớp hao mòn, tăng độ nhám) được bỏ qua khi tính chỉ số kết cấu SN của kết cấu áo đường.

Lớp bê tông nhựa rỗng thoát nước theo TCVN 13048 : 2020 được tính trong chỉ số kết cấu SN của kết cấu áo đường.

5.5.7 Lớp nhựa dính bám và lớp nhựa thấm bám.

Lớp nhựa dính bám bằng nhũ tương nhựa đường, nhựa lỏng hoặc vật liệu thích hợp khác bảo đảm sự dính bám giữa các lớp bê tông nhựa. Loại nhựa đường và tiêu chuẩn tưới: xem tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa nóng TCVN 8819; TCVN 13048 : 2020; TCCS 36 : 2021/TCĐBVN.

Lớp nhựa thấm bám dùng để tưới trên các lớp móng bằng các loại cấp phối đá không gia cố với nhựa đường, trước khi rải lớp bê tông nhựa lên trên. Tiêu chuẩn tưới và loại nhựa đường: xem TCVN 8819.

5.6 Cấu tạo của lớp móng trên và móng dưới

5.6.1 Các lớp móng trên thường dùng trong kết cấu áo đường mềm là các lớp vật liệu khoáng có chất lượng tốt, không gia cố hoặc được gia cố với các chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ, các lớp vật liệu tái chế từ mặt đường cũ. Các lớp móng dưới thường dùng loại vật liệu rẻ hơn, có sẵn ở địa phương, nếu chất lượng không đạt yêu cầu kỹ thuật thì thường gia cố với vôi hoặc xi măng,...

5.6.2 Khi chiều dày lớn hơn chiều dày cho phép lu lèn có hiệu quả thì phải phân ra hai hay nhiều lớp để lu lèn. Chiều dày có hiệu quả lu lèn và chiều dày tối thiểu do điều kiện thi công của mỗi lớp móng trên và móng dưới làm bằng loại vật liệu khác nhau được lấy theo Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1 – Các loại móng trên thường dùng trong kết cấu áo đường mềm

Số TT	Loại vật liệu	¹⁾ Mô đun đàn hồi tối thiểu (MPa)	Bề dày tối thiểu khi lu lèn (cm)	Bề dày tối đa lu lèn có hiệu quả (cm)	Chất lượng vật liệu và công nghệ thi công theo	
		²⁾ Trị số CBR tối thiểu (%)			Tiêu chuẩn Việt nam	Tiêu chuẩn AASHTO hoặc ASTM tương ứng
1	Cấp phối đá dăm loại I	≥ 200	10	15(18)	TCVN 8859:2011	ASTM D2940
		≥ 80				
2	Đá dăm nước (đá dăm Macadam)	≥ 207	10	15(18)	TCVN 9504:2012	-
		≥ 100				
3	Cấp phối đá dăm loại I gia cố với xi măng	≥ 4800	10	15(25)	TCVN 8858	
		³⁾ $R_{\text{nen7 ngày}} \geq 4 \text{ MPa}$				
4	Cấp phối đá loại II gia cố với xi măng (hoặc cấp phối cuội sỏi gia cố với xi măng)	≥ 3900	10	15(25)	TCVN 8858	
		³⁾ $R_{\text{nen7 ngày}} \geq 2 \text{ MPa}$				
5	Cát gia cố xi măng	≥ 3900	10	15(20)	TCVN 10186 : 2014	
		³⁾ $R_{\text{nen7 ngày}} \geq 2 \text{ MPa}$				

Bảng 1 – Các loại móng trên thường dùng trong kết cấu áo đường mềm

Số TT	Loại vật liệu	¹⁾ Mô đun đàn hồi tối thiểu (MPa)	Bề dày tối thiểu khi lu lèn (cm)	Bề dày tối đa lu lèn có hiệu quả (cm)	Chất lượng vật liệu và công nghệ thi công theo	
		²⁾ Trị số CBR tối thiểu (%)			Tiêu chuẩn Việt nam	Tiêu chuẩn AASHTO hoặc ASTM tương ứng
6	Hỗn hợp cấp phối đá chặt gia cố nhựa nóng	≥ 1380	6	10(12)	TCCS 26 : 2019/TCĐBVN	
		⁴⁾ Độ ổn định $\geq 7,5$ KN				
7	Đá dăm đen trộn nhựa đường	≥ 1380	8	10(16)	TCCS 06 : 2013/TCĐBVN TCVN 8819	
	Bê tông nhựa bán rỗng BTNR 25	⁴⁾ Độ ổn định $\geq 5,5$ KN	8			
	Bê tông nhựa bán rỗng BTNR 37,5		12			
8	Đá dăm thấm nhập nhựa		5	8	TCVN 8809:2011	
9	Bê tông nghèo	≥ 5150	12	20		
		³⁾ $R_{nén7ngày} \geq 10$ MPa				
10	Lớp vật liệu tái chế nguội tại chỗ	⁵⁾ R_{kc}^k ở 25 °C từ (0,1 ÷ 0,6) MPa	10	30	TCVN 13150 : 2020	

¹⁾ Mô đun đàn hồi của vật liệu làm lớp móng trên được thí nghiệm theo tiêu chuẩn AASHTO T307 và ASTM D4123 tùy loại vật liệu. Khi chưa có thiết bị thí nghiệm M_R theo tiêu chuẩn AASHTO T307 và ASTM D4123 thì tuân theo các chỉ tiêu được ghi ở phía dưới gạch ngang (R_{7ng} , R_{28ng} , độ ổn định Marshall, CBR).

²⁾ Trị số CBR của vật liệu được thí nghiệm theo TCVN 12792 : 2020, AASHTO T193.

³⁾ Cường độ kháng nén nổ hồng tự do thí nghiệm theo AASHTO T22

⁴⁾ Độ ổn định Marshall theo thí nghiệm TCVN 8860-1 : 2011

⁵⁾ Cường độ kéo khi ép chẻ ở trạng thái khô ở 25 °C; Hệ số lớp a = 0,13 ÷ 0,35 theo TCVN 13150 : 2020

Các trị số trong ngoặc () của bề dày tối đa lu lèn có hiệu quả chỉ được dùng khi có đủ phương tiện lu lèn nặng phù hợp và được chấp thuận sau khi thi công đoạn thí điểm đạt yêu cầu.

5.6.3 Chất lượng và công nghệ thi công các lớp móng trên và lớp móng dưới bằng các vật liệu khác nhau phải theo đúng các quy trình thi công và nghiệm thu tương ứng hiện hành ghi ở Bảng 1 và Bảng 2.

Mô đun đàn hồi yêu cầu tối thiểu của lớp móng trên là 200 MPa (tương ứng CBR $\geq 80\%$).

Bảng 1 giới thiệu một số loại móng trên làm bằng các vật liệu khác nhau thường dùng trong kết cấu

áo đường mềm.

Mô đun đàn hồi yêu cầu tối thiểu của lớp móng dưới là 100 MPa (tương ứng CBR $\geq 30\%$).

Bảng 2 giới thiệu một số loại móng dưới thường dùng làm bằng các vật liệu khác nhau.

Bảng 2 – Các loại móng dưới thường dùng trong kết cấu áo đường mềm

Số TT	Loại vật liệu	¹⁾ Mô đun đàn hồi tối thiểu (MPa)	Bề dày tối thiểu khi lu lèn (cm)	Bề dày tối đa lu lèn có hiệu quả (cm)	Chất lượng vật liệu và công nghệ thi công theo	
		²⁾ Trị số CBR tối thiểu (%)			Tiêu chuẩn Việt Nam	Tiêu chuẩn AASHTO hoặc ASTM tương ứng
1	Cấp phối đá dăm loại II	≥ 100	10	15(18)	TCVN 8859 : 2011	ASTM D2940
		≥ 30				
2	Cấp phối thiên nhiên (cấp phối đồi núi, cấp phối sỏi cuội...)	≥ 100	10	15(20)	TCVN 8857 : 2011	
		≥ 30				
3	Á cát gia cố xi măng	³⁾ $R_{nén7ngày} \geq 1,0$ Mpa	10	15(20)	TCVN 10379 : 2014	
4	Á sét gia cố vôi	$R_{nén7ngày} \geq 0,8$ MPa	10	15(20)	TCVN 10379 : 2014	ASTM C977
5	Phế liệu công nghiệp dạng cấp phối (gián đoạn hoặc liên tục) gia cố với xi măng và/ hoặc vôi	$R_{nén7ngày} \geq 1,5$ MPa	10	15(20)	TCVN 8858	
6	Cấp phối thiên nhiên (có chất lượng không đạt yêu cầu) được gia cố với xi măng và/ hoặc vôi	$R_{nén7ngày} \geq 1,5$ MPa	10	15(20)	TCVN 8858	

Các chú thích (1), (2), (3) và các trị số trong ngoặc (...) giống như các chú thích ở Bảng 1.

5.6.4 Nếu đất của lớp nền thượng có trị số CBR $> 10\%$ thì có thể không cần lớp móng dưới, khi lưu lượng xe ít và được tính toán đạt yêu cầu chỉ số kết cấu SN.

5.6.5 Nếu kết quả thiết kế dẫn đến một lớp móng dưới quá mỏng thì cần cân nhắc để loại bỏ lớp móng dưới và thiết kế lớp móng trên dày hơn.

5.6.6 Trường hợp nền đào qua đá cần bố trí lớp tạo phẳng dày từ $20\text{ cm} \pm 30\text{ cm}$.

5.6.7 Chiều rộng các lớp móng

Lớp móng trên nên rộng hơn tầng mặt mỗi bên ít nhất là 20 cm;

Lớp móng dưới nên rộng hơn lớp móng trên mỗi bên là 15 cm;

Lớp móng kiêm chức năng thấm và thoát nước từ kết cấu áo đường nên được rải hết toàn bộ bề rộng nền đường và có biện pháp chống hư hỏng, xói lở bên mép sát taluy nền đường (xem Điều 5.9 Thoát nước kết cấu áo đường);

Đối với áo đường mềm cấp cao, ở những vùng mưa nhiều, và nơi đất nền khó thoát nước tự do (khả năng thấm nước của đất rời nhỏ hơn $3,5 \times 10^{-4}$ m/s) nên xem xét để rải ngay bên dưới tầng mặt bê tông nhựa một lớp móng thấm được nước bằng hỗn hợp đá nhựa rỗng (ATPB) dày khoảng 8 cm, hoặc bằng hỗn hợp đá - xi măng rỗng (CTPB) dày khoảng 10 cm, cùng với hệ thống thu nước, cửa thoát nước, lỗ thoát nước (xem Điều 5.9 Thoát nước kết cấu áo đường)

Hệ số lớp a_2 của hai loại này lấy bằng hệ số lớp của lớp móng trên bằng đá dăm đen (ATB) / lớp móng trên bằng đá gia cố xi măng.

5.7 Cấu tạo khu vực tác dụng của nền đường

5.7.1 Khu vực tác dụng của nền đường có thể gồm hoặc không gồm lớp đáy móng. Việc thiết kế cấu tạo đối với khu vực tác dụng của nền đường dưới kết cấu áo đường cố gắng bảo đảm đồng thời các yêu cầu sau:

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

5.7.1.2 Về sức chịu tải:

- Lớp nền thượng: 30 cm trên cùng của khu vực tác dụng phải đảm bảo sức chịu tải CBR tối thiểu bằng 8 đối với đường cao tốc, đường cấp I, II và bằng 6 đối với đường các cấp khác;
- 50 cm tiếp theo phải đảm bảo sức chịu tải CBR tối thiểu bằng 5 đối với đường cao tốc, cấp I, II và bằng 4 đối với đường các cấp khác.

Trong đó: CBR là chỉ số sức chịu tải xác định trong phòng thí nghiệm theo điều kiện mẫu đất ở độ chặt đầm nén tiêu chuẩn theo TCVN 12792 : 2020 và được ngâm bão hòa 4 ngày đêm.

5.7.1.3 Về loại đất:

- Không dùng các loại đất lẫn muối và lẫn thạch cao (quá 5%), đất bùn, đất than bùn, đất phù sa (loại đất lấy ở bãi sông không phải cát mịn) và đất mùn (quá 10% thành phần hữu cơ) trong khu vực tác dụng của nền đường;
- Không được dùng đất sét nặng có độ trương nở (xác định theo TCVN 12792 : 2020) vượt quá 3% trong khu vực tác dụng;
- Khi đắp bằng cát thì cần phải có biện pháp đắp bao phía đỉnh nền để hạn chế nước mưa, nước mặt xâm nhập vào phần nền cát (ngay trong và cả sau quá trình thi công) và tạo thuận lợi cho sự

đi lại của xe máy thi công lớp móng dưới của áo đường (xem thêm ở Điều 7.4.4 của TCVN 4054 : 2005);

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

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

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

5.7.1.4 Về độ chặt đầm nén

Độ chặt đầm nén yêu cầu đối với nền đường theo phương pháp đầm nén tiêu chuẩn TCVN 12790 : 2020 như Bảng 3.

Bảng 3 – Độ chặt đầm nén yêu cầu đối với nền đường

Loại và bộ phận nền đường			Phạm vi độ sâu tính từ đáy áo đường trở xuống (cm)	Độ chặt K của nền đường		
				Đường cao tốc	Đường cấp I đến cấp IV	Đường cấp V đến cấp VI
Nền đắp	Khi áo đường dày $\geq 60\text{cm}$		30	$\geq 1,0$	$\geq 0,98$	$\geq 0,95$
	Khi áo đường dày $< 60\text{cm}$		50	$\geq 1,0$	$\geq 0,98$	$\geq 0,95$
	Bên dưới chiều sâu nêu trên	Cho đến hết thân nền đắp (trường hợp vật liệu mới đắp).		$\geq 0,98$	$\geq 0,95$	$\geq 0,93$
		Đất nền tự nhiên (*)	Cho đến 80		$\geq 0,93$	$\geq 0,90$
			Cho đến 100	$\geq 0,95$		
Nền đào và không đào không đắp (nền thiên nhiên (**))			30	$\geq 1,0$	$\geq 0,98$	$\geq 0,95$
			30 đến 80		$\geq 0,93$	$\geq 0,90$
			30 đến 100	$\geq 0,95$		

(*) Trường hợp này là trường hợp nền đắp thấp khu vực tác dụng có một phần nằm vào phạm vi đất nền thiên nhiên;

(**) Nếu nền thiên nhiên không đạt độ chặt yêu cầu ở Bảng 3 thì phải đào phạm vi không đạt rồi đầm nén lại cho đạt yêu cầu.

5.7.2 Thiết kế bố trí lớp đáy móng

5.7.2.1 Phạm vi áp dụng

Trong trường hợp vì các lý do kinh tế – kỹ thuật khác nhau dẫn đến khó đảm bảo được 4 yêu cầu đối với khu vực tác dụng nêu ở 5.7.1 thì nên xét đến giải pháp bố trí lớp đáy móng;

- Cần bố trí lớp đáy móng thay thế cho 30 cm phần đất trên cùng của nền đường đường cao tốc, đường cấp I, đường cấp II và đường cấp III có 4 làn xe trở lên, nếu bản thân phần đất trên cùng của nền đường không đạt được các yêu cầu nêu trên và cũng nên bố trí lớp đáy móng đối với các loại cấp đường trên cả khi phần đất trong khu vực tác dụng đã đạt các yêu cầu ở 5.7.1;
- Cần thiết kế lớp đáy móng khi nền đắp bằng cát, bằng đất sét trương nở và khi đường qua vùng mưa nhiều hoặc chịu tác động của nhiều nguồn ẩm khác nhau;
- Khu vực tác dụng của nền đường chịu ảnh hưởng của nước ngập hai bên hoặc nước ngầm từ phía dưới nhưng không cho phép thiết kế nâng cao độ nền đường đạt yêu cầu đề cập ở 7.3.2 và 7.3.3 của TCVN 4054 : 2005. Đây có thể là trường hợp nền đường trong đô thị hoặc nền đường đào qua khu vực có tồn tại nước ngầm phía dưới;
- Nền đường đào qua các khu vực đất tại chỗ không thích hợp với các yêu cầu về vật liệu xây dựng nền đường đề cập ở Điều 5 TCVN 9436 : 2012 nhưng có khó khăn về việc tìm nguồn đất thích hợp buộc phải sử dụng các loại đất đắp không thích hợp về loại đất và sức chịu tải đề cập ở Điều 5 TCVN 9436 : 2012;
- Nền đào qua vùng đất quá ẩm khiến cho khó đầm nén đạt đủ độ chặt yêu cầu.

5.7.2.2 Cấu tạo lớp đáy móng

Lớp đáy móng cấu tạo bằng đất hoặc vật liệu thích hợp để đạt được các yêu cầu sau:

- Bề dày tối thiểu là 30 cm;
- Có độ chặt đầm nén cao $K = 1,00 + 1,02$ (so với đầm nén tiêu chuẩn theo TCVN 12790 : 2020);
- Vật liệu làm lớp đáy móng có tỷ số CBR ngâm bão hoà 4 ngày đêm $\geq 10\%$;
- Bề rộng lớp đáy móng ít nhất rộng hơn bề rộng tầng móng mỗi bên 15 cm nhưng nên làm bằng cả bề rộng nền đường.

5.7.2.3 Vật liệu lớp đáy móng

Lớp đáy móng được cấu tạo bằng đất hoặc vật liệu thích hợp. Nếu bằng đất thì phải là đất có cấp phối tốt. Nên dùng cấp phối thiên nhiên phù hợp với TCVN 8857 : 2011, đất gia cố vôi hoặc xi măng với tỷ lệ thấp hoặc vừa phải.

Trường hợp mực nước ngầm cao (khu vực tác dụng quá ẩm, có thể dùng các loại vật liệu sau làm lớp đáy móng:

- Các nhóm đất A-1 (sỏi lẫn cát), A-2-4 (sỏi cát có lẫn ít hạt mịn ($< 0,075\text{mm}$)), theo phân loại đất

của AASHTO M145;

- Có thể sử dụng nhóm đất A-3 (cát mịn) nhưng dưới đáy lớp và phía trên mặt lớp cần rải thêm vải địa kỹ thuật loại sợi dệt có cường độ chịu kéo đứt tối thiểu 25 kN/m;
- Có thể dùng xỉ lò cao (lò luyện thép) hoặc xỉ lò cao trộn tro bay;

Trường hợp đất tự nhiên trong khu vực tác dụng có sức chịu tải thấp khiến cho khó lu chặt lớp đáy móng thì nên rải 1 lớp vải địa kỹ thuật loại sợi dệt (có cường độ chịu kéo đứt tối thiểu là 25 kN/m) ở dưới trước khi rải và lu chặt lớp đáy móng.

5.7.3 Cần có các giải pháp hạn chế nước mao dẫn từ mức nước ngầm, nước đọng xâm nhập vào khu vực tác dụng của nền đường:

- Đảm bảo cao độ thiết kế nền đường như quy định ở 7.3 của TCVN 4054 : 2005;
- Hạ thấp mực nước ngầm;
- Làm các lớp ngăn cách nước mao dẫn: Tại phía dưới đáy khu vực tác dụng rải lớp ngăn cách nước mao dẫn bằng vật liệu rỗng hoặc vật liệu kín. Lớp vật liệu rỗng dày khoảng 15 cm bằng cát, cuội, sỏi; phía mặt trên và mặt dưới rải vải địa kỹ thuật. Lớp vật liệu kín bằng đất gia cố chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ với bề dày tối thiểu cho phép (12 cm với trường hợp dùng đất gia cố chất liên kết vô cơ và 5 cm với trường hợp dùng đất gia cố chất liên kết hữu cơ).

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

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

5.8.1 Kích thước lề đường và dải phân cách, kích thước phần lề gia cố, phần dải an toàn, các làn xe đặc biệt,... theo các quy định của (TCVN 4054 : 2005 và TCVN 5729 : 2012).

5.8.2 Kết cấu áo đường của phần lề gia cố

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

- Lớp mặt trên cùng của lề gia cố cùng loại với lớp mặt trên cùng của làn xe liền kề nhưng bề dày có thể cấu tạo mỏng hơn;
- Số lớp và bề dày các lớp của tầng móng có thể giảm bớt so với làn xe liền kề;
- Kết cấu gia cố cần được xem xét để khi cải tạo mở rộng mặt đường và nâng cấp đường tận dụng đến mức tối đa kết cấu đã xây dựng;
- Trong điều kiện kinh tế cho phép, kết cấu áo đường của lề gia cố nên thiết kế như với kết cấu áo đường của làn xe chạy liền kề.

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

- Tầng mặt lề gia cố thấp nhất là láng nhựa, thấm nhập nhựa,... để tạo điều kiện thoát nước, ngăn chặn nước thấm và tạo điều kiện cho xe hai bánh đi lại thuận lợi;
- Có thể giảm bớt một lớp móng hoặc giảm bề dày các lớp móng so với kết cấu áo đường của phần xe chạy liền kề;
- Có thể thiết kế cao độ của phần lề gia cố thấp hơn cao độ phần xe chạy liền kề trong phạm vi 5 cm + 6 cm (giảm một lớp mặt trên cùng so với kết cấu phần xe chạy và mép của lớp này phải tạo góc nghiêng 45° ra phía ngoài lề gia cố). Trong trường hợp này trên các đoạn đường cong, phần lề gia cố về phía lưng đường cong cũng vẫn tạo dốc ra phía ngoài để nước không đọng về phía mép phần xe chạy.

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

Trong phạm vi 0,25 m sát mép phần xe chạy chính được thiết kế giống như kết cấu áo đường của phần xe chạy. Ngoài phạm vi 0,25 m đó kết cấu áo đường của phần bề rộng còn lại của dải an toàn phía trong và cả phía ngoài (tức là dải dừng xe khẩn cấp) đều có thể thiết kế mỏng hơn theo các khuyến nghị đã đề cập ở 5.8.2.1 (xem thêm ở 6.3, TCVN 5729 : 2012).

5.8.4 Kết cấu lớp phủ của dải phân cách giữa

5.8.4.1 Khi dải phân cách rộng dưới 3,0 m (kể cả với đường cao tốc và đường ô tô cấp I, II) thì thiết kế lớp phủ mặt bọc kín. Kết cấu lớp phủ mặt này có thể sử dụng loại tầng mặt bê tông nhựa với một lớp móng và một lớp mặt có bề dày tối thiểu. Không nên sử dụng loại móng gia cố chất liên kết vô cơ để tránh nứt phản ánh.

5.8.4.2 Tại các chỗ cắt dải phân cách giữa làm chỗ quay đầu xe thì kết cấu áo đường cũng thiết kế giống như kết cấu trên phần xe chạy chính.

5.8.4.3 Trường hợp tại dải phân cách giữa không bố trí lớp phủ thì phải tuân thủ các quy định về thoát nước nêu ở 4.4.3 của TCVN 4054 : 2005 cho đường ô tô hoặc ở 6.5.2, 6.5.3 của TCVN 5729 : 2012 cho đường cao tốc.

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

Phải dự báo được số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế để làm căn cứ thiết kế kết cấu áo đường riêng cho mỗi trường hợp và mỗi đoạn cụ thể trên tuyến và việc thiết kế vẫn theo đúng các chỉ dẫn của tiêu chuẩn này. Không nhất thiết phải thiết kế kết cấu áo đường cho các trường hợp này giống như kết cấu áo đường của các làn xe trên phần xe chạy chính.

5.8.6 Kết cấu áo đường trên cầu

5.8.6.1 Khi thiết kế, loại cầu, cấp đường, cấp tải trọng giao thông và điều kiện khí hậu cần được xem xét một cách toàn diện. Mặt đường trên cầu phải có thiết kế riêng và nên có cùng loại lớp mặt với các đoạn đường liền kề. Phải có biện pháp thiết kế bảo đảm xe cộ ra vào cầu êm thuận, an toàn, đặc biệt là tại các chỗ tiếp giáp giữa đường và cầu.

5.8.6.2 Kết cấu lớp phủ mặt cầu phải đảm bảo chống thấm tốt, dính bám tốt với bản mặt cầu và ổn định để tránh trượt trôi, lún vệt bánh xe. Lớp bê tông nhựa mặt cầu nên thiết kế có độ rỗng dư nhỏ, có tính ổn định và chịu nhiệt độ cao tốt.

Để cải thiện tính năng chống lại biến dạng trượt trôi, lún vệt bánh xe, nên dùng hỗn hợp bê tông nhựa cấp phối liên tục hoặc SMA sử dụng nhựa đường cải tiến hoặc nhựa đường polime.

5.8.6.3 Các lớp vật liệu dính bám, chống thấm bản mặt cầu phải phù hợp với lớp phủ bê tông nhựa phía trên.

5.8.6.4 Chiều dày của lớp áo đường bê tông nhựa trên mặt cầu bê tông xi măng của đường cao tốc và đường cấp I, cấp II không được nhỏ hơn 70 mm. Nên sử dụng kết cấu hai lớp trở lên và chiều dày của lớp bê tông nhựa trên cùng không nên nhỏ hơn 30 mm.

Chiều dày của lớp áo đường bê tông nhựa trên mặt cầu bê tông xi măng của đường các cấp khác không được nhỏ hơn 50 mm.

5.8.6.5 Lớp phủ mặt cầu thép nên dùng bê tông nhựa đúc, bê tông nhựa epoxy, SMA hoặc các vật liệu thích hợp khác.

5.8.7 Kết cấu áo đường tại trạm thu phí

Trong phạm vi khu vực trạm thu phí không nên sử dụng kết cấu áo đường mềm. Trường hợp không có điều kiện xây dựng các loại mặt đường cứng (các loại mặt đường có tầng mặt bằng bê tông xi măng) thì sử dụng kết cấu tầng mặt cấp cao bằng bê tông nhựa có tính ổn định cao (có thể sử dụng nhựa đường polime) hoặc lớp bê tông bán mềm với tầng móng trên bằng cấp phối sỏi cuội (đá) gia cố xi măng và móng dưới bằng đất, cát gia cố xi măng.

5.8.8 Kết cấu áo đường trong hầm

5.8.8.1 Kết cấu áo đường trong hầm được lựa chọn phụ thuộc vào lưu lượng giao thông, tốc độ thiết kế, điều kiện môi trường, nguồn cung cấp vật liệu và phân tích chi phí vòng đời.

5.8.8.2 Mặt đường trong hầm phải có đủ cường độ, độ bền, độ bằng phẳng, khả năng chống trượt, chống mài mòn, có khả năng chống cháy, đáp ứng các yêu cầu về tiếng ồn thấp và chống chói.

5.8.8.3 Phải có hệ thống thoát nước dưới kết cấu mặt đường hầm, thoát nước mặt đường càng nhanh càng tốt.

5.8.8.4 Mặt đường bê tông xi măng có thể được sử dụng cho các hầm đường bộ ở tất cả các cấp, nhưng cần có các biện pháp để nâng cao khả năng chống trượt và giảm tiếng ồn khi xe chạy.

Khi tốc độ thiết kế lớn hơn 80 km/h, nên sử dụng mặt đường hỗn hợp gồm lớp các lớp bê tông nhựa phía trên và lớp bê tông xi măng bên dưới.

5.8.8.5 Lớp mặt bê tông nhựa của mặt đường hỗn hợp cần đáp ứng các yêu cầu sau:

1. Lớp mặt bê tông nhựa phải có khả năng liên kết tốt với tấm bê tông xi măng, chống thấm, chống trượt, chống mài mòn, chống hằn lún, chống nứt mối và chống bong tróc.
2. Bề mặt bê tông nhựa nên được làm hai lớp và độ dày tổng cộng từ 80 mm + 100 mm;
3. Loại hỗn hợp của lớp mặt bê tông nhựa giống với phần đường bên ngoài hầm. Hỗn hợp bê tông nhựa trộn ẩm có thể được sử dụng cho các đường hầm dài và việc bổ sung các loại phụ gia khác nhau không được ảnh hưởng đến tính năng của hỗn hợp;
4. Nên sử dụng lớp dính bám bằng nhũ tương cải tiến hoặc vật liệu thích hợp khác trên mặt lớp bê tông xi măng;
5. Cần có các biện pháp giảm thiểu vết nứt phản ánh, như lớp lưới sợi thủy tinh hoặc lớp hấp thụ ứng suất SAMI;
6. Nên sử dụng lớp mặt bê tông nhựa cải tiến sử dụng phụ gia chống cháy để giảm tác động xấu đến an toàn vận hành và công tác cứu nạn khi đường hầm bị cháy. Phụ gia chống cháy phải có độ bền và ổn định nhiệt tốt, đồng thời không được ảnh hưởng đến tính năng của nhựa đường và hỗn hợp bê tông nhựa.

5.8.9 Chiều dày của kết cấu lề đường được thiết kế theo Điều 5.7.2.16.5 của tiêu chuẩn này.

5.8.10 Kết cấu áo đường của đường 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

5.9 Thoát nước kết cấu áo đường

5.9.1 Cấu tạo, hình dáng, kích thước của các bộ phận của kết cấu áo đường và nền đường phải thuận lợi cho nước mặt thoát nhanh; nước ngầm, nước mao dẫn bị hạn chế hoặc bị ngăn chặn không cho tác dụng trực tiếp đến đáy kết cấu áo đường; nước đọng hai bên chân ta luy đường không thấm vào các lớp vật liệu của kết cấu áo đường. Những biện pháp để giải quyết vấn đề này được quy định trong các tiêu chuẩn thiết kế đường (TCVN 4054 : 2005 và TCVN 5729 : 2012). Phần còn lại của Điều 5.9 là thiết kế hệ thống thoát nước kết cấu áo đường mềm nhằm thoát hết nước mặt đã thấm vào kết cấu áo đường.

5.9.2 Thiết kế hệ thống thoát nước kết cấu áo đường nhằm thoát lượng nước thấm theo các kẽ nứt của lớp mặt đường, có thể làm bão hòa và làm mềm lớp móng dưới hoặc cả lớp nền thượng.

5.9.3 Việc xem xét sự cần thiết thiết kế hệ thống thoát nước kết cấu áo đường phải căn cứ vào việc phân tích chi phí /lợi ích, trong đó lợi ích là kéo dài tuổi thọ áo đường, giảm thiểu công việc bảo dưỡng, sửa chữa áo đường, có lớn hơn chi phí tăng thêm do xây dựng và bảo trì hệ thống thoát nước ấy không.

5.9.4 Trước tiên cần tìm hiểu các vấn đề sau để quyết định việc thiết kế thoát nước kết cấu áo đường:

- Lưu lượng xe tải và xe buýt;
- Điều kiện thời tiết có thể làm cho nước thấm vào trong kết cấu áo đường và làm bão hòa các lớp này trong một thời gian dài không;
- Đất nền đường, nhất là đất nền thượng có khả năng để nước thấm và thoát thẳng đứng xuống sâu, hay đất nền có nhiều thành phần hạt sét mịn làm cản trở dòng nước chảy;
- Trong các lớp của áo đường có những vật liệu dễ bị nước làm hư hỏng;
- Biện pháp khác trong khi thiết kế có thể làm giảm thiểu vấn đề liên quan đến tác dụng xấu của nước;
- Việc thiết kế thoát nước kết cấu áo đường là biện pháp hiệu quả nhất để giảm thiểu các hư hỏng kết cấu áo đường mềm do nước;
- Công việc bảo trì định kỳ hệ thống thoát nước này có được tiến hành thuận lợi không.

5.9.5 Nếu không đủ dữ liệu để phân tích chi phí/lợi ích như đã nêu ở 5.9.3, có thể tham khảo hướng dẫn ở Bảng 4 để chọn giải pháp thiết kế thoát nước kết cấu áo đường mềm

Bảng 4 – Đánh giá để chọn giải pháp thiết kế thoát nước kết cấu áo đường mềm

Tổng số xe tải, xe buýt trong 15 năm trên 1 làn xe	> 10 triệu			2 triệu đến 10 triệu			< 2 triệu		
Hệ số thấm k của đất nền thượng m/ngày đêm	< 3	3 đến 30	> 30	< 3	3 đến 30	> 30	< 3	3 đến 30	> 30
Giải pháp chọn	C	C	X	C	X	X	X	KC	KC
C – Cần thiết kế X – Có thể thiết kế nhưng cần xem xét thêm như ở Điều 5.9.4 KC – Không cần thiết kế k – Hệ số thấm xác định theo ASTM D2434									

5.9.6 Có rất nhiều kiểu cấu tạo thoát nước dưới mặt đường bê tông nhựa. Phụ lục L giới thiệu một số kiểu cấu tạo đã được dùng ở các nước. Dùng kiểu nào là do kỹ sư tư vấn quyết định.

5.9.7 Các bộ phận của hệ thống thoát nước đã giới thiệu ở Phụ lục L sẽ được xác định kích thước cụ thể theo các tính toán thủy lực dưới đây. Để tính toán thủy lực cho các bộ phận của hệ thống cấu tạo thoát nước dưới mép mặt đường bê tông nhựa cần tiến hành lần lượt theo 4 phần sau đây:

5.9.7.1 Phần 1 – Xác định lưu lượng nước q_d mà hệ thống cấu tạo thoát nước dưới mặt đường

bê tông nhựa cần thoát hết.

a) Đối với mặt đường bê tông nhựa nằm trên lớp móng không thấm nước, q_d được tính theo công thức (1):

$$q_d = q_i W \quad (1)$$

Trong đó:

q_d là lưu lượng thiết kế mà hệ thống cấu tạo thoát nước dưới mặt đường bê tông nhựa cần thoát hết, tính bằng $m^3/ngày/m$;

q_i là lưu lượng nước thấm xuống mặt đường bê tông nhựa qua các đường nứt, các khe nối, tính bằng $m^3/ngày/m^2$;

W là chiều rộng của lớp móng không thấm nước, tính bằng m.

q_i được tính theo công thức (2):

$$q_i = I_c \left[\frac{N+1}{w} + \frac{1}{C_s} \right] \quad (2)$$

Trong đó:

I_c là lưu lượng nước thấm qua các đường nứt, các khe nối của mặt đường bê tông nhựa, tính bằng $m^3/ngày/m^2$; I_c quy định lấy bằng $0,223 m^3/ngày/m^2$;

N là số làn xe;

W là chiều rộng mặt đường, tính bằng m;

C_s là khoảng cách các đường nứt, tính bằng m; đối với mặt đường bê tông nhựa C_s lấy bằng 5 m đến 20 m (theo các khảo sát thực tế trên mặt đường bê tông nhựa đã có trong các điều kiện lưu lượng xe, khí hậu, tương tự mà chọn trị số C_s ; nếu không có điều kiện như thế thì cho phép lấy trị số trung bình C_s bằng 13 m) .

b) Đối với mặt đường bê tông nhựa nằm trên lớp móng thấm được nước q_d được tính theo công thức (3):

$$q_d = 24 W H N_e U \frac{1}{t_d} \quad (3)$$

Trong đó:

q_d là lưu lượng thiết kế mà hệ thống cấu tạo thoát nước dưới mặt đường bê tông nhựa cần thoát hết, tính bằng $m^3/ngày/m$;

W là chiều rộng của lớp móng thấm được nước, tính bằng m;

H là chiều dày lớp móng thấm được nước, tính bằng m;

N_e là độ rỗng hữu hiệu của lớp móng thoát được nước, số thập phân:

$$N_e = N_R \times T_n,$$

N_R là độ rỗng của lớp móng thoát được nước, số thập phân, tính theo công thức sau:

$$N_R = [1 - (V_d / 9,81 G_b)] ,$$

V_d là trọng lượng thể tích của vật liệu lớp móng thoát được nước, tính bằng kN/m^3 ; thông thường bằng $15,5 \text{ kN/m}^3$ đến $19,0 \text{ kN/m}^3$;

G_b là tỉ trọng khối của vật liệu lớp móng thoát được nước; thông thường bằng 2,65 đến 2,70;

T_n là hệ số tổn thất của nước do các hạt mịn $< 0,075 \text{ mm}$ hấp phụ (như bột đá, bụi, sét); đối với cấp phối đá khi hàm lượng hạt mịn bằng 0% thì $T_n = 0,80$; khi hàm lượng hạt mịn bằng 2,5% thì $T_n = 0,70$; khi hàm lượng hạt mịn bằng 5% thì $T_n = 0,60$; khi hàm lượng hạt mịn bằng 10% thì $T_n = 0,40$;

U là phần trăm lượng nước thoát được, tính bằng phần trăm theo số thập phân (đối với thiết kế mặt đường bê tông nhựa quy định $U = 0,50$);

t_d là thời gian quy định để thoát lượng nước nêu trên, tính bằng h (đối với đường cao tốc, đường cấp cao, quy định $t_d = 2 \text{ h}$).

5.9.7.2 Phần 2 – Xác định khả năng thoát nước Q của các bộ phận của cấu tạo thoát nước

a) Đối với cấu tạo thoát nước có ống thoát nước dọc đặt ở hào. Khả năng thoát nước Q của ống thoát nước dọc được xác định theo công thức (4):

$$Q = \frac{0,2693 \times 10^{-3}}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Trong đó:

Q là khả năng thoát nước của ống thoát nước dọc, tính bằng $\text{m}^3/\text{ngày}$;

n là hệ số nhám Manning, lấy bằng 0,012 khi ống trơn, bằng 0,024 khi ống có gợn sóng;

D là đường kính ống, tính bằng mm;

S là độ dốc dọc đặt ống, tính bằng m/m.

b) Đối với hệ thống cấu tạo thoát nước dùng cấu tạo tổ hợp thấm nước bằng vải địa kỹ thuật chế tạo sẵn (PGED); khả năng thoát nước của PGED tính theo công thức (5); xem Hình 3.

$$Q = C \times D' \times \left[S + \frac{D_1 - D_2}{L'} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Trong đó:

Q là khả năng thoát nước PGED, tính bằng $\text{m}^3/\text{ngày}$;

C là thông số dòng thấm của PGED do hãng sản xuất cung cấp, tính bằng $\text{m}^3/\text{ngày}/\text{mm}$; thông số này thay đổi từ $0,5 \text{ m}^3/\text{ngày}/\text{mm}$ đến $2,5 \text{ m}^3/\text{ngày}/\text{mm}$ tùy theo hãng sản xuất;

D' là độ sâu trung bình của dòng thấm;

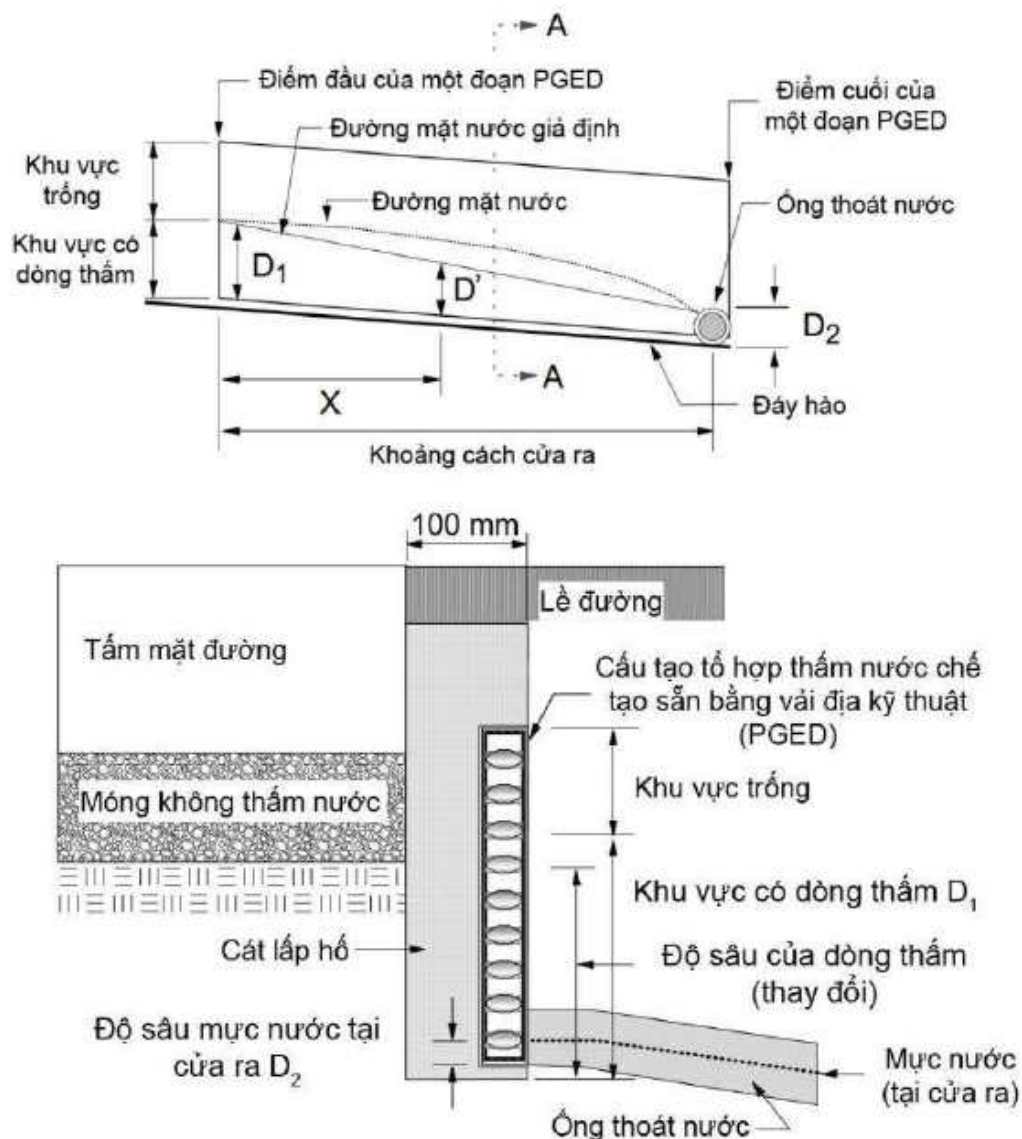
$$D' = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

D_1 là độ sâu của dòng thấm tại điểm đầu của đoạn PGED, tính bằng m;

D_2 là độ sâu của dòng thấm tại cửa ra, lấy bằng đường kính của ống ngang tại cửa ra, tính bằng m;

S là độ dốc đáy hào, tính bằng m/m;

L' là khoảng cách cửa ra (cửa thoát nước), tính bằng m.



Hình 3 – Sơ đồ để tính toán dòng thấm của cấu tạo PGED

5.9.7.3 Phần 3 – Xác định khoảng cách cửa ra L' , tính bằng m.

Khi đã xác định được q_d và Q , L' được tính theo công thức (6):

$$L' \leq \frac{Q}{q_d} \quad (6)$$

5.9.7.4 Phần 4 – Xác định chiều rộng của hào W_T trong đó đặt ống dọc thoát nước

Chiều rộng của hào phải đủ để đặt ống dọc thoát nước và đủ rộng để lấp vật liệu thoát nước, thông thường chiều rộng theo yêu cầu này lớn hơn chiều rộng do yêu cầu trong tính toán thủy lực. Công thức (7) dưới đây dùng để kiểm tra chiều rộng của hào theo yêu cầu tính toán thủy lực:

$$W_T = \frac{q_d}{k} 1000 \quad (7)$$

Trong đó:

W_T là chiều rộng yêu cầu tối thiểu của hào, tính bằng m;

q_d là lưu lượng nước cần thoát của kết cấu áo đường, tính bằng $m^3/ngày/m$;

k là hệ số thấm của vật liệu lấp hào, tính bằng $m/ngày$.

5.10 Lựa chọn loại nhựa đường phù hợp với điều kiện khí hậu và tải trọng

5.10.1 Loại nhựa đường được lựa chọn phù hợp với nhiệt độ không khí khu vực có dự án đi qua, phù hợp với đặc tính dòng xe (quy mô giao thông, tốc độ khai thác) và chiều sâu lớp vật liệu sử dụng nhựa đường.

5.10.2 Thiết kế cấu tạo lựa chọn và bố trí các lớp bê tông nhựa, hỗn hợp đá nhựa và các lớp móng trong kết cấu áo đường sau đó tính toán xác định chiều dày đảm bảo điều kiện kinh tế, kỹ thuật.

5.10.3 Thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông nhựa và hỗn hợp đá nhựa theo các tiêu chuẩn tương ứng.

5.10.3.1 Đối với các loại bê tông nhựa chặt, bê tông nhựa bán rỗng sử dụng nhựa thường, bê tông nhựa polime, hỗn hợp cấp phối đá chặt gia cố nhựa nóng việc lựa chọn mác nhựa theo các Phụ lục B và Phụ lục C của tiêu chuẩn TCVN 8819.

5.10.3.2 Đối với SMA việc lựa chọn mác nhựa theo Phụ lục A của tiêu chuẩn TCCS 36 : 2021/TCĐBVN.

5.10.3.3 Lựa chọn cấp nhựa theo đặc tính làm việc PG theo TCVN 13049 : 2020.

5.10.3.4 Đối với các loại bê tông nhựa thiết kế theo đặc tính thể tích Superpave việc lựa chọn cấp nhựa PG theo các tiêu chuẩn TCVN 12818 : 2019 và TCVN 13049 : 2020.

5.10.3.5 Đối với các loại bê tông nhựa tạo nhám, bê tông nhựa rỗng thoát nước, bê tông bán mềm và các loại hỗn hợp đá nhựa khác việc lựa chọn loại nhựa theo các tiêu chuẩn tương ứng.

6 Thiết kế kết cấu áo đường mềm được xây dựng mới – Tính toán xác định chỉ số kết cấu (SN) và chiều dày các lớp (D_i)

6.1 Sau khi thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường, nhiệm vụ tiếp theo là tính toán để xác định chỉ số kết cấu (SN) và chiều dày từng lớp (D_i) của kết cấu áo đường, nhằm bảo đảm mật độ cường độ, độ bền và chất lượng khai thác, có thể chịu được tổng lượng xe cộ dự báo trong suốt thời hạn thiết kế của dự án.

6.2 Phương pháp thiết kế áo đường mềm của AASHTO lấy tiêu chuẩn trạng thái giới hạn “chỉ số khả năng phục vụ (PSI)” của kết cấu áo đường làm thông số đặc trưng cho chất lượng khai thác sử dụng của mặt đường.

6.3 Phương trình thiết kế cơ bản sử dụng cho áo đường mềm trong tiêu chuẩn này là rút ra từ các kết quả thử nghiệm các kết cấu áo đường mềm của AASHTO.

6.3.1 Phương trình để xác định SN có nguyên dạng sau (với đơn vị đo của M_R là psi)

$$\log_{10} W_{18} = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10} M_R - 8.07 \quad (8)$$

Khi dùng đơn vị đo M_R là MPa (theo hệ thống đo lường SI) thì phương trình trên viết thành:

$$\log_{10} W_{80} = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10} M_R - 3.06 \quad (9)$$

Trong đó:

SN là chỉ số kết cấu áo đường mềm;

W_{80} là tổng số lần tác dụng của tải trọng trục đơn tương đương 80 KN (18 Kíp) trong cả thời hạn phục vụ (thời hạn thiết kế);

R là độ tin cậy, với giả thiết mọi số liệu đầu vào đều mang giá trị trung bình; tính bằng %;

Z_R là độ lệch trung bình tiêu chuẩn tương ứng với độ tin cậy R (Bảng 9);

S_o là độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ;

M_R là mô đun đàn hồi có hiệu của vật liệu (đất) nền đường, tính bằng psi trong phương trình

(8); tính bằng MPa trong phương trình (9);

ΔPSI là độ tổn thất tính toán khả năng phục vụ được tính theo công thức (10):

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (10)$$

Trong đó:

p_o là khả năng phục vụ ban đầu;

p_t là khả năng phục vụ cuối thời hạn thiết kế.

6.3.2 Phương trình để xác định chiều dày các lớp có dạng sau:

$$2,54 SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + \dots; \quad (11)$$

Trong đó:

a_1, a_2, a_3 là hệ số lớp của lớp mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới (Hình 8 đến Hình 12) và các công thức ở Điều 6.4.8;

D_1, D_2, D_3 là chiều dày tính bằng cm của lớp mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới.

6.3.3 Có thể dùng toán đồ Hình 4 để xác định trị số của chỉ số kết cấu SN khi đã biết các thông số đầu vào (xem ví dụ tính toán ở Hình 4. Trình tự tiến hành theo các mũi tên trên toán đồ).

6.3.4 Có thể dùng chương trình tính toán SN và chiều dày áo đường trên máy tính PC. Trong Excel có thể dùng công cụ Goal Seek để giải phương trình có 1 ẩn số SN bằng phương pháp gần đúng (Phụ lục G).

Xem các ví dụ tính toán ở Phụ lục F.

6.3.5 Phương trình chỉ số kết cấu SN (phương trình (11) trong 6.3.2) không phải chỉ có một lời giải duy nhất mà còn có nhiều tổ hợp các chiều dày của các lớp thoả mãn phương trình. Khi chọn lựa trị số thích hợp của chiều dày các lớp cần xem xét về điều kiện cấu tạo, giá thành của việc thi công và bảo dưỡng để loại trừ khả năng đưa ra một kết cấu áo đường không hợp lý.

6.3.6 Để tránh hư hỏng, nứt vỡ, chiều dày tối thiểu của các lớp bê tông nhựa thuộc lớp mặt, chiều dày tối thiểu của lớp móng trên làm bằng vật liệu hạt không được nhỏ hơn trị số quy định ở Bảng 5, tùy theo tổng số trục xe đơn tương đương thiết kế W_{80} .

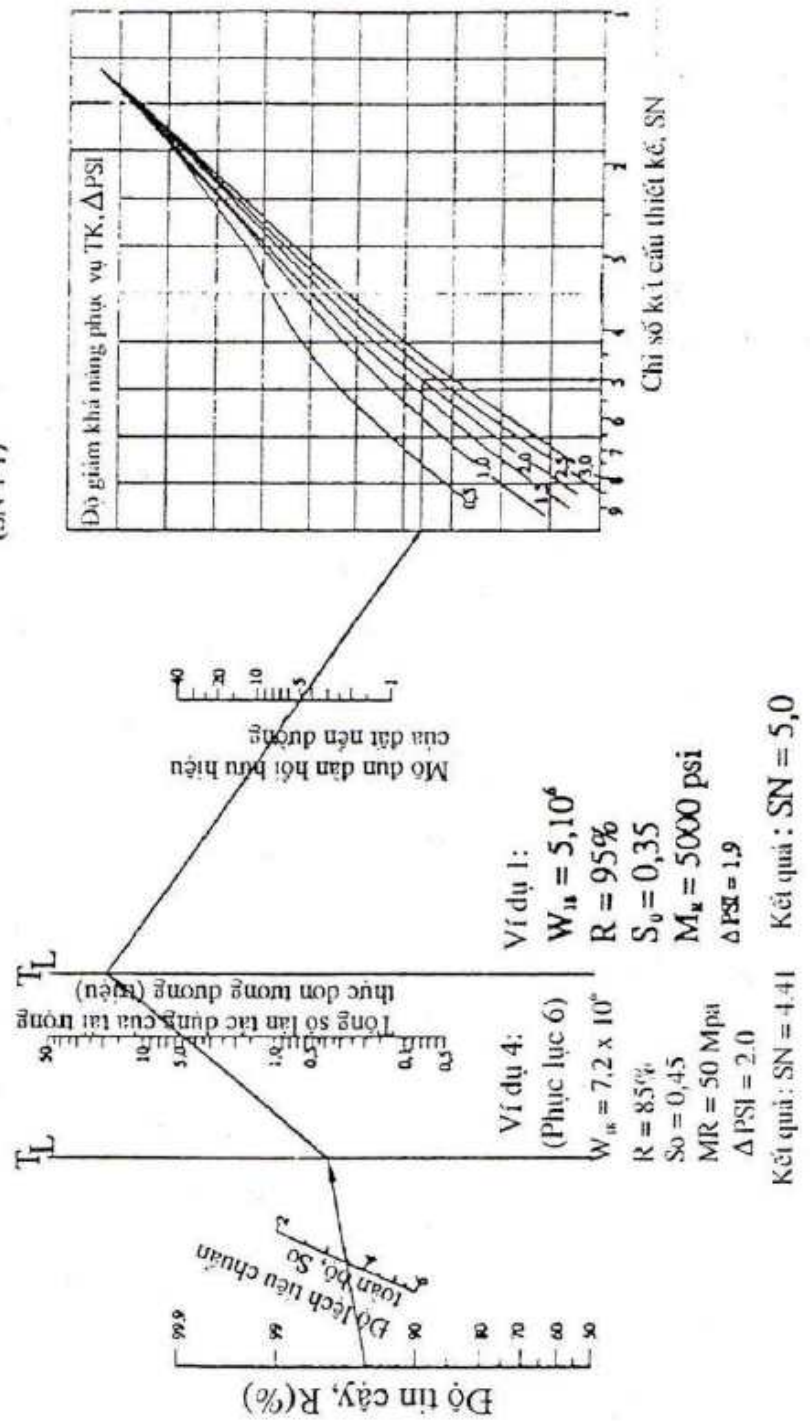
LỜI GIẢI THEO TOÁN ĐỒ:

Phương trình 1 (khi M_k tính bằng psi)

$$\log_{10} W_{in} = Z_k \cdot S_0 + 9,36 \cdot \log_{10} (SN+1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40} + \frac{1094}{(SN+1)^{1,19}} + 2,32 \cdot \log_{10} M_k - 8,07$$

Phương trình 2 (khi M_k tính bằng Mpa)

$$\log_{10} W_{in} = Z_k \cdot S_0 + 9,36 \cdot \log_{10} (SN+1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40} + \frac{1094}{(SN+1)^{1,19}} + 2,32 \cdot \log_{10} M_k - 3,06$$



Hình 4 – Toán đồ thiết kế áo đường mềm trên cơ sở dùng trị số trung bình ở đầu vào

Bảng 5 – Chiều dày tối thiểu của các lớp trong áo đường mềm tùy theo ESAL's

Tổng số trục xe đơn tương đương thiết kế cho một làn xe (ESAL's)-W80	Chiều dày tối thiểu, cm		
	Các lớp bê tông nhựa tầng mặt	Lớp móng trên rải trực tiếp dưới tầng mặt bê tông nhựa	
		Bảng vật liệu hạt	Bảng vật liệu hạt trộn nhựa đường
< 50.000	2,5 (hoặc xử lý bề mặt)	10	-
50.001 - 150.000	5	10	-
150.001 - 500.000	7	10	-
500.001 - 2.000.000	8	15	-
2.000.001 - 5.000.000	9	15	-
5.000.001 - 7.000.000	10	15	-
7.000.001 - 10.000.000	12 (10)	-	7
10.000.001 - 15.000.000	15 (10)	-	8
15.000.001 - 20.000.000	18 (12)	-	9
> 20.000.000	20 (>12)	-	10

CHÚ THÍCH:

1) Khi ESAL's > 7.000.000 lớp móng trên phải là lớp vật liệu hạt trộn nhựa đường (như đá dăm đen, hỗn hợp cấp phối đá chặt gia cố nhựa nóng (ATB), bê tông nhựa bán cứng, bê tông nhựa nguội, bê tông nhựa tái chế) hoặc là lớp vật liệu hạt gia cố chất liên kết vô cơ (như cấp phối đá dăm gia cố xi măng...). Xem thêm Điều 5.4.

2) Trong kết cấu áo đường có thể bao gồm 1 hay nhiều lớp đá gia cố xi măng (CTB), số lớp và chiều dày các lớp phụ thuộc vào tính toán thiết kế. Khi chỉ có 1 lớp CTB thì chiều dày tối thiểu lớp này bằng 15 cm.

3) Khi dùng lớp móng trên bằng vật liệu hạt gia cố với chất liên kết vô cơ (như xi măng) thì để hạn chế hiện tượng nứt phản ánh, tổng bề dày tối thiểu của tầng mặt có sử dụng nhựa nên bằng bề dày lớp móng nửa cứng và tối thiểu bằng 14 cm + 18 cm khi đường thiết kế là đường cao tốc theo TCVN 5729 : 2012 hoặc đường cấp I, cấp II theo TCVN 4054 : 2005 và phải tối thiểu bằng 10 cm + 12 cm khi đường thiết kế là đường cấp III, cấp IV theo TCVN 4054 : 2005.

4) Khi lớp móng trên bằng vật liệu hạt trộn với nhựa đường có chiều dày bằng và lớn hơn chiều dày tối thiểu ghi trong Bảng 5 này được rải trực tiếp dưới lớp bê tông nhựa tầng mặt thì chiều dày tối thiểu của lớp bê tông nhựa tầng mặt có thể lấy theo trị số trong ngoặc.

5) Chiều dày của tất cả các lớp trong kết cấu áo đường đều phải tính toán để xác định. Chiều dày cho trong Bảng 5 này chỉ là quy định cho chiều dày tối thiểu để tránh mặt đường bị nứt vỡ, hư hỏng sớm khi khai thác đường.

6.3.7 Trong trường hợp mô đun đàn hồi của lớp móng trên và mô đun đàn hồi của lớp mặt bằng bê tông nhựa khác nhau quá lớn (tỉ số ấy nhỏ hơn 1/10) thì khi sử dụng các phương trình từ (8) đến (11) để thiết kế nên áp dụng phương pháp phân tích theo từng lớp (xem ví dụ ở Phụ lục F).

6.4 Xác định các thông số đầu vào để thiết kế kết cấu áo đường mềm

6.4.1 Các thông số ban đầu dùng để thiết kế kết cấu áo đường mềm thường là những trị số trung bình, và gồm có:

- Các thông số ràng buộc về thời gian: thời hạn phục vụ (Tp.v) và thời hạn phân tích (Tp.t);
- Tổng số trục xe đơn tương đương (ESAL's) W_{80} ;
- Độ tin cậy R ; độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ S_o ;
- Chỉ số khả năng phục vụ ban đầu p_o ; chỉ số khả năng phục vụ cuối thời hạn phục vụ p_t ; độ tổn thất khả năng phục vụ ΔPSI ;
- Mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền M_R ;
- Các đặc trưng cường độ của vật liệu của các lớp trong kết cấu áo đường và hệ số lớp a_i .

6.4.2 Thời hạn phục vụ của mặt đường mềm (Tp.v)

Thời hạn phục vụ của áo đường mềm được quy định tùy thuộc vào loại lớp mặt (Bảng 6).

Khi dự kiến thời hạn phục vụ khác với trị số quy định ở Bảng 6 phải có văn bản thuyết minh và đề trình cấp có thẩm quyền phê duyệt.

Bảng 6 – Thời hạn phục vụ của áo đường mềm

Số TT	Loại mặt đường	Thời hạn phục vụ (năm)
1	Bê tông nhựa hai lớp, tổng bề dày ≥ 10 cm	15
2	Bê tông nhựa một lớp, tổng bề dày ≤ 7 cm (5 cm + 7 cm)	10
3	Thấm nhập nhựa	10
4	Láng nhựa hai lớp	7
5	Láng nhựa một lớp	5

6.4.3 Thời hạn phân tích của áo đường (Tp.t)

Thời hạn phân tích của áo đường được quy định tùy thuộc vào quãng thời gian mà chiến lược thiết kế đường phải bao quát. Hiện nay ở nước ta quy định là 20 năm.

Thời hạn phân tích của áo đường không nhất thiết lấy bằng thời hạn phục vụ, nhưng tối thiểu là bằng thời hạn phục vụ.

Khi dùng phương pháp đầu tư xây dựng phân kỳ kết cấu áo đường, thời hạn phân tích nên lấy xấp xỉ bằng tổng của các thời hạn phục vụ của lớp áo đường trong các lần xây dựng phân kỳ.

Khi cần so sánh hiệu quả kinh tế của hai loại áo đường có thời hạn phục vụ khác nhau thời hạn phân tích phải lấy bằng thời hạn phân tích của loại áo đường có thời hạn phục vụ lớn hơn.

Bảng 7 giới thiệu thời hạn phân tích của các loại đường mà trong hướng dẫn của AASHTO đã sử dụng để tham khảo.

Bảng 7 – Thời hạn phân tích

Số TT	Loại đường	Thời hạn phân tích (năm)
1	Đường đô thị lưu lượng giao thông lớn	30 - 50
2	Đường ngoài đô thị lưu lượng giao thông lớn	20 - 50
3	Đường có làm lớp mặt lưu lượng giao thông thấp	15 - 25
4	Đường có lớp mặt đường cấp phối lưu lượng giao thông thấp	10 - 20

6.4.4 Xác định tổng số trục xe tương đương (W80)

6.4.4.1 Xe tính toán trong tiêu chuẩn này là xe có tải trọng trục đơn 80 kN (tải trọng trục đơn là 18 kíp). Các trục khác được quy đổi về trục 80 kN theo nguyên lý sự phá hoại tương đương.

Một cách gần đúng, các loại xe có tải trọng trục khác hoặc có nhiều trục sẽ được quy đổi về xe có tải trọng trục đơn 80 kN bằng hệ số quy đổi L_f (dùng trong thiết kế dự án tiền khả thi).

$$L_f = \left(\frac{L}{L_{80}} \right)^{4,5} \quad (12)$$

Trong đó:

L là tải trọng một trục sau của xe cần quy đổi, tính bằng kN;

L_{80} là tải trọng trục đơn tính toán (80 kN).

Khi quy đổi những ô tô ba cầu (có hai trục sau) được xem gần đúng như hai xe có tải trọng trục tương ứng với mỗi trục sau. Xe kéo móc nhiều trục thì có bao nhiêu trục ở rơ móc được xem là

bấy nhiêu ô tô có một trục sau.

6.4.4.2 Để xác định một cách chính xác hơn hệ số quy đổi về xe có tải trọng trục đơn tính toán 80 kN (18 kíp) cần sử dụng bảng qui đổi xe trong Phụ lục B của tiêu chuẩn này (trị số của hệ số quy đổi xe này phụ thuộc vào trị số của SN, p_i và loại trục đơn, trục kép hay trục ba. Khi quy đổi tạm lấy SN = 5).

6.4.4.3 Sau khi tính ra tổng số trục xe đơn tương đương tích lũy trong cả thời hạn phục vụ của kết cấu áo đường (thời hạn thiết kế) chạy qua một mặt cắt của đường $\hat{W}_{80}$, cần xác định tổng số trục xe đơn tương đương chạy qua một mặt cắt của một làn xe thiết kế W_{80} theo công thức sau:

$$W_{80} = D_D \times D_L \times \hat{W}_{80} \quad (13)$$

Trong đó:

D_D là hệ số phân bố theo chiều. Trị số D_D thay đổi từ 0,3 + 0,7 tùy thuộc vào điều tra thực tế.

Trong trường hợp thông thường $D_D = 0,5$.

D_L - hệ số phân bố theo làn, lấy theo Bảng 8

Bảng 8 – Hệ số phân bố theo làn

Số làn xe theo một chiều	Trị số D_L ^{*)}
1	1
2	0,8 - 1
3	0,6 - 0,8
4	0,5 - 0,75
^{*)} Khi chọn trị số D_L cần khảo sát sự phân luồng giao thông thực tế ở hiện trường. Khi có sự phân luồng giao thông chặt chẽ thì lấy trị số nhỏ ở gần giới hạn dưới, ngược lại thì lấy trị số lớn ở gần giới hạn trên.	

6.4.5 Độ tin cậy (R)

6.4.5.1 Giá trị của độ tin cậy R được chọn lựa tùy theo cấp hạng và chức năng của đường theo phạm vi đã quy định trong Bảng 9.

6.4.5.2 Giá trị độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ S_o trong tính toán áo đường mềm được quy định bằng 0,45.

6.4.6 Chỉ số khả năng phục vụ ban đầu và cuối, tổn thất khả năng phục vụ ΔPSI

Bảng 9 – Phạm vi mức độ của độ tin cậy

Phân loại chức năng đường	Phạm vi mức độ độ tin cậy (%)	
	Trong đô thị	Ngoài đô thị
Đường cao tốc (1)	90 - 99	85 - 99
Quốc lộ chính (2)	90 - 95	85 - 95
Đường chính và quốc lộ thứ yếu (3)	80 - 85	75 - 85
Đường thu gom, đường nhánh, tỉnh lộ (3)	80 - 85	75 - 80
Đường huyện, đường địa phương (3)	75 - 80	50 - 80
(1) Đường cao tốc dùng trị số gần giới hạn trên và giới hạn trên khi ESAL's ≥ 30 triệu; khi ESAL's < 30 triệu thì dùng trị số gần giới hạn dưới và giới hạn dưới. (2) Quốc lộ có cấp tốc độ ≥ 80 km/h dùng trị số gần giới hạn trên và giới hạn trên (đường từ cấp III trở lên). Quốc lộ có cấp tốc độ < 80 km/h dùng trị số gần giới hạn dưới và giới hạn dưới (đường từ cấp IV trở xuống). (3) Khi lưu lượng xe lớn dùng trị số giới hạn trên, khi lưu lượng xe ít dùng trị số giới hạn dưới. Trị số Z_R trong phương trình (8) và (9) tương ứng với mỗi giá trị R được ghi trong Bảng 10.		

Bảng 10 – Các giá trị độ lệch trung bình tiêu chuẩn (Z_R) tương ứng với mức độ tin cậy đã chọn

Độ tin cậy, R (%)	Độ lệch trung bình tiêu chuẩn, Z_R
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037

**Bảng 10 – Các giá trị độ lệch trung bình tiêu chuẩn
(Z_R) tương ứng với mức độ tin cậy đã chọn**

Độ tin cậy, R (%)	Độ lệch trung bình tiêu chuẩn, Z_R
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,467
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
GHI CHÚ: Trong Excel tính độ lệch trung bình tiêu chuẩn bằng hàm $Z_R = - \text{NORM.S.INV}(R/100)$	

6.4.6.1 Chỉ số khả năng phục vụ ban đầu p_0 của áo đường mềm được quy định tùy thuộc vào chất lượng yêu cầu ban đầu của kết cấu áo đường lúc vừa mới xây dựng xong. Đối với đường cao tốc, đường có cấp tốc độ 80 km/h trở lên trị số p_0 quy định bằng 4,2. Đối với đường cấp từ 60 km/h trở xuống, có lớp mặt đường xử lý bằng nhựa thì trị số p_0 tối thiểu phải bằng 4,0.

6.4.6.2 Chỉ số khả năng phục vụ cuối p_t của áo đường mềm được quy định tùy thuộc vào chất lượng khai thác yêu cầu phải đạt được ở cuối thời hạn phục vụ của áo đường. Đối với đường cao tốc, đường có cấp tốc độ trên 80 km/h trị số p_t quy định bằng 2,5; đối với đường có cấp tốc độ bằng 80 km/h, trị số p_t quy định bằng 2,2; đối với đường có cấp tốc độ từ 60 km/h trở xuống, trị số p_t quy định bằng 2,0.

6.4.6.3 Trị số độ tổn thất khả năng phục vụ (ΔPSI) được tính theo công thức (10) và được quy định trong Bảng 11 tùy theo cấp đường.

Bảng 11 – Độ tổn thất khả năng phục vụ ΔPSI

Cấp đường	Trị số của		
	p_0	p_t	$\Delta PSI = p_0 - p_t$
Đường cao tốc	4,2	2,5	1,7
Đường cấp tốc độ > 80 km/h	4,2	2,5	1,7
Đường cấp tốc độ = 80 km/h	4,2	2,2	2,0
Đường cấp tốc độ ≤ 60 km/h	4,0	2,0	2,0

6.4.7 Xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền đường (M_R)

Có thể dùng các phương pháp sau để xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu M_R của đất nền đường

6.4.7.1 Xác định theo mức độ hư hỏng tương đối

6.4.7.1.1 Mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền đường M_R trong phương trình (8) và (9) được xác định theo phương trình (14) và (15).

$$u_f = 1.18 \times 10^8 \times M_R^{-2.32} \quad (14)$$

Trong đó:

u_f là độ hư hỏng tương đối;

M_R là mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền đường, tính bằng psi;

$$u_f = 1,14 \times 10^3 \times M_R^{-2.32} \quad (15)$$

Trong đó:

u_f là độ hư hỏng tương đối;

M_R là mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền đường, tính bằng MPa, hoặc theo toán đồ Hình 5.

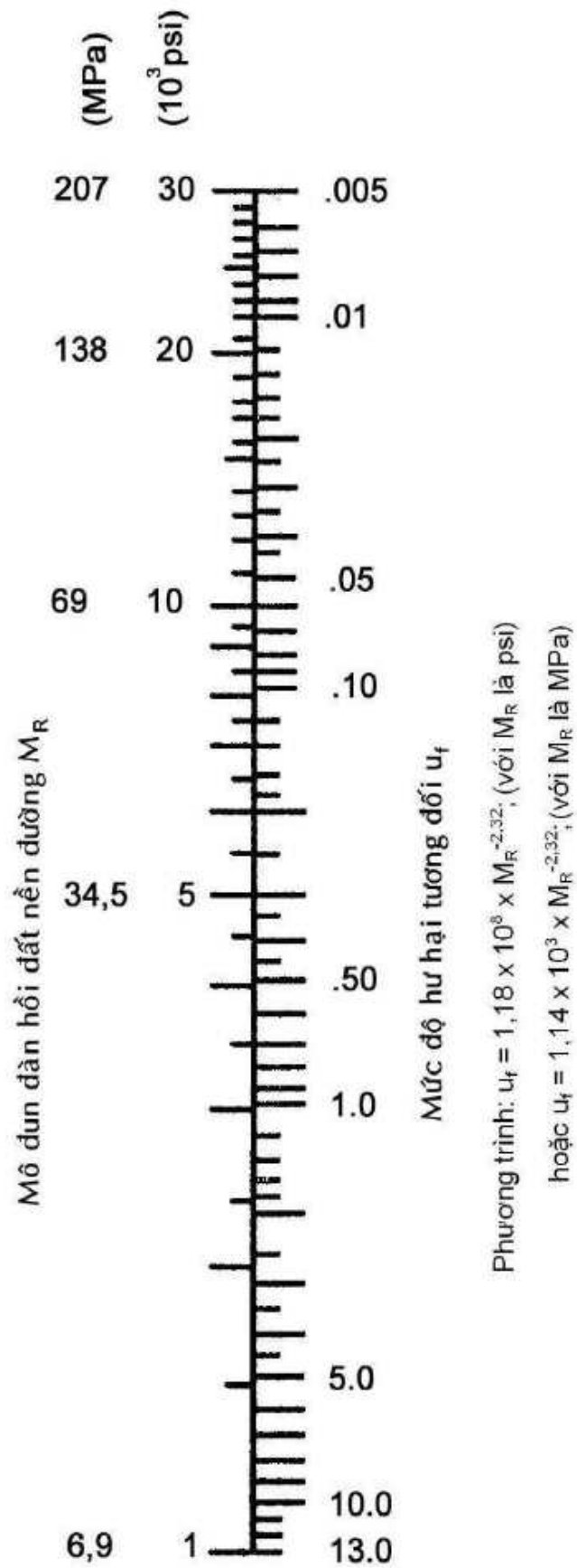
6.4.7.1.2 Trình tự tính toán để xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu theo toán đồ Hình 5, được tiến hành như sau (xem Bảng 12).

Bảng 12 – Trình tự tính toán để xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền đường M_R

Thời hạn	Số tháng n_i	Mô đun đàn hồi của đất nền M_R (MPa)	Độ hư hỏng tương đối u_{fi}	Tích của $u_{fi} \times n_i$
1	2	3	4	5
Mùa khô	n_1	M_{R1}	u_{f1}	$u_{f1} \times n_1$
Chuyển mùa	n_2	M_{R2}	u_{f2}	$u_{f2} \times n_2$
Mùa mưa	n_3	M_{R3}	u_{f3}	$u_{f3} \times n_3$
Chuyển mùa	n_4	M_{R4}	u_{f4}	$u_{f4} \times n_4$
CHÚ THÍCH: Để xác định các thông số trong Bảng 12 của mỗi vùng khác nhau, xem Phụ lục N.				$\sum_1^4 u_{fi} \times n_i$

Tra toán đồ Hình 5 để xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền M_R (tương ứng với trị số $\bar{u}_f$)

$$\bar{u}_f = \frac{\sum_1^4 u_{fi} \times n_i}{12}$$



Hình 5 – Toán đồ xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu M_R của đất nền đường
(dùng khi thiết kế mặt đường mềm)

Bước 1: Trong một năm cần xác định mô đun đàn hồi của đất nền đường M_R , ít nhất là trong 4 thời hạn: mùa khô, mùa mưa và 2 thời hạn chuyển mùa (xem cột 3 Bảng 12). Số tháng n tương ứng của mỗi thời hạn được xác định tùy theo điều kiện thời tiết của từng địa phương như trong cột 2 Bảng 12.

Bước 2: Từ toán đồ Hình 5 xác định mức độ hư hỏng tương đối u_{fi} , ứng với trị số mô đun đàn hồi của đất trong mỗi mùa đã thu được trong bước 1, và ghi vào cột 4 Bảng 12.

Bước 3: Nhân các trị số u_{fi} của từng thời hạn với số tháng n_i của từng thời hạn tương ứng được xác định ở bước 1 (cột 5 Bảng 12)

Bước 4: Tính tổng $\sum_1^4 u_{fi} \times n_i$ của các tích số (4 tích số) $u_{fi} \times n_i$.

Bước 5: Tính trị số mức độ hư hỏng trung bình $\overline{u_f}$ trong năm bằng cách chia tổng $\sum_1^4 u_{fi} \times n_i$ cho 12 tháng.

Bước 6: Từ toán đồ Hình 5 tra ngược lại so với bước 2 để tìm mô đun đàn hồi hữu hiệu M_R của đất nền đường tương ứng với trị số mức độ hư hỏng trung bình $\overline{u_f}$ đã tính được ở bước 5 ¹⁾.

Trình tự tính toán được trình bày ở ví dụ tính toán thiết kế mặt đường mềm (Phụ lục F).

6.4.7.2 Mô đun đàn hồi của đất nền đường ở dưới áo đường đang sử dụng còn có thể được xác định bằng cách đo chấu vồng bằng thiết bị đo độ vồng động trong phương pháp thí nghiệm không phá hoại NDT được giới thiệu ở Phụ lục D.

6.4.7.3 Mô đun đàn hồi M_R xác định bằng “phương pháp 90%” từ thí nghiệm AASHTO T307

Trường hợp không xác định được mùa bất lợi như quy định ở Điều 6.4.7.1 thì có thể dùng phương pháp 90% để xác định giá trị M_R đưa vào tính toán kết cấu áo đường.

6.4.7.3.1 Các giá trị mô đun đàn hồi được thí nghiệm theo tiêu chuẩn AASHTO T307 tại ứng suất khối (bulk stress) 11 psi sau đó sắp xếp tăng dần. Đối với mỗi M_R riêng lẻ đã được sắp xếp, tính toán tỷ lệ phần trăm mô đun đàn hồi bằng hoặc lớn hơn nó. Vẽ biểu đồ trục tung là tỷ lệ phần trăm, trục hoành là M_R . Từ biểu đồ xác định M_R tương ứng với 90% được sử dụng làm giá trị thiết kế. Do đó, 90% các kết quả thử nghiệm riêng lẻ bằng hoặc lớn hơn giá trị thiết kế.

6.4.7.3.2 Trình tự xác định M_R :

– Lấy mẫu thí nghiệm: Lấy mẫu đại diện trong đoạn đường thiết kế. Đối với đường đắp thì lấy mẫu tại chỗ sẽ dùng để đắp nền đường. Số lượng mẫu thí nghiệm nên tối thiểu là 6, tốt nhất tối thiểu là

¹⁾ Khi có điều kiện nên xác định mô đun đàn hồi của đất nền đường trong cả 12 tháng, và trình tự tính toán M_R hữu hiệu của đất nền đường cũng được tiến hành tương tự như cách trên.

9 mẫu phân bố đều trong phạm vi dự án.

– Thí nghiệm M_R theo tiêu chuẩn AASHTO T307 tại ứng suất khối 11 psi sau đó sắp xếp theo thứ tự tăng dần. Đối với mỗi M_R riêng lẻ đã được sắp xếp, tính toán tỷ lệ phần trăm mô đun đàn hồi bằng hoặc lớn hơn nó.

– Vẽ biểu đồ trực tung là tỷ lệ phần trăm, trục hoành là M_R . Từ biểu đồ xác định M_R tương ứng với 90% được sử dụng làm giá trị thiết kế.

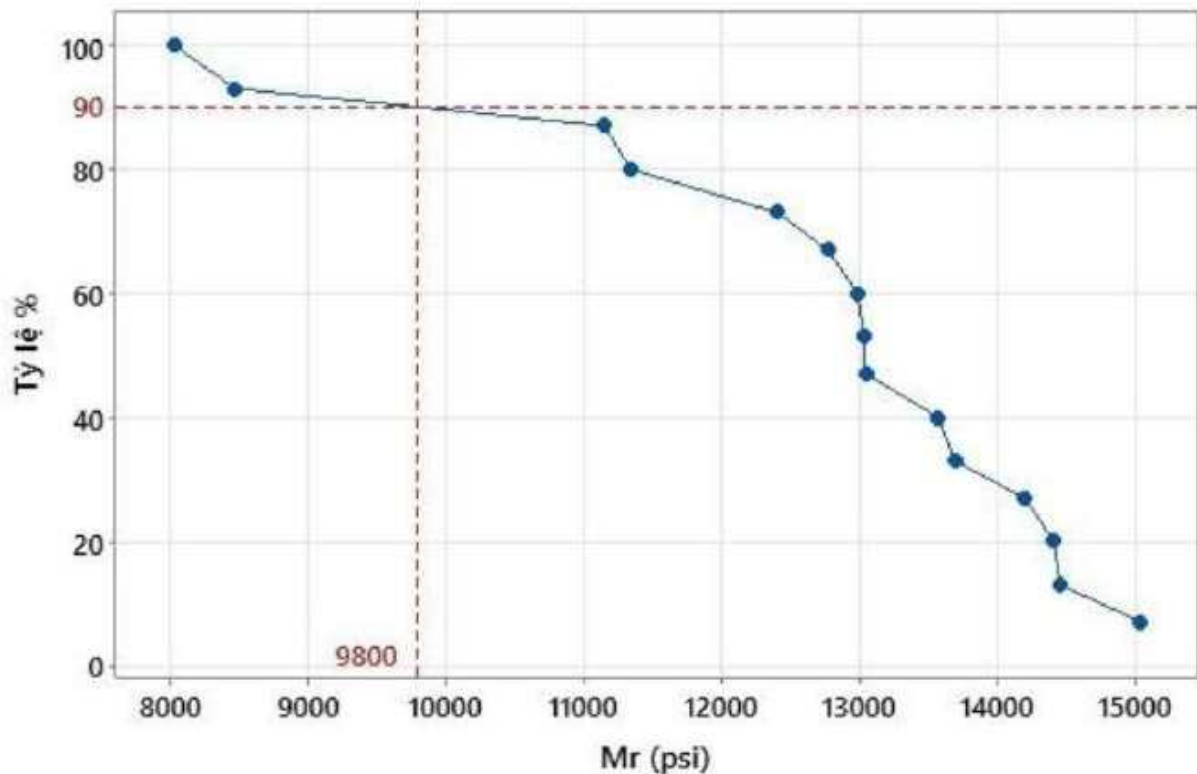
6.4.7.3.3 Ví dụ xác định M_R được thể hiện ở Bảng 13 và Hình 6

Bảng 13 – Bảng mô đun đàn hồi của đất nền đường M_R

Thứ tự	Vị trí mẫu	Tỷ lệ $\geq$ %	M_R (psi)
1	337+98	100	8.030
2	254+90	93	8.477
3	289+80	87	11.148
4	56+07	80	11.335
5	41+98	73	12.399
6	242+00	67	12.765
7	321+92	60	12.976
8	600+00	53	13.025
9	225+00	47	13.039
10	272+99	40	13.565
11	615+43	33	13.682
12	211+98	27	14.190
13	307+04	20	14.398
14	584+66	13	14.449
15	273+99	7	15.031

Có 15 giá trị M_R thí nghiệm được xếp theo thứ tự tăng dần, tính tỷ lệ phần trăm và vẽ được biểu đồ.

Từ biểu đồ xác định M_R ứng với tỷ lệ 90% bằng 9800 psi hay 67,57 MPa.



Hình 6 – Biểu đồ xác định M_R theo phương pháp 90%

6.4.7.3.4 Chiết giảm M_r theo điều kiện ngập nước

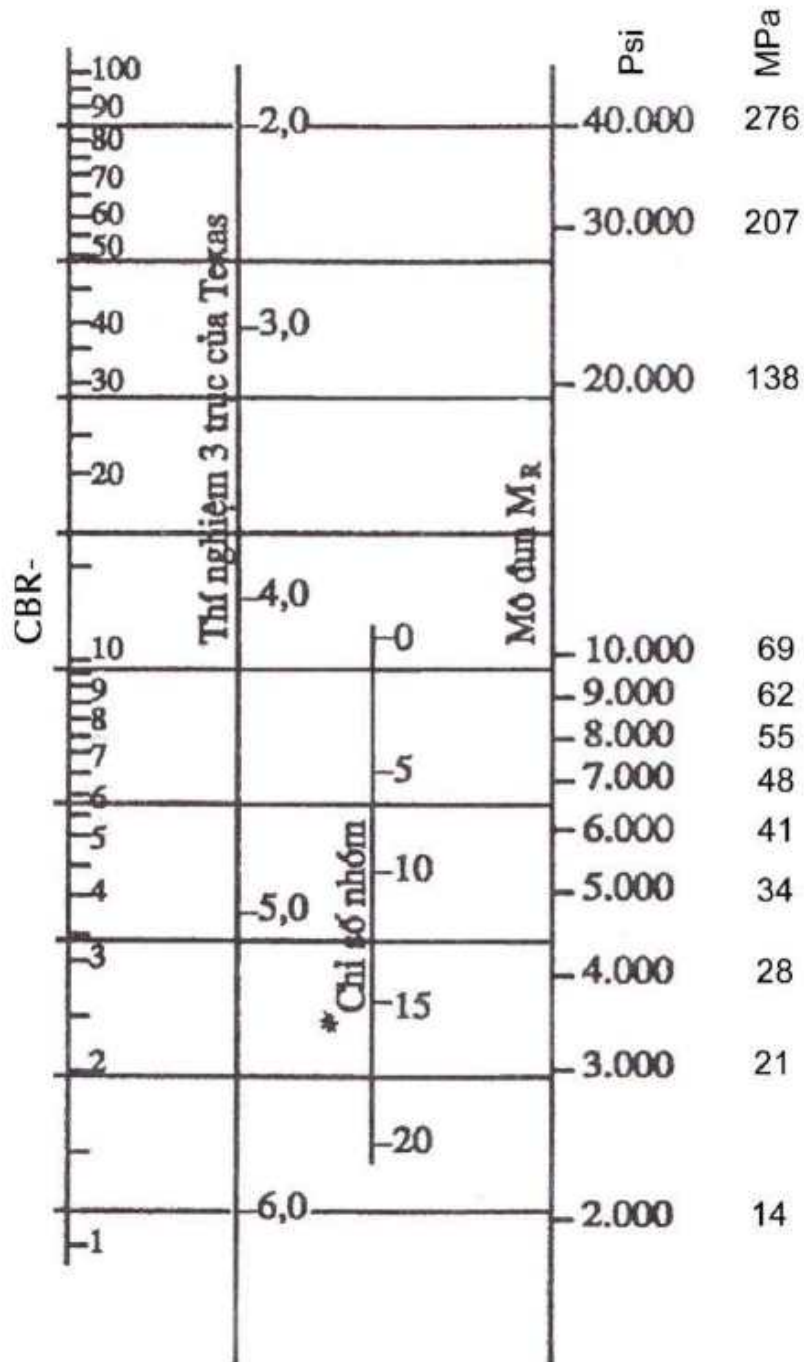
Do ảnh hưởng của cao độ mực nước ngầm tính toán hay mực nước động thường xuyên mà mô đun đàn hồi giảm đi. Tùy thuộc vào chiều cao tính từ mực nước ngầm tính toán hay mực nước động thường xuyên H_{bc} đến đáy kết cấu áo đường mà M_r được chiết giảm như sau:

Nếu $H_{bc} \geq 0,9$ m thì $M_r = 100\%$ giá trị thí nghiệm

Nếu $0,6 \text{ m} \leq H_{bc} < 0,9$ m thì $M_r = 75\%$ giá trị thí nghiệm

Nếu $0,3 \text{ m} \leq H_{bc} < 0,6$ m thì $M_r = 50\%$ giá trị thí nghiệm

6.4.7.4 Trong trường hợp chưa có các số liệu về mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền đường dựa trên các thí nghiệm trong phòng theo tiêu chuẩn AASHTO T292 hoặc AASHTO T307 và toán đồ Hình 5, có thể dùng quan hệ thực nghiệm ở toán đồ Hình 7 để chuyển từ trị số sức chịu tải của đất nền đường CBR sang mô đun đàn hồi M_R khi CBR của đất nền có giá trị $\leq 10\%$, nếu nền là lớp đất rất cứng, sỏi cuội, cấp phối thiên nhiên, đá dăm,... thì vẫn dùng được Hình 7, lúc ấy CBR sẽ từ trên 10% đến 80%; hoặc từ trị số nhóm của đất nền đường GI sang M_R khi chỉ số nhóm GI bằng từ 0 đến 20.



Hình 7 – Toán đồ tương quan để ước lượng mô đun đàn hồi lớp đất nền

CHÚ THÍCH:

* : Chỉ số nhóm (GI) tính theo công thức:

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10)$$

Trong đó:

F là hàm lượng hạt đất nhỏ hơn 0,074 mm (N°200), tính bằng % (chỉ tính phần trăm đối với tổng lượng hạt lọt qua sàng 75 mm);

LL là giới hạn chảy;

PI là chỉ số dẻo của đất;

GI lấy bằng 0 đối với đất không thể xác định giới hạn chảy (LL), hoặc khi giá trị GI là âm.

Biểu đồ Hình 7 cho phép ta tìm được mô đun M_R khi biết CBR của đất nền. Ví dụ: CBR = 6,5% $\rightarrow M_R = 48$ MPa (7000 psi).

Cũng có thể tìm M_R khi biết chỉ số nhóm (GI) của đất (để tham khảo, kiểm tra). Ví dụ: Khi chỉ số nhóm của đất GI = 5 $\rightarrow M_R = 50$ Mpa (7200 psi).

6.4.8 Xác định các đặc trưng tính toán của các lớp vật liệu trong kết cấu áo đường và xác định các hệ số lớp a_i

6.4.8.1 Các hệ số lớp a_i trong công thức (11) biểu thị một quan hệ thực nghiệm giữa chỉ số kết cấu SN và chiều dày, là một số đo khả năng tương đối của lớp vật liệu khi thực hiện chức năng như là một thành phần kết cấu của áo đường.

Giá trị của các hệ số lớp a_i được quy định cho mỗi lớp vật liệu tùy thuộc chất lượng thể hiện chủ yếu qua mô đun đàn hồi ¹⁾ E, hoặc/ và trị số ²⁾ CBR, hoặc/ và ³⁾ cường độ kháng nén nở hông tự do, hoặc/và ⁴⁾ độ ổn định Marshall. Ngoài ra trị số a_i còn phụ thuộc vào vị trí của lớp vật liệu, chiều dày của lớp và độ cứng của lớp vật liệu nằm dưới nó.

6.4.8.2 Để xác định trị số của hệ số lớp a_1 của các lớp bê tông nhựa chặt dùng cho các lớp ở tầng mặt (lớp trên và lớp dưới) sử dụng biểu đồ Hình 8 khi biết mô đun đàn hồi ¹⁾ E_{AC} của bê tông nhựa ở nhiệt độ tính toán 68 °F (20 °C) của mặt đường.

Ngoài việc sử dụng Hình 8, có thể xác định hệ số lớp a_1 theo công thức tương đương (16):

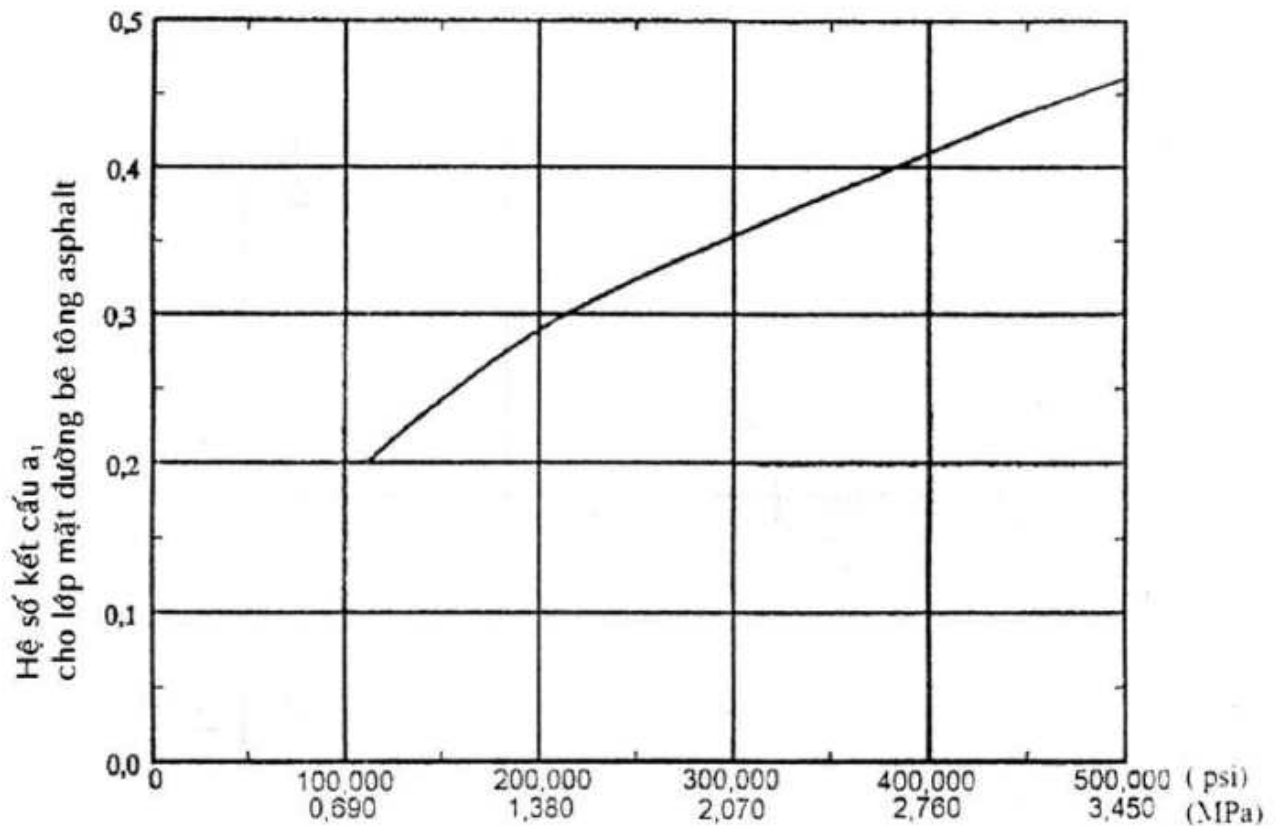
$$a_1 = 0,40 \log[E_{AC}/450] + 0,44 \quad (16)$$

Trong đó:

E_{AC} là mô đun đàn hồi của bê tông nhựa ở nhiệt độ tính toán, tính bằng ksi (1 ksi=1000 psi).

Nếu giá trị a_i xác định được lớn hơn 0,44 thì chỉ được lấy tối đa 0,44 để tính toán.

¹⁾, ²⁾, ³⁾ và ⁴⁾ xem các ghi chú ở cuối Bảng 1



Mô đun đàn hồi của bê tông asphalt E_{AC}
ở nhiệt độ tính toán của mặt đường

Hình 8 – Biểu đồ xác định hệ số lớp a_1 của lớp mặt làm bằng bê tông nhựa chặt (cho cả lớp trên và lớp dưới của lớp mặt) theo mô đun đàn hồi của bê tông nhựa chặt E_{AC} ở nhiệt độ tính toán ($68^\circ\text{F} = 20^\circ\text{C}$)

6.4.8.3 Để xác định trị số của hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu hạt, sử dụng biểu đồ Hình 9 khi biết mô đun đàn hồi E_{BS} và/hoặc trị số CBR.

6.4.8.4 Để xác định trị số của hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu gia cố xi măng, sử dụng biểu đồ Hình 10 khi biết mô đun đàn hồi E_{BS} và/hoặc cường độ kháng nén (sau 7 ngày) nở hông tự do R_7 .

6.4.8.5 Để xác định trị số của hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu khoáng xử lý với nhựa đường, sử dụng biểu đồ Hình 11 khi biết mô đun đàn hồi E_{BS} và/hoặc độ ổn định Marshall.

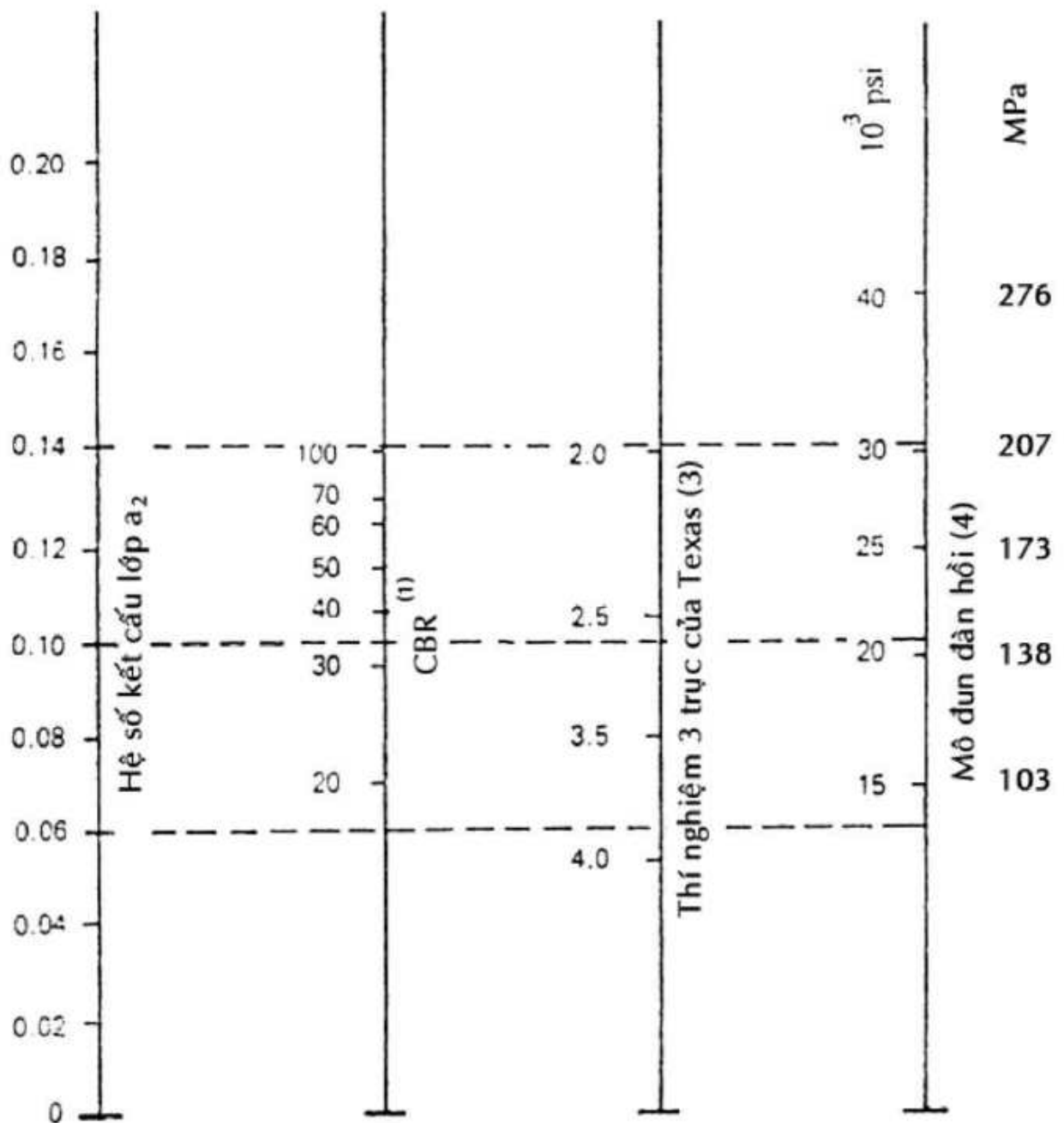
6.4.8.6 Để xác định trị số của hệ số lớp a_3 của lớp móng dưới làm bằng vật liệu hạt, sử dụng biểu đồ Hình 12 khi biết mô đun đàn hồi E_{SB} và/hoặc trị số CBR.

6.4.8.7 Đối với các vật liệu gia cố với phụ gia vô cơ khác như tro bay, xỉ, vôi,... nếu R nén 7 ngày không nhỏ hơn các trị số tối thiểu cho ở Bảng 1 và Bảng 2 cho phép dùng biểu đồ Hình 10.

6.4.8.8 Đối với các lớp vật liệu cao bóc tái chế nguội hệ số lớp kết cấu a_1 được xác định bằng

cách tra TCVN 13150-1 : 2020, TCVN 13150-2 : 2020 dựa trên kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi ép chế ở trạng thái khô (R_{kc}^k) ở 25 °C.

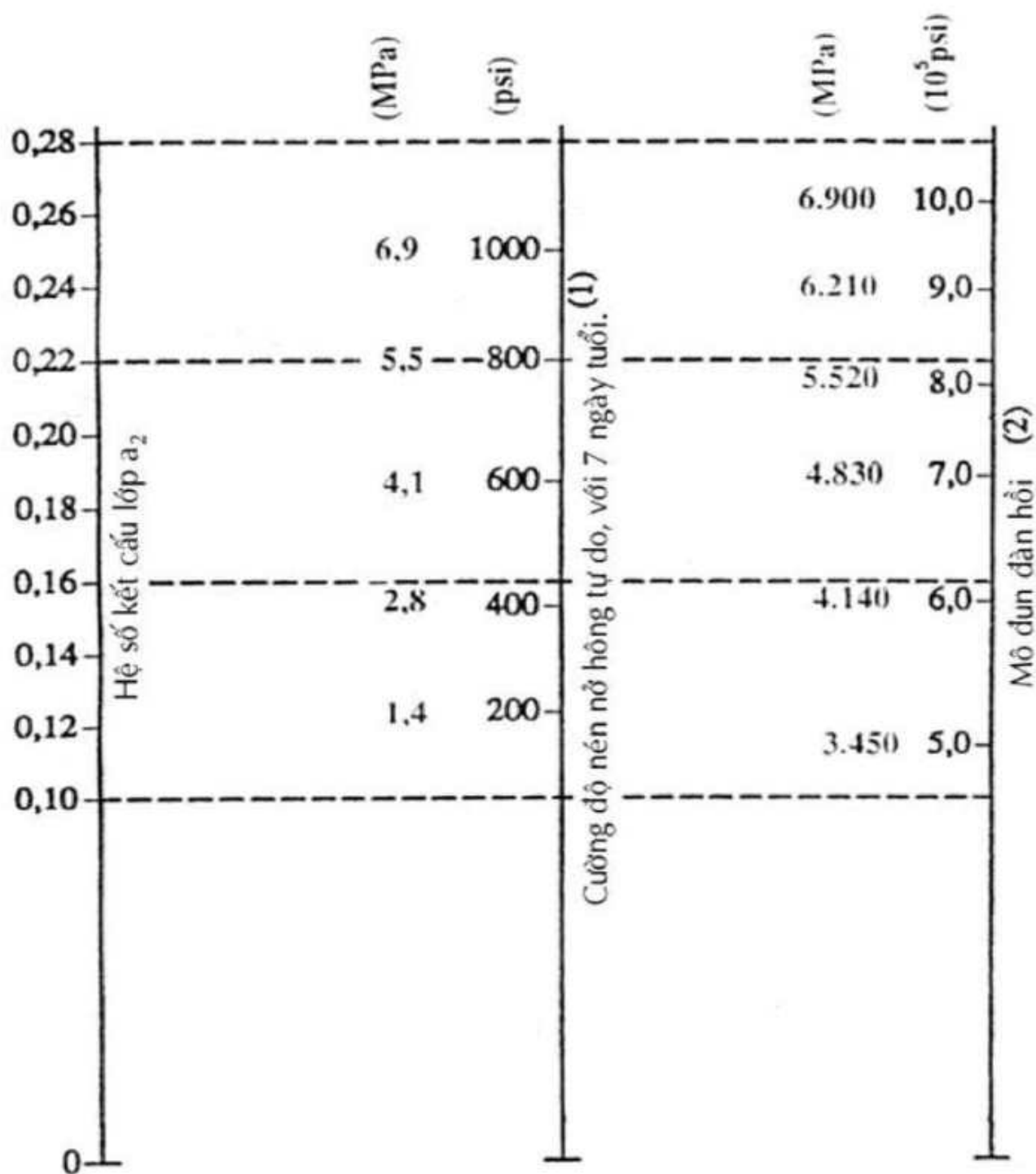
6.4.8.9 Đối với các vật liệu mới hệ số lớp a_i được xác định theo tiêu chuẩn thí công và nghiệm thu tương ứng.



Hình 9 – Biểu đồ xác định hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu hạt theo các tham số cường độ: Mô đun đàn hồi, E_{BS} và/hoặc CBR

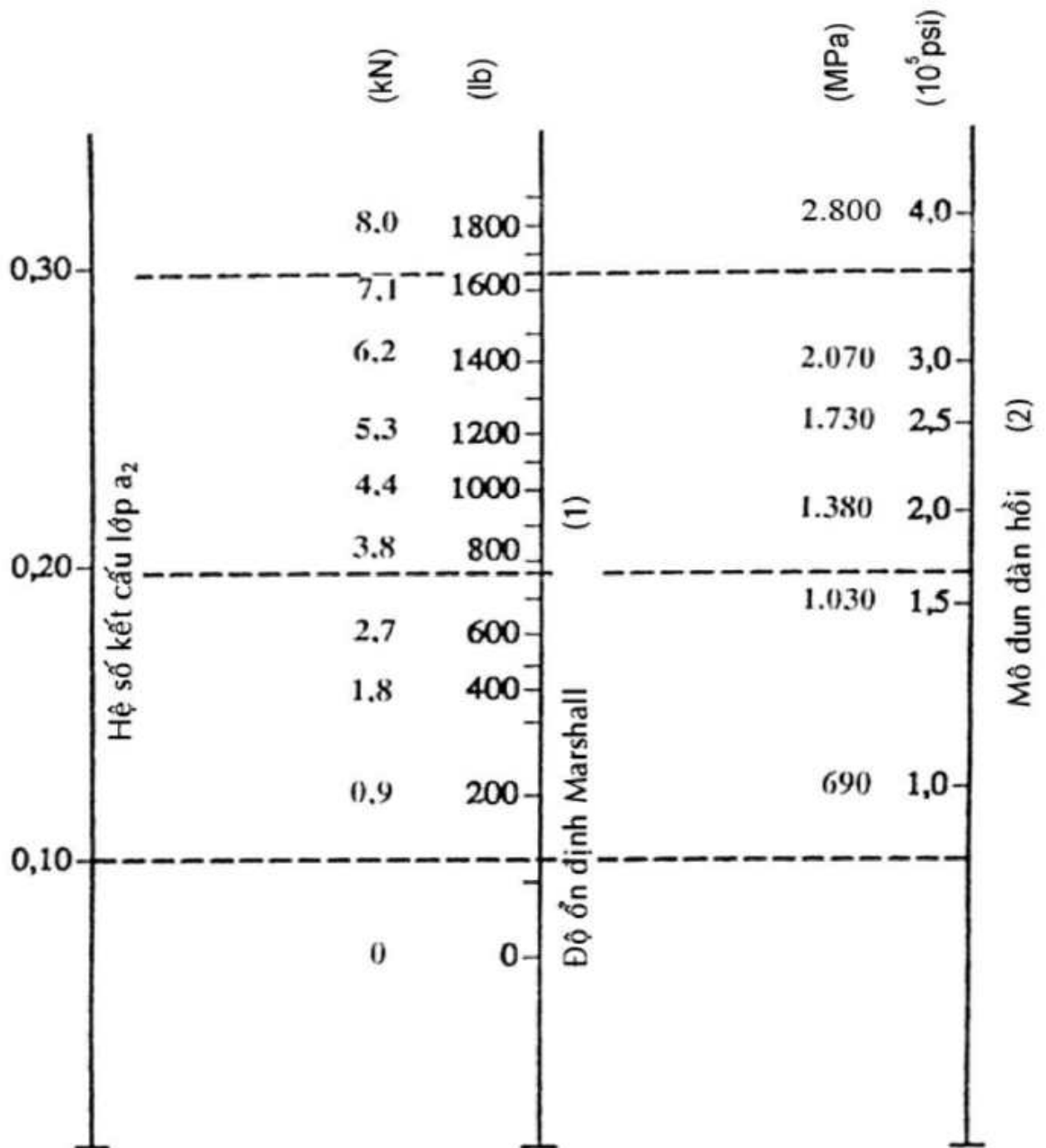
GHI CHÚ:

Có thể tham khảo công thức tương đương: $a_2 = 0,249 \log (E_{BS}) - 0,977$, trong đó E_{BS} tính bằng psi.



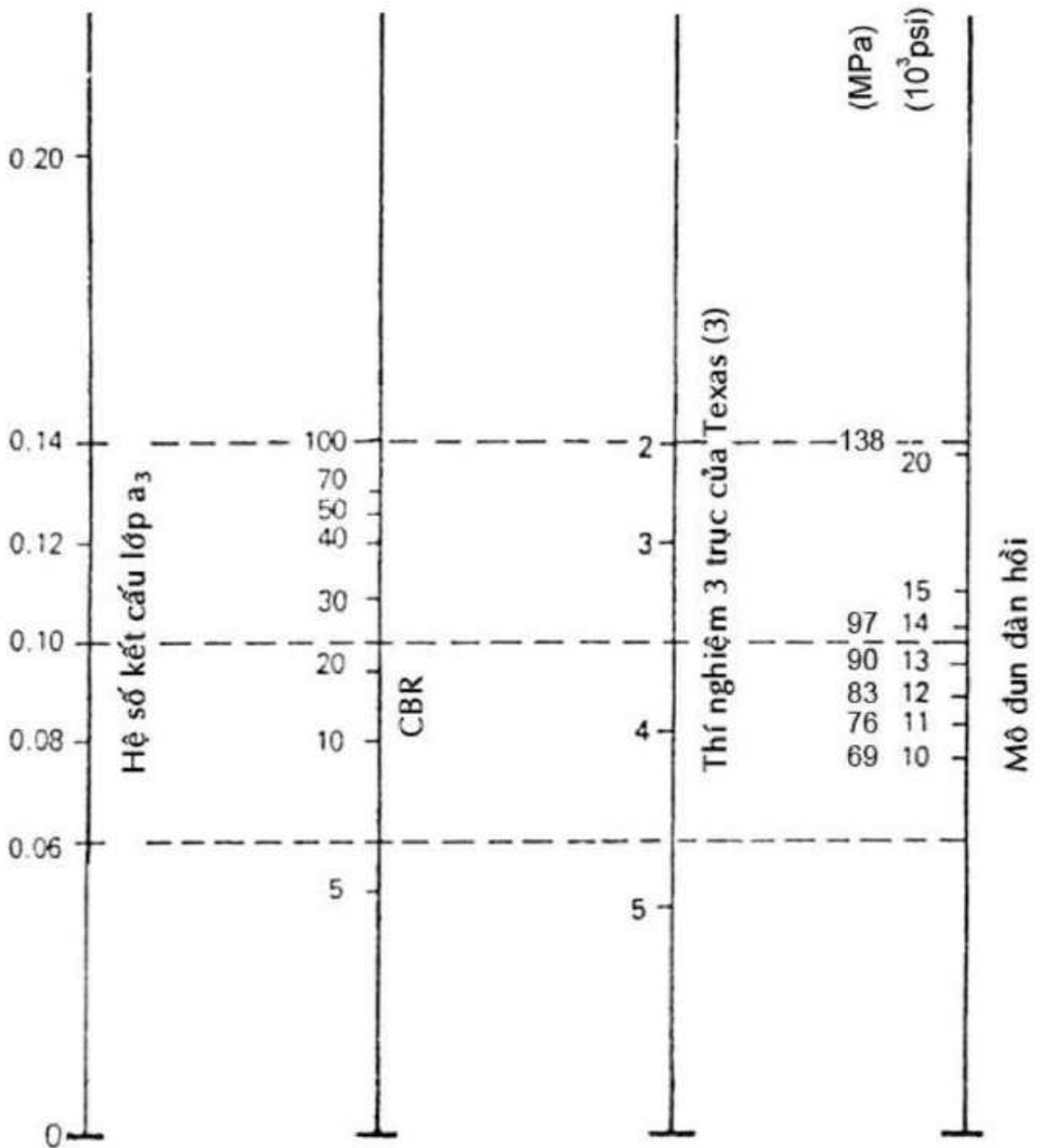
- (1) Tỷ lệ tương quan trung bình do Illinois, Louisiana và Texas kiến nghị.
 (2) Tỷ lệ theo đề nghị của dự án NCHRP (3)

Hình 10 – Biểu đồ xác định hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu gia cố xi măng theo các tham số cường độ: Mô đun đàn hồi E_{BS} và/hoặc cường độ kháng nén (7 ngày) nở hông tự do



- (1) Tỷ lệ theo tương quan trung bình do Illinois kiến nghị.
 (2) Tỷ lệ theo đề nghị của dự án NCHRP (3)

Hình 11 – Biểu đồ xác định hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu có xử lý bằng nhựa đường theo các tham số cường độ: Mô đun đàn hồi E_{BS} và/hoặc độ ổn định Marshall



Hình 12 – Biểu đồ xác định hệ số lớp a_3 của lớp móng dưới làm bằng vật liệu hạt theo các tham số cường độ: Mô đun đàn hồi E_{SB} và/ hoặc trị số CBR

GHI CHÚ:

Có thể tham khảo công thức tương đương $a_3 = 0,227 \log (E_{SB}) - 0,839$ trong đó E_{SB} tính bằng psi.

6.5 Thiết kế kết cấu lề đường gia cố

6.5.1 Thiết kế chiều dày kết cấu lề đường gia cố dựa trên phương pháp giống như được trình bày

ở Điều 6.4 cho phần xe chạy. Phải dự báo được số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời hạn thiết kế để làm căn cứ thiết kế kết cấu áo đường riêng cho mỗi trường hợp và mỗi đoạn cụ thể trên tuyến và việc thiết kế vẫn theo đúng các chỉ dẫn của tiêu chuẩn này.

6.5.2 Trường hợp giữa phần xe chạy dành cho xe cơ giới và lề gia cố không có dải phân cách bên hoặc dải phân cách bên chỉ bằng vạch sơn, tức là trường hợp xe cơ giới vẫn có thể đi lấn ra hoặc dừng đỗ trên phần lề gia cố thường xuyên thì tổng số trục đơn tương đương tính toán (ESAL's) chạy trên lề đường gia cố thường lấy bằng 35% + 50% số trục xe tính toán của làn xe cơ giới liền kề tùy thuộc việc bố trí phần xe chạy chính. Trường hợp phần xe chạy chỉ có 2 làn xe trở xuống thì nên lấy trị số lớn trong phạm vi quy định nêu trên; còn trường hợp phần xe chạy có 4 làn xe trở lên và có dải phân cách giữa thì lấy trị số nhỏ.

Trường hợp có dự báo lượng xe chạy lấn sang lề lớn hơn thì phải thiết kế chiều dày tương ứng với tổng số trục đơn tương đương đã dự báo.

6.5.3 Nếu có ý định cải tạo lề đường gia cố hiện có thành làn xe chạy thì cần phải nghiên cứu khả năng về mặt kết cấu của lề và phải thiết kế để kết cấu áo đường của lề đường phù hợp với lượng xe trong ít nhất là 10 năm tới.

6.6 Thiết kế kết cấu áo đường theo phương pháp xây dựng phân kỳ

6.6.1 Khi dùng phương pháp xây dựng phân kỳ, việc thiết kế áo đường phải phân thành nhiều giai đoạn (ít nhất là 2 giai đoạn).

Thời hạn phục vụ tối đa của kết cấu áo đường thiết kế trong giai đoạn đầu tiên không được lớn hơn trị số quy định ở Bảng 6 tùy loại lớp mặt.

6.6.2 Trong thiết kế xây dựng phân kỳ, phải phân biệt độ tin cậy tổng thể R cho toàn chiến lược thiết kế (Bảng 9) và độ tin cậy riêng phần R_r cho mỗi giai đoạn.

Độ tin cậy riêng phần R_r cho mỗi giai đoạn tính theo công thức (17):

$$R_r = (R)^{\frac{1}{n}} \quad (17)$$

Trong đó:

R_r và R theo số thập phân;

n là số lần (số giai đoạn) phân kỳ.

6.6.3 Phương pháp và trình tự thiết kế áo đường mềm để đáp ứng được tổng số trục xe đơn tương đương trong thời hạn phục vụ đã được chọn cho giai đoạn đầu, được tiến hành như ở Điều 6.4, với độ tin cậy lấy bằng R_r .

6.6.4 Thiết kế chiều dày lớp mặt đường cần xây dựng thêm ở giai đoạn phân kỳ tiếp theo, được tiến hành như quy định ở Điều 7. Thiết kế tăng cường mặt đường cũ.

6.6.5 Khi đất nền đường, đặc biệt là phần trên của nền là đất tốt không bị trương nở, hoặc đã được thay thế bằng lớp đất tốt, hoặc đã được cải thiện bằng các phụ gia thì cho phép bỏ qua độ tổn thất khả năng phục vụ do trương nở của đất nền và được phép lấy thời hạn phục vụ đã chọn để thiết kế trong giai đoạn đầu mà không cần điều chỉnh giảm bớt. Ngược lại, phải có sự điều chỉnh giảm bớt số năm của thời hạn phục vụ của giai đoạn đầu do đất trương nở. Lúc này thời điểm bắt đầu của giai đoạn phân kỳ tiếp theo (giai đoạn hai) phải sớm hơn.

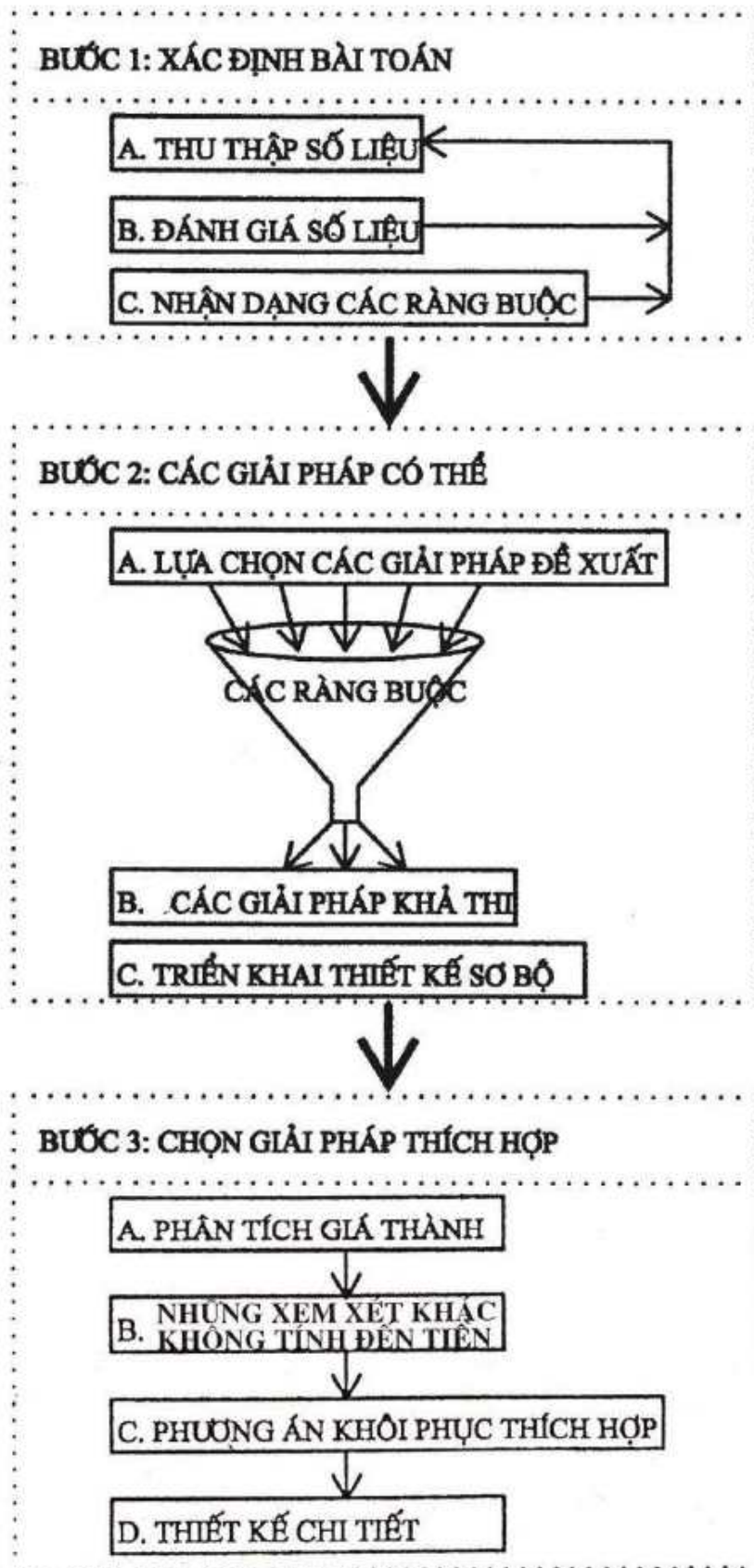
7 Thiết kế tăng cường áo đường cũ – Tính chiều dày lớp phủ tăng cường

Để sửa chữa, tăng cường áo đường cũ có thể áp dụng rất nhiều biện pháp (xem Phụ lục K).

Mô hình (Hình 13) giới thiệu trình tự tiến hành khi lựa chọn giải pháp cải tạo kết cấu áo đường. Dù dùng biện pháp nào, việc trước tiên là phải đánh giá được chất lượng của kết cấu áo đường hiện hữu (ở Phụ lục H có giới thiệu danh mục cần đánh giá khi đánh giá chất lượng áo đường).

Khi mặt đường cũ hư hỏng quá nhiều, như nứt nẻ mui rùa trên một diện tích lớn trên một đoạn đường dài, hoặc vết hằn bánh xe sâu trên cả đoạn dài do chất lượng lớp bê tông nhựa không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật...thì phải đào bỏ lớp bê tông nhựa cũ này hoặc nghiên cứu dùng biện pháp cào bóc tái chế. Nếu mặt đường cũ nứt nẻ lún do các lớp móng ở dưới hư hỏng hoặc/ và nền đất lún, sụt thì phải đào bỏ các lớp móng, cải thiện nền đất và xây dựng lại áo đường, mà không được rải lớp phủ tăng cường trên mặt đường cũ.

Trong Điều 7 chỉ quy định trình tự và cách tính toán bề dày của lớp phủ cần phải tăng cường để tăng khả năng chịu tải của áo đường cũ, đáp ứng với lưu lượng xe tính toán đã dự báo trong cả thời hạn thiết kế tương lai. Về các biện pháp sửa chữa cải tạo áo đường mà không dùng lớp phủ thì tham khảo ở Phụ lục K.



Hình 13 – Trình tự lựa chọn giải pháp khôi phục áo đường

7.1 Chiều dày lớp phủ gia cường D_{ol} cho mặt đường mềm hiện hữu được xác định theo các

công thức sau:

$$2,54 SN_{ol} = a_{ol} \times D_{ol} \quad (18)$$

$$SN_{ol} = SN_f - SN_{eff} \quad (19)$$

Trong đó:

SN_{ol} là chỉ số kết cấu yêu cầu của lớp phủ;

a_{ol} là hệ số lớp của lớp phủ bằng bê tông nhựa, lấy theo biểu đồ Hình 8 và theo 6.4.8.2;

D_{ol} là chiều dày yêu cầu của lớp phủ, tính bằng cm;

SN_f là chỉ số kết cấu yêu cầu cho giao thông tương lai;

SN_{eff} là chỉ số kết cấu hữu hiệu của mặt đường hiện tại.

Công thức (18) có thể dùng để tính chiều dày khi lớp phủ bê tông nhựa gia cường này gồm nhiều lớp bê tông nhựa có chất lượng khác nhau: $2,54 SN_{ol} = a_{ol1} \times D_{ol1} + a_{ol2} \times D_{ol2} + \dots$; trong đó a_{ol1} , D_{ol1} , a_{ol2} , D_{ol2} là hệ số lớp và chiều dày của từng lớp bê tông nhựa có chất lượng khác nhau.

7.2 Để xác định chỉ số kết cấu yêu cầu cho giao thông tương lai SN_f cũng sử dụng các phương trình thiết kế áo đường mềm (8) hoặc (9) hoặc toán đồ Hình 4 với các số liệu đầu vào sau:

a) Mô đun đàn hồi hữu hiệu thiết kế của lớp đất nền của áo đường hiện hữu M_R thiết kế được xác định qua thí nghiệm AASHTO T 292 ở Phụ lục C hoặc AASHTO T 307 hoặc bằng công thức (25) hay (26) trong 7.3.1.4.

b) Độ tổn thất khả năng phục vụ ΔPSI , bằng hiệu số của chỉ số khả năng phục vụ ngay sau khi làm lớp phủ p_1 với chỉ số khả năng phục vụ tại thời điểm bắt đầu các công việc cải tạo tiếp theo p_2 . ΔPSI được phép chọn từ 1,7 đến 2,5 tùy ý nghĩa và cấp đường (xem Bảng 11).

c) Độ tin cậy thiết kế cho lớp phủ R (%), được lấy từ 80% đến 99% tùy ý nghĩa và cấp đường (xem Bảng 9).

d) Độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ S_o . Đối với áo đường mềm lấy $S_o = 0,45$.

e) Tổng số trục đơn tương đương (ESAL's) tương lai trên làn xe thiết kế trong suốt thời hạn phục vụ của kết cấu áo đường kể từ khi được gia cường lớp phủ, N_f .

7.3 Để xác định SN_{eff} - Chỉ số kết cấu hữu hiệu của áo đường hiện tại tại thời điểm bắt đầu gia cường thêm lớp phủ có thể dùng một trong 3 phương pháp sau:

a) Phương pháp thí nghiệm không phá hoại NDT bằng thiết bị đo động FWD.

b) Phương pháp điều tra và khảo sát tình trạng áo đường.

c) Phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của áo đường bê tông nhựa.

Tốt nhất nên dùng phối hợp 2 hoặc cả 3 phương pháp để đối chiếu mà chọn lựa (xem ví dụ 7, 8, 9

Phụ lục F).

7.3.1 Xác định SN_{eff} theo phương pháp thí nghiệm không phá hoại NDT bằng thiết bị đo động FWD (Xem Phụ lục D)

7.3.1.1 Trị số của SN_{eff} được tính theo công thức sau:

$$SN_{eff} = 0.0045D^3\sqrt{E_p} \quad (20)$$

hoặc

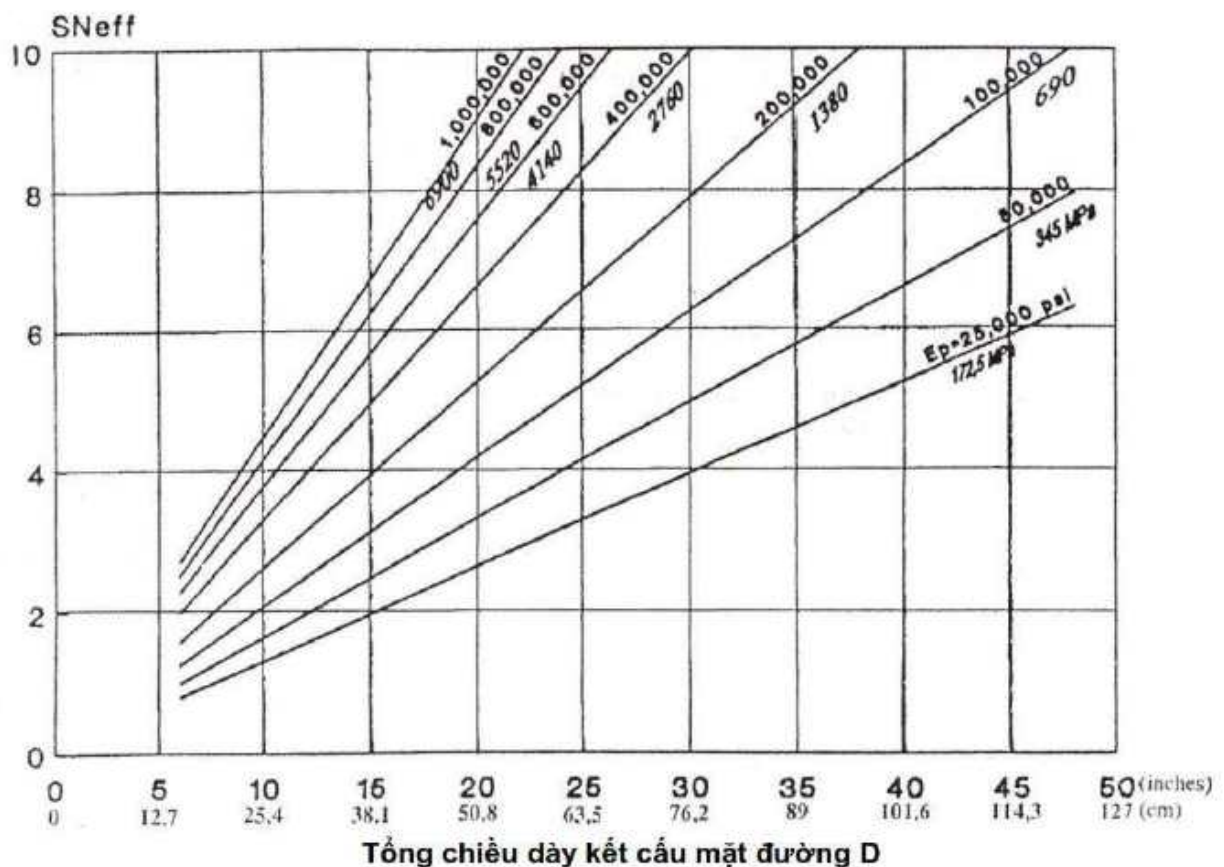
$$SN_{eff} = 0,0093 D^3\sqrt{E_p} \quad (21)$$

hoặc bằng toán đồ Hình 14 khi biết D và E_p .

Trong đó:

D là tổng chiều dày của toàn bộ kết cấu áo đường nằm trên mặt của lớp đất nền thượng, tính bằng in. ở công thức (20) và tính bằng cm ở công thức (21).

E_p là mô đun đàn hồi hữu hiệu của toàn bộ kết cấu áo đường nằm trên mặt lớp đất nền thượng, tính bằng psi ở công thức (20) và tính bằng MPa ở công thức (21). Xác định E_p theo 0.



Hình 14 – Toán đồ để xác định SN_{eff} theo phương pháp: thí nghiệm không phá hoại NDT (Quan hệ giữa SN_{eff} với D và E_p)

7.3.1.2 Mô đun đàn hồi hữu hiệu của toàn bộ kết cấu áo đường nằm trên mặt của lớp đất nền thượng E_p được tính từ các số liệu khi đo độ võng bằng thiết bị FWD và rút ra từ các công thức sau:

$$d_0 = 1,5 \times p \times a \left\{ \frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}} \right]}{E_p} \right\} \quad (22)$$

Trong đó:

d_0 là độ võng đo được ở tâm của tấm ép đã được điều chỉnh về nhiệt độ chuẩn tính toán của mặt đường nhựa, tính bằng cm;

p là áp suất truyền qua tấm ép thiết bị FWD, tính bằng MPa;

a là bán kính tấm ép của thiết bị FWD, tính bằng cm;

D là tổng chiều dày của toàn bộ kết cấu áo đường nằm trên mặt của lớp đất nền thượng, tính bằng cm;

E_p là mô đun đàn hồi hữu hiệu của toàn bộ kết cấu áo đường nằm trên mặt lớp đất nền thượng, tính bằng MPa;

M_R là mô đun đàn hồi đất nền thượng, tính bằng MPa, tính theo công thức (23) hoặc (24).

Công thức (22) vẫn giữ nguyên khi thay các đơn vị đo bằng cm và MPa tương ứng bằng in. và psi cho tất cả các số liệu.

Phụ lục D có cho đồ thị Hình D.2 để tìm dễ dàng E_p khi $a = 15$ cm.

Có thể dùng Goal Seek trong Excel để xác định E_p từ công thức (22) khi đã biết các thông số.

7.3.1.3 M_R được xác định bằng công thức (23) hoặc (24), là giá trị thu được khi tính ngược lại từ số liệu đo độ võng bằng FWD:

$$M_R = \frac{0,24P}{d_{1,r}} \quad (23)$$

hoặc

$$M_R = \frac{2,4P}{d_{1,r}} \quad (24)$$

Trong đó:

M_R là mô đun đàn hồi của lớp đất nền thượng, tính bằng psi trong công thức (23) và tính

bằng MPa trong công thức (24);

P là tải trọng tác dụng của thiết bị FWD, tính bằng pound trong công thức (23) và bằng kN trong công thức (24);

r là khoảng cách từ điểm đo độ võng đến tâm tấm tải trọng;

d_r là độ võng của mặt đường đo được tại điểm cách tâm của tấm ép là r (lấy nguyên trị số đo mà không cần điều chỉnh về nhiệt độ tính toán của mặt đường);

d_r và r là tính bằng in. trong công thức (23) và tính bằng cm trong công thức (24).

7.3.1.4 Để tính mô đun đàn hồi hữu hiệu thiết kế $M_{R \text{ thiết kế}}$ của lớp nền đất, dùng trong Điểm a) của Điều 7.2, bằng thiết bị đo võng FWD, cần nhân cho giá trị M_R thu được từ công thức (23) hoặc (24) với một hệ số hiệu chỉnh $C \leq 0,33$, khi đất nền đường không lẫn nhiều sỏi sạn (dưới 10% sỏi, cuội). Khi dùng FWD tạo một xung lực bằng 40 kN trên tấm ép đường kính 30 cm thì $C=0,33$.

$$M_{R \text{ thiết kế}} = 0,33M_R = 0,33 \times \frac{0,24P}{d_r r} \quad (25)$$

hoặc

$$M_{R \text{ thiết kế}} = 0,33M_R = 0,33 \times \frac{2,4P}{d_r r} \quad (26)$$

Trong đó:

Các ký hiệu có ý nghĩa như trong công thức (23) và (24).

P tính bằng pound trong công thức (25), tính bằng kN trong công thức (26);

d_r và r tính bằng in. trong công thức (25), tính bằng cm trong công thức (26).

7.3.2 Xác định chỉ số kết cấu hữu hiệu của áo đường hiện tại SN_{eff} theo phương pháp điều tra và khảo sát tình trạng mặt đường của áo đường bê tông nhựa, dựa vào sự phân tích đánh giá các thành phần cấu tạo của kết cấu áo đường hiện tại và sử dụng phương trình:

$$2,54SN_{\text{eff}} = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad (27)$$

Trong đó:

a_1, a_2, a_3 là các hệ số lớp tương ứng của lớp mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới;

D_1, D_2, D_3 là các chiều dày của lớp mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới, tính bằng cm.

7.3.2.1 Xác định chiều dày các lớp của áo đường D_i bằng cách đào hố, đo chiều dày từng lớp và tham khảo các hồ sơ hoàn công của con đường. Khi tham khảo chiều dày của các lớp áo đường trong hồ sơ hoàn công chú ý phần bị hao mòn của lớp mặt.

7.3.2.2 Các hệ số lớp a_1, a_2, a_3 của các lớp vật liệu được ấn định bằng các biện pháp:

– Khoan mẫu, đào hố quan sát các lớp vật liệu tại chỗ và lấy vật liệu về làm thí nghiệm xác định một số chỉ tiêu cơ bản như lượng nhựa, độ kim lún của nhựa đã bị già hoá; thành phần hạt; chỉ số dẻo.

Đối chiếu với hồ sơ hoàn công để đánh giá chất lượng vật liệu hiện tại trong mỗi lớp; cấp phối.

– Quan sát các hư hỏng, nứt, vỡ, hiện tượng phụt bùn trên bề mặt của mặt đường.

Từ các khảo sát, điều tra trên mà quyết định chọn trị số cho các hệ số lớp a.

Bảng 14 cho một số giá trị của a_i tùy theo mức độ hư hỏng đã quan sát được.

Bảng 14 – Các hệ số a_i được đề nghị đối với vật liệu các lớp của kết cấu mặt đường bê tông nhựa hiện hữu ⁵⁾

Vật liệu	Điều kiện bề mặt ¹⁾	Hệ số lớp a_i ²⁾
Bề mặt lớp bê tông nhựa	Không hoặc ít vết nứt thành lưới và/hoặc chỉ có vết nứt ngang nhẹ	0,28 - 0,32
	< 10% vết nứt thành lưới hư hỏng nhẹ và/hoặc < 5% vết nứt ngang ⁴⁾ hư hỏng vừa và nặng	0,20 - 0,28
	>10% vết nứt thành lưới hư hỏng nhẹ và/hoặc <10% vết nứt thành lưới hư hỏng vừa và/hoặc >5-10% vết nứt ngang hư hỏng vừa và nặng ⁶⁾	0,16 - 0,24
	>10% vết nứt thành lưới hư hỏng vừa và/hoặc <10% vết nứt thành lưới hư hỏng nặng và/hoặc >10% vết nứt ngang hư hỏng vừa và nặng	0,14 - 0,20
	>10% vết nứt thành lưới hư hỏng nặng và/hoặc >10% vết nứt ngang hư hỏng nặng	0,08 - 0,15
Lớp móng trên có gia cố	Không hoặc ít vết nứt thành lưới và/hoặc chỉ có vết nứt ngang nhẹ	0,20 - 0,30
	< 10% vết nứt thành lưới hư hỏng nhẹ và/hoặc < 5% vết nứt ngang hư hỏng vừa và nặng	0,15 - 0,25
	>10% vết nứt thành lưới hư hỏng nhẹ và/hoặc <10% vết nứt thành lưới hư hỏng vừa và/hoặc >5-10% vết nứt ngang hư hỏng vừa và nặng	0,15 - 0,20
	>10% vết nứt thành lưới hư hỏng vừa và/hoặc <10% vết nứt thành lưới hư hỏng nặng và/hoặc	0,10 - 0,20

Bảng 14 – Các hệ số a_i được đề nghị đối với vật liệu các lớp của kết cấu mặt đường bê tông nhựa hiện hữu ⁵⁾

Vật liệu	Điều kiện bề mặt ¹⁾	Hệ số lớp a_i ²⁾
	>10% vết nứt ngang hư hỏng vừa và nặng	
	>10% vết nứt thành lưới hư hỏng nặng và/hoặc >10% vết nứt ngang hư hỏng nặng	0,08 - 0,15
Lớp móng trên hoặc lớp móng dưới bằng vật liệu hạt	Không có bằng chứng về hiện tượng phụt nước ³⁾ , thoái hoá hoặc sự nhiễm bẩn do bụi Một vài bằng chứng về hiện tượng phụt nước, thoái hoá hoặc sự nhiễm bẩn do bụi	0,10 - 0,14 0,00 - 0,10

CHÚ THÍCH:

¹⁾ Tất cả các hư hỏng trong Bảng 14 là các hư hỏng được quan sát trên bề mặt mặt đường.

²⁾ Định các giá trị của hệ số lớp của lớp mặt bằng bê tông nhựa và lớp móng trên được gia cố phải phản ánh được số lượng khe nứt hư hỏng nặng còn lại sau khi vá sửa.

³⁾ Để có thêm bằng chứng của hiện tượng phụt nước (bùn) trong quá trình khảo sát, cần lấy các mẫu vật liệu của lớp móng để kiểm tra xem xét để định lượng hiện tượng xói mòn, sự thoái hoá và nhiễm bẩn do bụi, sét, đồng thời cũng để đánh giá khả năng thoát nước của lớp vật liệu. Hệ số lớp sẽ được giảm xuống tương ứng theo kết quả kiểm tra.

⁴⁾ Số phần trăm khe nứt ngang được xác định bằng 100 lần tỷ số của tổng số mét dài vết nứt ứng với từng mức độ trên tổng diện tích mặt đường của đoạn đường được xem xét.

⁵⁾ Còn có thể có các dạng hư hỏng khác mà theo ý kiến của kỹ sư có thể làm giảm khả năng làm việc của lớp phủ như sần tróc, rỗ mặt, bong bật vật liệu trên bề mặt bê tông nhựa, vết hằn bánh xe, lún... Cần phải xem xét các dạng hư hỏng ấy mà lượng định thích hợp trong việc giảm các hệ số lớp.

⁶⁾ Mức độ hư hỏng nhẹ, vừa và nặng của các loại hư hỏng trong Bảng 14 được quan niệm như sau:

a. Nứt thành lưới:

- Nhẹ: Các vết nứt đơn ban đầu hoặc các vết nứt dọc song song do mỏi dưới các vết bánh xe;
- Vừa: Các vết nứt do mỏi, liên kết với nhau dưới các vết bánh xe;
- Nặng: Các vết nứt liên kết với nhau xuất hiện cả bên ngoài vết bánh xe, có dạng như da cá sấu.

b. Nứt ngang:

- Nhẹ: Bề rộng khe nứt < 6 mm, không gây ra xóc mạnh khi xe chạy qua khe nứt;
- Vừa: Bề rộng trung bình của khe nứt > 6 mm, gây ra xóc mạnh khi xe chạy qua;
- Nặng: khe nứt rộng và sâu, gây ra va đập mạnh khi xe chạy qua.

c. Nứt dọc: Phân ra 3 mức độ như ở khe nứt ngang.

d. Vết hằn bánh xe:

- Nhẹ: Vết hằn sâu trung bình từ 6 mm đến 13 mm;
- Vừa: Sâu trung bình hơn 13 mm đến 25 mm;

Bảng 14 – Các hệ số a_i được đề nghị đối với vật liệu các lớp của kết cấu mặt đường bê tông nhựa hiện hữu ⁵⁾

Vật liệu	Điều kiện bề mặt ¹⁾	Hệ số lớp a_i ²⁾
– Nặng: Sâu trung bình hơn 25 mm.		
⁷⁾ Ngoài ra còn phải khoan mẫu, thí nghiệm như đã nêu ở 7.3.2.2 để đánh giá chất lượng còn lại của vật liệu các lớp mà lượng định hệ số lớp a_i .		

7.3.3 Xác định chỉ số kết cấu hữu hiệu của áo đường hiện tại SN_{eff} theo phương pháp “tuổi thọ còn lại của áo đường bê tông nhựa”.

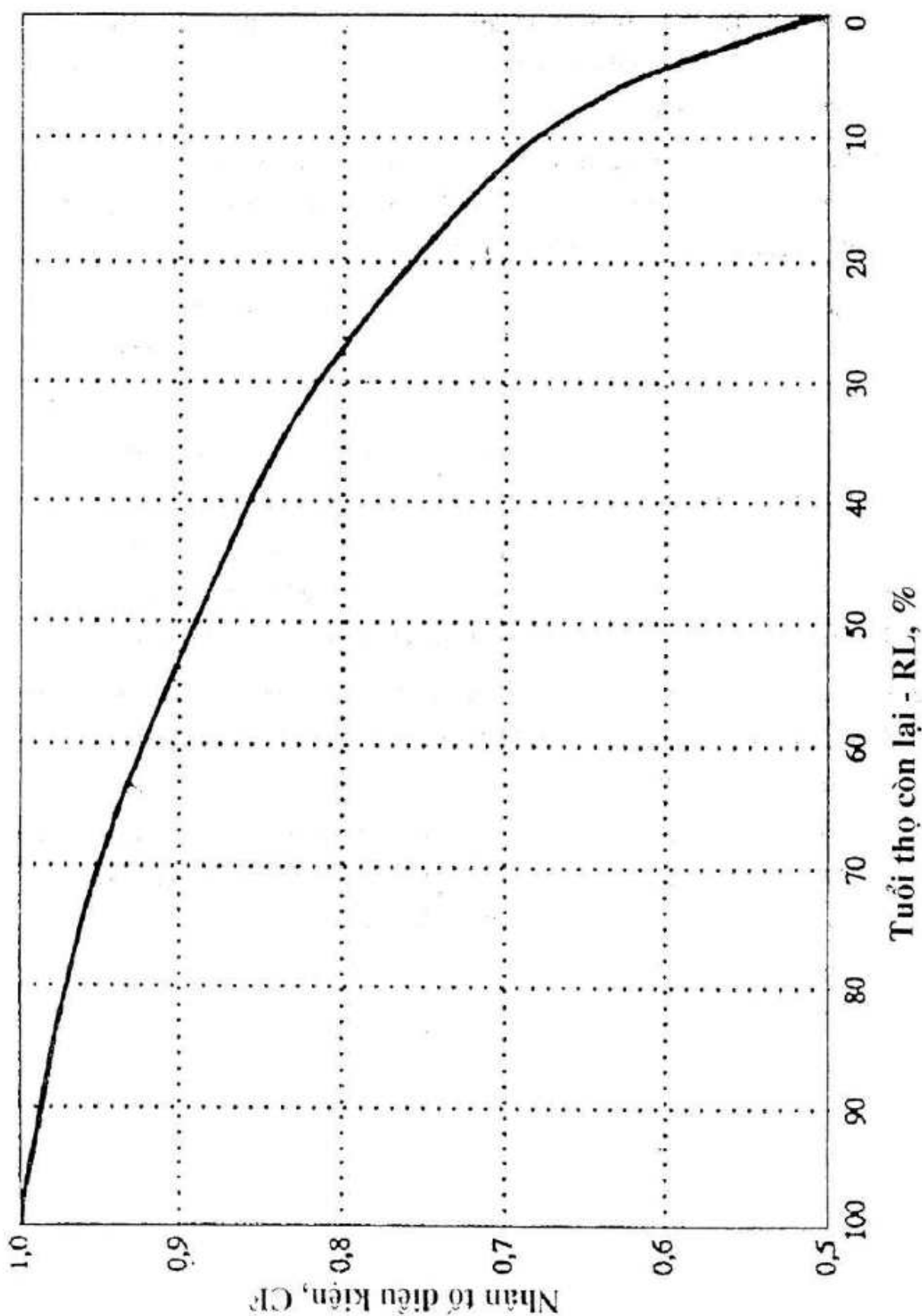
7.3.3.1 Trị số của SN_{eff} theo phương pháp “tuổi thọ còn lại của áo đường bê tông nhựa” được xác định bằng công thức sau:

$$SN_{eff} = CF \times SN_o \quad (28)$$

Trong đó:

SN_o là chỉ số kết cấu ban đầu của áo đường mềm, tính từ chiều dày của các lớp vật liệu D_i của kết cấu áo đường và giá trị các hệ số lớp tương ứng của một áo đường mới a_i theo công thức (11) ở 6.3.2. Chỉ số kết cấu này biểu thị khả năng ban đầu của mặt đường khi vừa mới xây dựng xong;

CF là nhân tố điều kiện, nó là tỷ số giữa chỉ số kết cấu của áo đường khi đã chịu tổng lượng trục xe N_p tại thời điểm xét gia cường thêm lớp phủ với chỉ số kết cấu ban đầu SN_o . Trị số CF được xác định bằng biểu đồ Hình 15 khi biết trị số RL biểu thị “tuổi thọ còn lại của mặt đường”.



Hình 15 – Biểu đồ xác định trị số “Nhân tố điều kiện CF” theo trị số biểu thị “tuổi thọ còn lại RL, tính bằng %”

7.3.3.2 Tuổi thọ còn lại của mặt đường RL được tính theo phương trình sau:

$$RL = 100 \left(1 - \frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \quad (29)$$

Trong đó:

N_p là tổng lượng trục xe đã chạy qua cho đến thời điểm xét cần gia cường thêm lớp phủ (80 kN – ESAL's), (xác định từ số liệu đếm và cân xe từng thời hạn trong mỗi năm của cơ quan quản lý đường bộ);

$N_{1,5}$ là tổng lượng trục xe có thể chạy trên áo đường từ lúc mới xây dựng xong đến thời điểm mặt đường bị hư hỏng (khi $p_2 = 1,5$), (80 kN - ESAL's).

Trị số $N_{1,5}$ được xác định nhờ phương trình (8) hoặc (9) hoặc toán đồ Hình 4 dùng cho thiết kế mặt đường mới, với độ tin cậy $R = 50\%$ và $p_1 = p_2 = 1,5$.

7.3.3.3 Trị số SN_{eff} tính theo công thức (28) và (29) sẽ có giá trị thấp hơn thực tế vì rằng việc sửa chữa mặt đường cũ không được xét đến ngay trước khi rải lớp phủ gia cường như vá ổ gà, sửa chữa các kẽ nứt thành lưới, bù vênh... Tuy thế vẫn cho phép dùng trị số SN_{eff} này để tính toán chiều dày lớp phủ gia cường để bảo đảm dự trữ an toàn.

7.3.3.4 Trong trường hợp N_p đã xác định được như trong 7.3.3.2 lại lớn hơn $N_{1,5}$ thì được phép dùng trị số nhỏ nhất của CF là 0,50 để đưa vào công thức (28), hoặc không dùng phương pháp này (phương pháp xác định tuổi thọ còn lại) để xác định SN_{eff} .

7.3.3.5 Không dùng phương pháp “xác định tuổi thọ còn lại” này để tính SN_{eff} nếu trước đó áo đường hiện hữu đã từng được gia cường lớp phủ một hoặc vài lần rồi.

8 Thiết kế kết cấu áo đường mềm khi lưu lượng xe thấp

8.1 Thiết kế kết cấu áo đường mềm cho các đường có lưu lượng xe thấp được phân ra 2 loại:

- Thiết kế áo đường mềm (có lớp mặt bằng vật liệu trộn nhựa hay ít nhất là láng nhựa) với tổng lượng trục xe tương đương 80 kN trong suốt thời hạn phục vụ ESAL's từ 50.000 đến 1.000.000;
- Thiết kế kết cấu áo đường mà lớp mặt là bằng cấp phối đá, với tổng lượng trục xe tương đương trong suốt thời hạn phục vụ là từ 10.000 đến 100.000.

8.2 Thiết kế áo đường mềm (có lớp mặt bằng vật liệu trộn nhựa hay ít nhất là láng mặt) khi lưu lượng xe thấp (ESAL's từ 50.000 đến 1.000.000) tiến hành như trong Điều 6, chỉ khác là độ tin cậy lấy bằng 50%, hoặc có thể lấy đến 75% nếu có những căn cứ xác đáng. Cho phép thiết kế theo Bảng tra lập sẵn, được trình bày ở Điều 8.5.

8.3 Thiết kế kết cấu áo đường mà lớp mặt là bằng cấp phối đá có lưu lượng xe thấp (ESAL's từ 10.000 đến 100.000), được tiến hành theo Bảng tra lập sẵn, được trình bày ở Điều 8.6.

8.4 Để thiết kế hai loại áo đường nêu trên theo Bảng tra lập sẵn cần phân lưu lượng xe ra 3 cấp: cao, trung bình, thấp và phân chất lượng của lớp đất nền đường ra 5 loại: rất xấu, xấu, trung bình, tốt, rất tốt tùy theo trị số của mô đun đàn hồi hữu hiệu của đất nền đường.

8.4.1 Ba cấp lưu lượng xe đối với áo đường mềm:

- Cao khi ESAL's (80 kN) từ: 700.000 đến 1.000.000
- Trung bình khi ESAL's từ: 400.000 đến 700.000
- Thấp khi ESAL's từ: 50.000 đến 400.000

8.4.2 Ba cấp lưu lượng xe đối với đường có lớp mặt là cấp phối đá dăm:

- Cao khi ESAL's (80 kN) từ: 60.000 đến 100.000
- Trung bình khi ESAL's từ: 30.000 đến 60.000
- Thấp khi ESAL's: 10.000 đến 30.000

8.4.3 Có 5 loại chất lượng của lớp đất nền đường của 2 loại áo đường nêu trên tùy theo trị số của mô đun đàn hồi hữu hiệu M_R của đất nền đường.

- Rất xấu: Khi $M_R \leq 20$ MPa; (CBR $\leq 2\%$)
- Xấu: Khi $M_R > 20$ MPa đến 30 MPa; (CBR = 3% đến 4%)
- Trung bình: Khi $M_R > 30$ MPa đến 42 MPa; (CBR = 5% ÷ 6%)
- Tốt: Khi $M_R > 42$ MPa đến 55 MPa; (CBR = 7%)
- Rất tốt: Khi $M_R \geq 60$ MPa; (CBR $\geq 8\%$)

8.5 Thiết kế theo Bảng tra lập sẵn kết cấu áo đường mềm có lưu lượng xe ít bằng cách xác định chỉ số kết cấu SN và tính các chiều dày các lớp của kết cấu

8.5.1 Các chỉ số kết cấu SN của loại áo đường mềm này được xác định theo cột 3 của Bảng tra lập sẵn (Bảng 15) khi độ tin cậy lấy bằng 50%, và theo cột 3 của Bảng tra lập sẵn (Bảng 16) khi độ tin cậy lấy bằng 75%.

Bảng 15 – Bảng tra lập sẵn để xác định SN khi R = 50%

Chất lượng tương đối của lớp đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu SN
1	2	3
Rất tốt	Cao	2,3 - 2,5
	Trung bình	2,1 - 2,3
	Thấp	1,5 - 2,0

Bảng 15 – Bảng tra lập sẵn để xác định SN khi R = 50%

Chất lượng tương đối của lớp đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu SN
1	2	3
Tốt	Cao	2,6 - 2,8
	Trung bình	2,4 - 2,6
	Thấp	1,7 - 2,3
Trung bình	Cao	2,9 - 3,1
	Trung bình	2,6 - 2,8
	Thấp	2,0 - 2,6
Xấu	Cao	3,2 - 3,4
	Trung bình	3,0 - 3,2
	Thấp	2,2 - 2,8
Rất xấu	Cao	3,5 - 3,7
	Trung bình	3,2 - 3,4
	Thấp	2,4 - 3,1

Bảng 16 – Bảng tra lập sẵn để xác định SN khi R = 75%

Chất lượng tương đối của lớp đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu SN
1	2	3
Rất tốt	Cao	2,6 - 2,7
	Trung bình	2,3 - 2,5
	Thấp	1,6 - 2,1
Tốt	Cao	2,9 - 3,0
	Trung bình	2,6 - 2,8
	Thấp	1,9 - 2,4

Bảng 16 – Bảng tra lập sẵn để xác định SN khi R = 75%

Chất lượng tương đối của lớp đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu SN
1	2	3
Trung bình	Cao	3,2 - 3,3
	Trung bình	2,8 - 3,1
	Thấp	2,1 - 2,7
Xấu	Cao	3,5 - 3,6
	Trung bình	3,1 - 3,4
	Thấp	2,4 - 3,0
Rất xấu	Cao	3,8 - 3,9
	Trung bình	3,4 - 3,7
	Thấp	2,6 - 3,2

8.5.2 Khi đã có SN, chọn tổ hợp các chiều dày của các lớp của kết cấu áo đường mềm, có lưu lượng xe ít, theo phương trình sau:

$$2,54 \text{ SN} = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \quad (26)$$

Trong đó:

D_1, D_2, D_3 là các chiều dày tương ứng của lớp mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới; tính bằng cm;

a_1, a_2, a_3 là các hệ số lớp tương ứng với lớp mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới (xem Điều 6.4.8)

8.5.3 Để lựa chọn kết cấu áo đường mềm được thuận tiện và hợp lý, tùy theo điều kiện cụ thể của địa phương và lợi ích kinh tế, có thể tham khảo Bảng 17 khi độ tin cậy R = 50% và Bảng 18 khi độ tin cậy R = 75% (các hệ số lớp đã dùng: Bê tông nhựa: $a_1 = 0,35$; cấp phối đá dăm của móng trên $a_2 = 0,14$; cấp phối thiên nhiên của móng dưới $a_3 = 0,10$; đá dăm thấm nhập nhựa $a_1 = 0,28$).

Bảng 17 – Bảng tra lập sẵn để chọn kết cấu áo đường mềm khi R = 50%

Chất lượng đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu (trung bình) SN	Các phương án kết cấu áo đường để chọn lựa ⁹⁾								
			Láng nhựa 2 lớp ⁷⁾			Đá dăm thấm nhập nhựa ⁷⁾			Bê tông nhựa ⁷⁾		
			L.N ¹⁾	MT ^{3); 8)}	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾
Rất tốt	Cao	2,4	2,5	22	30	6	15	23	7	12	20
	Trung bình	2,2	2,5	20	28	6	15	18	5	12	22
	Thấp	1,8	2,5	15	22	5	12	15	5	10	14
Tốt	Cao	2,7	2,5	25	32	6	18	25	7	15	23
	Trung bình	2,5	2,5	25	28	6	16	20	5	15	26
	Thấp	2,0	2,5	18	25	5	12	20	5	10	20
Trung bình	Cao	3,0	KD ⁵⁾			6	22	30	7	20	24
	Trung bình	2,7	2,5	25	32	6	18	25	7	15	23
	Thấp	2,4	2,5	22	30	5	15	26	5	15	23
Xấu	Cao	3,3	KD			CT ⁶⁾			CT		
	Trung bình	3,1	KD			6	22	32	CT		
	Thấp	2,6	2,5	25	31	5	20	24	CT		
Rất xấu	Cao	3,6	KD			CT			CT		
	Trung bình	3,3	KD			CT			CT		
	Thấp	2,8	2,5	28	32	5	20	30	CT		

1) - LN – Láng nhựa 2 lớp, dày 2,5 cm

2) - M – Chiều dày lớp mặt, cm

3) - MT – Chiều dày lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm xay nghiền, hoặc bằng đá dăm nước, cm

4) - MD – Chiều dày lớp móng dưới bằng cấp phối thiên nhiên, cm

Bảng 17 – Bảng tra lập sẵn để chọn kết cấu áo đường mềm khi R = 50%

Chất lượng đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu (trung bình) SN	Các phương án kết cấu áo đường để chọn lựa ⁹⁾								
			Láng nhựa 2 lớp ⁷⁾			Đá dăm thấm nhập nhựa ⁷⁾			Bê tông nhựa ⁷⁾		
			L.N ¹⁾	MT ^{3); 8)}	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾

⁵⁾ - KD – Không nên dùng loại này (vì chiều dày của 2 lớp móng quá lớn).

⁶⁾ - CT – Cần cải thiện lớp nền thượng dày từ 30 cm đến 50 cm, để đạt CBR ≥ 6%, rồi chọn kết cấu mặt đường bê tông nhựa tương ứng theo bảng này.

⁷⁾ - Thời gian sử dụng lớp láng nhựa 2,5 cm chỉ khoảng 5 năm đến 6 năm, sau đó phải rải lại, nhưng vẫn giữ nguyên lớp móng trên và lớp móng dưới;

Thời gian sử dụng lớp đá thấm nhập nhựa vào khoảng (7 ÷ 8) năm;

Thời gian sử dụng lớp bê tông nhựa (rải 1 lớp 5 cm đến 7 cm) khoảng 10 đến 12 năm với lượng xe tương ứng trong bảng này khi bảo đảm tốt và đúng hạn công tác bảo trì và trung tu.

⁸⁾ - Tùy theo điều kiện địa phương, có thể giảm chiều dày lớp móng trên và tăng chiều dày lớp móng dưới với tỷ lệ 1 cm MT bằng 1,4 cm MD, nhưng chiều dày tối thiểu lớp MT là 10 cm.

⁹⁾ - Vật liệu thi công theo tiêu chuẩn: bê tông nhựa nóng TCVN 8819; bê tông nhựa nguội TCCS 08 : 2014/TCĐBVN; đá dăm thấm nhập nhựa TCVN 8809 : 2011; mặt đường láng nhựa nóng TCVN 8863 : 2011.

Bảng 18 – Bảng tra lập sẵn để chọn kết cấu áo đường mềm khi R = 75%

Chất lượng đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu (trung bình) SN	Các phương án kết cấu áo đường để chọn lựa ⁹⁾								
			Láng nhựa 2 lớp ⁷⁾			Đá dăm thấm nhập nhựa ⁷⁾			Bê tông nhựa ⁷⁾		
			L.N ¹⁾	MT ^{3); 8)}	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾
Rất tốt	Cao	2,4	2,5	25	31	6	18	24	7	15	20
	Trung bình	2,2	2,5	22	30	6	15	23	7	12	20
	Thấp	1,9	2,5	16	26	5	12	12	5	10	14
Tốt	Cao	2,9	2,5	28	35	6	20	29	7	18	24

Bảng 18 – Bảng tra lập sẵn để chọn kết cấu áo đường mềm khi R = 75%

Chất lượng đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu (trung bình) SN	Các phương án kết cấu áo đường để chọn lựa ⁹⁾								
			Láng nhựa 2 lớp ⁷⁾			Đá dăm thấm nhập nhựa ⁷⁾			Bê tông nhựa ⁷⁾		
			L.N ¹⁾	MT ^{3); 8)}	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾
	Trung bình	2,7	2,5	25	32	6	18	25	7	15	23
	Thấp	2,2	2,5	20	28	5	15	21	5	12	22
	Cao	3,2	KD ⁵⁾			6	22	34	7	20	29
Trung bình	Trung bình	3,0	KD			6	22	30	7	20	24
	Thấp	2,6	2,5	25	32	5	20	24	5	18	24
	Cao	3,5	KD			CT ⁶⁾			CT		
Xấu	Trung bình	3,3	KD			CT			CT		
	Thấp	2,8	2,5	28	32	5	20	30	CT		
	Cao	3,8	KD			CT			CT		
Rất xấu	Trung bình	3,6	KD			CT			CT		
	Thấp	2,9	2,5	28	35	5	20	32	CT		
	Cao	3,2	KD			CT			CT		

CHÚ THÍCH:

¹⁾ - LN – Láng nhựa 2 lớp, dày 2,5 cm

²⁾ - M – Chiều dày lớp mặt, cm

³⁾ - MT – Chiều dày lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm xay nghiền, hoặc bằng đá dăm nước, cm

⁴⁾ - MD – Chiều dày lớp móng dưới bằng cấp phối thiên nhiên, cm

⁵⁾ - KD – Không nên dùng loại này (vì chiều dày của 2 lớp móng quá lớn).

⁶⁾ - CT – Cần cải thiện lớp nền thượng dày từ 30 cm đến 50 cm, để đạt CBR $\geq 6\%$, rồi chọn kết cấu mặt đường bê tông nhựa tương ứng theo bảng này.

⁷⁾ - Thời gian sử dụng lớp láng nhựa 2,5 cm chỉ khoảng 5 năm đến 6 năm, sau đó phải rải lại, nhưng vẫn giữ nguyên lớp móng trên và lớp móng dưới;

Bảng 18 – Bảng tra lập sẵn để chọn kết cấu áo đường mềm khi R = 75%

Chất lượng đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chỉ số kết cấu (trung bình) SN	Các phương án kết cấu áo đường để chọn lựa ⁹⁾								
			Láng nhựa 2 lớp ⁷⁾			Đá dăm thấm nhập nhựa ⁷⁾			Bê tông nhựa ⁷⁾		
			L.N ¹⁾	MT ^{3); 8)}	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾	M ²⁾	MT ³⁾	MD ⁴⁾
Thời gian sử dụng lớp đá thấm nhập nhựa vào khoảng (7 + 8) năm;											
Thời gian sử dụng lớp bê tông nhựa (rải 1 lớp 5 cm đến 7 cm) khoảng 10 đến 12 năm với lượng xe tương ứng trong bảng này khi bảo đảm tốt và đúng hạn công tác bảo trì và trung tu.											
⁸⁾ - Tùy theo điều kiện địa phương, có thể giảm chiều dày lớp móng trên và tăng chiều dày lớp móng dưới với tỷ lệ 1 cm MT bằng 1,4 cm MD, nhưng chiều dày tối thiểu lớp MT là 10 cm.											
⁹⁾ - Vật liệu thi công theo tiêu chuẩn: Bê tông nhựa nóng TCVN 8819; bê tông nhựa nguội TCCS 08 : 2014/TCĐBVN; đá dăm thấm nhập nhựa TCVN 8809 : 2011; mặt đường láng nhựa nóng TCVN 8863 : 2011.											

8.6 Thiết kế theo Bảng tra lập sẵn kết cấu mặt đường có lớp mặt là cấp phối đá

8.6.1 Với quy định mô đun đàn hồi hữu hiệu của lớp cấp phối đá ít nhất là 200 MPa ($CBR \geq 80\%$), thì chiều dày của lớp cấp phối đá xác định theo cột 3 của Bảng tra lập sẵn (Bảng 19).

Bảng 19 – Bảng tra lập sẵn để xác định chiều dày lớp cấp phối đá

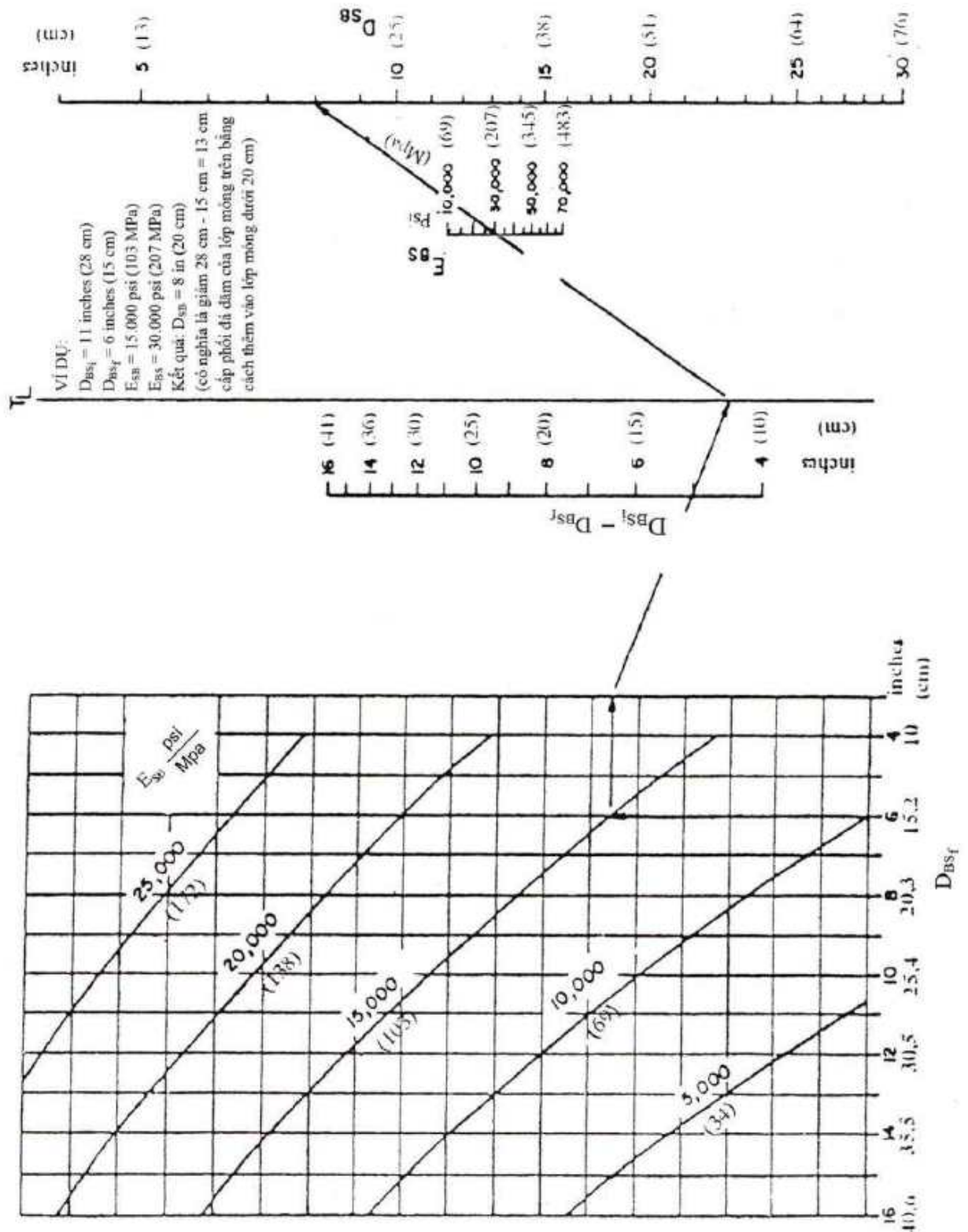
Chất lượng tương đối của lớp đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chiều dày lớp cấp phối, cm (khi E cấp phối đá ≥ 200 MPa)
1	2	3
Rất tốt	Cao	20
	Trung bình	15
	Thấp	10
Tốt	Cao	28
	Trung bình	20
	Thấp	10
Trung bình	Cao	33
	Trung bình	28

Bảng 19 – Bảng tra lập sẵn để xác định chiều dày lớp cấp phối đá

Chất lượng tương đối của lớp đất nền đường	Cấp lưu lượng xe	Chiều dày lớp cấp phối, cm (khi E cấp phối đá ≥ 200 MPa)
1	2	3
	Thấp	15
Xấu	Cao	**
	Trung bình	**
	Thấp	23
Rất xấu	Cao	**
	Trung bình	**
	Thấp	28
CHÚ THÍCH:		
* * Nên thiết kế loại mặt đường khác, cấp cao hơn, hoặc/và cải thiện đất lớp nền thượng,		

8.6.2 Khi chiều dày lớp cấp phối đá lớn, có thể thay một phần chiều dày của lớp cấp phối đá này (BS) bằng loại cấp phối có chất lượng thấp hơn có sẵn ở địa phương và rẻ hơn (thường dùng cho lớp móng dưới SB), nhờ toán đồ Hình16.

Trình tự tính toán theo các mũi tên chỉ trên toán đồ và chú thích bên cạnh của một ví dụ sử dụng toán đồ.



Hình 16 – Toán đồ để chuyển đổi một phần chiều dày của lớp cấp phối tốt (BS) sang một chiều dày tương đương của lớp cấp phối có chất lượng thấp hơn (SB)

9 Phân tích hiệu quả kinh tế các phương án kết cấu áo đường

9.1 Trong điều này quy định cách tiến hành so sánh hiệu quả kinh tế giữa các phương án khác nhau trong dự án xây dựng mới áo đường hoặc dự án gia cường, cải tạo áo đường hiện có, để làm cơ sở cho việc chọn lựa phương án.

Các phương án đưa ra để so sánh có thể thuộc các loại khác nhau về kết cấu (áo đường mềm, áo đường cứng, áo đường nửa cứng); về loại cấp hạng chất lượng của lớp mặt, tương ứng với các chỉ tiêu khai thác - vận tải khác nhau; về thời hạn đầu tư vốn (đầu tư cùng một lúc hay đầu tư theo phân kỳ) v.v...

9.2 Có nhiều chỉ tiêu để phân tích hiệu quả kinh tế. Trong tiêu chuẩn này quy định dùng chỉ tiêu "Giá trị hiện tại ròng - NPV" để đánh giá hiệu quả kinh tế trong khi so sánh các phương án kết cấu áo đường làm mới, cũng như gia cường, cải tạo.²⁾

9.3 Khi đánh giá, so sánh hiệu quả kinh tế các phương án kết cấu áo đường phải tuân theo các quy định sau đây:

- a) Các kết cấu áo đường đưa ra so sánh phải được thiết kế bảo đảm các yêu cầu kỹ thuật, và được thể hiện bằng các bản vẽ kèm theo các khối lượng cụ thể và tính ra được giá thành.
- b) Các chi phí được tính toán cho toàn bộ kết cấu áo đường bao gồm cả phần lề đường gia cố, có chiều dài 1 km. Khi mặt cắt mặt đường có phân chia hai chiều xe chạy rõ ràng, mà trên đó lượng xe chạy khác nhau nhiều và/hoặc có kết cấu áo đường khác nhau ở 2 chiều xe chạy, thì các chi phí được tính toán cho riêng tất cả các làn xe trong 1 chiều, kể cả phần lề đường gia cố thuộc chiều ấy, với chiều dài 1km.
- c) Thời hạn phân tích kinh tế (Tpt) của kết cấu áo đường hiện nay lấy bằng 20 năm. Các công việc duy tu bảo dưỡng, trung tu, đại tu và cả làm lại (nếu có) xảy ra trong thời hạn phân tích 20 năm ấy đều phải được tính đến.
- d) Thời hạn phân tích kinh tế này có thể lấy khác với 20 năm nếu có căn cứ xác đáng và được cấp có thẩm quyền chấp thuận.
- e) Suất chiết khấu (i) hiện nay thường quy định bằng 12%. Có thể lấy khác với 12% nếu có căn cứ xác đáng và được cấp có thẩm quyền chấp thuận.
- f) Khi tính toán theo các năm của cả thời hạn phân tích kinh tế thì lấy năm kết thúc công việc xây dựng áo đường (hoặc năm kết thúc công việc xây dựng của giai đoạn phân kỳ đầu tiên của áo đường) làm năm "0". Các năm tiếp theo là năm thứ 1, thứ 2 v.v... cho đến năm thứ n; các năm trước năm "0" là năm - 1; - 2; v.v...

²⁾ Những chỉ tiêu khác như IRR (tỷ suất nội hoàn), B/C (tỷ số lợi nhuận trên chi phí), thường được dùng trong việc xem xét về mặt hiệu quả kinh tế có nên bỏ vốn xây dựng con đường không hay nên để nguyên trạng, hoặc để làm cơ sở để có kế hoạch ưu tiên phân bổ vốn đầu tư cho một con đường, một mặt đường nào trong cả chiến lược xây dựng cải tạo đường.

9.4 Phương trình biểu thị "Giá trị hiện tại ròng - NPV" để so sánh các phương án kết cấu áo đường có dạng sau:

$$NPV_{x1} = TPWC_{x0,n} - TPWC_{x1,n} \quad (30)$$

với

$$TPWC_{x1,n} = (ICC)_{x1} + \sum_{t=0}^n pwf_{i,t} * [(CC)_{x1,t} + (MO)_{x1,t} + (UC)_{x1,t}] - (SV)_{x1,n} * pwf_{i,n} \quad (31)$$

Trong đó:

NPV_{x1} là giá trị hiện tại ròng của phương án kết cấu áo đường x_1 ;

$TPWC_{x1,n}$ là tổng giá trị hiện tại về các chi phí của phương án kết cấu áo đường x_1 với thời hạn phân tích kinh tế là n năm;

$TPWC_{x0,n}$ là tổng giá trị hiện tại về các chi phí của phương án kết cấu áo đường x_0 (trong đó x_0 có thể là phương án cơ bản hay phương án chuẩn và cũng có thể một phương án khác của kết cấu áo đường $x_2, x_3, \dots, x_k$ mà ta muốn dùng để so sánh với phương án x_1);

$TPWC_{x0,n}$ có dạng phương trình giống như phương trình (31) trong đó các ký hiệu x_1 được thay bằng x_0 ;

$(ICC)_{x1}$ là chi phí vốn đầu tư xây dựng ban đầu cho phương án x_1 , ở trong năm thứ 0;

$(CC)_{x1,t}$ là chi phí vốn đầu tư xây dựng cho phương án x_1 , ở trong năm thứ t , trong đó t nhỏ hơn n (bao gồm chi phí láng nhựa, làm thêm lớp phủ bê tông nhựa, cải tạo lại ...);

$(MO)_{x1,t}$ là các chi phí vận hành và bảo dưỡng áo đường phương án x_1 , trong năm thứ t . Chi phí bảo dưỡng bao gồm chi phí duy tu bảo dưỡng áo đường, phần lễ gia cố, và các hệ thống thoát nước liên quan trực tiếp đến kết cấu áo đường;

$(UC)_{x1,t}$ là chi phí thuộc người sử dụng đường cho phương án x_1 , trong năm thứ t (chi phí này bao gồm chi phí vận hành xe, chi phí thời gian hành trình, chi phí các tai nạn giao thông ...);

$(SV)_{x1,n}$ là giá trị còn lại (giá trị thanh lý) của áo đường cho phương án x_1 , tại năm cuối cùng n của thời hạn phân tích;

$pwf_{i,n}$ là yếu tố giá trị hiện tại với suất chiết khấu i và tại năm n (là một hệ số quy đổi các chi phí (hoặc lợi ích) tại năm n về năm gốc 0).

$$pwf_{i,n} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (32)$$

$pwf_{i,t}$ là yếu tố giá trị hiện tại với suất chiết khấu i và tại năm t (là một hệ số để quy đổi các chi phí (hoặc lợi ích) tại năm t về năm gốc 0)

$$pwf_{it} = \frac{1}{(1+i)^t} \quad (33)$$

Nếu giá trị hiện tại ròng NPV_{x1} của phương án kết cấu áo đường x_1 trong phương trình (30) là dương thì có nghĩa là phương án x_1 có hiệu quả kinh tế hơn phương án x_0 vì tổng chi phí đã quy về giá trị hiện tại của phương án x_1 nhỏ hơn của phương án x_0 .

9.5 Tính toán các chi phí

9.5.1 Chi phí vốn đầu tư ban đầu (ICC) của 1 km áo đường được xác định tính theo dự toán của mỗi phương án, không kể yếu tố trượt giá.

Nếu chi phí vốn đầu tư ban đầu không tập trung trong năm gốc 0, mà rải ra nhiều năm thì phải quy đổi chi phí vốn đầu tư của từng năm trước năm gốc về năm gốc 0 (vì đã quy định ở Điều 9.3 năm gốc 0 là năm kết thúc công việc xây dựng áo đường).

9.5.2 Chi phí vốn đầu tư định kỳ tiếp theo (CC) cho 1 km áo đường trong các kỳ trung tu, đại tu, cải tạo áo đường như làm các lớp láng nhựa, gia cường bằng lớp phủ bê tông nhựa, tái chế lớp bê tông nhựa, cải tạo lại kết cấu áo đường v.v... được xác định theo dự toán cụ thể của từng loại, không kể yếu tố trượt giá.

Có thể tham khảo chi phí vốn đầu tư trong các sửa chữa định kỳ theo Bảng 20

9.5.3 Các chi phí vận hành và bảo dưỡng áo đường xác định theo chi phí thực tế. Có thể tham khảo chi phí bảo dưỡng thường xuyên theo Bảng 20.

Bảng 20 – Bảng tham khảo các chi phí bảo dưỡng thường xuyên và sửa chữa định kỳ áo đường

Loại mặt đường	Khoảng thời gian (năm)		Tỷ lệ chi phí sửa chữa so với vốn xây dựng ban đầu (%)		
	Đại tu	Trung tu	Đại tu	Trung tu	Thường xuyên
1	2	3	4	5	6
Bê tông nhựa 2 lớp bề dày ≥ 10 cm	15	5	42,0	5,1	0,55
Bê tông nhựa một lớp (5 cm ÷ 7 cm)	(8) - 10	4	48,6	7,9	0,98
Thấm nhập nhựa	(8)- 10	4	49,6	8,7	1,92
Láng nhựa hai lớp	(6) - 7	(3) - 4	50,0	8,8	2,00

Bảng 20 – Bảng tham khảo các chi phí bảo dưỡng thường xuyên và sửa chữa định kỳ áo đường

Loại mặt đường	Khoảng thời gian (năm)		Tỷ lệ chi phí sửa chữa so với vốn xây dựng ban đầu (%)		
	Đại tu	Trung tu	Đại tu	Trung tu	Thường xuyên
1	2	3	4	5	6
Láng nhựa một lớp	(4) - 5	3	52,0	8,9	2,10
Đá dăm, cấp phối đá	(3) - 5	3	53,1	9,0	1,60
Bê tông xi măng	25	8	34,2	4,1	0,32
CHÚ THÍCH:					
Trị số trong ngoặc ứng với đường có lưu lượng xe nhiều.					

9.5.4 Chi phí thuộc người sử dụng đường (UC) bao gồm chi phí vận hành xe (tiêu thụ nhiên liệu, hao mòn lốp xe, bảo dưỡng xe, tiêu thụ dầu nhớt, khấu hao xe, thay thế phụ tùng ...), chi phí thời gian cho hành trình, chi phí tai nạn giao thông. Mỗi loại chi phí nêu ở Điều 9.5.4 này chủ yếu phụ thuộc vào chỉ số độ gồ ghề (IRI) (thường gọi là độ bằng phẳng) của mặt đường, và phụ thuộc vào tốc độ của xe, tốc độ này lại phụ thuộc vào chỉ số độ gồ ghề của mặt đường.

9.5.4.1 Chi phí vận hành xe nên tính toán theo chương trình của mô hình của Ngân hàng thế giới, tùy theo các đặc trưng của từng loại xe, loại đường, loại mặt đường và tốc độ.

Trong lúc chưa có các kết quả tính toán cho điều kiện cụ thể Việt Nam từ mô hình của Ngân hàng thế giới, có thể dùng các công thức sau đây để tính toán chi phí vận hành xe (S) cho 1 T.km hàng hoá:

$$S = \frac{P_{bd}}{\beta \cdot \gamma \cdot G} + \frac{P_{cd}}{\beta \cdot \gamma \cdot G \cdot V} \quad (34)$$

Trong đó:

P_{bd} là chi phí biến đổi trung bình cho 1km hành trình của xe ô tô, được xác định theo 9.5.4.1.1, tính bằng đồng/xe-km;

P_{cd} là chi phí cố định trung bình trong 1 giờ cho một ô tô, được xác định theo 9.5.4.1.2, tính

bằng đồng/xe - giờ;

β là hệ số sử dụng hành trình, lấy $\beta = 0,65$;

γ là hệ số lợi dụng trọng tải, lấy $\beta = 0,9 \div 0,95$;

G là trọng tải trung bình có ích của các xe tham gia vận chuyển - tấn; có thể xác định theo trung bình trọng số, theo trọng tải và tỷ lệ các loại xe tham gia vận chuyển;

V là vận tốc chạy xe trung bình trên đường km/h, lấy bằng 0,7 tốc độ kỹ thuật xác định theo loại mặt đường và cấp kỹ thuật của đường ở Bảng 21

Bảng 21 – Tốc độ kỹ thuật trung bình, (km/h)

Cấp kỹ thuật của đường (km/h)	Loại mặt đường	Tốc độ kỹ thuật trung bình, (km/h)
120	Bê tông nhựa - Bê tông xi măng	65
100	Bê tông nhựa - Bê tông xi măng	55
80	Bê tông nhựa - Bê tông xi măng	45
	Thấm nhập nhựa	45
	Láng nhựa hai lớp (dùng cho giai đoạn phân kỳ đầu)	40
60	Bê tông nhựa	35
	Thấm nhập nhựa	35
	Láng nhựa hai lớp	35
	Cấp phối đá, đá dăm nước	30
40	Thấm nhập nhựa	30
	Láng nhựa	30
	Cấp phối đá, đá dăm nước	25
20	Cấp phối đá, đá dăm nước	15 - 20
	Đường đất thoát nước tốt	15

Chi phí vận hành xe cho 1 hành khách - km (S_K) cũng tính tương tự như công thức (34), trong đó thay β , γ và G của xe chở hàng hoá bằng hệ số sử dụng hành trình β_K , hệ số sử dụng số ghế ngồi γ_K và số ghế ngồi (số hành khách) G_K của xe chở khách.

9.5.4.1.1 Chi phí biến đổi P_{bd} phụ thuộc vào hành trình, điều kiện chạy xe và tính năng của xe; gồm chi phí về nhiên liệu, dầu nhớt, hao mòn sẫm lốp, bảo trì sửa chữa xe, khấu hao, sửa chữa lớn. Các thành phần chi phí này được xác định theo định mức ở các xí nghiệp, công ty vận tải ô tô. Khi thiếu số liệu cho phép tính gần đúng theo công thức sau:

$$P_{bd} = \lambda \cdot q \cdot r \quad (35)$$

Trong đó:

P_{bd} là chi phí biến đổi, tính bằng đồng/xe - km;

λ là tỷ lệ giữa chi phí biến đổi so với chi phí nhiên liệu, lấy $\lambda = 2,6 - 2,8$;

q là lượng nhiên liệu tiêu hao trung bình cho 1 km chạy xe, tính bằng lít/xe - km;

r là giá nhiên liệu, tính bằng đồng/lít.

9.5.4.1.2 Chi phí cố định P_{cd} phải trả khi sử dụng 1 giờ-xe, không phụ thuộc vào hành trình (xe chạy hoặc không chạy trên đường). Chi phí này gồm các khoản khấu hao xe, lương cơ bản và các phụ cấp cố định của lái xe, các khoản chi cho quản lý phương tiện (lương bộ máy hành chính, chi bảo hiểm, chi phí về ga - ra, bãi đỗ xe ...). Chi phí cố định P_{cd} được xác định theo định mức ở các xí nghiệp, công ty vận tải ô tô.

9.5.4.1.3 Khối lượng vận chuyển hàng hoá trong năm tính toán Q_n được xác định theo công thức sau:

$$Q_n = 365 \cdot \gamma \cdot \beta \cdot G \cdot N \quad (36)$$

Trong đó:

N là lưu lượng xe ngày đêm trung bình của năm tính toán, (xe chở hàng hoá), tính bằng xe/ngày đêm;

Các ký hiệu khác có ý nghĩa như trong công thức (34).

9.5.4.1.4 Số lượng hành khách vận chuyển trong năm tính toán Q_{kn} được xác định tương tự theo công thức (33), trong đó thay γ, β, G và N của xe chở hàng hoá bằng γ_K, β_K, G_K và lưu lượng xe ngày đêm trung bình của năm tính toán (xe chở khách) N_K .

9.5.4.2 Chi phí thời gian cho hành trình là tích số của thời gian cho hành trình nhân cho giá trị đơn vị trung bình của thời gian hành trình.

– Thời gian cho hành trình đối với hành khách và lái xe là thời gian diễn ra kể từ lúc xuất phát cho tới khi đến điểm đến, tức là toàn bộ thời gian xe chạy trên đường và thời gian chờ đợi.

– Giá trị thời gian của người sử dụng đường được đánh giá bằng lương trung bình hoặc bằng những thu nhập trung bình của người đi xe. Giá trị cho 1 giờ của thời gian hành trình gọi là giá trị đơn vị

của thời gian hành trình.

9.5.4.3 Chi phí tai nạn giao thông được tính dựa vào suất tai nạn trên một đoạn đường và chi phí đơn vị cho một tai nạn.

Suất tai nạn được tính bằng cách chia số tai nạn ghi nhận được trong một thời hạn nào đó (thường lấy là 1 năm) cho số xe - km đã chạy qua đoạn đường này trong cùng một thời hạn, thường biểu thị suất tai nạn bằng số tai nạn trên 1.000.000 xe - km.

Chi phí đơn vị cho một tai nạn có gây thương tích tính những yếu tố thuần kinh tế như tổn thất về sản xuất mà nạn nhân sẽ thực hiện trong phần còn lại của đời họ trừ đi phần tiêu thụ riêng cho họ, hoặc tổn thất do công việc nhất thời bị ngừng trệ; phí tổn giải toả tai nạn, chi phí thuốc men, bệnh viện, dịch vụ tang lễ, các phí tổn bảo hiểm ...

Do suất tai nạn phụ thuộc vào rất nhiều nhân tố của cả con đường (tốc độ, mật độ xe và loại hình vận chuyển, chiều rộng và số làn xe của mặt đường; tầm nhìn và đặc trưng hình học của đường, chất lượng biển báo, thiết bị bảo đảm an toàn giao thông trên đường, loại và tình trạng mặt đường,...) vì thế trong so sánh hiệu quả kinh tế riêng cho các phương án kết cấu áo đường có thể không tính đến chi phí tai nạn giao thông, trừ khi có yêu cầu đặc biệt và/hoặc có các số liệu có căn cứ xác thực.

9.5.5 Giá trị còn lại (giá trị thanh lý) - SV, của một phương án kết cấu áo đường được đánh giá tại năm cuối cùng n của thời hạn phân tích.

Để xác định giá trị còn lại của một phương án kết cấu áo đường cần sử dụng các số liệu đã đúc kết từ các kinh nghiệm thực tế xây dựng, khai thác và sửa chữa các loại áo đường tương tự trước đó. Ngoài ra còn cần phải xem xét liệu sẽ dùng biện pháp gì để sử dụng áo đường cũ này trong giai đoạn tiếp theo (ví dụ sẽ dùng làm móng cho áo đường được xây dựng tiếp theo, hoặc sẽ được tái chế một phần chiều dày lớp mặt bê tông nhựa cũ để làm lớp dưới của lớp mặt đường được xây dựng tiếp theo v.v...) mà định giá trị còn lại cho thích ứng đối với mỗi phương án kết cấu áo đường.

9.6 Ngoài việc so sánh hiệu quả kinh tế giữa các phương án theo chỉ tiêu NPV nêu ở Điều 9.2 còn cần xem xét những chỉ tiêu quan trọng khác như khối lượng và khả năng cung cấp nguyên vật liệu, khả năng về thiết bị và công nghệ thi công, khả năng bảo đảm tiến độ thi công quy định, khả năng bảo đảm giao thông khi thi công v.v... để chọn phương án kết cấu áo đường thích hợp.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Bảng chuyển đổi từ các đơn vị đo dùng trong hệ thống đo lường của Hoa Kỳ (mà trong tiêu chuẩn này có sử dụng) sang hệ thống đo quốc tế SI

Chuyển đổi từ:	Sang (hệ SI)	Bằng cách nhân với hệ số chuyển đổi	
		với hai số lẻ	với sáu số lẻ
Inch (in.)	m	$2,54 \times 10^{-2}$	$2,540000 \times 10^{-2}$
in ²	m ²	$6,45 \times 10^{-4}$	$6,451600 \times 10^{-4}$
in ³	m ³	$1,64 \times 10^{-5}$	$1,638706 \times 10^{-5}$
foot (ft)	m	$3,05 \times 10^{-1}$	$3,048000 \times 10^{-1}$
ft ²	m ²	$9,29 \times 10^{-2}$	$9,290304 \times 10^{-2}$
ft ³	m ³	$2,83 \times 10^{-2}$	$2,831685 \times 10^{-2}$
pound (lb)	kg	$4,54 \times 10^{-1}$	$4,535924 \times 10^{-1}$
pound-force (lbf)	N	4,45	4,448222
lbf/in ² (psi)	Pa	$6,89 \times 10^3$	$6,894757 \times 10^3$
lb/in ³	kg/m ³	$2,77 \times 10^4$	$2,767990 \times 10^4$
lb/ft ³	kg/m ³	$1,60 \times 10$	$1,601846 \times 10$
kip (1000 lbf)	N	$4,45 \times 10^3$	$4,448222 \times 10^3$
kip/in ² (ksi)	Pa	$6,89 \times 10^6$	$6,894757 \times 10^6$
ft/s ²	m/s ²	$3,05 \times 10^{-1}$	$3,048000 \times 10^{-1}$
centipoise	Pa.s	$1,00 \times 10^{-3}$	$1,000000 \times 10^{-3}$
centistokes	m ² /s	$1,00 \times 10^{-6}$	$1,000000 \times 10^{-6}$
degree Fahrenheit (°F)	°C	$t^{\circ}\text{C} = (t^{\circ}\text{F} - 32)/1,8$	

Phụ lục B

(Quy định)

**Các bảng dùng để chuyển đổi lưu lượng xe hỗn hợp ra tổng số trục đơn tương đương
80 kN dùng trong thiết kế áo đường mềm**

B.1 Các Bảng từ B.1 đến B.3 dùng để tìm hệ số đổi trục xe khi xe có trục đơn, trục kép, trục ba, dùng cho áo đường mềm, được thiết kế với chỉ số phục vụ cuối cùng $p_t = 2,0$.

B.2 Các Bảng từ B.4 đến B.6 dùng để tìm hệ số đổi trục xe khi xe có trục đơn, trục kép, trục ba, dùng cho áo đường mềm được thiết kế với chỉ số phục vụ cuối cùng $p_t = 2,5$.

B.3 Khi chỉ số phục vụ cuối cùng nằm giữa khoảng 2,0 và 2,5 thì được phép tính theo nội suy.

B.4 Để tra tìm hệ số đổi xe, trong mọi trường hợp, đều giả định trước chỉ số kết cấu của áo đường là $SN = 5$. Khi tính ra SN , nếu trị số tính toán này khác nhiều với trị số $SN = 5$ giả định lúc đầu thì phải điều chỉnh lại hệ số đổi xe tương ứng với SN đã tính ra (khi trị số SN giả định và tính ra khác nhau quá 1 đơn vị).

B.5 Khi có các thông tin, số liệu có sẵn tại các trạm cân xe bằng thiết bị cân động W.I.M (Weigh-in-Motion) hoặc thiết bị tương tự, thì có thể dùng trực tiếp các hệ số đổi xe của mỗi nhóm xe cùng loại chạy trên các đường hiện hữu tại một khu vực tương tự với khu vực có đường được thiết kế (xem ví dụ 2 Phụ lục F).

**Bảng B.1 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục đơn
dùng trong mặt đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	17,8	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
6	26,7	0,009	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009
8	35,6	0,030	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	44,5	0,075	0,085	0,090	0,085	0,079	0,076
12	53,4	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168

**Bảng B.1 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục đơn
dùng trong mặt đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chi số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
14	62,3	0,325	0,338	0,354	0,350	0,338	0,331
16	71,2	0,589	0,598	0,613	0,612	0,603	0,596
18	80,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,0	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	97,9	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	108,8	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	115,7	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	124,6	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	133,5	10,4	10,0	9,2	8,6	8,7	9,2
32	142,4	14,0	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	151,3	18,5	17,9	16,3	15,0	14,9	15,6
36	160,2	24,2	23,3	21,2	19,3	19,0	19,9
38	169,1	31,1	29,9	27,1	24,6	24,0	25,1
40	178,0	39,6	38,0	34,3	30,9	30,0	31,2
42	186,9	49,7	47,7	43,0	38,6	37,2	38,5
44	195,8	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	204,7	76,1	73,0	65,6	58,3	55,7	57,0
48	213,6	92,9	89,1	80,0	70,9	67,3	68,6
50	222,5	113,0	108,0	97,0	86,0	81,0	82,0

**Bảng B.2 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục kép
dùng trong mặt đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chi số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
6	26,7	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	35,6	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
10	44,5	0,007	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006
12	53,4	0,013	0,016	0,016	0,014	0,013	0,012
14	62,3	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
16	71,2	0,041	0,048	0,050	0,046	0,042	0,040
18	80,0	0,066	0,077	0,081	0,075	0,069	0,066
20	89,0	0,103	0,117	0,124	0,117	0,109	0,105
22	97,9	0,156	0,171	0,183	0,174	0,164	0,158
24	108,8	0,227	0,244	0,260	0,252	0,239	0,231
26	115,7	0,322	0,340	0,360	0,353	0,338	0,329
28	124,6	0,447	0,465	0,487	0,481	0,466	0,455
30	133,5	0,607	0,623	0,646	0,643	0,627	0,617
32	142,4	0,810	0,823	0,843	0,842	0,829	0,819
34	151,3	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	160,2	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38

**Bảng B.2 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục kép
dùng trong mặt đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
38	169,1	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	178,0	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	186,9	2,77	2,73	2,64	2,62	2,66	2,70
44	195,8	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	204,7	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	213,6	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83
50	222,5	6,15	5,99	5,64	5,44	5,56	5,77
52	231,4	7,37	7,16	6,71	6,43	6,56	6,83
54	240,3	8,77	8,51	7,93	7,55	7,69	8,03
56	249,2	10,4	10,1	9,3	8,8	9,0	9,4
58	258,1	12,2	11,8	10,9	10,3	10,4	10,9
60	267,0	14,3	13,8	12,7	11,9	12,0	12,6
62	275,9	16,6	16,0	14,7	13,7	13,8	14,5
64	284,8	19,3	18,6	17,0	15,8	15,8	16,6
66	293,7	22,2	21,4	19,6	18,0	18,0	18,9
68	302,6	25,5	24,6	22,4	20,6	20,5	21,5
70	311,5	29,2	28,1	25,6	23,4	23,2	24,3
72	320,4	33,3	32,0	29,1	26,5	26,2	27,4
74	329,3	37,8	36,4	33,0	30,0	29,4	30,8

**Bảng B.2 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục kép
dùng trong mặt đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
76	338,2	42,8	41,2	37,3	33,8	33,1	34,5
78	347,1	48,4	46,5	42,0	38,0	37,0	38,6
80	356,0	54,4	52,3	47,2	42,5	41,3	43,0
82	364,9	61,1	58,7	52,9	47,6	46,0	47,8
84	373,8	68,4	65,7	59,2	53,0	51,2	53,0
86	382,7	76,3	73,3	66,0	59,0	56,8	58,6
88	391,6	85,0	81,6	73,4	65,5	62,8	64,7
90	400,5	94,4	90,6	81,5	72,6	69,4	71,3

**Bảng B.3 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục ba
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	26,7	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
8	35,6	0,0009	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0007
10	44,5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
12	53,4	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
14	62,3	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005
16	71,2	0,010	0,012	0,012	0,010	0,009	0,009
18	80,0	0,016	0,019	0,019	0,017	0,015	0,015
20	89,0	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
22	97,9	0,034	0,042	0,042	0,038	0,035	0,034
24	108,8	0,049	0,058	0,060	0,055	0,051	0,048
26	115,7	0,068	0,080	0,083	0,077	0,071	0,068
28	124,6	0,093	0,107	0,113	0,105	0,098	0,094
30	133,5	0,125	0,140	0,149	0,140	0,131	0,126
32	142,4	0,164	0,182	0,194	0,184	0,173	0,167
34	151,3	0,213	0,233	0,248	0,238	0,225	0,217
36	160,2	0,273	0,294	0,313	0,303	0,288	0,279
38	169,1	0,346	0,368	0,390	0,381	0,364	0,353

**Bảng B.3 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục ba
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
40	178,0	0,434	0,456	0,481	0,473	0,454	0,443
42	186,9	0,538	0,560	0,587	0,580	0,561	0,548
44	195,8	0,662	0,682	0,710	0,705	0,686	0,673
46	204,7	0,807	0,825	0,852	0,849	0,831	0,818
48	213,6	0,976	0,992	1,015	1,014	0,999	0,987
50	222,5	1,17	1,18	1,20	1,20	1,19	1,18
52	231,4	1,40	1,40	1,42	1,42	1,41	1,40
54	240,3	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	249,2	1,95	1,95	1,93	1,93	1,94	1,94
58	258,1	2,29	2,27	2,24	2,23	2,25	2,27
60	267,0	2,67	2,64	2,59	2,57	2,60	2,63
62	275,9	3,10	3,06	2,98	2,95	2,99	3,04
64	284,8	3,59	3,53	3,41	3,37	3,42	3,49
66	293,7	4,13	4,05	3,89	3,83	3,90	3,99
68	302,6	4,73	4,63	4,43	4,34	4,42	4,54
70	311,5	5,40	5,28	5,03	4,90	5,00	5,15
72	320,4	6,15	6,00	5,68	5,52	5,63	5,82
74	329,3	6,97	6,79	6,41	6,20	6,33	6,56
76	338,2	7,88	7,67	7,21	6,94	7,08	7,36

**Bảng B.3 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục ba
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,0$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
78	347,1	8,88	8,63	8,09	7,75	7,90	8,23
80	356,0	9,98	9,69	9,05	8,63	8,79	9,18
82	364,9	11,2	10,8	10,1	9,6	9,8	10,2
84	373,8	12,5	12,1	11,2	10,6	10,8	11,3
86	382,7	13,9	13,5	12,5	11,8	11,9	12,5
88	391,6	15,5	15,0	13,8	13,0	13,2	13,8
90	400,5	17,2	16,6	15,3	14,3	14,5	15,2

**Bảng B.4 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục đơn
dùng trong áo đường mềm khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
4	17,8	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002
6	26,7	0,011	0,017	0,017	0,013	0,010	0,009
8	35,6	0,032	0,047	0,051	0,041	0,034	0,031
10	44,5	0,078	0,102	0,118	0,102	0,088	0,080
12	53,4	0,168	0,198	0,229	0,213	0,189	0,176
14	62,3	0,328	0,358	0,399	0,388	0,360	0,342
16	71,2	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
18	80,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,0	1,61	1,57	1,49	1,47	1,51	1,55
22	97,9	2,48	2,38	2,17	2,09	2,18	2,30
24	108,8	3,69	3,49	3,09	2,89	3,03	3,27
26	115,7	5,33	4,99	4,31	3,91	4,09	4,48
28	124,6	7,49	6,98	5,90	5,21	5,39	5,98
30	133,5	10,3	9,5	7,9	6,8	7,0	7,8
32	142,4	13,9	12,8	10,5	8,8	8,9	10,0
34	151,3	18,4	16,9	13,7	11,3	11,2	12,5
36	160,2	24,0	22,0	17,7	14,4	13,9	15,5
38	169,1	30,9	28,3	22,6	18,1	17,2	19,0

**Bảng B.4 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục đơn
dùng trong áo đường mềm khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kip	(kN)	1	2	3	4	5	6
40	178,0	39,3	35,9	28,5	22,5	21,1	23,0
42	186,9	49,3	45,0	35,6	27,8	25,6	27,7
44	195,8	61,3	55,9	44,0	34,0	31,0	33,1
46	204,7	75,5	68,8	54,0	41,4	37,2	39,3
48	213,6	92,2	83,9	65,7	50,1	44,5	46,5
50	222,5	112,0	102,0	79,0	60,0	53,0	55,0

**Bảng B.5 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục kép
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chi số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002
6	26,7	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
8	35,6	0,004	0,006	0,005	0,004	0,003	0,003
10	44,5	0,008	0,013	0,011	0,009	0,007	0,006
12	53,4	0,015	0,024	0,023	0,018	0,014	0,013
14	62,3	0,026	0,041	0,042	0,033	0,027	0,024
16	71,2	0,044	0,065	0,070	0,057	0,047	0,043
18	80,0	0,070	0,097	0,109	0,092	0,077	0,070
20	89,0	0,107	0,141	0,162	0,141	0,121	0,110
22	97,9	0,160	0,198	0,229	0,207	0,180	0,166
24	108,8	0,231	0,273	0,315	0,292	0,260	0,242
26	115,7	0,327	0,370	0,420	0,401	0,364	0,342
28	124,6	0,451	0,493	0,548	0,534	0,495	0,470
30	133,5	0,611	0,648	0,703	0,695	0,658	0,633
32	142,4	0,813	0,843	0,889	0,887	0,857	0,834
34	151,3	1,06	1,08	1,11	1,11	1,09	1,08
36	160,2	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,1	1,75	1,73	1,69	1,68	1,70	1,73

**Bảng B.5 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục kép
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
40	178,0	2,21	2,16	2,06	2,03	2,08	2,14
42	186,9	2,76	2,67	2,49	2,43	2,51	2,61
44	195,8	3,41	3,27	2,99	2,88	3,00	3,16
46	204,7	4,18	3,98	3,58	3,40	3,55	3,79
48	213,6	5,08	4,80	4,25	3,98	4,17	4,49
50	222,5	6,12	5,76	5,03	4,64	4,86	5,28
52	231,4	7,33	6,87	5,93	5,38	5,63	6,17
54	240,3	8,72	8,14	6,95	6,22	6,47	7,15
56	249,2	10,3	9,6	8,1	7,2	7,4	8,2
58	258,1	12,1	11,3	9,4	8,2	8,4	9,4
60	267,0	14,2	13,1	10,9	9,4	9,6	10,7
62	275,9	16,5	15,3	12,6	10,7	10,8	12,1
64	284,8	19,1	17,6	14,5	12,2	12,2	13,7
66	293,7	22,1	20,3	16,6	13,8	13,7	15,4
68	302,6	25,3	23,3	18,9	15,6	15,4	17,2
70	311,5	29,0	26,6	21,5	17,6	17,2	19,2
72	320,4	33,0	30,3	24,4	19,8	19,2	21,3
74	329,3	37,5	34,4	27,6	22,2	21,3	23,6
76	338,2	42,5	38,9	31,1	24,8	23,7	26,1

**Bảng B.5 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục kép
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
78	347,1	48,0	43,9	35,0	27,8	26,2	28,8
80	356,0	54,5	49,4	39,2	30,9	29,0	31,7
82	364,9	60,6	55,4	43,9	34,4	32,0	34,8
84	373,8	67,8	61,9	49,0	38,2	35,3	38,1
86	382,7	75,7	69,1	54,5	42,3	38,8	41,7
88	391,6	84,3	76,9	60,6	46,8	42,6	45,6
90	400,5	93,7	85,4	67,1	51,7	46,8	49,7

**Bảng B.6 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục ba
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
2	8,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
6	26,7	0,0006	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003
8	35,6	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
10	44,5	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002
12	53,4	0,005	0,007	0,006	0,004	0,003	0,003
14	62,3	0,008	0,012	0,010	0,008	0,006	0,006
16	71,2	0,012	0,019	0,018	0,013	0,011	0,010
18	80,0	0,018	0,029	0,028	0,021	0,017	0,016
20	89,0	0,027	0,042	0,042	0,032	0,027	0,024
22	97,9	0,038	0,058	0,060	0,048	0,040	0,036
24	108,8	0,053	0,078	0,084	0,068	0,057	0,051
26	115,7	0,072	0,103	0,114	0,095	0,080	0,072
28	124,6	0,098	0,133	0,151	0,128	0,109	0,099
30	133,5	0,129	0,169	0,195	0,170	0,145	0,133
32	142,4	0,169	0,213	0,247	0,220	0,191	0,175
34	151,3	0,219	0,266	0,308	0,281	0,246	0,228
36	160,2	0,279	0,329	0,379	0,352	0,313	0,292
38	169,1	0,352	0,403	0,461	0,436	0,393	0,368

**Bảng B.6 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục ba
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kips	(kN)	1	2	3	4	5	6
40	178,0	0,439	0,491	0,554	0,533	0,487	0,459
42	186,9	0,543	0,594	0,661	0,644	0,597	0,567
44	195,8	0,666	0,714	0,781	0,769	0,723	0,692
46	204,7	0,811	0,854	0,918	0,911	0,868	0,838
48	213,6	0,979	1,015	1,072	1,069	1,033	1,005
50	222,5	1,17	1,20	1,24	1,25	1,22	1,20
52	231,4	1,40	1,41	1,44	1,44	1,43	1,41
54	240,3	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	249,2	1,95	1,93	1,90	1,90	1,91	1,93
58	258,1	2,29	2,25	2,17	2,16	2,20	2,24
60	267,0	2,67	2,60	2,48	2,44	2,51	2,58
62	275,9	3,09	3,00	2,82	2,76	2,85	2,95
64	284,8	3,57	3,44	3,19	3,10	3,22	3,36
66	293,7	4,11	3,94	3,61	3,47	3,62	3,81
68	302,6	4,71	4,49	4,06	3,88	4,05	4,30
70	311,5	5,38	5,11	4,57	4,32	4,52	4,84
72	320,4	6,12	5,79	5,13	4,80	5,03	5,41
74	329,3	6,93	6,54	5,74	5,32	5,57	6,04
76	338,2	7,84	7,37	6,41	5,88	6,15	6,71

**Bảng B.6 – Các hệ số tương đương để chuyển đổi trục xe là trục ba
dùng trong áo đường mềm, khi $p_t = 2,5$**

Tải trọng trục		Chỉ số kết cấu áo đường (SN)					
kip	(kN)	1	2	3	4	5	6
78	347,1	8,83	8,28	7,14	6,49	6,78	7,43
80	356,0	9,92	9,28	7,95	7,15	7,45	8,21
82	364,9	11,1	10,4	8,8	7,9	8,2	9,0
84	373,8	12,4	11,6	9,8	8,6	8,9	9,9
86	382,7	13,8	12,9	10,8	9,5	9,8	10,9
88	391,6	15,4	14,3	11,9	10,4	10,6	11,9
90	400,5	17,1	15,8	13,2	11,3	11,6	12,9

Phụ lục C

(Quy định)

Xác định mô đun đàn hồi của đất nền (M_R) bằng thí nghiệm các mẫu đất ở trong phòng thí nghiệm và xác định mô đun đàn hồi của vật liệu hạt (cấp phối đá) dùng làm lớp móng trên và móng dưới bằng thí nghiệm các mẫu cấp phối đá ở trong phòng thí nghiệm

C.1 Trong Phụ lục C này, giới thiệu phương pháp thí nghiệm trong phòng để xác định mô đun đàn hồi (M_R) của đất nền và mô đun đàn hồi của cấp phối đá không gia cố dùng làm lớp móng trên, móng dưới của áo đường, theo tiêu chuẩn AASHTO T292.

Phương pháp thí nghiệm này mô phỏng các điều kiện vật lý cũng như các trạng thái ứng suất của vật liệu nằm dưới áo đường mềm, khi chịu tác dụng của tải trọng của bánh xe đang chạy.

Phương pháp thí nghiệm này được áp dụng cho các mẫu nguyên dạng của đất nền được lấy từ lỗ khoan vệt, cũng như cho các mẫu đã bị xáo động của đất nền hoặc của vật liệu cấp phối của lớp móng trên và lớp móng dưới được chế bị lại bằng cách đầm nén theo các phương pháp tĩnh, động hay chấn động tùy theo các yêu cầu quy định.

C.2 Nguyên tắc thí nghiệm được tóm tắt như sau :

Ứng suất dọc trục có độ lớn, thời gian tác dụng và tần số quy định tác dụng trùng phục lên một mẫu vật liệu cần thí nghiệm (đất nền hoặc cấp phối hạt) hình trụ. Trong khi chịu tác dụng trùng phục của độ lệch ứng suất thẳng đứng mẫu còn chịu một ứng suất tĩnh bao quanh nó do buồng áp lực của thiết bị nén ba trục tạo ra. Biến dạng phục hồi thẳng đứng được ghi lại đồng thời với lực tác dụng nhờ hai đầu đo vi biến dạng và dùng để tính toán mô đun đàn hồi M_R của mẫu vật liệu thí nghiệm theo công thức :

$$M_R = \frac{S_d}{E_r} \quad (C.1)$$

trong đó :

S_d là độ lệch (deviator) ứng suất (tức là deviator ứng suất hướng trục trùng phục), kPa;

$$S_d = S_1 - S_3 \quad (C.2)$$

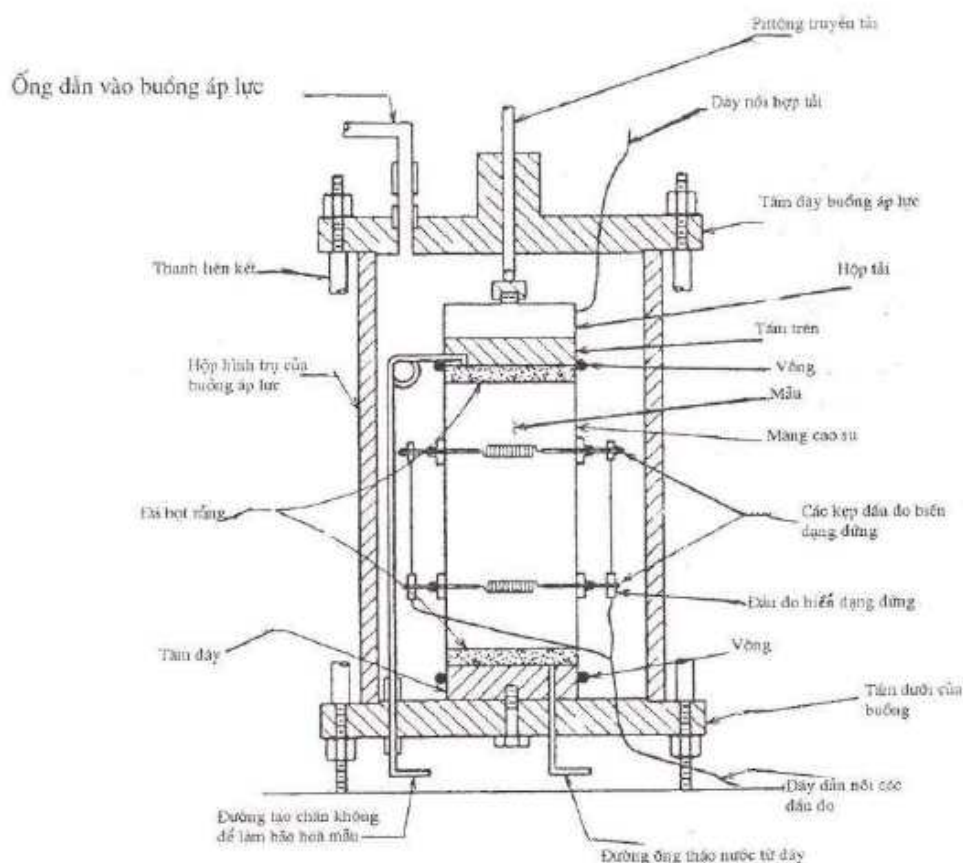
E_r là độ biến dạng đàn hồi (phục hồi) dọc trục của mẫu dưới tác dụng của ứng suất S_d , mm/mm;

S_1 là tổng ứng suất hướng trục (ứng suất chính lớn nhất), kPa;

S_3 là ứng suất chính nhỏ nhất, kPa; ứng suất chính nhỏ nhất S_3 là ứng suất chính trung gian S_2 và chúng bằng tổng ứng suất hướng tâm tạo nên bởi buồng áp lực của thiết bị nén ba trục;

M_R là mô đun đàn hồi của vật liệu mẫu thí nghiệm, kPa.

C.3 Thiết bị thí nghiệm (xem Hình C.1), bao gồm các bộ phận sau:



Hình C.1 – Mô hình buồng áp lực của thiết bị nén ba trục

C.3.1 Buồng áp lực, để chứa mẫu và giữ chất lỏng trong cả quá trình thí nghiệm.

C.3.2 Thiết bị truyền tải là một nguồn cung cấp tải trọng ngoài bất kỳ có khả năng tạo ra các tải trọng trùng phục khác nhau với thời gian tác dụng tải trọng bằng 0,1; 0,15; 1,0 giây (thường là 0,05 giây) (xem Bảng C.1), và thời gian mỗi chu kỳ trong khoảng từ 1 giây đến 3 giây. Dạng sóng của tác dụng tải trọng có dạng gần với biến đổi hình sin.

C.3.3 Thiết bị đo biến dạng thẳng đứng (hướng trục) của mẫu gồm hai đầu đo biến dạng thẳng đứng (LVDT), được bố trí đối xứng 180° qua trục tâm của mẫu và được nối với dây dẫn đưa ra phía ngoài của buồng áp lực.

Bảng C.1 – Thời gian tác dụng của tải trọng trên mẫu đất dính của đất nền đường, giây

Tốc độ thiết kế của xe chạy trên mặt đường (km/h)	Chiều sâu kể từ mặt của lớp mặt đường	
	≤ 508 mm	> 508 mm
≤ 72	0,1	0,15
> 72	0,05 (có thể bằng 0,1 giây)	0,1

Bảng C.2 – Chọn cách đầm nén khi chế bị mẫu trong phòng thí nghiệm

Điều kiện tại hiện trường của đất nền		Chọn phương pháp đầm nén khi chế bị mẫu
Độ bão hoà tại lúc đầm nén (%)	Độ ẩm của đất nền sau khi thi công, lúc khai thác đường	
< 80	nhỏ hơn độ ẩm của đất nền vào thời điểm xây dựng đường	– TCVN 12790 hoặc T99; T180 – Phương pháp tĩnh
> 80	bằng hoặc lớn hơn độ ẩm của đất nền vào thời điểm xây dựng đường	– TCVN 12790 hoặc T99; T180
< 80	lớn hơn độ ẩm của đất nền vào thời điểm xây dựng đường	– Phương pháp tĩnh

C.3.4 Thiết bị đo tải trọng hướng trục tác dụng lên mẫu: một hộp tế bào điện tử để truyền ghi tác dụng của tải trọng trùng phục, được đặt trên tấm đệm trên, nằm trên mặt trên của mẫu.

C.3.5 Thiết bị thu nhận và ghi lại các số liệu đo được về tải trọng trùng phục hướng trục đồng thời với các biến dạng thẳng đứng.

C.3.6 Các thiết bị kiểm tra và đo áp lực ở buồng áp lực: Áp lực trong buồng được điều chỉnh bởi một máy điều hoà áp lực, có công suất ít nhất là bằng 207 kPa và có độ chính xác 1 kPa.

C.3.7 Thiết bị để chế bị mẫu thí nghiệm. Tùy theo điều kiện độ ẩm của vật liệu tại hiện trường khi lấy mẫu và độ bão hoà của đất tại lúc đầm lên mà chọn phương pháp và dụng cụ đầm nén theo nén tĩnh, đầm nén chấn động, hay đầm nén tiêu chuẩn (TCVN 12790; AASHTO T99), hoặc đầm nén cải tiến (TCVN 12790; AASHTO T180) (xem Bảng C.2).

C.3.8 Màng cao su bọc mẫu phải tốt và mới, không bị thủng. Đường kính của màng cao su (khi chưa căng) bằng 90 % đến 95 % đường kính của mẫu, để có thể ôm sát mẫu. Chiều dày của màng cao su không lớn hơn 1 % đường kính của mẫu. Có thể dùng 2 màng cao su để bọc mẫu khi mẫu có đá có cạnh sắc ở phía ngoài, để đề phòng rách màng bọc.

C.4 Cách chuẩn bị mẫu:

C.4.1 Kích cỡ mẫu: chiều dài mẫu không nhỏ hơn 2 lần đường kính mẫu. Đường kính bé nhất của mẫu là 71 mm

C.4.2 Cỡ hạt to nhất của vật liệu đúc mẫu: vật liệu (đất, cấp phối đá...) dùng để chế bị mẫu phải có ít nhất 90% theo khối lượng các hạt có kích cỡ lớn nhất không quá 1/6 đường kính mẫu; số hạt còn lại phải có cỡ hạt không lớn hơn 1/4 đường kính của mẫu.

C.4.3 Đối với mẫu nguyên dạng lấy từ hiện trường về, trong khi chuẩn bị và cắt gọt không được làm xáo động mẫu, chuẩn bị theo tiêu chuẩn mẫu khoan nguyên dạng (AASHTO T234)

C.4.4 Chuẩn bị đất để tạo mẫu bằng đầm nén trong phòng thí nghiệm theo trình tự sau:

1. Đất ẩm lấy từ hiện trường về được phơi khô ngoài không khí, hoặc sấy khô ở nhiệt độ không quá 60 °C. Sau đó làm tơi đất ra nhưng không làm vỡ các hạt.
2. Rây qua các rây có cỡ thích hợp để có các vật liệu có cỡ hạt như quy định ở C.4.2. Ghi lại lượng hạt theo các cỡ và lượng hạt bị loại bỏ.
3. Xác định độ ẩm của mẫu đất đã được phơi khô hay sấy khô (W_1). Mẫu đã phơi khô hay sấy khô để đem xác định độ ẩm phải có khối lượng không nhỏ hơn 200 g (nếu mẫu đất có cỡ hạt lớn nhất đều lọt qua sàng 4,75 mm, N°4), và không nhỏ hơn 500 g (nếu mẫu đất có cỡ hạt lớn nhất còn nằm lại trên sàng 4,75 mm).
4. Xác định thể tích (V) của mẫu đất sẽ được tạo thành có kích cỡ như quy định trong C.4.1. Nên dự kiến mẫu cao hơn 13 mm để sau này gọt bỏ thì vừa.
5. Xác định khối lượng của cốt liệu đất sấy khô (M_s) và khối lượng nước (M_c) cần thiết để đạt được dung trọng khô mong muốn (Y_d) và độ ẩm mong muốn (W_c) theo các công thức sau :

$$M_s \text{ (kg)} = Y_d \text{ (kg/m}^3\text{)} \times V \text{ (m}^3\text{)} \quad (\text{C.3})$$

$$M_c \text{ (kg)} = M_s \text{ (kg)} \times W_c \text{ (/100)} \quad (\text{C.4})$$

6. Xác định khối lượng của đất cần đem phơi khô (hay sấy khô) (M_{ad}) cần thiết để có được khối lượng (M_s) đã sấy khô. Cũng cần tính thêm vào đây một khối lượng đất (M_{as}) ít nhất là 500g để sau này dùng xác định độ ẩm của đất khi đầm nén; vậy

$$M_{ad} \text{ (g)} = (M_{as} + M_s) \times [1 + (W_{1/100})] \quad (\text{C.5})$$

7. Xác định lượng nước (M_{aw}) cần thiết để làm tăng độ ẩm của đất đã phơi khô (W_1) lên đến độ ẩm mong muốn khi đầm nén (W_c) theo công thức :

$$M_{aw} \text{ (g)} = (M_s + M_{as}) \times [(W_c - W_1)/100] \quad (\text{C.6})$$

8. Xác định khối lượng đất ẩm (M_t) cần đem đầm nén để tạo mẫu có thể tích V đã xác định ở bước 4, theo công thức:

$$M_t \text{ (g)} = M_s (1 + W_c/100) \quad (\text{C.7})$$

9. Cho tất cả khối lượng đất M_{ad} (đã xác định ở bước 6) vào một chậu trộn.

10. Tưới khối lượng nước M_{aw} (đã xác định ở bước 7) vào lượng đất ở trong chậu, cho dần dần và đảo trộn cho đều sau mỗi lần thêm.

11. Gói hỗn hợp đất và chậu trong một túi plastic. Có thể dùng 2,3 túi plastic bọc ngoài cho kín. Dán kín túi lại và để túi đất ấy ngoài không khí (có độ ẩm tương đối ít nhất là 75%) trong 24 giờ.

12. Sau đó đem cân, xác định khối lượng đất ẩm (đất ẩm, chậu đựng) với độ chính xác đến 1 g, và ghi vào biểu mẫu (Hình C.2).

C.4.5 Đầm nén vật liệu đất nền (có tính dính)

Kết quả thí nghiệm Mr bị ảnh hưởng bởi cấu trúc của mẫu đất. Vì các cách đầm nén khác nhau sẽ mang lại các cấu trúc khác nhau nên phải lựa chọn cách đầm nén nào để chế bị mẫu đất (tĩnh, chấn động hay TCVN 12790; AASHTO T99; AASHTO T180) là phải phù hợp với các điều kiện thực ở ngoài hiện trường: tùy theo độ ẩm của đất ở hiện trường lúc thi công và cả lúc khai thác đường (Bảng C.2) và các đặc tính dự kiến của đất ở hiện trường.

C.4.6 Đầm nén vật liệu hạt (cấp phối đá)

Vì trong trường hợp này, ảnh hưởng của cấu trúc của mẫu vật liệu cấp phối đá không quan trọng lắm nên có thể sử dụng phương pháp đầm nén bất kỳ (tĩnh, chấn động, AASHTO T180). Có khi phải dùng cách đầm nén chấn động nếu vật liệu cấp phối đá thiếu dính kết với nhau, khó giữ được hình dạng mẫu khi tháo mẫu từ khuôn ra, khi vận chuyển mẫu hay khi đưa mẫu vào màng cao su đặt vào buồng áp lực. Hơn nữa, khi vật liệu là cấp phối hờ, hoặc cấp phối có hạt kích cỡ lớn dùng đầm nén chấn động sẽ không làm vỡ các cốt liệu của cấp phối.

C.5 Đặt mẫu đã chế bị vào máy nén ba trục để thí nghiệm theo trình tự sau:

C.5.1 Đo chiều cao và đường kính của mẫu đã chế bị chính xác đến 0,5mm. Đo nhiều lần và lấy trung bình.

C.5.2 Đặt mẫu vào buồng áp lực và chuẩn bị các phụ kiện sẵn sàng hoạt động như trong Hình vẽ C.1.

C.6 Trình tự thí nghiệm (nén 3 trục)

C.6.1 Đối với mẫu đất nền là đất dính, tiến hành thí nghiệm theo trình tự sau:

1. Tạo ở buồng áp lực một lực nén là 21 kPa.

2. Mở các đường ống thoát nước trong thời gian đủ để các mẫu cố kết xong.

3. Sau khi mẫu đã cố kết xong, các đường ống thoát nước được đóng lại nếu mẫu đem thí nghiệm là mẫu đã bão hoà nước. Nếu mẫu đem thí nghiệm là mẫu chưa bão hoà nước thì cứ để mở các đường ống thoát nước.

4. Điều chỉnh thiết bị tạo tải trọng để có được thời gian tác dụng tải trọng đã chọn (theo Bảng C.1) và thời gian mỗi chu kỳ vào khoảng từ 1 đến 3 giây. Phải chọn như thế nào để có được thời gian giữa thời điểm kết thúc và thời điểm bắt đầu của 2 lần tác dụng tải trọng liên tiếp ít nhất là 0,85 giây (thời gian nghỉ của mẫu).

5. Tiến hành tác dụng tải trọng trong giai đoạn sơ bộ để sự tiếp xúc của mẫu với các tấm đệm được bảo đảm, đồng thời loại bỏ một số ảnh hưởng do xáo động có thể có do lấy mẫu, đầm nén và chuẩn bị mẫu. Trong giai đoạn sơ bộ này (gọi là giai đoạn cho mẫu làm quen với tình trạng chịu tác dụng lực sắp diễn ra) sẽ cho tác dụng trùng phục 1000 lần của một độ lệch (deviator) ứng suất hướng trục 21 kPa (hoặc

41 kPa). Dùng 21 kPa khi cường độ kháng cắt của mẫu nhỏ hơn hay bằng 48 kPa; dùng 41 kPa khi cường độ kháng cắt của mẫu lớn hơn 48 kPa (cường độ kháng cắt thí nghiệm ở trạng thái không cố kết, không thoát nước theo AASHTO T234).

6. Sau khi tác dụng 1000 lần tải trọng trùng phục ở giai đoạn sơ bộ thì tiến hành ngay giai đoạn thí nghiệm chính thức, không để có thời gian cho áp lực lỗ rỗng trong mẫu tiêu đi.

Trong giai đoạn thí nghiệm chính thức này, đầu tiên cho tác dụng 50 lần của một độ lệch (deviator) ứng suất hướng trục có độ lớn là 21 kPa và ghi lại độ lớn trung bình của biến dạng phục hồi thẳng đứng của mẫu ở 5 lần trùng phục tải trọng sau cùng. Trong lúc tác dụng trùng phục của độ lệch (deviator) ứng suất hướng trục thì giữ áp lực ở buồng áp lực luôn bằng 21 kPa.

Số lần tác dụng trùng phục này có thể lớn hơn 50 lần nếu 2 trị số biến dạng phục hồi thẳng đứng của mẫu ghi ở lần tác dụng trùng phục thứ 20 và thứ 50 khác nhau quá 5 %. Khi ấy phải thực hiện thêm 50 lần trùng phục nữa và so sánh 2 biến dạng phục hồi ở lần tác dụng thứ 50 và lần tác dụng thứ 100; nếu vẫn còn lớn hơn 5 % thì lại tiến hành thêm 100 lần trùng phục độ lệch (deviator) ứng suất hướng trục (cường độ lớn như lúc đầu là 21 kPa) và so sánh. Nói chung nhiều nhất là 200 lần trùng phục là đủ.

Tiếp theo tăng độ lớn của độ lệch (deviator) ứng suất hướng trục lên đến 34 kPa và cho tác dụng trùng phục 50 lần, và ghi lại độ lớn trung bình của biến dạng phục hồi thẳng đứng của mẫu ở 5 lần tải trọng tác dụng trùng phục sau cùng, nếu 2 trị số biến dạng phục hồi của mẫu ghi ở lần tác dụng trùng phục thứ 20 và thứ 50 khác nhau dưới 5 %. Nếu không đạt thì lại tiến hành như đã nói ở trên.

Tiếp tục tăng độ lớn của độ lệch (deviator) ứng suất hướng trục lên 48 kPa, rồi 69 kPa, rồi 103 kPa và thực hiện tác dụng trùng phục như ở trên (xem Bảng C.3).

Bảng C.3 – Trình tự thí nghiệm đối với mẫu đất nền là đất dính

Giai đoạn	Trình tự số	Độ lệch (Deviator) ứng suất hướng trục (kPa)	Số lần tác dụng trùng phục của độ lệch (deviator) ứng suất	áp lực nén trong buồng áp lực (kPa)
Sơ bộ	1	21 (hoặc 41)	1000	
Thí nghiệm chính thức	2	21	Tối thiểu là 50	21 kPa
	3	34	Tối thiểu là 50	
	4	48	Tối thiểu là 50	
	5	69	Tối thiểu là 50	
	6	103	Tối thiểu là 50	

7. Hạ áp lực rồi lấy mẫu từ thiết bị ra. Dùng mẫu ấy để xác định độ ẩm cuối cùng của mẫu đất và ghi vào biểu mẫu Hình C.2

8. Tính toán, báo cáo :

– Báo cáo như ở biểu mẫu Hình C.2

– Cách tính toán dựa theo các số liệu ghi ở biểu mẫu (Hình C.2) hoặc bằng phần mềm có sẵn của máy tính.

– Lập công thức; phương trình hồi quy $M_r = f(S_d)$ theo dạng :

$$M_r = a (S_d)^b \quad (C.8)$$

hoặc dạng : $\log M_r = \log a + b (\log S_d) \quad (C.9)$

và tìm hệ số xác định (R^2)

C.6.2 Đối với vật liệu hạt:

Trong trường hợp đất có lẫn sỏi, cát sạn của đất nền đường hoặc cấp phối đá của lớp móng trên hoặc /và lớp móng dưới, thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi được tiến hành theo các trình tự sau:

1. Mở các đường ống thoát nước trong thời gian đủ để các mẫu cố kết xong, như điểm 2 của Điều C.6.1.
2. Thực hiện đóng hoặc mở các đường ống thoát nước như ở Điểm 3 của Điều C.6.1.
3. Điều chỉnh thiết bị tạo tải trọng để có được thời gian tác dụng tải trọng đã chọn (khoảng từ 0,1 đến 1,0 giây) và thời gian mỗi chu kỳ đã chọn (khoảng từ 1,0 đến 3,0 giây). Phải chọn như thế nào để có được thời gian nghỉ giữa 2 lần tác dụng tải trọng liên tiếp ít nhất là 0,9 giây.
4. Tạo ở buồng áp lực bằng cách chỉnh các van để áp lực nén có trị số như ở Bảng C.4 (đối với đất nền có lẫn sỏi, cát sạn) và như ở Bảng C.5 (đối với mẫu cấp phối đá của lớp móng trên và móng dưới), tương ứng với các cấp của deviator ứng suất hướng trục.
5. Chốt tải trong giai đoạn sơ bộ bằng 1000 lần tác dụng tải trọng trùng phục của một deviator ứng suất hướng trục là 83 kPa (đối với mẫu đất nền có lẫn sỏi, cát sạn) hoặc 103 kPa (đối với mẫu vật liệu cấp phối đá dùng cho lớp móng trên và móng dưới), trong lúc đó tạo một áp lực nén trong buồng áp lực bằng 103 kPa (đối với mẫu đất nền có lẫn sỏi, cát sạn) hoặc bằng 138 kPa (đối với mẫu vật liệu cấp phối đá dùng cho lớp móng trên và lớp móng dưới) (Xem Bảng C.4 và Bảng C.5).
6. Sau giai đoạn tác dụng tải trọng sơ bộ nói trên thì tiến hành ngay giai đoạn thí nghiệm chính thức.

Trong giai đoạn này, đầu tiên cho tác dụng 50 lần của một deviator ứng suất hướng trục có độ lớn như chỉ dẫn trong Bảng C.4 hoặc trong Bảng C.5, tương ứng với áp lực nén của buồng áp lực như đã chỉ dẫn trong 2 Bảng trên. Ghi lại trị số trung bình của biến dạng phục hồi thẳng đứng của mẫu ở 5 lần trùng phục tải trọng sau cùng nếu 2 trị số biến dạng phục hồi của mẫu ghi ở lần tác dụng trùng phục thứ 20 và thứ 50 khác nhau không quá 5%. Nếu khác nhau quá 5% thì tiến hành thêm 50 lần trùng phục tải trọng nữa v.v... như đã miêu tả trong Điểm 6 của Điều C.6.1.

Tiếp theo tăng độ lớn của deviator ứng suất hướng trục lên và cho tác dụng trùng phục thêm 50 lần; cứ tiếp tục thực hiện các trình tự như đã ghi ở Bảng C.4 hoặc ở Bảng C.5, và ghi lại biến dạng phục hồi trung bình của 5 lần tác dụng trùng phục cuối cùng.

Hình C.2 – Biểu mẫu để ghi các số liệu thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi M_r của đất nền khi đất nền là đất dính

Mẫu đất :	Các khối lượng :	Ngày tháng năm
Vị trí :	– Khối lượng ban đầu	Phương pháp đầm nén mẫu ...
Mẫu số :	của chậu chứa và đất ẩm g	Khoảng cách đứng giữa các kẹp đầu đo biến dạng mm
Tỉ trọng G	– Khối lượng sau cùng của chậu chứa và đất ẩm g	
Kích thước mẫu đất (mm)	– Khối lượng của đất ẩm g	
* Đường kính ở phần đầu mẫu :	Các thông số ban đầu của mẫu	Khối lượng cuối cùng của mẫu
ở giữa mẫu ...	– Diện tích tiết diện mẫu	đất ẩm sau khi thí nghiệm : ... g
ở đuôi mẫu ...	ban đầu ... mm ²	Khối lượng của mẫu đất sấy
Trung bình ...	Thể tích mẫu : mm ³	khô ... g
Chiều dày màng cao su bọc mẫu : ...	– Độ ẩm đầm nén của mẫu	Độ ẩm của mẫu sau khi thí
Đường kính thực của mẫu :	(Wc)...%	nghiệm : ...%
Chiều cao ban đầu của mẫu + 2 tấm đệm	– Độ bão hoà ... %	Các ghi chú :
Chiều dày 2 tấm đệm : ...	– Dung trọng (Y) kg/m ³	
Chiều cao ban đầu của mẫu : ...	ẩm : ...	
Chiều cao cuối cùng của mẫu + 2 tấm đệm	khô :	

Bảng C.4 – Trình tự thí nghiệm đối với mẫu đất nền có lẫn sỏi, cát sạn

Giai đoạn	Trình tự số	Ứng suất hướng trục (kPa)	Áp lực nén của Buồng áp lực (kPa)	Số lần tác dụng trùng phục của deviator ứng suất hướng trục	Ghi chú
Sơ bộ	1	83	103	1000	
Thí nghiệm chính thức	2	48	103	tối thiểu là 50	
	3	69	103	" 50	
	4	103	103	" 50	
	5	34	69	" 50	
	6	48	69	" 50	
	7	69	69	" 50	
	8	103	69	" 50	
	9	21	34	" 50	
	10	34	34	" 50	
	11	48	34	" 50	
	12	69	34	" 50	
	13	21	14	" 50	
	14	34	14	" 50	
	15	48	14	" 50	

**Bảng C.5 – Trình tự thí nghiệm đối với mẫu
vật liệu cấp phối đá của lớp móng trên hoặc lớp móng dưới**

Giai đoạn	Trình tự số	Deviator ứng suất hướng trục (kPa)	Áp lực nén của buồng áp lực (kPa)	Số lần tác dụng trùng phục của deviator ứng suất hướng trục	Ghi chú
Sơ bộ	1	103	138	1000	
Thí nghiệm chính thức	2	69	138	tối thiểu là 50	
	3	138	138	" 50	
	4	207	138	" 50	
	5	276	138	" 50	
	6	69	103	" 50	
	7	138	103	" 50	
	8	207	103	" 50	
	9	276	103	" 50	
	10	34	69	" 50	
	11	69	69	" 50	
	12	138	69	" 50	
	13	207	69	" 50	
	14	34	34	" 50	
	15	69	34	" 50	
	16	103	34	" 50	
	17	34	21	" 50	
	18	48	21	" 50	
	19	62	21	" 50	

7. Tháo mẫu từ buồng áp lực của thiết bị nén ba trục ra. Dùng mẫu ấy để xác độ ẩm cuối cùng của mẫu và ghi các số liệu vào biểu mẫu Hình C.3.

8. Tính toán, báo cáo :

– Báo cáo như ở biểu mẫu Hình C.3

– Cách tính toán dựa theo các số liệu ghi ở biểu mẫu Hình C.3 hoặc bằng phần mềm có sẵn của máy tính.

– Lập công thức : phương trình hồi quy $M_r = f(\theta)$ theo dạng :

$$M_r = k_1(\theta)^{k_2} \quad (C.10)$$

hoặc dạng:

$$\log M_r = \log k_1 + k_2 \log \theta \quad (C.11)$$

Và tìm hệ số xác định (R^2)

trong đó:

$$\theta = S_1 + S_2 + S_3 = S_d + 3S_3 \quad (C.12)$$

Các ký hiệu S_d , S_1 , S_2 , S_3 xem ở Điều C.2

Hình C.3 – Biểu mẫu để ghi các số liệu thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi M_r của đất nền lẫn sỏi, cát sạn, hoặc của vật liệu cấp phối đá làm lớp móng trên và lớp móng dưới

Mẫu đất lẫn sỏi (hoặc cấp phối):	Các khối lượng :	Ngày tháng năm
Vị trí :	+ Khối lượng ban đầu của chậu chứa và đất ẩm g	Phương pháp đầm nén mẫu ...
Mẫu số :		
Tỉ trọng G	+ Khối lượng sau cùng của chậu chứa và đất ẩm g	Khoảng cách đứng giữa các kẹp đầu đo biến dạng mm
Kích thước mẫu đất (mm)	+ Khối lượng của đất ẩm g	
* Đường kính ở phần đầu mẫu :	Các thông số ban đầu của mẫu	Khối lượng cuối cùng của mẫu
ở giữa mẫu ...	– Diện tích tiết diện mẫu ban đầu ... mm ²	đất ẩm sau khi thí nghiệm: ... g
ở đuôi mẫu ...	+ Thể tích mẫu : mm ³	Khối lượng của mẫu đất sấy khô ... g
Trung bình ...		
Chiều dày màng cao su bọc mẫu : ...	– Độ ẩm đầm nén của mẫu (Wc)...%	Độ ẩm của mẫu sau khi thí nghiệm : ...%
Đường kính thực của mẫu : ...		
Chiều cao ban đầu của mẫu + 2 tấm đệm	– Độ bão hoà ... %	Các ghi chú :
Chiều dày 2 tấm đệm : ...	– Dung trọng (Y) kg/m ³	
Chiều cao ban đầu của mẫu : ...	ẩm : ...	
Chiều cao cuối cùng của mẫu + 2 tấm đệm	khô :	
Chiều cao cuối cùng của mẫu		
Đường kính trong của khuôn đúc mẫu :		
(*) Là đường kính của mẫu đất cộng với hai lần chiều dày của màng cao su bọc mẫu)		

Hình C.3 – Biểu mẫu để ghi các số liệu thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi M_r của đất nền lẫn sỏi, cát sạn, hoặc của vật liệu cấp phối đá làm lớp móng trên và lớp móng dưới

S_3 (kPa)	Danh định S_d (kPa)	Số đọc của hộp tải trọng	K_1	Tải trọng hướng trục (kN)	S_d (kPa)	Số đọc của đầu đo biến dạng thẳng đứng	K_2	Biến dạng phục hồi (mm)	E_r (Độ biến dạng tương đối phục hồi (mm/mm)	$M_r = S_d /$ E_r (kPa)	$\theta =$ $S_d +$ $3S_3$ (kPa)

C.7 Xác định giá trị M_r tính toán:

Sau khi thí nghiệm được các giá trị M_r ứng với ứng suất hướng trục và áp lực nén của buồng áp lực thì xác định giá trị M_r tính toán như sau:

C.7.1 Đối với nền đất:

- Trường hợp đất dính, sau khi thí nghiệm xác định được phương trình hồi quy $M_r = f(S_d)$ thay ứng suất lệch $S_d = 6$ psi để tính ra M_r .
- Trường hợp đất nền có lẫn sỏi sạn, sau khi thí nghiệm xác định được phương trình hồi quy $M_r = k_1(\theta)^{k_2}$ thay $\theta = 11$ psi để tính ra M_r . Giá trị ứng suất khối chuẩn $\theta = 11$ psi tương ứng với ứng suất lệch $S_d = 5$ psi và ứng suất buồng $S_3 = 2$ psi.

C.7.2 Đối với lớp móng trên:

- Mô đun đàn hồi E_{BS} không chỉ phụ thuộc vào độ ẩm và độ chặt của vật liệu mà còn phụ thuộc vào kết cấu và ứng suất khối θ . Sau khi thí nghiệm xác định được phương trình hồi quy $M_r = k_1(\theta)^{k_2}$ thì thay θ vào để tính E_{BS} .
- Ứng suất khối θ được xác định như Bảng C.6 tùy thuộc chiều dày các lớp bê tông nhựa và mô đun đàn hồi của nền đường. Nội suy để xác định các giá trị trung gian.

Bảng C.6 – Ứng suất khối θ (psi) tính toán E_{SB}

Chiều dày các lớp bê tông nhựa (inches)	Mô đun đàn hồi M_r của đất nền (psi)		
	3.000	7.500	15.000
< 2	20	25	30
2 – 4	10	15	20
4 – 6	5	10	15
> 6	5	5	5

– Giá trị thông thường $k_1 = 3.000 - 8.000$ và $k_2 = 0,5 - 0,7$

C.7.3 Đối với lớp móng dưới:

– Mô đun đàn hồi E_{SB} không chỉ phụ thuộc vào độ ẩm và độ chặt của vật liệu mà còn phụ thuộc vào kết cấu và ứng suất khối θ . Sau khi thí nghiệm xác định được phương trình hồi quy $M_r = k_1(\theta)^{k_2}$ thì thay θ vào để tính E_{SB} .

– Ứng suất khối θ cho lớp móng dưới dày từ 6 ÷ 12 inches (15 ÷ 30 cm) được xác định như Bảng C.7 tùy thuộc chiều dày các lớp bê tông nhựa. Nội suy để xác định các giá trị trung gian.

Bảng C.7 – Ứng suất khối θ (psi) tính toán E_{SB}

Chiều dày các lớp bê tông nhựa (inches)	Ứng suất khối θ (psi)
< 2	10.0
2 – 4	7.5
> 4	5.0

– Giá trị thông thường $k_1 = 1.500 - 6.000$ và $k_2 = 0,4 - 0,6$

Phụ lục D

(Quy định)

Xác định mô đun đàn hồi của đất nền đường M_R và mô đun đàn hồi E_p của kết cấu áo đường nằm phía trên lớp đất nền đường bằng phương pháp đo độ võng khi dùng thiết bị FWD (phương pháp thí nghiệm không phá hoại NDT)

D.1 Thiết bị đo độ võng bằng tải trọng động (FWD) dùng để đo độ võng đàn hồi thẳng đứng và chiều võng của áo đường dưới tác dụng của một xung lực. Thiết bị hoặc được đặt trong xe ô tô hoặc được xe ô tô kéo theo (ASTM D4694).

Dùng phương tiện này và cách đo miêu tả sau đây sẽ giúp đánh giá cường độ của kết cấu áo đường xác định mô đun đàn hồi của nền đất M_R và xác định mô đun đàn hồi E_p của kết cấu áo đường nằm phía trên mặt lớp đất nền đường. Thiết bị FWD không những dùng cho việc đo võng trên mặt đường mềm mà còn dùng trong đánh giá chất lượng, cường độ, hiệu quả truyền lực ở các khe nối của mặt đường bê tông xi măng. Hiện nay có nhiều loại FWD khác nhau.

D.2 Các thiết bị chính của FWD bao gồm:

– Thiết bị tạo xung lực: Một thiết bị đưa quả tạ lên độ cao cần thiết, quả tạ rơi tự do thẳng đứng theo một thanh dẫn, đập vào một tấm ép thông qua một bộ phận đệm lò xo (hoặc cao su), tạo nên một xung lực qui định tác dụng lên mặt đường tại điểm đặt tấm ép. Đồ thị xung lực có dạng sóng hình sin và độ lớn của xung lực tại đỉnh phải đạt ít nhất là 50 kN. Thời gian toàn bộ tác dụng của xung lực vào khoảng 0,02 s đến 0,06 s, trong đó thời gian của xung lực tác dụng từ 0 đến trị số đỉnh là 0,01 s đến 0,03 s.

– Tấm ép, có đường kính thường dùng là 300 mm (có khi dùng tấm ép có đường kính 450 mm). Giữa tấm ép có lỗ rỗng để đặt cái cảm biến.

– Cái cảm biến có thể đo các biến dạng thẳng đứng của mặt đường, có độ nhạy cao). Thông thường ở một vị trí đo cần đặt từ cái cảm biến tùy mục đích của thí nghiệm đo.

– Hộp tế bào lực để đo xung lực tác dụng mỗi lần quả tạ rơi xuống tấm ép.

– Hệ thống lưu trữ số liệu và quá trình ghi, xử lý số liệu: là một thiết bị lưu trữ từ và/ hoặc một băng giấy dùng để lưu trữ các dữ liệu về tải trọng, số đo độ võng của mặt đường, các số liệu khác như nhiệt độ không khí, nhiệt độ mặt đường, khoảng cách các vị trí đo, các số liệu nhận dạng của mỗi vị trí đo. Có phần mềm máy tính dùng cho công việc trên.

Các thông tin dữ liệu trên cũng có thể ghi lại bằng tay.

D.3 Quy định chung khi đo độ võng và chiều võng mặt đường bằng FWD

1. Các công việc phân đoạn tuyến để tiến hành đo bằng thiết bị FWD thực hiện theo Điều I.2 Phụ lục I
2. Tùy theo mục đích, khoảng cách giữa các vị trí đo có thể lấy như sau:

- Để đánh giá chung về tình trạng áo đường trên một tuyến hoặc một mạng lưới đường: khoảng cách các vị trí đo từ 100 m đến 200 m.
- Để kiểm tra một tuyến hoặc một đoạn đường xem có cần phải rải gia cường bằng lớp phủ: khoảng cách các vị trí đo từ 25 m đến 50 m trên mỗi đoạn đồng nhất.
- Để phân tích chi tiết các đoạn hư hỏng: khoảng cách các vị trí đo từ 7,5 m đến 15 m.

3. Cần phải hiệu chỉnh các bộ phận của thiết bị như hướng dẫn sử dụng kèm theo của mỗi loại FWD đặc biệt chú ý bảo đảm chế độ bảo dưỡng và hiệu chỉnh bộ phận tạo xung lực, đo xung lực và các cảm biến đo võng.

D.4 Trình tự đo độ võng và chấu võng áo đường mềm bằng FWD

1. Ô tô kéo thiết bị FWD đến vị trí muốn đo độ võng. Đặt tấm ép của thiết bị lên điểm muốn đo. Mặt đường dưới tấm ép phải được quét sạch, bảo đảm tấm ép tiếp xúc tốt và đều với mặt đường.
2. Bố trí các cảm biến ở tâm tấm ép và ở các vị trí cách tâm tấm ép theo các yêu cầu quy định ở Điểm D.5. Các cảm biến phải nằm trên một đường thẳng, qua tâm tấm ép, song song với trục tim đường. Các cảm biến phải tiếp xúc thật sát sao với bề mặt mặt đường.
3. Dùng cơ cấu để đưa quả tạ lên độ cao qui định và thả quả tạ rơi đập vào tấm ép thông qua bộ phận lò xo hoặc tấm cao su để truyền một xung lực có trị số qui định xuống mặt đường (thường là 40 kN, bằng 1/2 tải trọng trục đơn tương đương). Hệ thống ghi và lưu trữ từ sẽ ghi lại các trị số độ võng ở các cảm biến tương ứng với trị số xung lực đỉnh.
4. Lặp lại các thao tác trên ít nhất hai lần (thả quả tạ ở một độ cao như nhau) và so sánh các kết quả. Nếu hai kết quả về độ võng khác nhau quá 5 % thì phải thả quả tạ thêm nữa cho đến khi giá trị độ võng không khác nhau quá 5 % ở hai lần thả quả tạ liên nhau. Đến lần thứ năm mà vẫn không đạt được thì cần kiểm tra lại hệ thống thiết bị, xem xét lại tình trạng tiếp xúc giữa tấm ép và các đầu đo võng với mặt áo đường, và nếu cần có thể di chuyển thiết bị đến vị trí mới cách vị trí cũ khoảng 1 m đến 2 m và tiến hành đo lại.

Một cách khác cho phép áp dụng là : Thực hiện ba lần thả quả tạ ở cùng một độ cao, bỏ kết quả lần thả quả tạ đầu tiên. Tính tỷ số xung lực/độ võng của mỗi lần trong hai lần thả quả tạ sau và so sánh. Nếu hai tỷ số này khác nhau quá 5 % thì phải thực hiện thêm vài lần thả quả tạ nữa ở cùng độ cao cho đến lúc sự khác nhau của hai tỷ số nói trên không vượt quá 5 % (chỉ lấy độ võng ở tâm tấm ép để so sánh).

D.5 Xác định mô đun đàn hồi của nền đường bằng thiết bị FWD

- Tuân thủ các quy định ở điểm D.3 và theo các trình tự đo đã miêu tả ở điểm D.4 của Phụ lục D.
- Bố trí các cảm biến đo độ võng thứ nhất ở tại tâm tấm ép; cái thứ hai ở vị trí cách tâm tấm ép từ 0,20 m đến 0,30 m ; cái thứ ba ở vị trí cách tâm tấm ép khoảng 0,50 m đến 0,75 m ... cái cảm biến kế cái cuối cùng cách tâm tấm ép từ 0,90 m đến 1,20 m và cái cảm biến cuối cùng cách tâm tấm ép khoảng 1,50 m đến 2,00 m. Các vị trí của các cảm biến nói trên có thể thay đổi tùy theo độ cứng và tổng bề dày của kết cấu

mặt đường, nhưng khoảng cách r từ cái cảm biến kề cái cuối cùng đến tâm tấm tải trọng phải thoả mãn điều kiện sau:

$$r \geq 0,7a_e \quad (D.1)$$

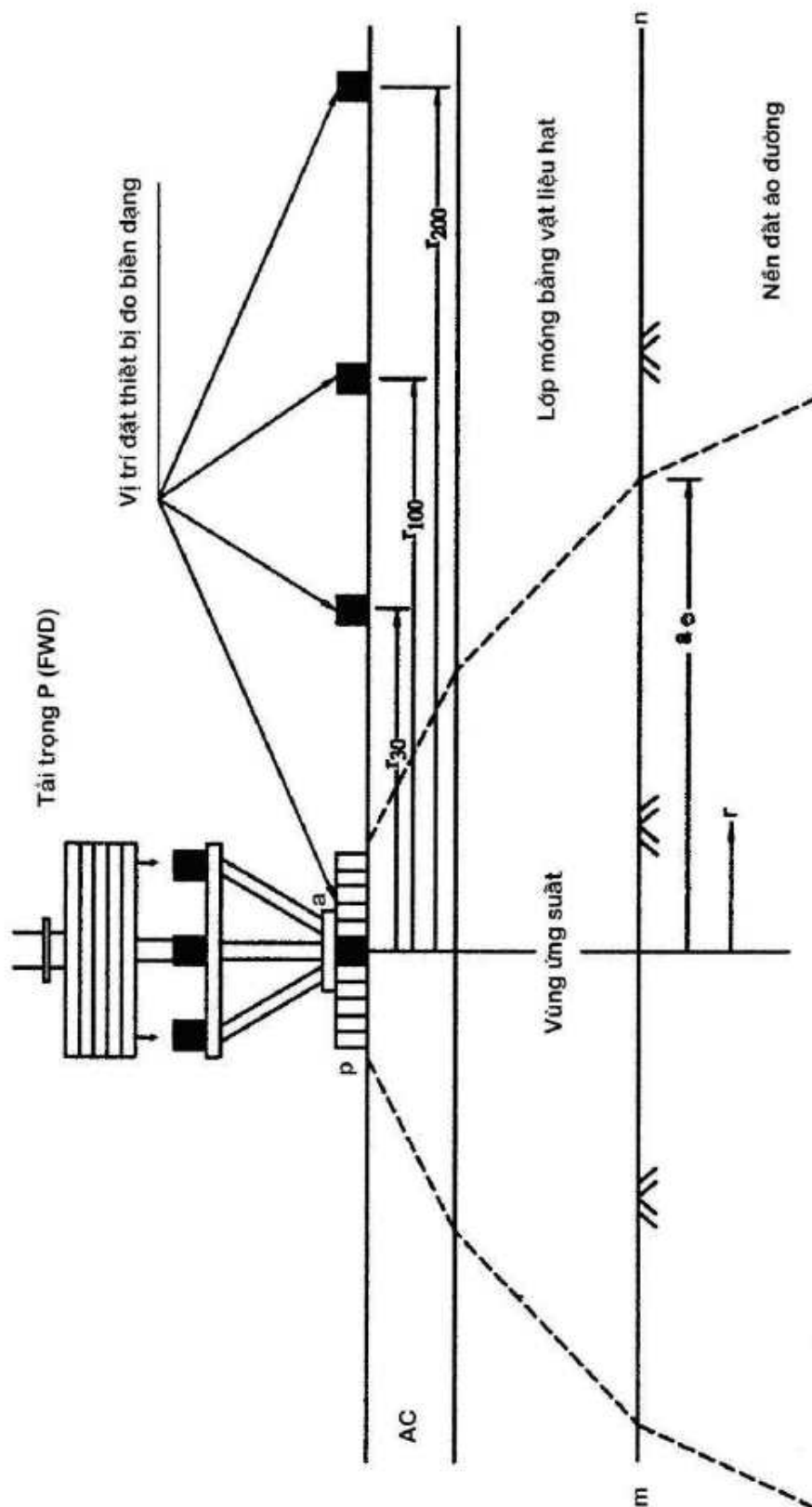
trong đó:

a_e - bán kính của bầu ứng suất nằm ở mặt phân cách (m-n) giữa mặt nền đất với kết cấu áo đường (xem Hình D.1 Phụ lục D); a_e được tính theo công thức sau:

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_r}} \right)^2} \quad (D.2)$$

trong đó:

- a là bán kính tấm ép của thiết bị FWD, cm;
- D là tổng chiều dày các lớp của kết cấu áo đường phía trên nền đất, cm;
- E_p là mô đun đàn hồi hữu hiệu của kết cấu áo đường phía trên nền đất, MPa;
- M_r là mô đun đàn hồi của lớp đất nền được tính ngược từ các số liệu đo bằng thiết bị FWD, MPa.



Như vậy để bố trí các cảm biến phải chọn r theo kinh nghiệm (vì chưa có M_r và E_p để xác định a_e). Sau khi đã tính ra M_r và E_p bằng thiết bị FWD phải kiểm tra lại r đã chọn có thoả mãn điều kiện (D.1) nói trên chưa. Nếu chưa thì có thể lấy số đo ở cái cảm biến cuối cùng xa nhất mà tính toán. Khoảng cách r này, theo kinh nghiệm, nên lấy từ 0,9 m đến 1,2 m. Không nên lấy quá lớn vì độ chính xác đo võng sẽ giảm

(trị số độ võng quá bé, có khi nhỏ hơn độ chính xác của thiết bị đo). Nên chọn r sao cho tỉ số r/a_e lớn hơn 0,7 và gần với 0,7 nhất.

– Trị số mô đun đàn hồi M_r của đất nền tính ngược từ các số liệu đo bằng thiết bị FWD được xác định theo công thức sau:

$$M_r = \frac{0.24P}{d_r r} \quad (D.3a)$$

Hoặc

$$M_r = \frac{2,4P}{d_r r} \quad (D.3b)$$

trong đó :

M_r là Mô đun đàn hồi của lớp đất nền đường, tính bằng psi trong công thức (D.3a), và bằng MPa trong công thức (D.3b).

P là Tải trọng xung của thiết bị FWD tính bằng Pound trong công thức (D.3a), và bằng kN trong công thức (D.3b);

r là Khoảng cách từ điểm đo độ võng (thoả mãn điều kiện (D.1)) đến tâm tấm ép;

d_r là Độ võng phục hồi của mặt đường tại điểm cách tâm tấm ép là r (lấy nguyên trị số đo, không cần điều chỉnh về nhiệt độ tính toán của mặt đường);

d_r và r tính bằng in. trong công thức (D.3a) và bằng cm trong công thức (D. 3b).

– Trị số M_r tính ngược từ các số liệu đo bằng thiết bị FWD bao giờ cũng lớn hơn so với trị số mô đun đàn hồi hữu hiệu thu được trong phòng thí nghiệm (theo AASHTO T292) dùng để thiết kế áo đường mềm theo phương trình cơ bản (8) hoặc (9) hoặc bằng toán đồ Hình 4. Vì thế phải đưa vào một hệ số điều chỉnh theo thực nghiệm là 0,33. Vậy mô đun đàn hồi hữu hiệu của lớp đất nền đường dùng để thiết kế $M_{r\text{thiết kế}}$ tính theo công thức sau:

$$M_{r\text{thiết kế}} = 0,33 M_r = 0,33 \frac{0.24P}{d_r r} \quad (D.4a)$$

hoặc

$$M_{r\text{thiết kế}} = 0,33 M_r = 0,33 \frac{2,4P}{d_r r} \quad (D.4b)$$

Các ký hiệu và đơn vị đo dùng tương ứng như ở công thức D.3a và D.3b.

D.6 Xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu E_p của kết cấu áo đường nằm phía trên lớp đất nền đường bằng thiết bị FWD

Trị số M_r được tính theo công thức D.3a hoặc D.3b và từ các số liệu đo vồng bằng FWD. Tổng chiều dày D của kết cấu áo đường được xác định thông qua đào hố hoặc bằng phương pháp không phá hoại kết cấu. Sử dụng trị số độ vồng d_0 của mặt đường, đo bằng cái cảm biến ở tâm tấm ép của thiết bị đo vồng FWD để tính ra E_p theo công thức (D.5) sau đây. Chú ý là trước đó phải hiệu chỉnh trị số d_0 đo được về nhiệt độ tính toán của mặt đường bê tông nhựa (ở Việt Nam hiện nay đang lấy là 30 °C) theo toán đồ Hình D.3 và Hình D.4 của Phụ lục D, tùy theo vật liệu của lớp móng trên.

$$d_0 = 1.5 \times p \times a \left\{ \frac{1}{M_r \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_r}} \right)^2}} + \left[\frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right] \right\} \quad (D.5)^{\dagger}$$

trong đó:

d_0 là độ vồng đo được ở tâm của tấm ép truyền tải trọng, đã được điều chỉnh về nhiệt độ chuẩn tính toán của mặt đường bê tông nhựa, cm;

p là áp suất truyền qua tấm ép, MPa;

a là bán kính tấm ép của thiết bị FWD, cm;

D là tổng chiều dày toàn bộ kết cấu áo đường nằm phía trên nền đường, cm;

E_p là mô đun đàn hồi hữu hiệu của kết cấu áo đường nằm phía trên nền đường, Mpa;

M_r là mô đun đàn hồi lớp đất trên cùng của nền đường, MPa, tính theo công thức (D.3b).

D.7 Khi dùng tấm ép truyền tải trọng ở thiết bị FWD có đường kính là 30 cm ($a = 15$ cm) có thể dùng toán đồ (Hình D.2) để xác định tỉ số E_p/M_r và từ đó tính ra E_p dễ dàng.

Trường hợp tổng quát có thể dùng Goal Seek trong Excel để xác định E_p từ (D.5).

Có E_p , D , xác định trị số S_{Neff} theo toán đồ Hình 14 hoặc công thức (20) hoặc (21) của tiêu chuẩn này.

[†] Công thức (D.5) vẫn giữ nguyên khi các đơn vị đo bằng cm và MPa được thay tương ứng bằng in. và psi cho tất cả các ký hiệu trong công thức.

Phương trình (D.5) là kết quả tính toán dựa trên phương trình cơ bản của Boussinesq về biến dạng của một bán không gian đàn hồi với hệ số Poisson $\mu = 0,5$, dựa trên phương pháp gần đúng của Odemark để xác định biến dạng trong một hệ 2 lớp, và dựa trên khái niệm về "lớp tương đương" của Barber.

D.8 Cách sử dụng toán đồ Hình D.3 và Hình D.4 để hiệu chỉnh trị số độ võng $d_o(t)$ của mặt đường nhựa đo ở nhiệt độ t °C về nhiệt độ tính toán:

– Từ toán đồ Hình D.3 và D.4 tìm hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ $K(t)$ của độ võng $d_o(t)$ của mặt đường bê tông nhựa đo bằng thiết bị FWD khi nhiệt độ mặt đường nhựa có nhiệt độ bất kỳ là t °C về độ võng $d_o(20)$ ở nhiệt độ chuẩn 20 °C trên cơ sở công thức :

$$K(t) = \frac{d_o(20)}{d_o(t)} \quad (D.6)$$

trong đó :

$K(t)$ là hệ số hiệu chỉnh theo nhiệt độ;

$d_o(t)$ là độ võng tại tâm tấm ép đo được trên mặt đường bê tông nhựa, khi nhiệt độ của mặt đường nhựa là t °C mm;

$d_o(20)$ là độ võng đã được hiệu chỉnh về nhiệt độ chuẩn của mặt đường bê tông nhựa ở 20 °C, mm.

– Có thể dùng đồ thị Hình D.3 và D.4 nói trên để chuyển đổi độ võng $d_o(t)$ đo được trên mặt đường bê tông nhựa ở nhiệt độ t °C về độ võng ở nhiệt độ tính toán, ví dụ trường hợp hiện nay ở Việt Nam là 30 °C , $d_o(30)$, bằng cách chuyển đổi hai lần như sau:

$$K(t_1) = \frac{d_o(20)}{d_o(t)} \quad (\text{suy từ công thức D.6})$$

$$K(t_2) = \frac{d_o(20)}{d_o(30)} \quad (\text{suy từ công thức D.6})$$

$$\text{Vậy:} \quad d_o(30) = \frac{d_o(20)}{K(t_2)} = \frac{K(t_1)}{K(t_2)} \times d_o(t) \quad (D.7)$$

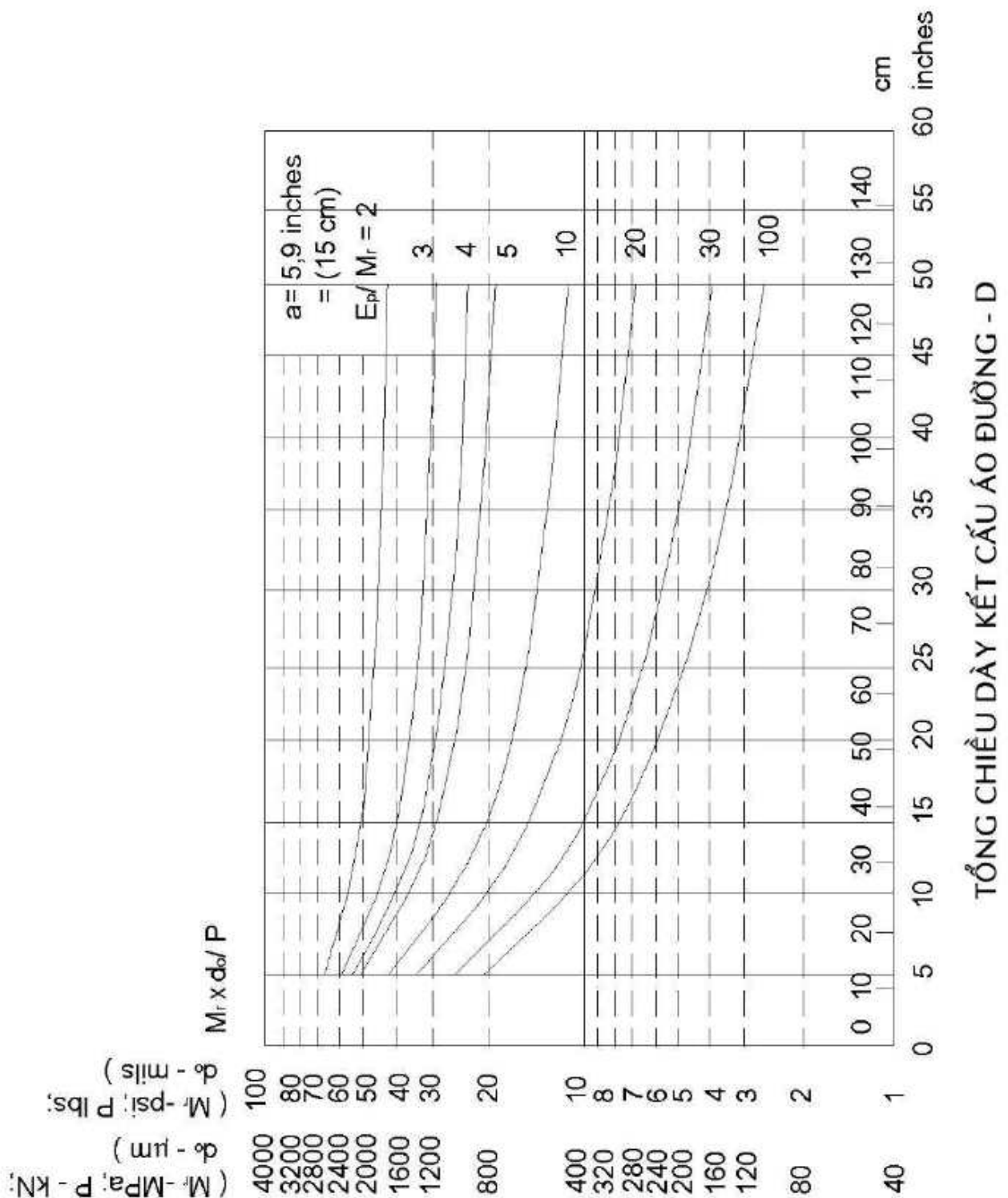
Ví dụ:

Dùng thiết bị FWD đo võng ở mặt đường bê tông nhựa có lớp mặt bê tông nhựa dày 10 cm, móng trên bằng cấp phối đá dăm; nhiệt độ mặt đường nhựa lúc đo võng là $t = 40$ °C; trị số độ võng tại tâm tấm ép đo được là $d_o(t) = d_o(40) = 1,1$ mm.

– Dùng toán đồ Hình D.3, ứng với 40 °C ở trục hoành và đường nghiêng ứng với chiều dày lớp bê tông nhựa 10 cm, xác định được $K(t_1) = 0,77$ ở trục tung.

– Cũng dùng toán đồ trên Hình D.3, ứng với 30 °C ở trục hoành và đường nghiêng ứng với chiều dày lớp bê tông nhựa 10 cm, xác định $K(t_2) = 0,887$ ở trục tung.

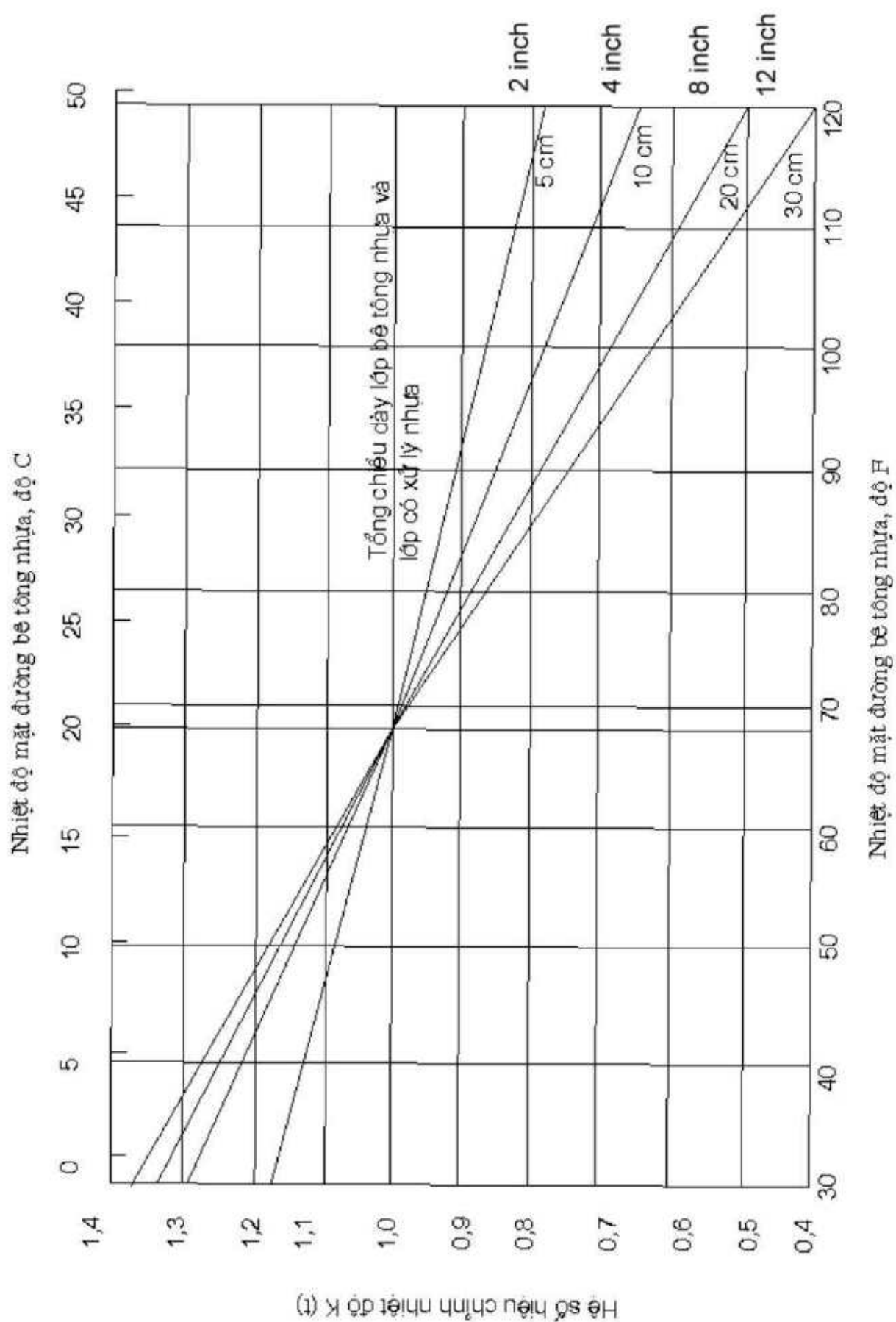
Tính ra: $d_o(30) = 0,77 \times 1,1 / 0,887 = 0,995$ mm.



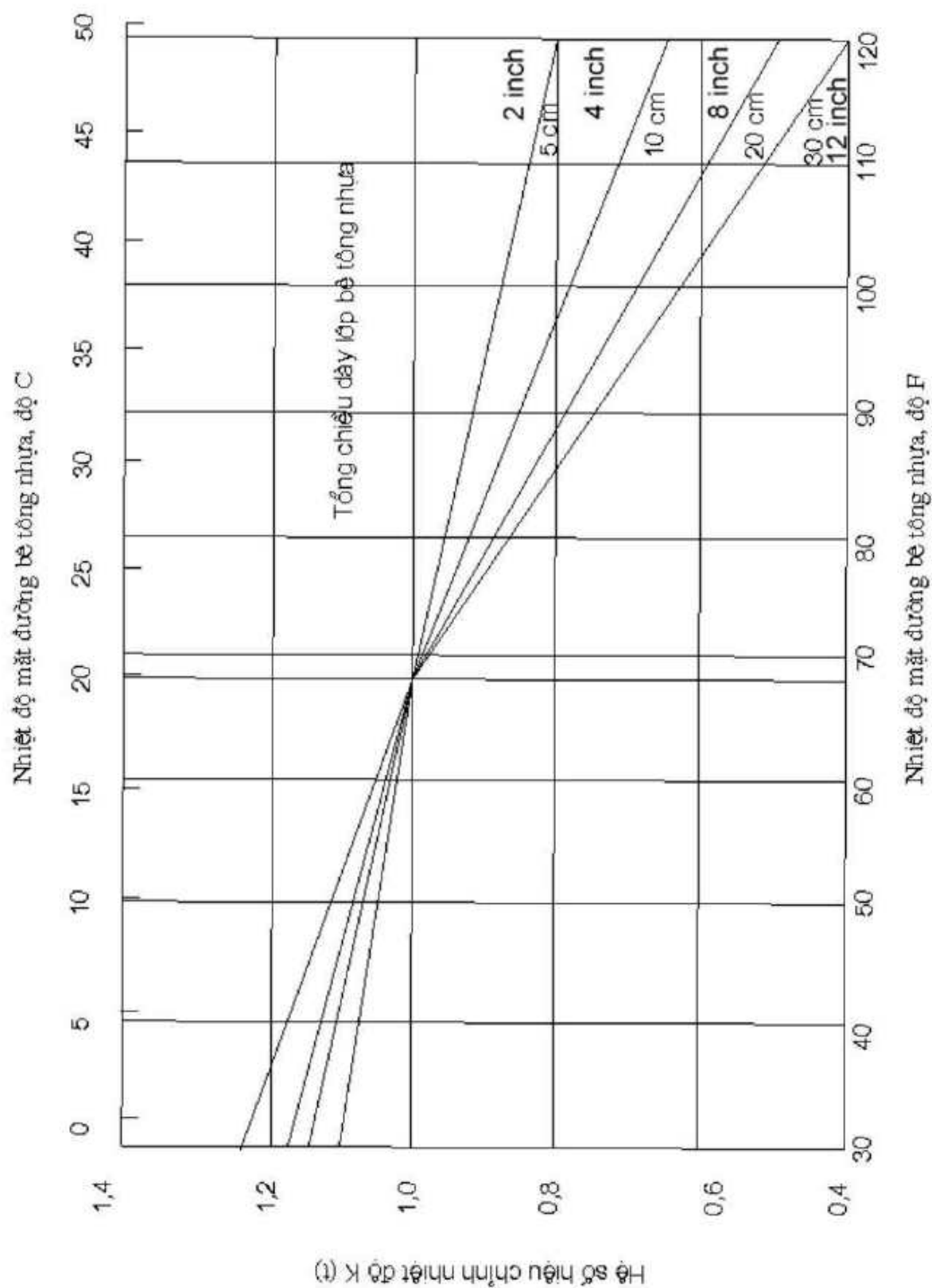
CHÚ DẪN:

$A = 15$ cm là bán kính của tấm ép; Các trị số ghi ở cuối các đường cong (2;3;4;...100) là giá trị của E_p/M_r ; Các trị số ghi ở trục nằm ngang là tổng chiều dày D của kết cấu áo đường; Các trị số ghi ở trục đứng là tích của $M_r \times d_o / P$ theo đơn vị đo SI và theo đơn vị đo của US.

Hình D.2 – Xác định tỷ số E_p/M_r khi biết M_r , d_o , P và a



Hình D.3 – Hiệu chỉnh d_0 của mặt đường bê tông nhựa về nhiệt độ tính toán khi lớp móng trên là vật liệu hạt hoặc vật liệu có xử lý nhựa



Hình D.4 – Hiệu chỉnh d_o của mặt đường bê tông nhựa về nhiệt độ tính toán khi lớp móng trên làm bằng vật liệu có gia cố xi măng hoặc Puzolan

Phụ lục E

(Quy định)

Các thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý chính của vật liệu các lớp áo đường bằng bê tông nhựa và các lớp móng bằng cấp phối vật liệu hạt có gia cố với xi măng

Trong Phụ lục này sẽ đưa ra danh mục các thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý chính của vật liệu các lớp áo đường bằng bê tông nhựa và các lớp móng bằng cấp phối vật liệu hạt không có và có gia cố với xi măng, được sử dụng trong tiêu chuẩn thiết kế này.

Ngoài ra sẽ giới thiệu tỉ mỉ phương pháp xác định mô đun đàn hồi của bê tông nhựa, trên thiết bị kéo gián tiếp (ép chệ) bằng tải trọng trùng phục.

E.1 Danh mục các thí nghiệm vật liệu dùng trong tiêu chuẩn này:

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. Thí nghiệm xác định chỉ số CBR | TCVN 12792; AASHTO T193. |
| 2. Thí nghiệm Mashall | |
| xác định độ ổn định (S) | TCVN 8860-1 : 2011 |
| và độ chảy dẻo (F) của bê tông nhựa. | |
| 3. Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của cấp phối đá không có gia cố với xi măng | AASHTO T292; AASHTO T307 |
| 4. Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của bê tông nhựa bằng phương pháp kéo gián tiếp, tải trọng tác dụng trùng phục. | ASTM.D4123 |
| 5. Thí nghiệm xác định cường độ kháng nén nở hông tự do của mẫu cấp phối vật liệu hạt có gia cố xi măng | TCVN 8858:2011; AASHTO T22 |
| 6. Xác định mô đun đàn hồi của mẫu cấp phối vật liệu hạt có gia cố xi măng | TCVN 9843: 2013 |

E.2 Phương pháp xác định mô đun đàn hồi của bê tông nhựa bằng thiết bị kéo gián tiếp (ép chệ), dưới tác dụng tải trọng trùng phục (Hình E.1).

E.2.1 Phương pháp này có thể dùng để thí nghiệm các mẫu bê tông nhựa được chế bị trong phòng thí nghiệm và các mẫu khoan từ mặt đường, ở nhiệt độ 5 °C, 30 °C (hoặc 25 °C) và 40 °C, với các tần số

tác dụng tải trọng bằng 0,33, 0,5 và 1,0 Hz . Như vậy với một mẫu bê tông nhựa cần tiến hành 9 thí nghiệm (3 nhiệt độ 3 tần số).

Như vậy ngoài việc xác định được mô đun đàn hồi của bê tông nhựa ở nhiệt độ tính toán của mặt đường (20 °C theo AASHTO 93), còn cho các số liệu để đánh giá tính chất của bê tông nhựa thay đổi theo nhiệt độ và thời gian tác dụng của lực như thế nào.

E.2.2 Thiết bị để tiến hành thí nghiệm kéo gián tiếp gồm có các bộ phận chính sau:

- Một máy nén điện – thủy lực có bộ phận tạo các lực trùng phục dạng hình sin có tần số ít nhất là 1Hz, thời gian tác dụng của lực lên mẫu là 0,1 giây, độ lớn của lực có thể thay đổi từ 1 đến 35 N/mm dài của mẫu.
- Các đầu đo biến dạng thẳng đứng và nằm ngang có độ chính xác cao (LVDT). Hệ thống đầu đo và ghi biến dạng nằm ngang có thể đo và ghi các biến dạng từ 0,00025 mm.
- Bộ phận đo lực tác dụng trùng phục là một hộp tế bào điện từ đo lực.
- Bộ phận tạo và kiểm soát nhiệt độ có thể kiểm soát độ chính xác của nhiệt độ đến $\pm 1,0$ °C.

Bộ phận này có một hộp có thể chứa cùng một lúc 3 mẫu bê tông nhựa trong 24 giờ ở một nhiệt độ xác định trước khi đem mẫu thí nghiệm.

Các tấm thép dạng thanh để truyền tải, có một mặt phẳng và một mặt lõm ôm sát được mẫu bê tông nhựa khi mẫu đặt nằm. Bề rộng của tấm thép này được quy định bằng 13 mm khi dùng mẫu bê tông nhựa có đường kính 102 mm, và 19 mm khi dùng mẫu có đường kính 152 mm. Các cạnh ở mặt lõm phải được gọt tròn để không cắt mẫu khi tải trọng tác dụng lên mặt tấm thép.

- Bộ khuôn đúc mẫu bê tông nhựa: có thể dùng bộ khuôn đúc mẫu trong thí nghiệm Marshall (D1559).
- Chiều cao của mẫu ít nhất là 51 mm với đường kính mẫu là 102 mm khi cỡ hạt lớn nhất của bê tông nhựa là 25 mm. Khi cỡ hạt lớn nhất là 38 mm thì chiều cao của mẫu ít nhất là 76 mm với đường kính mẫu là 152 mm.
- Các mẫu khoan từ ảo đường cũng có kích thước tương ứng như đã nói trên.

Để thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của bê tông nhựa cần chuẩn bị một tổ 3 mẫu.

E.2.3 Trình tự thí nghiệm:

1. Đặt các mẫu vào hộp tạo và kiểm tra nhiệt độ, giữ mẫu ở nhiệt độ đã xác định trong 24 giờ.
2. Lấy mẫu ra, bố trí các đầu đo biến dạng vào mẫu, đặt mẫu nằm ngang như ở Hình E.1, trên và dưới mẫu đặt hai tấm thép truyền tải song song và đối xứng, ôm sát mẫu.

Các thao tác này tính từ lúc lấy mẫu ra khỏi hộp giữ nhiệt độ cho đến khi thí nghiệm xong không được quá 4 phút, trừ trường hợp thiết bị có tủ giữ nhiệt của mẫu trong cả quá trình tác dụng của tải trọng trùng phục.

3. Cho tải trọng tác dụng trùng phục một số lần cho đến khi thấy biểu đồ các biến dạng của các lần tải trọng tác dụng trùng phục đều như nhau. Đây là giai đoạn sơ bộ để làm mẫu tiếp xúc tốt với tấm truyền tải trọng, có các biến dạng ổn định.

4. Cho tải trọng tác dụng trùng phục tiếp tục, khoảng từ 50 lần đến 200 lần, cho đến khi các biến dạng đàn hồi của những lần tác dụng kề nhau đều ổn định và suýt soát bằng nhau. Số lần tác dụng tải trọng này là tùy thuộc nhiệt độ thí nghiệm của mẫu và tần số tác dụng tải trọng.

Độ lớn của tải trọng trùng phục chọn lựa thế nào để đạt vào khoảng từ 10% đến nhiều nhất là 50% của cường độ kháng kéo của mẫu ở nhiệt độ tương ứng; thường dùng độ lớn tải trọng sao cho có thể tạo được từ 1 đến 35 N/mm dài của mẫu.

Các mẫu được thí nghiệm ở 3 nhiệt độ 5 °C, 30 °C (hoặc 25 °C) và 40 °C ± 1 °C với một tần số tác dụng tải trọng, hoặc với nhiều tần số khác nhau (0,33; 0,5 và 1,0 Hz).

5. Sau khi các biến dạng đàn hồi đã ổn định dưới các lần tác dụng tải trọng trùng phục kề nhau, thì đo và ghi lại các biến dạng đàn hồi ngang và đứng tương ứng với ít nhất 3 chu kỳ tác dụng tải trọng trùng phục kề nhau, và lấy trị số trung bình.

Nếu không cần xác định trị số của hệ số poisson μ của mẫu bê tông nhựa thì không cần đo biến dạng đứng (thường lấy $\mu = 0,35$).

6. Mỗi mẫu khi được thí nghiệm lần thứ nhất xong thì trước khi thí nghiệm lần thứ 2, phải được đặt lại trong hộp tạo và giữ nhiệt trong 10 phút; nên xoay mẫu khoảng 90° so với vị trí cũ khi đặt các tấm thép truyền tải lên.

Để một mẫu có thể được dùng nhiều lần mà không bị hỏng, việc thí nghiệm nên bắt đầu ở nhiệt độ thấp với tải trọng bé và thời gian tác dụng tải trọng ngắn trước.

7. Tính toán mô đun đàn hồi E và hệ số poisson μ của mẫu bê tông nhựa tương ứng với nhiệt độ, thời gian tác dụng lực, tần số tác dụng lực, theo các công thức sau:

$$E_{RI} = P(\mu_{RI} + 0.27)/t.\Delta H_i \quad (E.1)$$

$$E_{RT} = P(\mu_{RT} + 0.27)/t.\Delta H_T \quad (E.2)$$

$$\mu_{RI} = 3.59 .\Delta H_i/\Delta V_i - 0.27 \quad (E.3)$$

$$\mu_{RT} = 3.59 .\Delta H_T/\Delta V_T - 0.27 \quad (E.4)$$

trong đó:

E_{RI} là mô đun đàn hồi tức thời, MPa;

E_{RT} là mô đun đàn hồi toàn bộ, MPa là mô đun đàn hồi để xác định hệ số lớp a_1 của BTN.

μ_{RI} là hệ số poisson tức thời;

μ_{RT} là hệ số poisson toàn bộ;

- P là tải trọng tác dụng trùng phục, N;
- t là chiều cao của mẫu (đo theo đường sinh), mm;
- ΔH_i là biến dạng ngang đàn hồi tức thời của mẫu, mm;
- ΔH_T là biến dạng ngang đàn hồi toàn bộ của mẫu, mm;
- ΔV_i là biến dạng đứng đàn hồi tức thời của mẫu, mm;
- ΔV_T là biến dạng đứng đàn hồi toàn bộ của mẫu, mm;

8. Tính toán xác định cường độ kháng kéo S_T của mẫu bê tông nhựa ở nhiệt độ tương ứng theo công thức gần đúng sau:

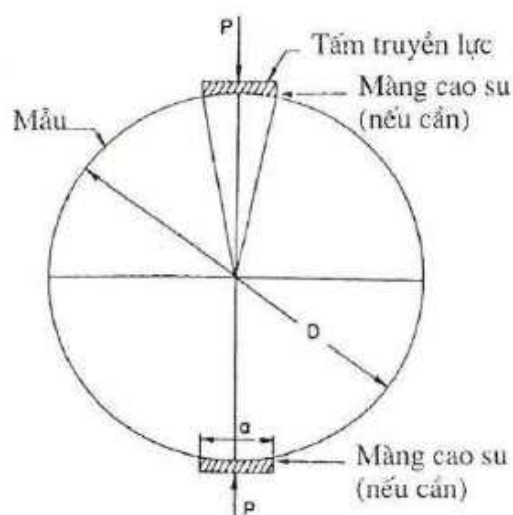
$$S_T = 2P_{p.h} / \pi.t.D \quad (E.5)$$

trong đó:

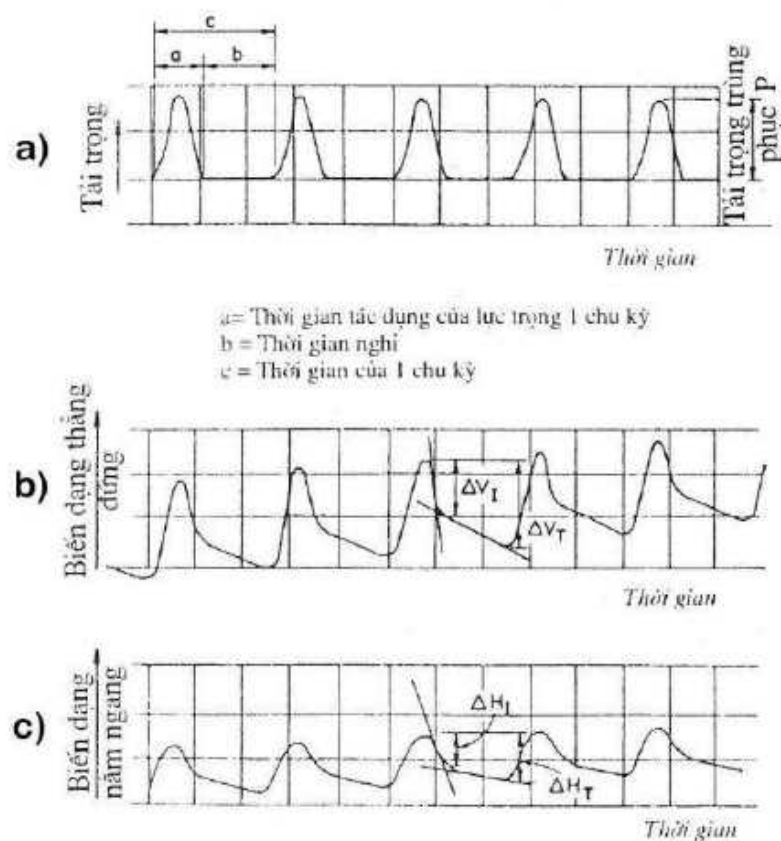
- $P_{p.h}$ là tải trọng tác dụng làm phá hỏng mẫu, N;
- t là chiều cao của mẫu (đo theo đường sinh), mm;
- D là đường kính của mẫu, mm.

9. Lập báo cáo thí nghiệm:

- Mô đun đàn hồi trung bình của mẫu bê tông nhựa ở nhiệt độ thí nghiệm tương ứng (5 °C, 30 °C (hoặc 25 °C) và 40 °C). Để xác định hệ số lớp a_1 của bê tông nhựa ở biểu đồ (H.7) cần lấy trị số của E_{RT}
- Thời gian tác dụng của tải trọng của mỗi cấp lực.
- Tần số tác dụng tải trọng trùng phục đã dùng.



(1) Sơ đồ bố trí mẫu



Hình E.1 – Thí nghiệm kéo gián tiếp (trùng phức tải trọng)

GHI CHÚ:

- (1) Sơ đồ bố trí mẫu bê tông nhựa ở thí nghiệm kéo gián tiếp
- a) Dạng hình sin của tải trọng trùng phức – Biến đổi theo thời gian của tải trọng tác dụng
- b) Biến dạng đứng của mẫu theo thời gian tác dụng của tải trọng trùng phức
- c) Biến dạng ngang của mẫu theo thời gian tác dụng của tải trọng trùng phức

Phụ lục F

(Tham khảo)

Các ví dụ thiết kế áo đường mềm

Ví dụ 1. Xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu (M_R) của đất nền đường. Số liệu khảo sát về đất nền đường: xem Bảng F.1

Với đoạn 1 (tỉnh NB)

Bảng F.1 – Số liệu khảo sát về đất nền đường

Mùa	Tháng	Mô đun đàn hồi nền đất M_R MPa (psi)	Mức độ hư hỏng tương đối u_i
(1)	(2)	(3)	(4)
Mùa ẩm ướt	6, 7, 8, 9	38 (5.500)	0.25
Thời hạn chuyển mùa	10, 11	59 (8.500)	0.09
Mùa khô	12, 1, 2, 3	83 (12.000)	0.04
Thời hạn chuyển mùa	4, 5	66 (9.500)	0.07
Giá trị trung bình $\bar{u}_i = \frac{0,25 \times 4 + 0,09 \times 2 + 0,04 \times 4 + 0,07 \times 2}{12} = 0,123$ Mô đun đàn hồi hữu hiệu đất nền đường $M_R = 50 \text{ Mpa (7300 psi)}$ (tương ứng với $\bar{u}_i = 0,123$)			
CHÚ THÍCH: Cột (1), (2), (3) ghi các số liệu khảo sát đất nền đường. Cột (4) Giá trị của u_i được xác định bằng cách sử dụng biểu đồ (Hình 5, Điều 6). $M_R = 50 \text{ MPa (7300 psi)}$ xác định bằng cách sử dụng biểu đồ Hình 5, nó tương ứng với trị số trung bình $\bar{u}_i = 0,123$.			

Ví dụ 2. Xác định hệ số ESAL thiết kế, sử dụng số liệu cân xe chạy trên đường WIM đã được khảo sát trên đường cũ

Số liệu khảo sát chi tiết cân xe đang chạy được dùng để tính ra ESAL's cho ví dụ này. Số liệu này có được ở hai địa phương phía Bắc Việt Nam (tổng số 3 + 4 ngày đếm và cân xe) xem Bảng F.2.

Bảng F.2 – Số liệu khảo sát chi tiết cân xe

Loại xe	Số lượng xe	Hệ số ESAL	Tổng số ESAL	Hệ số ESAL để thiết kế
1	2	3	4	5
Xe khách nhỏ Xe tải nhỏ	262	0,029	7,572	0,012
	386	0,028	10,962	
	412	0,022	8,899	
	360	0,014	4,860	
	434	0,012	5,382	
	280	0,011	3,052	
	189	0,008	1,493	
	215	0,007	1,570	
	477	0,007	3,101	
	244	0,006	1,464	
	186	0,006	1,079	
	250	0,004	1,025	
	447	0,003	1,270	
	304	0,002	0,517	
Xe khách	51	0,973	49,681	0,871
	86	0,877	75,413	

Bảng F.2 – Số liệu khảo sát chi tiết cân xe

Loại xe	Số lượng xe	Hệ số ESAL	Tổng số ESAL	Hệ số ESAL để thiết kế
1	2	3	4	5
	63	0,833	52,492	
	47	0,801	37,652	
Xe 2 trục	657	1,701	1117,294	0,981
	675	1,636	1104,233	
	762	1,415	1078,382	
	438	1,156	506,416	
	393	0,991	389,463	
	314	0,988	310,201	
	397	0,926	367,781	
	368	0,871	320,602	
	370	0,843	312,021	
	386	0,815	314,436	
	569	0,558	317,445	
	781	0,543	423,849	
	733	0,499	366,060	
	434	0,480	208,277	
Xe 3 trục và hơn 3 trục	103	3,107	320,010	1,586
	98	2,541	249,030	
	97	2,295	222,580	

Bảng F.2 – Số liệu khảo sát chi tiết cân xe

Loại xe	Số lượng xe	Hệ số ESAL	Tổng số ESAL	Hệ số ESAL để thiết kế
1	2	3	4	5
	45	1,832	82,440	
	65	1,649	107,200	
	66	1,584	104,530	
	74	1,539	113,850	
	50	1,481	74,050	
	53	1,409	74,680	
	53	1,408	74,620	
	103	0,813	83,770	
	82	0,811	66,540	
	40	0,635	25,390	
	127	0,596	75,630	
Tất cả các xe sơ-mi móc và xe móc	35	4,484	156,940	1,485
	50	3,054	152,680	
	29	2,485	71,290	
	67	2,353	157,680	
	128	2,000	256,020	
	26	1,994	51,770	
	34	1,980	67,310	
	78	1,965	153,270	

Bảng F.2 – Số liệu khảo sát chi tiết cân xe

Loại xe	Số lượng xe	Hệ số ESAL	Tổng số ESAL	Hệ số ESAL để thiết kế
1	2	3	4	5
	23	1,637	37,640	
	43	1,569	67,470	
	52	1,333	69,310	
	95	0,495	47,010	
	90	0,483	43,430	
	155	0,075	11,700	

CHÚ THÍCH:

Số liệu ở cột (2) là số liệu khảo sát ở hai vị trí (tổng số 3+4 ngày)

Số liệu ở cột (3) là trị số tra ở các Bảng B.1 đến B.6 ở Phụ lục B, tương ứng với tải trọng trục xe đơn, trục đôi, trục ba thực tế đã cân được bằng WIN

Số liệu ở cột (4) là tích số của cột (2) và (3)

Số liệu ở cột (5) là thương số của $\frac{\Sigma(4)}{\Sigma(2)}$

Ví dụ 3. Xác định tổng số ESAL's cho thời hạn phục vụ

Số liệu khảo sát xe được trình bày ở Bảng F.3

Thời gian khảo sát xe ở năm 2019

Thời gian bắt đầu khai thác QLx năm 2022

Bảng F.3 – Số liệu khảo sát xe

Vị trí : Bắc tỉnh NB						
Thời gian đếm xe: 2019						
Tỷ lệ tăng trưởng xe $i=10\%$						
Loại xe	Xe con	Xe khách nhỏ	Xe khách	Xe 2 trục	Xe ≥ 3 trục	Xe sơ-mi moóc
Xe/ ngđ 2019	401	118	196	687	37	21
2022	533	157	261	914	50	27
2023	586	173	287	1005	54	30
2024	645	190	315	1106	60	33
2025	710	209	347	1216	66	37
2026	780	230	381	1336	73	40
2027	859	253	420	1472	80	44
2028	944	278	462	1619	88	49
2029	1039	306	508	1781	97	54
2030	1143	337	558	1959	106	59
2031	1257	370	614	2155	117	65
2032	1383	407	676	2370	128	71
2033	1521	448	743	2670	141	78
2034	1673	493	818	2868	155	86

Bảng F.3 – Số liệu khảo sát xe

Vị trí : Bắc tỉnh NB						
Thời gian đếm xe: 2019						
Tỷ lệ tăng trưởng xe i=10%						
Loại xe	Xe con	Xe khách nhỏ	Xe khách	Xe 2 trục	Xe ≥ 3 trục	Xe sơ-mi móc
2035	1840	542	899	3155	171	95
2036	2024	596	989	3470	188	104
Số lượng xe của 15 năm *)	6.181.177	1.820.722	3.026.805	10.599.618	579.848	313.118
ESAL(từ cột 5 ví dụ 2)	0,001	0,012	0,871	0,981	1,586	1,485
ESAL	6.181	21.849	2.636.348	10.398.225	919.639	464.980
$D_D=0,5; D_L=1,0$						
Tổng số ESAL's thiết kế (cho một làn xe) trong 15 năm: 7.223.610						
Tổng số ESAL's tính toán lựa chọn mức/cấp nhựa (cho một làn xe) trong 20 năm: 13.021.718						
CHÚ THÍCH:						
*) Tổng số lượng của mỗi loại xe trong 15 năm ($\hat{W}_{so}$) có thể tính theo công thức sau :						
$\hat{W}_{so} = \frac{N_1 \times 365 \left[(1+i)^n - 1 \right]}{i}$						
Trong đó: N_1 là xe/ ngày ở năm đưa đường vào khai thác (ở đây là năm 2022);						
n là thời hạn phục vụ của đường $n=15$ năm;						
i là tỷ lệ tăng trưởng (trong trường hợp này $i=0,10$).						

Ví dụ 4. Ví dụ thiết kế áo đường mềm đường quốc lộ

1. Các số liệu đầu vào:

– Đường quốc lộ QLx (đoạn thuộc tỉnh NB), ngoài đô thị, vận tốc thiết kế $V = 80$ km/h

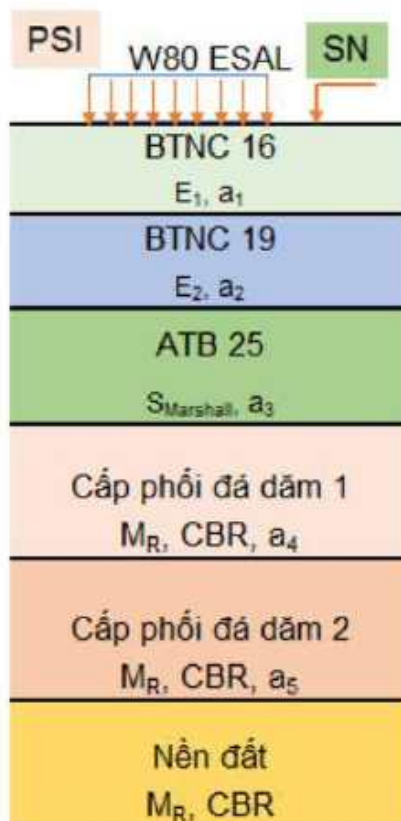
- Thời hạn phục vụ và thời hạn phân tích của áo đường như nhau (15 năm)
- Lượng xe thiết kế cho 1 làn xe $W_{80} = 7.223.610$ (EASL's) (từ ví dụ 2 và 3)
- Độ tin cậy toàn bộ yêu cầu $R = 85 \% \Rightarrow Z_R = -1,037$.
- Độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ $S_o = 0,45$.
- Khả năng phục vụ cuối thời hạn phục vụ $p_i = 2,2$.

Thông thường khả năng phục vụ ban đầu p_o của áo đường mềm ở Việt Nam là 4,2. Vậy độ tổn thất khả năng phục vụ thiết kế toàn bộ cho ví dụ này là :

$$\Delta PSI = p_o - p_i = 4,2 - 2,2 = 2,0.$$

2. Thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường:

- Mô đun đàn hồi hữu hiệu đất nền $M_R = 50$ MPa (7300 psi) (từ Ví dụ 1)
- Tác động của môi trường: Dự kiến trước một hệ thống thoát nước tốt và dùng đất đạt tiêu chuẩn để đắp nền. Đảm bảo thoát nước tốt trong khu vực tác dụng của nền đường.
- Lựa chọn lớp mặt đường: ESAL thiết kế lớn hơn 7 triệu nên theo Bảng 5 lớp mặt đường bê tông nhựa và lớp móng trên bằng vật liệu đá gia cố nhựa thiết kế theo phương pháp Marshall.



+ Lớp mặt trên BTNC 16 TCVN 8819 dày 5 cm

+ Lớp mặt dưới BTNC 19 TCVN 8819 dày 6 cm

+ Lớp móng đá gia cố nhựa ATB25 theo TCCS 26:2019 dày 7 cm

– Xác định mác nhựa theo điều kiện nhiệt độ và tải trọng:

+ Theo điều kiện nhiệt độ không khí: nhiệt độ mặt đường cao nhất khu vực dự án 63°C

+ Điều chỉnh nhiệt độ mặt đường cao nhất theo đặc tính dòng xe: ESAL 20 năm bằng 13.021.718, tốc độ khai thác lớn hơn 70 km/h nên không phải cộng nhiệt độ do tải trọng

+ Điều chỉnh nhiệt độ mặt đường cao nhất theo chiều sâu lớp vật liệu sử dụng nhựa đường: Không cần điều chỉnh.

Như vậy nhựa đường phải chịu được nhiệt độ mặt đường cao nhất là 63°C .

– Vật liệu các lớp móng dưới: theo điều kiện vật liệu địa phương

+ Cấp phối loại 1 (CBR ≥ 100 %) dày 17 cm cho lớp thứ 1.

+ Cấp phối loại 2 (CBR ≥ 30 %) cho lớp thứ 2.

3. Xác định hệ số lớp vật liệu:

– Lớp BTNC 16 thí nghiệm ở 20 °C có E=4770 MPa nên hệ số lớp lấy tối đa 0,44

– Lớp BTNC 19 thí nghiệm ở 20 °C có E=5040 MPa nên hệ số lớp lấy tối đa 0,44

– Lớp ATB25 có độ ổn định Marshall S=8 kN nên hệ số lớp tra được 0,3

– Lớp cấp phối đá dăm loại 1 có CBR > 100 % nên hệ số lớp tra được 0,14

– Lớp cấp phối đá dăm loại 2 có CBR > 30 % nên hệ số lớp tra được 0,11

4. Xác định chỉ số kết cấu yêu cầu SN của mặt đường mềm :

Dùng toán đồ cho mặt đường mềm (Hình 4 trong Điều 6) hoặc dùng Goal Seek trong Excel xác định được SN = 4,41

5. Xác định các chiều dày của các lớp theo công thức sau:

$$2,54SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + a_4D_4 + a_5D_5$$

$$2,54 \times 4,41 = 0,44 D_1 + 0,44 D_2 + 0,3 D_3 + 0,14 D_4 + 0,11 D_5$$

D_i là chiều dày tính bằng cm.

Chiều dày của lớp mặt bê tông nhựa đã chọn $D_1 = 5$ cm, $D_2 = 6$ cm

Chiều dày lớp móng ATB đã chọn $D_3 = 7$ cm

Chiều dày lớp móng cấp phối đá dăm loại 1 sơ bộ chọn 17 cm, như vậy chiều dày lớp móng dưới cấp phối đá dăm 2 sẽ là :

$$D_5 = \frac{2,54 \times 4,41 - [0,44 \times 5 + 0,44 \times 6 + 0,3 \times 7 + 0,14 \times 17]}{0,11} \approx 18 \text{ cm}$$

Tổng chiều dày kết cấu: $5 + 6 + 7 + 17 + 18 = 53$ cm.

6. Nếu thay lớp móng cấp phối đá dăm loại 1 bằng lớp cấp phối đá dăm gia cố xi măng có $R_{7\text{ngày}} = 4,8$ MPa, $a_4 = 0,20$, chiều dày 15 cm thì giảm chiều dày lớp BTNC16 còn 4cm và tính được chiều dày lớp cấp phối đá dăm loại 2 bằng 16 cm.

CHÚ THÍCH:

1. Phương trình chỉ số kết cấu SN nói ở trên không phải chỉ có một nghiệm duy nhất mà có nhiều tổ hợp các chiều dày của lớp thỏa mãn lời giải. Khi lựa chọn trị số thích hợp của các chiều dày các lớp cần xem xét về giá thành, các điều kiện hạn chế trong thi công và duy tu sửa chữa, cố gắng loại trừ khả năng đưa ra một thiết kế không hợp lý.

2. Nếu vật liệu lớp móng trên có mô đun đàn hồi mà tỷ lệ của nó đối với mô đun đàn hồi của lớp mặt nhỏ hơn 1/10 thì trình tự tính toán như trên không dùng được (Xem Ví dụ 6).

Ví dụ 5. Ví dụ thiết kế áo đường mềm đường cao tốc

1. Các số liệu đầu vào:

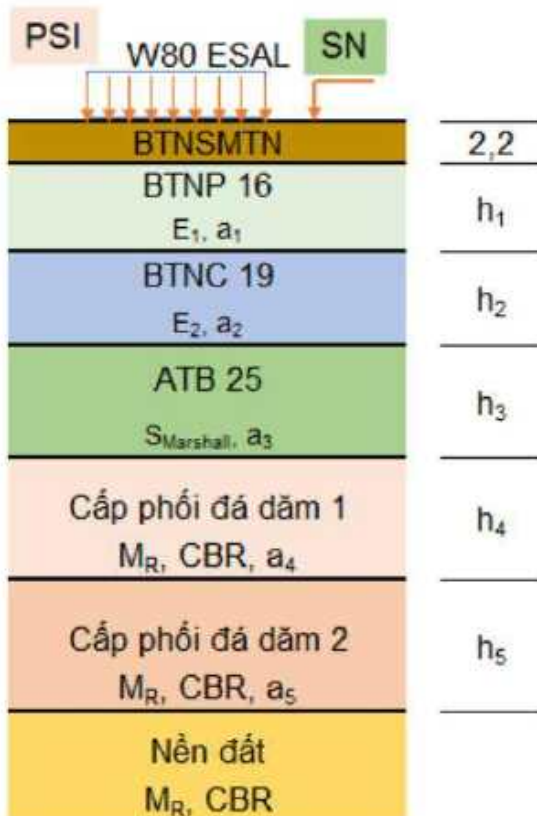
- Đường cao tốc CTx (đoạn thuộc tỉnh TG), ngoài đô thị, vận tốc thiết kế $V=100$ km/h
- Thời hạn phục vụ và thời hạn phân tích của áo đường như nhau (15 năm)
- Lượng xe thiết kế cho 1 làn xe $W_{80} = 28,31$ triệu (EASL's)
- Độ tin cậy toàn bộ yêu cầu $R=95\% \Rightarrow Z_R = -1,645$.
- Độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ $S_o = 0,45$.
- Khả năng phục vụ cuối thời hạn phục vụ $p_i = 2,5$.

Thông thường khả năng phục vụ ban đầu p_o của áo đường mềm ở Việt Nam là 4,2. Vậy độ tổn thất khả năng phục vụ thiết kế toàn bộ cho ví dụ này là :

$$\Delta PSI = p_o - p_i = 4,2 - 2,5 = 1,7.$$

2. Thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường:

- Mô đun đàn hồi hữu hiệu đất nền $M_R = 50$ MPa (7300 psi)
- Tác động của môi trường: Dự kiến trước một hệ thống thoát nước tốt và dùng đất đạt tiêu chuẩn để đắp nền. Đảm bảo thoát nước tốt trong khu vực tác dụng của nền đường.
- Lựa chọn lớp mặt đường: ESAL thiết kế lớn hơn 20 triệu nên theo Bảng 5 lớp mặt đường bê tông nhựa và lớp móng trên bằng vật liệu đá gia cố nhựa thiết kế theo phương pháp Marshall.



+ Lớp bê tông nhựa siêu mỏng tạo nhám dày 2,2 cm

+ Lớp mặt trên BTNP 16 TCVN 8819 dày 5 cm

+ Lớp mặt dưới BTNC 19 TCVN 8819 dày 8 cm

+ Lớp móng đá gia cố nhựa ATB25 TCCS 26:2019 dày 12 cm

– Xác định mức nhựa theo điều kiện nhiệt độ và tải trọng:

+ Theo điều kiện nhiệt độ không khí: nhiệt độ mặt đường cao nhất khu vực dự án 63 °C

+ Điều chỉnh nhiệt độ mặt đường cao nhất theo đặc tính dòng xe: ESAL 20 năm bằng 42,09 triệu, tốc độ khai thác lớn hơn 70 km/h nên phải cộng nhiệt độ do tải trọng 6 °C lên thành 69 °C.

+ Điều chỉnh nhiệt độ mặt đường cao nhất theo chiều sâu lớp vật liệu sử dụng nhựa đường: Lớp BTNP16 nhiệt độ 69 °C sử dụng nhựa polime, lớp BTNC19 nhiệt độ 63 °C, lớp ATB nhiệt độ 63 °C sử dụng nhựa 60/70.

– Vật liệu các lớp móng dưới: theo điều kiện vật liệu địa phương

+ Cấp phối loại 1 ($CBR \geq 100\%$) dày 17cm cho lớp thứ 1.

+ Cấp phối loại 2 ($CBR \geq 30\%$) cho lớp thứ 2.

3. Xác định hệ số lớp vật liệu:

– Lớp BTNSMTN không tính vào khả năng chịu lực của kết cấu áo đường

– Lớp BTNP 16 thí nghiệm ở 20°C có $E=4680$ MPa nên hệ số lớp lấy tối đa 0,44

– Lớp BTNC 19 thí nghiệm ở 20°C có $E=5040$ MPa nên hệ số lớp lấy tối đa 0,44

– Lớp ATB25 có độ ổn định Marshall $S=8$ kN nên hệ số lớp tra được 0,3

– Lớp cấp phối đá dăm loại 1 có $CBR > 100\%$ nên hệ số lớp tra được 0,14

– Lớp cấp phối đá dăm loại 2 có $CBR > 30\%$ nên hệ số lớp tra được 0,11

4. Xác định chỉ số kết cấu yêu cầu SN của mặt đường mềm :

Dùng toán đồ cho mặt đường mềm (Hình 4 trong Điều 6) hoặc dùng Goal Seek trong Excel xác định được $SN = 6,07$

5. Xác định các chiều dày của các lớp theo công thức sau:

$$2,54SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + a_4D_4 + a_5D_5$$

$$2,54 \times 6,07 = 0,44 D_1 + 0,44 D_2 + 0,3 D_3 + 0,14 D_4 + 0,11 D_5$$

D_1 là chiều dày tính bằng cm.

Chiều dày của lớp mặt bê tông nhựa đã chọn $D_1 = 5$ cm, $D_2 = 8$ cm

Chiều dày lớp móng ATB đã chọn $D_3 = 12$ cm

Chiều dày lớp móng cấp phối đá dăm loại 1 sơ bộ chọn 17 cm, như vậy chiều dày lớp móng dưới cấp phối đá dăm 2 sẽ là :

$$D_5 = \frac{2,54 \times 6,07 - [0,44 \times 5 + 0,44 \times 8 + 0,3 \times 12 + 0,14 \times 17]}{0,11} \approx 34 \text{ cm}$$

Tổng chiều dày kết cấu: $2,2 + 5 + 8 + 12 + 17 + 34 = 78,2$ cm.

6. Nếu sử dụng lớp bê tông nhựa rỗng thoát nước có mô đun đàn hồi ở 20°C thí nghiệm được bằng 3080 MPa, tra toán đồ hệ số lớp cũng đạt được 0,44. Như vậy có thể thay lớp bê tông nhựa siêu mỏng tạo nhám và lớp BTNP16 bằng lớp bê tông nhựa rỗng thoát nước dày 5cm vừa tạo nhám, vừa thoát nước mặt lại tham gia vào cường độ kết cấu. Đây là bài toán kinh tế kỹ thuật khi lựa chọn kết cấu áo đường cao tốc.

7. Tương tự như trên, nếu dùng lớp SMA sử dụng nhựa polime có mô đun đàn hồi ở 20°C thí nghiệm được bằng 4850 MPa, tra toán đồ hệ số lớp cũng đạt được 0,44. Như vậy có thể thay lớp bê tông nhựa siêu mỏng tạo nhám và lớp BTNP16 bằng lớp SMA dày 5 cm vừa tạo nhám lại tham gia vào cường độ kết cấu. Đây là bài toán kinh tế kỹ thuật khi lựa chọn kết cấu áo đường cao tốc.

Ví dụ 6. Trình tự xác định chiều dày các lớp áo đường khi sử dụng phương pháp phân tích theo từng lớp.

Cần nhớ rằng, kết cấu áo đường mềm là một hệ nhiều lớp, nên khi phải áp dụng trình tự này để thiết kế thì kết quả sẽ chính xác hơn, bảo đảm chiều dày từng lớp hợp lý. Có phần mềm máy tính giúp cho việc tính toán được nhanh chóng (xem Phụ lục G).

Phương pháp này được dùng khi tỉ số mô đun của vật liệu lớp móng trên đối với vật liệu lớp mặt nhỏ hơn 1/10.

1. Số liệu đầu vào:

$$W_{80} = 4,84 \text{ triệu};$$

$$R = 0,85 \Rightarrow Z_R = -1,037;$$

$$S_0 = 0,45; \Delta\text{PSI} = 4,2 - 2,2 = 2,0$$

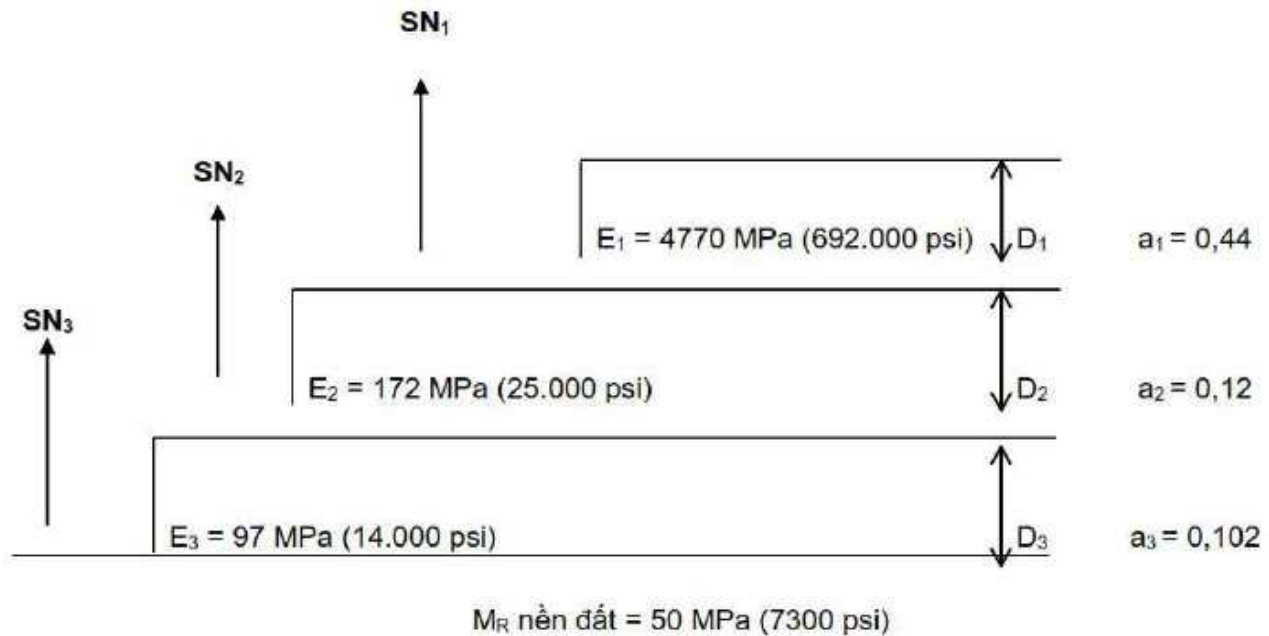
Mô đun đàn hồi hữu hiệu (M_R) của đất nền đường : $M_R = 50$ MPa (7300 psi)

Mô đun đàn hồi của lớp móng cấp phối đá dăm làm móng trên: 172 MPa (25.000 psi), $a_2 = 0,12$.

Mô đun đàn hồi của lớp cấp phối đá dăm làm móng dưới : 97 MPa (14.000 psi), $a_3 = 0,102$

Mô đun đàn hồi của bê tông at phan ở 20°C: 4770 MPa (692.000 psi), $a_1 = 0,44$

2. Trình tự xác định chiều dày của các lớp sử dụng phương pháp phân tích theo từng lớp như sau:



– Xác định SN_3 : Số liệu đầu vào như sau

$$W_{80} = 4,84 \text{ triệu}$$

$$R = 0,85 \quad Z = -1,037$$

$$S_0 = 0,45$$

$$\Delta PSI = 2,0$$

$$M_R = 50 \text{ MPa (7.300psi)}$$

Từ toán đồ Hình 4 trong Điều 6, hoặc dùng Goal Seek trong Excel

$$\Rightarrow SN_3 = 4,16$$

– Xác định SN_1 : Sử dụng số liệu đầu vào như sau:

$$W_{80} = 4,84 \text{ triệu}$$

$$R = 0,85 \Rightarrow Z = -1,037$$

$$S_0 = 0,45$$

$$\Delta PSI = 2,0$$

$$M_R = E_2 = 172 \text{ MPa (25.000psi)}$$

Từ toán đồ Hình 4 trong Điều 6 hoặc dùng Goal Seek trong Excel

$$\Rightarrow SN_1 = 2,681$$

$$D_1 = \frac{2,681}{0,44} \times 2,54 \approx 15,5 \text{ cm}$$

Chiều dày của lớp mặt lấy bằng 12 cm thì:

$$SN_1^* = \frac{12 \times 0,44}{2,54} = 2,079$$

– Xác định SN_2 : Sử dụng số liệu đầu vào như sau:

$$W_{80} = 4,84 \text{ triệu}$$

$$R = 0,85 \Rightarrow Z = -1,037$$

$$S_0 = 0,45$$

$$\Delta PSI = 2,0$$

$$M_R = E_3 = 97 \text{ MPa (14.000psi)}$$

Từ toán đồ Hình 4 trong Điều 6 hoặc dùng
Goal Seek trong Excel

$$\Rightarrow SN_2 = 3,31$$

$$D_2 = \frac{(SN_2 - SN_1^*)}{a_2} = \frac{3,31 - 2,079}{0,12} \times 2,54 = 26,1 \text{ cm}$$

Chiều dày 26,1 cm lớn hơn chiều dày yêu cầu tối đa của lớp móng trên (18 cm), vậy chiều dày lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm sẽ bằng 18 cm.

$$SN_2^* = \frac{18 \times 0,12}{2,54} = 0,85$$

– Xác định chiều dày của lớp móng dưới bằng cấp phối đá dăm loại 2

$$D_3 = \frac{[SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)]}{a_3} = \frac{[4,16 - (2,079 + 0,85)]}{0,102} \times 2,54 = 31 \text{ cm}$$

– Kết quả, kết cấu áo đường dày 61 cm bao gồm các lớp: 5 cm BTNC16 + 7 cm BTNC19 + 18 cm Cấp phối đá dăm loại 1 + 31 cm (15+16) Cấp phối đá dăm loại 2.

3. Nếu không dùng phương pháp phân tích theo từng lớp mà tính toán cả kết cấu cũng cho kết quả tương tự với sai lệch không đáng kể.

4. Có phương án kết cấu thay đổi chiều dày các lớp móng cấp phối đá dăm như sau:

Tổng chiều dày vẫn 61 cm, bao gồm các lớp 5 cm BTNC16 + 7 cm BTNC19 + 16 cm Cấp phối đá dăm loại 1 + 33 cm (15+16) Cấp phối đá dăm loại 2.

Ví dụ 7. Tính toán gia cường áo đường cũ bằng lớp phủ bê tông nhựa theo phương pháp "thí nghiệm không phá hoại NDT" bằng thiết bị đo vồng FWD

(Trước khi xem các ví dụ 7, 8, 9 nên xem Hình vẽ F.1 kèm theo cuối Ví dụ 11 để hiểu rõ các ký hiệu hơn)

A. Số liệu đầu vào.

1. Kết cấu áo đường hiện hữu cần gia cường:

Lớp mặt bê tông nhựa:	7 cm
Lớp móng trên cấp phối đá dăm loại I:	25 cm
Lớp móng dưới – cấp phối sỏi:	30 cm

Tổng chiều dày kết cấu $D = 62 \text{ cm (24,41 in)}$

2. Tổng trục đơn tương đương $N_f = 4.000.000$ (trục đơn 80 kN) yêu cầu cho giao thông tương lai trên 1 làn xe (kể từ ngày bắt đầu gia cường trở đi)

3. Số liệu đo vồng bằng FWD trên mặt đường hiện hữu:

– Các đặc trưng của thiết bị đo FWD:

$P = 40 \text{ kN (9000 pounds)}$

$a = 15 \text{ cm (5,9 in)}$; tính được áp lực $p = 0,57 \text{ MPa}$.

$r = 90 \text{ cm (36 in)}$

– Nhiệt độ mặt đường nhựa lúc đo $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

– Số liệu đo được:

$d_o = 700 \text{ } \mu\text{m (27,6 mils)}$ - ở $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

$d_r = 90 \text{ } \mu\text{m (3,55 mils)}$

B. Trình tự và kết quả tính toán:

1. Tính SN_f với các số liệu:

$$W_{80} = N_f = 4.000.000$$

$$R = 90\% \Rightarrow Z_R = -1,282$$

$$S_o = 0,45$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,2 = 2,0$$

$$M_{R\text{thiết kế}} = 39,0 \text{ MPa (5657 psi)}$$

$M_{R\text{thiết kế}}$ được tính từ số liệu đo bằng FWD, xem Điểm B.2

– Dùng công thức (8) hoặc (9) hoặc toán đồ Hình 4 trong Điều 6, hoặc dùng Goal Seek trong Excel, hoặc dùng phần mềm máy tính PC, tính ra được SN_f :

$$SN_f = 4,6$$

2. Tính SN_{eff} từ các số liệu đo vồng bằng thiết bị FWD

– Tính M_R theo công thức (23), hoặc (24) trong Điều 7:

$$M_R = \frac{2,4 \times 40}{0,009 \times 90} = 118,5 \text{ MPa (17143 psi)}$$

– Tính $M_{R\text{thiết kế}}$ theo công thức (25), hoặc (26) trong Điều 7:

$$M_{R\text{thiết kế}} = 0,33 M_R = 39 \text{ MPa (5657 psi)}$$

– Hiệu chỉnh độ võng d_o đo được ở tấm ép, lúc nhiệt độ mặt đường ở $t = 40^\circ\text{C}$ về nhiệt độ tính toán (30°C ở Việt Nam) theo công thức D.7 ở Phụ lục D và toán đồ Hình D.3 ở Phụ lục D

$$d_o(30) = \frac{0,77}{0,887} \times 0,700 = 0,06077 \text{ cm} = 607,7 \mu\text{m} = (0,024 \text{ inches} = 24 \text{ mils})$$

– Tính E_p theo công thức (22) trong Điều 7, hoặc theo toán đồ Hình D.2 ở Phụ lục D. Ở đây xác định theo toán đồ Hình D.2:

$$\frac{M_R \times d_o}{P} = \frac{118,5 \times 607,7}{40} = 1800$$

Từ toán đồ, ứng với $\frac{M_R \times d_o}{P} = 1800$ và $D = 62 \text{ cm}$, Xác định được $\frac{E_p}{M_R} = 2,15$

Từ đây $E_p = 2,15 \times 118,5 = 254,8 \text{ MPa (36.942 psi)}$

– Kiểm tra điều kiện $r \geq 0,7 a_e$. Tính a_e theo công thức D.2 ở Phụ lục D

$$a_e = \sqrt{15^2 + \left(62 \sqrt[3]{2,15}\right)^2} = 81,4 \text{ cm}$$

Vậy $r = 90 \text{ cm} \geq 0,7 \times 81,4 = 57 \text{ cm}$; vậy điều kiện trên thỏa mãn

Tính SN_{eff} theo công thức (20), hoặc (21) hoặc toán đồ Hình 14 ở Điều 7:

$$SN_{\text{eff}} = 0,0093 \times 62 \times (254,8)^{\frac{1}{3}} = 3,65$$

3. Xác định chiều dày lớp phủ D_{ol} theo các công thức (19) và (18) ở Điều 7:

$$SN_{ol} = SN_f - SN_{\text{eff}} = 4,6 - 3,65 = 0,95$$

$$D_{ol} = \frac{2,54 \times SN_{ol}}{a_{ol}} = \frac{2,54 \times 0,95}{0,37} = 6,52 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$$

Kết quả: Theo phương pháp “thí nghiệm không phá hoại bằng FWD”, phải dùng một lớp phủ bằng bê tông nhựa dày 7 cm để gia cường áo đường hiện hữu để có thể chịu đựng thêm một tổng lượng trục đơn 80kN là 4.000.000 lần cho 1 làn xe, trong tương lai.

Ví dụ 8. Tính toán gia cường áo đường cũ bằng lớp phủ bê tông nhựa, theo phương pháp khảo sát điều tra điều kiện chất lượng của áo đường hiện hữu.

A. Yêu cầu: Tổng trục đơn tương đương yêu cầu cho giao thông tương lai trên 1 làn xe (kể từ ngày bắt đầu gia cường trở đi):

$$N_T = 4.000.000 \text{ (trục đơn 80 kN)}$$

B. Các số liệu khảo sát được: Bảng đào hố đo chiều dày, chuyên gia đánh giá chất lượng còn lại của các lớp vật liệu qua việc quan sát các hư hỏng, nứt nẻ, thoát nước.v.v...

1. Đo các chiều dày các lớp vật liệu của mặt đường hiện hữu:

- Lớp bê tông nhựa: 7 cm
- Lớp móng trên – cấp phối đá dăm loại I: 25 cm
- Lớp móng dưới – cấp phối đồi: 30 cm

2. Đánh giá chất lượng các lớp (theo kiểu chuyên gia) và căn cứ vào Bảng 14 ở Điều 7 mà định trị số của các hệ số lớp a_i :

- Lớp bê tông nhựa: có một ít kẽ nứt thành lưới và một số ít vết nứt ngang nhẹ: $a_1 = 0,31$
- Lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm: còn tốt, được lèn chặt thêm, thoát nước tốt: $a_2 = 0,14$
- Lớp móng dưới bằng cấp phối đồi: còn tốt, có nhiễm bẩn một ít đất từ nền đường: $a_3 = 0,10$

C. Tính toán xác định chiều dày lớp phủ D_{ol} cần gia cường:

1. Tính SN_T với các số liệu đầu vào và trình tự như ở Ví dụ 7

$$SN_T = 4,6$$

Chú ý : lúc này M_R thiết kế có thể xác định bằng thí nghiệm mẫu đất nền ở trong phòng theo tiêu chuẩn thí nghiệm AASHTO T292, hoặc theo số liệu đo vồng bằng thiết bị FWD

2. Tính SN_{eff} : Xác định SN_{eff} theo công thức (27) ở Điều 7, theo các số liệu đã đánh giá được ở mục A.

$$SN_{eff} = \frac{0,31 \times 7 + 0,14 \times 25 + 0,10 \times 30}{2,54} = 3,42$$

3. Xác định chiều dày lớp phủ D_{ol} cần gia cường:

Tiến hành như ở Điểm B.3 của Ví dụ 7.

$$SN_{ol} = 4,6 - 3,42 = 1,18$$

$$D_{ol} = \frac{2,54 \times 1,18}{0,37} = 8,1 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm}$$

Kết quả: Theo phương pháp “Khảo sát điều tra điều kiện chất lượng”, phải dùng một lớp phủ bằng bê tông nhựa dày 8 cm để gia cường áo đường hiện hữu, để có thể chịu đựng thêm một tổng lượng trục đơn 80 kN là 4.000.000 lần cho 1 làn xe, trong tương lai.

Ví dụ 9. Tính toán gia cường áo đường cũ bằng lớp phủ bê tông nhựa, theo phương pháp “Xác định Tuổi thọ còn lại của áo đường hiện hữu.

A. Các số liệu đầu vào:

1. Tổng trục đơn tương đương yêu cầu cho giao thông tương lai trên 1 làn xe (kể từ ngày bắt đầu gia cường trở đi)

$$N_f = 4.000.000 \text{ (trục đơn 80kN)}$$

2. Chiều dày các lớp của kết cấu mặt đường; và các hệ số lớp tương ứng khi mặt đường mới xây dựng xong (mặt đường mới).

– Lớp mặt bằng bê tông nhựa : 7 cm ; $a_1 = 0,37$

– Lớp móng trên bằng cấp phối đá dăm loại I : 25 cm ; $a_2 = 0,14$

– Lớp móng dưới bằng cấp phối đồi : 30 cm ; $a_3 = 0,11$

3. Tổng lượng trục xe đơn tương đương đã chạy qua trên 1 làn xe từ khi xây dựng mới đến thời điểm dự định gia cường (số liệu lấy ở các cơ quan của Tổng cục ĐBVN):

$$N_p = 1.500.000 \text{ lần trục đơn 80 kN}$$

B. Tính toán xác định chiều dày lớp phủ D_{oi} cần gia cường:

1. Tính trị số SN_o (chỉ số kết cấu ban đầu, xem 7.3.3 Điều 7)

$$SN_o = \frac{0,37 \times 7 + 0,14 \times 25 + 0,11 \times 30}{2,54} = 3,70$$

2. Tính tổng lượng trục 80 kN chạy qua ($N_{1,5}$) cho đến khi $p_t = 1,5$ bằng toán đồ Hình 4 ở Điều 6, hoặc bằng công thức (8), hoặc (9), hoặc bằng phần mềm của PC, với các số liệu đầu vào:

$$N_{1,5} = W = ?$$

$$Z_R = 0 \text{ (R = 50 \%)} \text{ (Xem 7.3.3.2 Điều 7)}$$

$$S_o = 0,45$$

$$p_o = 4,2$$

$$p_t = 1,5$$

$$\Delta PSI = 4,5 - 1,5 = 2,7$$

$$M_R \text{ thiết kế} = 39 \text{ MPa (5657 psi)}$$

$$SN_0 = 3,70$$

$N_{1,5} = 5.300.000$ lần trục đơn 80 kN

3. Xác định trị số RL theo công thức (29) ở Điều 7

$$RL = 100[1 - (1.500.000/5.300.000)] = 71,7 \%$$

4. Xác định nhân tố điều kiện CF từ toán đồ Hình 15 ở Điều 7, với $RL=71,7 \%$:

$$CF = 96 \%$$

5. Xác định SN_{eff} theo công thức (28) ở Điều 7

$$SN_{eff} = 0,96 \times 3,70 = 3,55$$

6. Xác định D_{ol} theo 2 công thức như ở Điểm B.3 của Ví dụ 7

$$SN_{ol} = 4,6 - 3,55 = 1,05$$

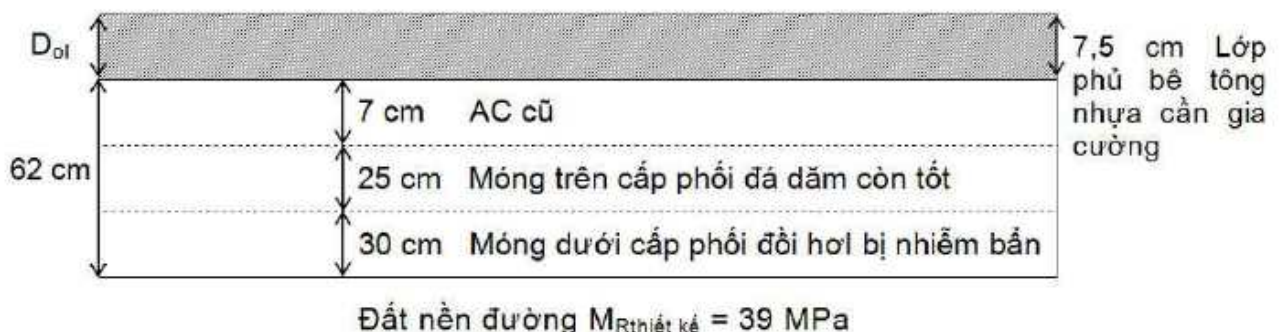
$$D_{ol} = \frac{2,54 \times 1,05}{0,37} = 7,2 \text{ cm} \approx 7,5 \text{ cm}$$

Kết quả: Theo phương pháp “xác định tuổi thọ còn lại”, phải dùng một lớp phủ bằng bê tông nhựa có chiều dày 7,5 cm để gia cường áo đường hiện hữu để có thể chịu đựng thêm một tổng lượng trục đơn 80 kN là 4.000.000 lần cho 1 làn xe, trong tương lai.

Kết luận chung của 3 phương pháp (ở Ví dụ 7, 8, 9):

Cùng một mặt đường hiện hữu, cùng một yêu cầu thiết kế cho giao thông tương lai, kết quả tính toán chiều dày lớp gia cường bằng bê tông nhựa có chênh lệch nhau ở 3 phương pháp: 6,52 cm; 8,1 cm và 7,2 cm. Có sự khác nhau này do sự không chính xác, mức độ kinh nghiệm tích lũy, chất lượng của khảo sát và đánh giá, tra cứu số liệu trong từng phương pháp.

Người kỹ sư cần cân nhắc mỗi giải pháp và chọn cho hợp lý. Trường hợp ở đây đề nghị lấy 7,5 cm để định chiều dày lớp bê tông nhựa cần gia cường cho mặt đường hiện hữu.



Ví dụ 10. Thiết kế lớp bê tông nhựa trên mặt đường bê tông nhựa cũ được tái chế bằng phương pháp cào xới trộn sâu với nhựa đường bột + xi măng (hoặc nhũ tương + xi măng)

1. Yêu cầu: Tổng trục đơn tương đương yêu cầu cho giao thông tương lai trên 1 làn xe (kể từ ngày bắt đầu gia cường trở đi):

$$W_{80} = N_f = 5.000.000 \text{ (trục đơn 80 kN)}$$

2. Các số liệu khảo sát được: Bằng đào hố đo chiều dày, chuyên gia đánh giá chất lượng còn lại của các lớp vật liệu qua việc quan sát các hư hỏng, nứt nẻ, thoát nước, vv...

+ Đo chiều dày các lớp vật liệu của mặt đường hiện hữu:

- Lớp bê tông nhựa cũ: 4 cm + 7 cm = 11 cm (trung bình)
- Lớp móng trên – cấp phối đá dăm loại I: 25 cm
- Lớp móng dưới – cấp phối thiên nhiên: 30 cm

+ Đánh giá chất lượng các lớp (theo kiểu chuyên gia) và căn cứ vào Bảng 14 ở Điều 7 mà định trị số của các hệ số lớp a_i :

- Lớp bê tông nhựa cũ: nứt thành lưới hơn 25 % diện tích, hư hỏng nặng, ổ gà hơn 16 % diện tích, vết lún sâu 10 mm, bong tróc nhiều vị trí: Dự kiến cào xới toàn bộ 11 cm bê tông nhựa cũ với một phần chiều dày của lớp móng trên (14 cm) và trộn với bitum bột (2,5%) và xi măng (1%).
- Lớp tái chế dày 25 cm này sẽ là phần trên của lớp móng trên. Kết quả thí nghiệm Marshall của mẫu có độ ổn định bằng 5,2 kN, tra biểu đồ Hình 11 có $a_{ts} = 0,24$. (theo các tài liệu của các nước Nhật, Mỹ, Nam Phi, Úc...) hệ số lớp vật liệu tái chế bằng nhựa đường bột; hoặc nhũ tương + xi măng có thể lấy bằng 0,60 đến 0,68 hệ số lớp của bê tông nhựa chặt: $a_{ts} = (0,60 + 0,68) \times 0,37 = 0,22$ đến 0,25.
- Hệ số lớp của vật liệu cào bóc tái chế bằng nhũ tương và nhựa đường bột còn được tra ở Phụ lục C của TCVN 13150–1, Phụ lục E của TCVN 13150–2 theo cường độ kéo khi ép chế ở trạng thái khô (R_{ck}^k), MPa
- Lớp móng trên – cấp phối đá dăm loại I: còn tốt, có nhiễm bẩn ít: $a_2 = 0,1$.
- Lớp móng dưới – cấp phối thiên nhiên: nhìn tổng thể còn dùng được, có nhiễm bẩn ít và độ ẩm lớn vì nước ở trên thấm xuống: $a_3 = 0,06$.

- Lớp đất nền thượng ^{*)} – CBR = 6 %; $M_r = 45 \text{ MPa}$

3. Tính toán xác định chiều dày lớp bê tông nhựa nóng D_{ol} cần rải lên lớp vật liệu tái chế:

+ Tính SN_f với các số liệu đầu vào:

$$W_{80} = N_f = 5.000.000$$

$$R = 90 \% \rightarrow Z_R = -1,282$$

$$S_o = 0,45$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,2 = 2,0$$

$$M_{R\text{thiết kế}} = 45 \text{ Mpa (6525 psi)}$$

Dùng công thức (8) hoặc (9) hoặc toán đồ Hình 4 ở Điều 6, hoặc dùng phần mềm máy tính PC, tính ra được SN_f :

$$SN_f = 4,52$$

+ Tính SN_{eff} : Xác định SN_{eff} theo công thức (27) ở Điều 7, theo các số liệu đã đánh giá được ở Điểm 2.

$$2,54 SN_{eff} = 0,24 \times 25 + 0,10 \times 11 + 0,06 \times 30 = 8,9$$

$$SN_{eff} = 3,50$$

+ Tính chiều dày lớp bê tông nhựa nóng D_{ol} cần rải lên lớp vật liệu tái chế:

Dùng công thức (18) và (19) ở Điều 7:

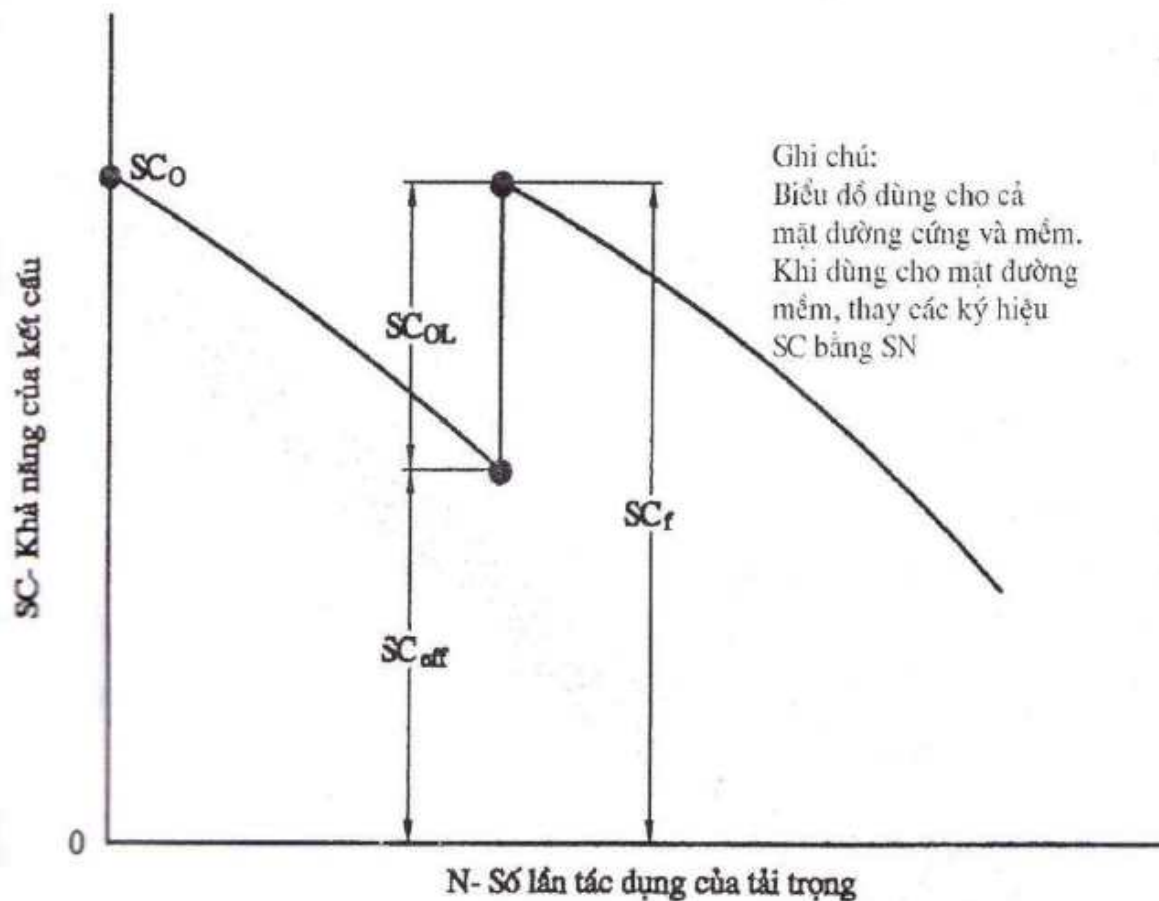
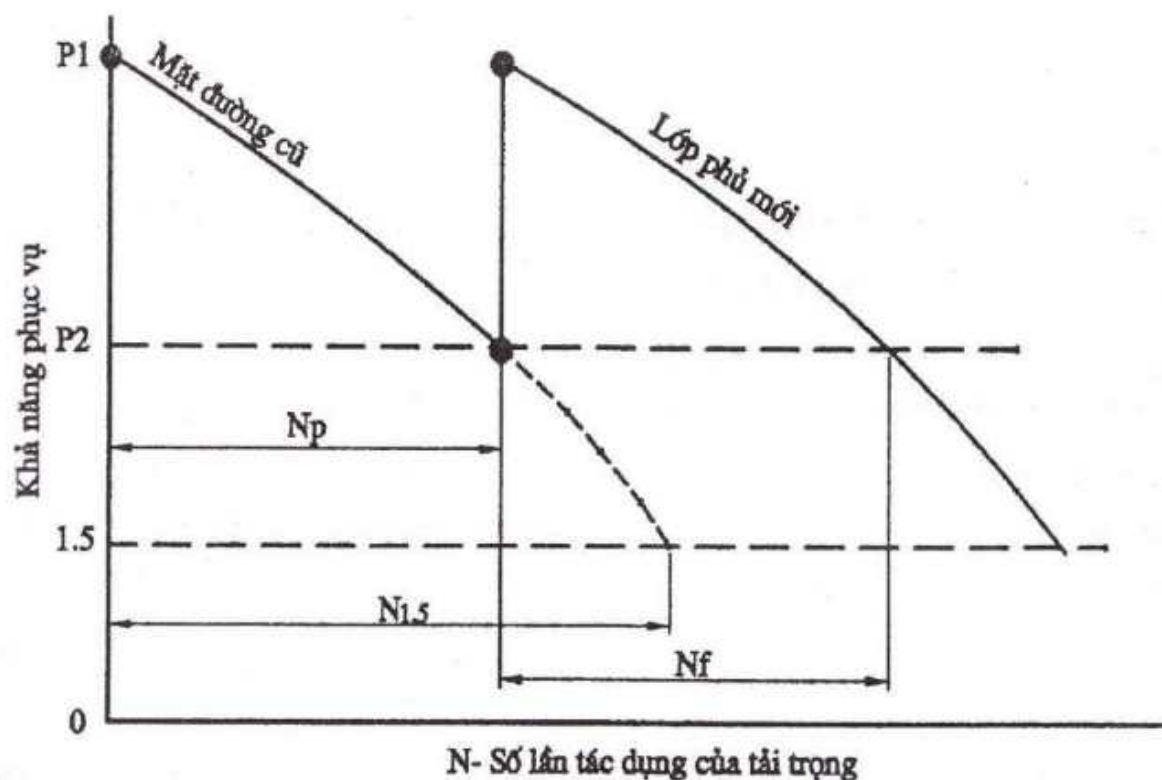
$$SN_{ol} = SN_f - SN_{eff} = 4,52 - 3,50 = 1,02$$

$$D_{ol} = \frac{2,54 \times SN_{ol}}{a_1} = \frac{2,54 \times 1,02}{0,37} = 7,0 \text{ cm}$$

Kết luận: Mặt đường bê tông nhựa cũ hư hỏng khá nhiều, dùng phương án cào xới sâu cả các lớp bê tông nhựa cũ 11 cm cùng với 14 cm cấp phối đá dăm loại I và trộn với bi tum bột (2,5 %) và xi măng (1 %) để tái chế, làm lớp móng trên.

^{*)} Để tính $M_{R\text{thiết kế}}$ của đất nền, ngoài cách khoan lấy mẫu đất ở hiện trường để thí nghiệm xác định chỉ số CBR như đã làm ở đây, có thể lấy mẫu đất nền thí nghiệm theo AASHTO T292 (xem Phụ lục C) hoặc theo số liệu đo vồng trên áo đường hiện hữu bằng thiết bị FWD và tính toán theo 7.3.1.3 và 7.3.1.4 và Phụ lục D.

Trên lớp tái chế nhựa thấm bảm 1 l/m^2 rồi rải một lớp bê tông nhựa nóng chặt BTNC 16, dày 7 cm để chỉ số kết cấu SN của áo đường đạt 4,52, đủ cường độ để có thể chịu đựng thêm một lượng trục đơn 80 kN là 5.000.000 lần cho 1 làn xe trong tương lai.



Hình F.1 – Sự tổn thất về khả năng của kết cấu trong suốt thời hạn xe chạy

Ví dụ 11. Kiểm toán kết cấu áo đường**1. Các số liệu đầu vào:**

– 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.

– Thời hạn phục vụ và thời hạn phân tích của áo đường như nhau (15 năm)

– Lượng xe thiết kế cho 1 làn xe $W_{80} = 6.345.340$ (EASL's), hệ số tăng trưởng 6 %

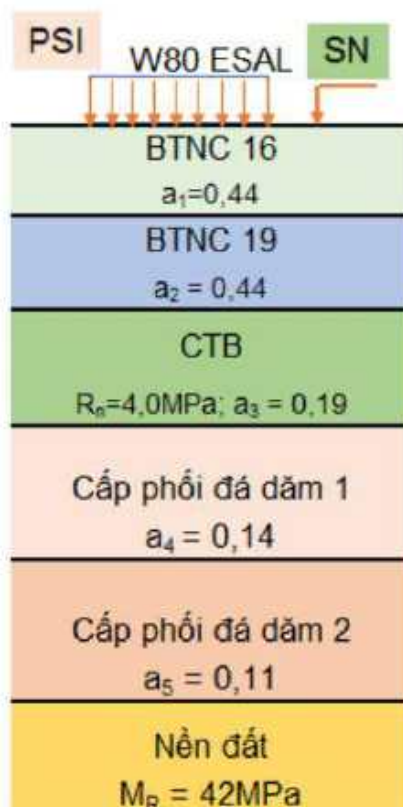
– Độ tin cậy toàn bộ yêu cầu $R=95\% \Rightarrow Z_R = -1,645$.

– Độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ $S_o = 0,45$.

– Khả năng phục vụ cuối thời hạn phục vụ $p_t = 2,5$.

Thông thường khả năng phục vụ ban đầu p_0 của áo đường mềm ở Việt Nam là 4,2. Vậy độ tổn thất khả năng phục vụ thiết kế toàn bộ cho ví dụ này là :

$$\Delta PSI = p_0 - p_t = 4,2 - 2,5 = 1,7.$$

2. Kết cấu áo đường như hình vẽ:

+ Lớp mặt trên BTNC 16 TCVN 8819 dày 6 cm, hệ số lớp 0,44

+ Lớp mặt dưới BTNC 19 TCVN 8819 dày 8 cm, hệ số lớp 0,44

+ Lớp móng đá gia cố xi măng có $R_n = 4,0$ MPa, hệ số lớp 0,19

– Mác nhựa theo điều kiện nhiệt độ và tải trọng:

+ Theo điều kiện nhiệt độ không khí: nhiệt độ mặt đường cao nhất khu vực dự án 63°C

+ Điều chỉnh nhiệt độ mặt đường cao nhất theo đặc tính dòng xe: ESAL 20 năm bằng 7.500.000, tốc độ khai thác lớn hơn 70 km/h nên không phải cộng nhiệt độ do tải trọng

+ Điều chỉnh nhiệt độ mặt đường cao nhất theo chiều sâu lớp vật liệu sử dụng nhựa đường: Không cần điều chỉnh.

Như vậy nhựa đường phải chịu được nhiệt độ mặt đường cao nhất là 63°C .

- Mô đun đàn hồi hữu hiệu đất nền $M_R = 42 \text{ MPa}$ (6092 psi)
- Tác động của môi trường: Dự kiến trước một hệ thống thoát nước tốt và dùng đất đạt tiêu chuẩn để đắp nền. Đảm bảo thoát nước tốt trong khu vực tác dụng của nền đường.
- Các lớp mặt đường bê tông nhựa thiết kế theo phương pháp Marshall.
- Vật liệu các lớp móng dưới: theo điều kiện vật liệu địa phương
 - + Cấp phối loại 1 ($\text{CBR} \geq 100 \%$) dày 17 cm, hệ số lớp 0,14 cho lớp thứ 1.
 - + Cấp phối loại 2 ($\text{CBR} \geq 30 \%$) dày 18 cm, hệ số lớp 0,11 cho lớp thứ 2.

3. Xác định chỉ số kết cấu yêu cầu SN của mặt đường mềm :

Dùng toán đồ cho mặt đường mềm (Hình 4 trong Điều 6) hoặc dùng Goal Seek trong Excel xác định được $\text{SN} = 5,25$

4. Kiểm toán chỉ số kết cấu SN_{kc}

$$\text{SN}_{\text{kc}} = (a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4 D_4 + a_5 D_5) / 2,54$$

D_i là chiều dày tính bằng cm.

$$\text{SN}_{\text{kc}} = (0,44 \times 6 + 0,44 \times 8 + 0,19 \times 14 + 0,14 \times 17 + 0,11 \times 18) / 2,54 = 5,19 < 5,25$$

Như vậy kết cấu không đảm bảo chỉ số SN yêu cầu bằng 5,25, cần phải tăng chiều dày hoặc tăng cường độ các lớp.

5. Tăng chiều dày lớp móng gia cố xi măng lên 15cm thì tính được $\text{SN}_{\text{kc}} = 5,26 > 5,25$.

Ví dụ 12. Thiết kế kết cấu áo đường mềm khi lưu lượng xe thấp theo phương pháp tính SN

1. Các số liệu đầu vào:

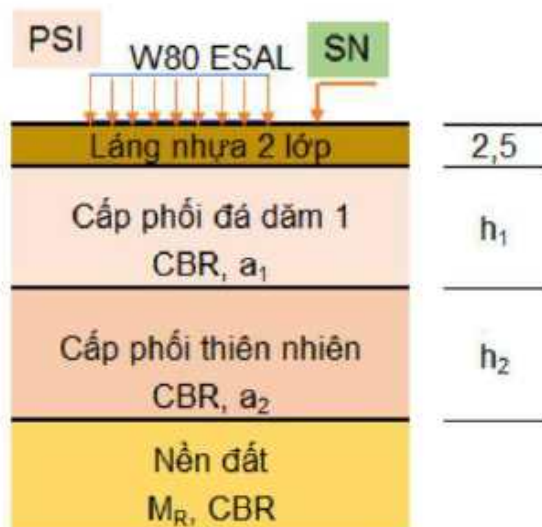
- Đường cấp IV có 2 làn xe, ngoài đô thị, mặt đường láng nhựa
- Thời hạn phục vụ và thời hạn phân tích của áo đường như nhau (7 năm)
- Lượng xe thiết kế cho 1 làn xe $W_{80} = 666.180$ (EASL's)
- Độ tin cậy toàn bộ yêu cầu $R=50\% \Rightarrow Z_R = -0$.
- Độ lệch tiêu chuẩn toàn bộ $S_o = 0,45$.
- Khả năng phục vụ cuối thời hạn phục vụ $p_i = 2,2$.

Thông thường khả năng phục vụ ban đầu p_o của áo đường mềm ở Việt Nam là 4,2. Vậy độ tổn thất khả năng phục vụ thiết kế toàn bộ cho ví dụ này là :

$$\Delta \text{PSI} = p_o - p_i = 4,2 - 2,2 = 2,0.$$

2. Thiết kế cấu tạo kết cấu áo đường:

- Mô đun đàn hồi hữu hiệu đất nền $M_R = 42$ MPa (6092 psi)
- Tác động của môi trường: Dự kiến trước một hệ thống thoát nước tốt và dùng đất đạt tiêu chuẩn để đắp nền. Đảm bảo thoát nước tốt trong khu vực tác dụng của nền đường.
- Lựa chọn lớp mặt đường: ESAL thiết kế trong khoảng 50.000 đến 1.000.000 nên sử dụng lớp mặt láng nhựa 2 lớp. Lớp láng nhựa không tính vào khả năng chịu lực của kết cấu.
- Vật liệu các lớp móng dưới: theo điều kiện vật liệu địa phương: Lớp móng trên cấp phối đá dăm loại 1 có $CBR \geq 100\%$; Lớp móng dưới cấp phối đồi có $CBR \geq 30\%$.
- Hệ số lớp được tra toán đồ:



+ Lớp cấp phối đá dăm loại 1 $a_1 = 0,14$

+ Lớp cấp phối thiên nhiên $a_2 = 0,10$

– Sơ bộ xác định chiều dày các lớp:

+ Chiều dày lớp cấp phối đá dăm loại 1 bằng 25cm

+ Chiều dày lớp cấp phối thiên nhiên bằng 35 cm

3. Xác định chỉ số kết cấu yêu cầu SN của mặt đường mềm :

Dùng toán đồ cho mặt đường mềm (Hình 4 trong Điều 6) hoặc dùng Goal Seek trong Excel xác định được $SN = 2,75$

4. Kiểm toán chỉ số kết cấu SN_{kc}

$$SN_{kc} = (a_1 D_1 + a_2 D_2) / 2,54$$

D_i là chiều dày tính bằng cm.

$$SN_{kc} = (0,14 \times 25 + 0,10 \times 35) / 2,54 = 2,76 > 2,75$$

Như vậy kết cấu đảm bảo chỉ số SN yêu cầu bằng 2,75.

Ví dụ 13. Thiết kế kết cấu áo đường mềm khi lưu lượng xe thấp theo phương pháp tra bảng

1. Các số liệu đầu vào: Như ví dụ 12
2. Thiết kế cấu tạo kết cấu cũng như ví dụ 12
3. Xác định cấp lưu lượng: ESAL $W_{80} = 666.180$ trong khoảng 400.000 đến 700.000 nên cấp lưu lượng trung bình.
4. Xác định cấp chất lượng của đất nền đường: Đất nền đường có $M_r = 42$ MPa trong khoảng từ 35 MPa đến 42 MPa nên cấp nền đường trung bình.

5. Tra bảng xác định chỉ số kết cấu SN: Từ cấp lưu lượng trung bình, cấp nền đường trung bình tra Bảng 15 với $R = 50 \%$ được chỉ số SN = 2,6 – 2,8.

6. Tra bảng xác định kết cấu: Từ cấp lưu lượng trung bình, cấp nền đường trung bình tra Bảng 17 với $R = 50 \%$ xác định được kết cấu:

- 2,5 cm láng nhựa
- 25 cm móng trên cấp phối đá dăm
- 32 cm móng dưới cấp phối thiên nhiên.

7. Theo phương pháp tra bảng xác định được chỉ số kết cấu trung bình SN = 2,7 nên kết cấu có lớp móng mỏng hơn phương pháp tính ở Ví dụ 12 có SN = 2,75 là $35 - 32 = 3$ cm.

Kiến nghị nên sử dụng cả 2 phương pháp, phương pháp tra bảng xác định sơ bộ cấu tạo kết cấu và phương pháp tính kiểm toán lại chỉ số kết cấu SN yêu cầu.

Phụ lục G

(Tham khảo)

Giải gần đúng phương trình xác định SN và các phương trình hồi quy xác định hệ số lớp của nền đường, lớp móng dưới, lớp móng trên

G.1 Giải gần đúng phương trình xác định SN

1. Phương trình (8), hoặc (9) là phương trình siêu việt phức tạp, trong đó các thông số đã biết, chỉ có 1 ẩn chưa biết là SN.

$$\log_{10} W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10} (SN+1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10} M_r - 8.07 ; \quad (8)$$

2. Để giải các phương trình có 1 ẩn số có thể dùng công cụ Goal Seek trong Excel

W18=	28,310,000		
Zr=	-1.645		
S0=	0.45		
PSI0=	4.2	DPSI=	1.7
PSIt=	2.5		
Mr=	7,300		

SN	Vế phải	Vế trái
6.07	7.451839	7.451940

Goal Seek ? x

Set cell: O28 ↑

To value: 7.451940

By changing cell: N28 ↑

OK Cancel

- Xác định các thông số
- Cho 1 giá trị khởi tạo SN ở ô N28
- Tính toán vế trái của phương trình (8), hoặc (9) theo các thông số đầu vào và SN khởi tạo ở ô O28, cụ thể ở ví dụ này vế trái bằng 7.451940
- Dùng Goal Seek giải gần đúng Tính giá trị Vế phải ở ô O28 bằng giá trị vế trái bằng cách thay đổi SN ở ô N28.
- Kết quả ra được SN = 6.07

Chú thích: Trong ví dụ này dùng hệ đơn vị inches, dấu "." thập phân, dấu "," ngăn cách phần nghìn.

G.2 Các phương trình hồi quy xác định hệ số lớp của nền đường, lớp móng dưới, lớp móng trên

1. Để thuận tiện cho việc tra các toán đồ, từ số liệu trong tài liệu của Cục Đường bộ liên bang Mỹ Federal Highway Administration (2006), Geotechnical Aspects of Pavements, Publication No. FHWA NHI-05-037, chi tiết các bảng số ở link:

<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/05037/alt.cfm#f064>

Sử dụng phần mềm Minitab thiết lập được các phương trình hồi quy:

2. Đối với toán đồ Hình 7 xác định M_r của nền đất

$$M_r \text{ (MPa)} = 13,22 \text{ CBR}^{0,685} \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 99,95 \%$$

$$M_r \text{ (MPa)} = 69,34 - 4,263 \text{ GI} + 0,08560 \text{ GI}^2 \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 99,72 \%$$

Trong đó: M_r mô đun đàn hồi tính bằng MPa, chỉ số CBR tính bằng % và GI là chỉ số nhóm

3. Đối với toán đồ Hình 9 xác định hệ số lớp a_2 của lớp móng trên bằng vật liệu hạt

$$a_2 = -0,05646 + 0,1004 \log(\text{CBR}) \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 98,31 \%$$

$$a_2 = 0,2986 + 0,2336 \log(M_r \text{ GPa}) \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 99,61 \%$$

Trong đó: a_2 là hệ số lớp, CBR tính bằng % và $M_r \text{ GPa}$ là mô đun đàn hồi tính bằng GPa

4. Đối với toán đồ Hình 10 xác định hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu gia cố xi măng

$$a_2 = 0,09350 + 0,02284 R_n \text{ (MPa)} \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 99,92 \%$$

$$a_2 = -0,1329 + 0,08604 E_{bs} \text{ (GPa)} - 0,004132 E_{bs} \text{ (GPa)}^2 \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 99,83 \%$$

Trong đó: a_2 là hệ số lớp, $R_n \text{ (MPa)}$ tính bằng MPa và $E_{bs} \text{ (GPa)}$ tính bằng GPa

5. Đối với toán đồ Hình 11 xác định hệ số lớp a_2 của lớp móng trên làm bằng vật liệu có xử lý bằng nhựa đường

$$a_2 = 0,1123 + 0,02573 S \text{ (kN)} \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 99,92 \%$$

Trong đó: a_2 là hệ số lớp, $S \text{ (kN)}$ là độ ổn định Marshall tính bằng kN.

6. Đối với toán đồ Hình 12 xác định hệ số lớp a_3 của lớp móng dưới bằng vật liệu hạt

$$a_3 = 0,007574 + 0,06792 \log(\text{CBR}) \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 98,58 \%$$

$$a_3 = 0,3051 + 0,1981 \log(M_r \text{ GPa}) \quad \text{Hệ số xác định } R^2 = 99,50 \%$$

Trong đó: a_3 là hệ số lớp, CBR tính bằng % và $M_r \text{ GPa}$ là mô đun đàn hồi tính bằng GPa

Phụ lục H

(Quy định)

Tóm tắt danh mục đánh giá áo đường**H.1 Đánh giá kết cấu**

Sự hư hỏng hiện tại

Sự hư hỏng nhẹ không có liên quan đến tải trọng

Sự hư hỏng vừa có liên quan đến tải trọng

Sự hư hỏng lớn có liên quan đến tải trọng

Kết cấu không có đủ khả năng chịu tải

Có, Không

H.2 Đánh giá chức năng

Độ bằng phẳng

Rất tốt, trung bình, xấu, rất xấu

Đo đạc

Chỉ số khả năng phục vụ hiện tại

Chống trượt

Tốt, có vấn đề, xấu

Tính nghiêm trọng của vết lún bánh xe

Thấp, Trung bình, Cao

H.3 Đánh giá theo sự thay đổi điều kiện

Sự thay đổi hệ thống dọc tuyến

Có, Không

Sự thay đổi hệ thống giữa các làn xe

Có, Không

Sự thay đổi cục bộ vùng đất rất tồi theo tuyến

Có, Không

H.4 Đánh giá ảnh hưởng của khí hậu

Vùng khí hậu

Vùng ẩm ướt

I ẩm ướt suốt năm

II ẩm ướt theo mùa

III Độ ẩm rất thấp

Sự hư hại nghiêm trọng do độ ẩm tăng lên

Thấp, Trung bình, Cao

Miêu tả (bóc nhựa, phụt nước)

Khả năng thoát nước của lớp dưới - móng trên

Tốt, ở trạng thái giới hạn, Không chấp nhận

Khả năng thoát nước của nền đường

Tốt, ở trạng thái giới hạn, Không chấp nhận

Khả năng thoát nước của lớp mặt

Chấp nhận, Cần thiết phải cải tạo

Miêu tả

H.5 Đánh giá vật liệu áo đường

Điều kiện lớp mặt tốt, Phá hỏng

Miêu tả

Điều kiện lớp móng trên tốt, Phá hỏng

Miêu tả

Điều kiện lớp móng dưới tốt, Phá hỏng

Miêu tả

H.6 Đánh giá lớp đất nền đường (Lớp nền thượng)

Sự chịu tải của kết cấu

Thấp, Trung bình, Cao

Khả năng bị mềm yếu khi ẩm

Thấp, Trung bình, Cao

Khả năng bị trương nở

Có, Không

H.7 Đánh giá sự thực hiện bảo dưỡng áo đường trước đó

Nhỏ, vừa, lớn

Thiếu sự duy tu dẫn đến phá hỏng

Có, không

Miêu tả

H.8 Đánh giá tỷ lệ hư hỏng

Dài hạn

Thấp, Bình thường, Cao

Ngắn hạn

Thấp, Bình thường, Cao

H.9 Điều khiển giao thông trong thời hạn xây dựng

Có sẵn các đường tránh để có thể đóng cửa các làn xe được hay không?

Có, Không

Có phải thi công khi xe cộ vẫn đang lưu hành không?

Có, Không

Có thể thi công ở những giờ không phải là cao điểm hay không?

Miêu tả

H.10 Yếu tố hình học và an toàn

Năng lực hiện tại

Đủ, không đủ

Năng lực trong tương lai

Đủ, không đủ

Yêu cầu mở rộng hiện nay

Có, Không

Thống kê các vị trí hay xảy ra tai nạn

Vấn đề tĩnh không của cầu

Những vấn đề về chướng ngại vật dọc hai bên đường

Những vấn đề về các công trình công cộng

Các vấn đề cấp thiết về cầu

H.11 Xe và tải trọng

ADT (Hai chiều) là lưu lượng xe trung bình ngày

AADT (Hai chiều) là lưu lượng xe ngày theo trung bình năm

Số lượng tích lũy tải trọng trục xe tương đương 80 kN/ESAL's/năm

Tải trọng trục xe tương đương hiện tại 80 kN/ESAL's/năm

H.12 Lê đường

Điều kiện mặt đường của lê

Tốt, trung bình, xấu

Các diện tích phá hỏng cục bộ

Có, không

Phụ lục I

(Quy định)

Hướng dẫn thu thập số liệu hiện trường cho công tác cải tạo áo đường

I.1 Đơn vị phân tích cơ bản

Giới thiệu chung

Khi xem xét một dự án cải tạo áo đường qui mô lớn, người ta sẽ tiến hành những hoạt động đo đạc trên áo đường để thu thập các kết quả đo đạc, các điểm liên tục/không liên tục, để đánh giá khả năng chịu lực của kết cấu của áo đường. Những tham biến đặc trưng của áo đường là độ võng, chỉ số phục vụ, hệ số ma sát, các chỉ số về thực trạng áo đường, hoặc từng sự cố hư hỏng riêng như phần trăm nứt, chiều sâu vết lún...

Hình I.1 minh họa đồ thị điển hình của một biến số đặc trưng của áo đường - một hàm của khoảng cách dọc theo một đoạn đường. Qua những kết quả đo đạc một phản ứng của áo đường chúng ta sẽ thấy từ địa điểm này đến địa điểm khác có sự thay đổi, tại một số điểm có những thay đổi lớn. Tại những điểm có thay đổi lớn này, phản ứng chung của từng đoạn áo đường ở hai phía sẽ rất khác nhau, như chỉ rõ trong hình vẽ.

Những chênh lệch xảy ra khi đo đạc một áo đường có thể là do hai nguyên nhân chính. Trước hết đó là do "Sự biến đổi giữa các đơn vị" và nó phản ánh một hiện tượng là trong một dự án cải tạo đã cho, có thể tồn tại nhiều đơn vị (đoạn) đồng nhất theo tính chất thống kê. Khả năng có thể phân định ranh giới chung giữa những đơn vị này có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong công tác cải tạo áo đường vì những đơn vị này sẽ tạo thành cơ sở cho quá trình phân tích cụ thể sẽ tiến hành. Ví dụ, đối với những phản ứng khác nhau thể hiện trong Hình I.1, có thể tiến hành 4 nghiên cứu riêng biệt về cải tạo áo đường, (ví dụ, có 4 độ dày thiết kế lớp phủ riêng biệt).

Nguồn chênh lệch khác nữa là sự đa dạng tất yếu của biến số đặc trưng ngay trong phạm vi mỗi đơn vị, có thể gọi là "Sự biến đổi trong nội tại đơn vị" rất quan trọng vì nó liên quan đến độ tin cậy thiết kế cải tạo áo đường cuối cùng đạt được trong một dự án.

Việc đánh giá đúng đắn sự chênh lệch biến đổi giữa các đơn vị và trong phạm vi mỗi đơn vị có một tác động tích cực đối với thiết kế cải tạo áo đường. Nếu không quan tâm đến việc phân định các đơn vị và những biến đổi nội bộ của chúng sẽ xảy ra sự kém hiệu quả trầm trọng ở các giải pháp cải tạo áo đường: mỗi đơn vị sẽ bị thiết kế thiếu (hư hỏng sẽ xảy ra sớm hơn) hoặc thiết kế quá thừa (sử dụng vật liệu không đạt hiệu quả kinh tế).

I.2 Các phương pháp xác định đơn vị (đoạn)

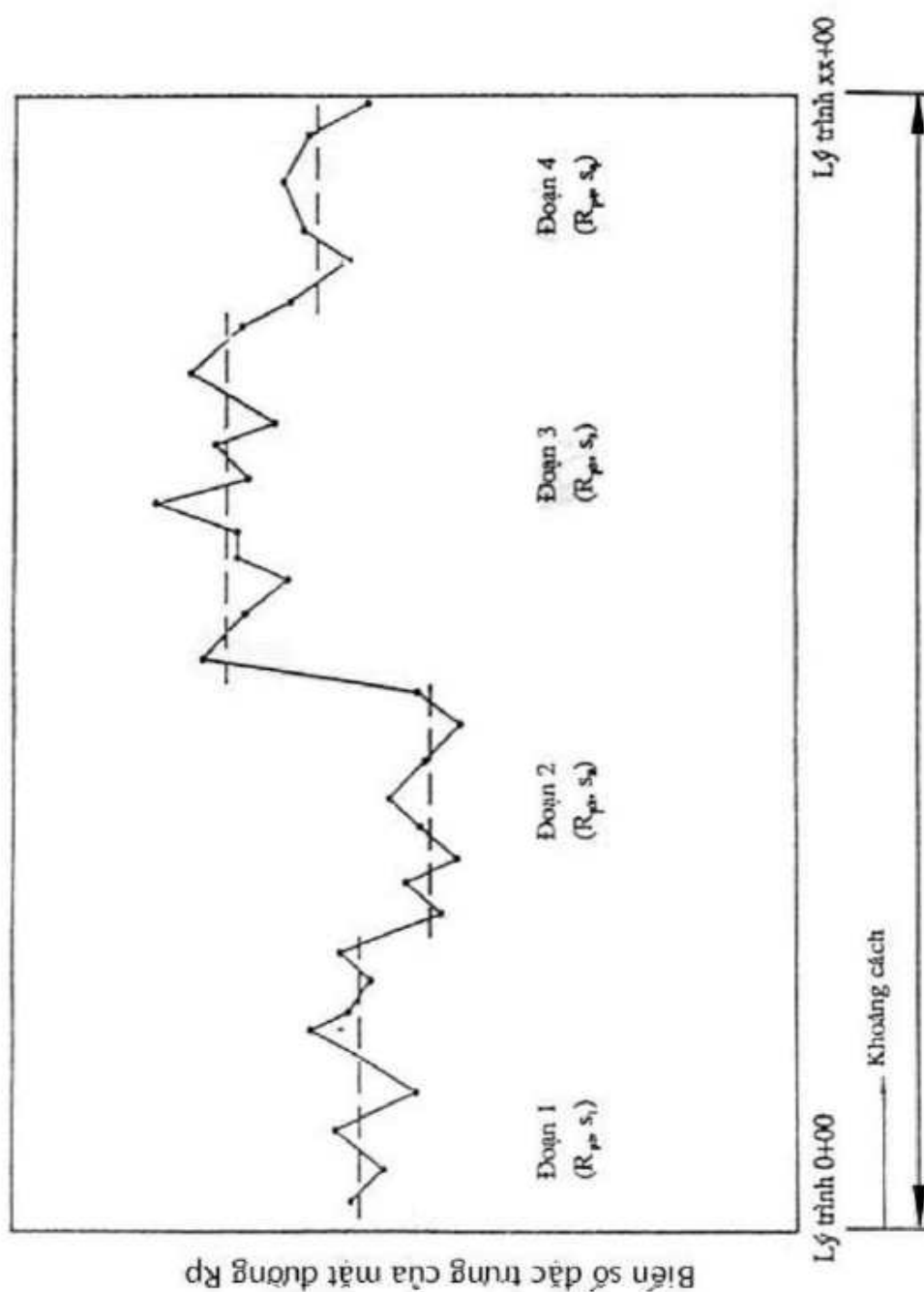
I.2.1 Phương pháp lý tưởng hóa

Để phân đoạn trên một chiều dài của áo đường, người kỹ sư cần tách rời từng yếu tố ảnh hưởng đến khả năng phục vụ của áo đường. Những yếu tố đó là:

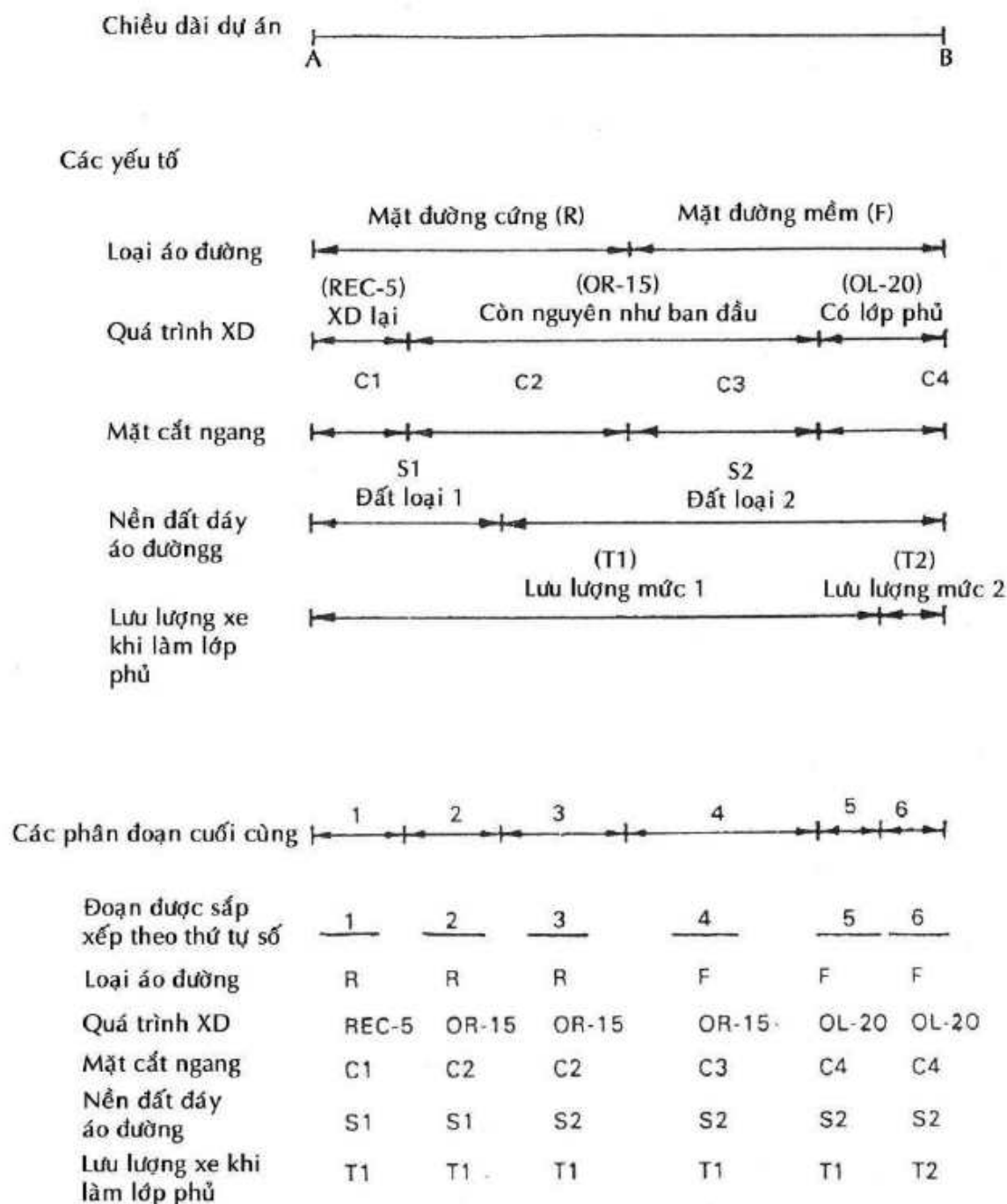
- Loại mặt đường
- Quá trình (lịch sử) xây dựng, (bao gồm cả cải tạo và đại tu)
- Trắc ngang của áo đường (loại vật liệu sử dụng trong các lớp/chiều dày của lớp)
- Lớp nền
- Lượng giao thông
- Thực trạng áo đường
- Sổ tay thu thập số liệu tại hiện trường

Trong điều kiện lý tưởng, người kỹ sư sẽ sử dụng ngân hàng dữ liệu về áo đường để đánh giá những yếu tố này. Hình 1.2 minh họa về phương pháp sử dụng thông tin này để xác định các đơn vị phân tích, được xác định bằng sự kết hợp độc đáo giữa những yếu tố về khả năng phục vụ của áo đường.

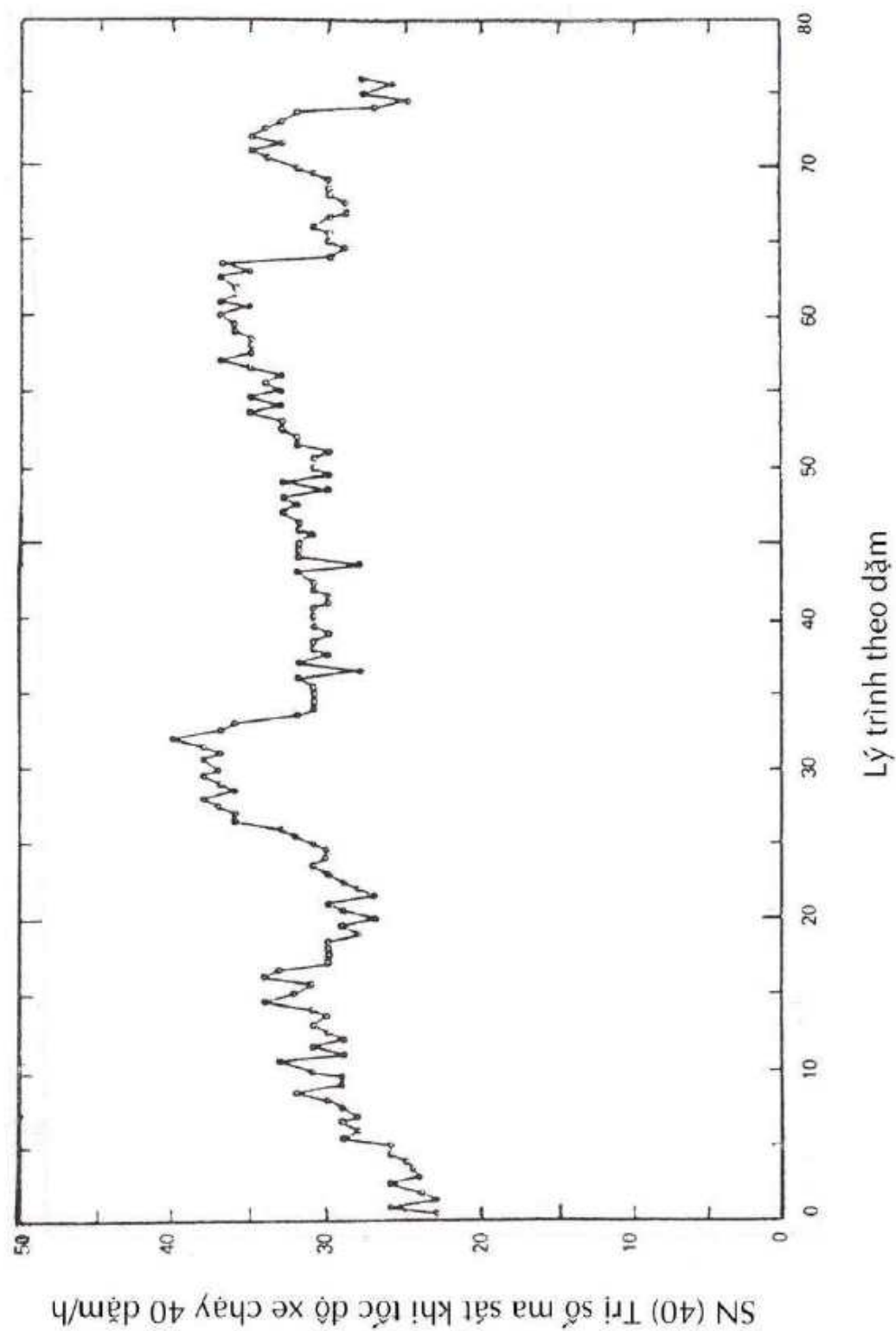
Khi phân định các đơn vị phân tích, yếu tố đánh giá khó khăn nhất là yếu tố về nền đường. Có thể hồ sơ lưu trữ cho thấy lớp đất nền hoàn toàn đồng nhất nhưng những hoạt động đào đắp, đất, những quá trình đầm nén khác nhau, công tác thoát nước, các vị trí địa hình, và các vị trí nước mặt sẽ làm thay đổi cường độ của các lớp nền ngay cả khi trên “cùng một loại đất như nhau”.



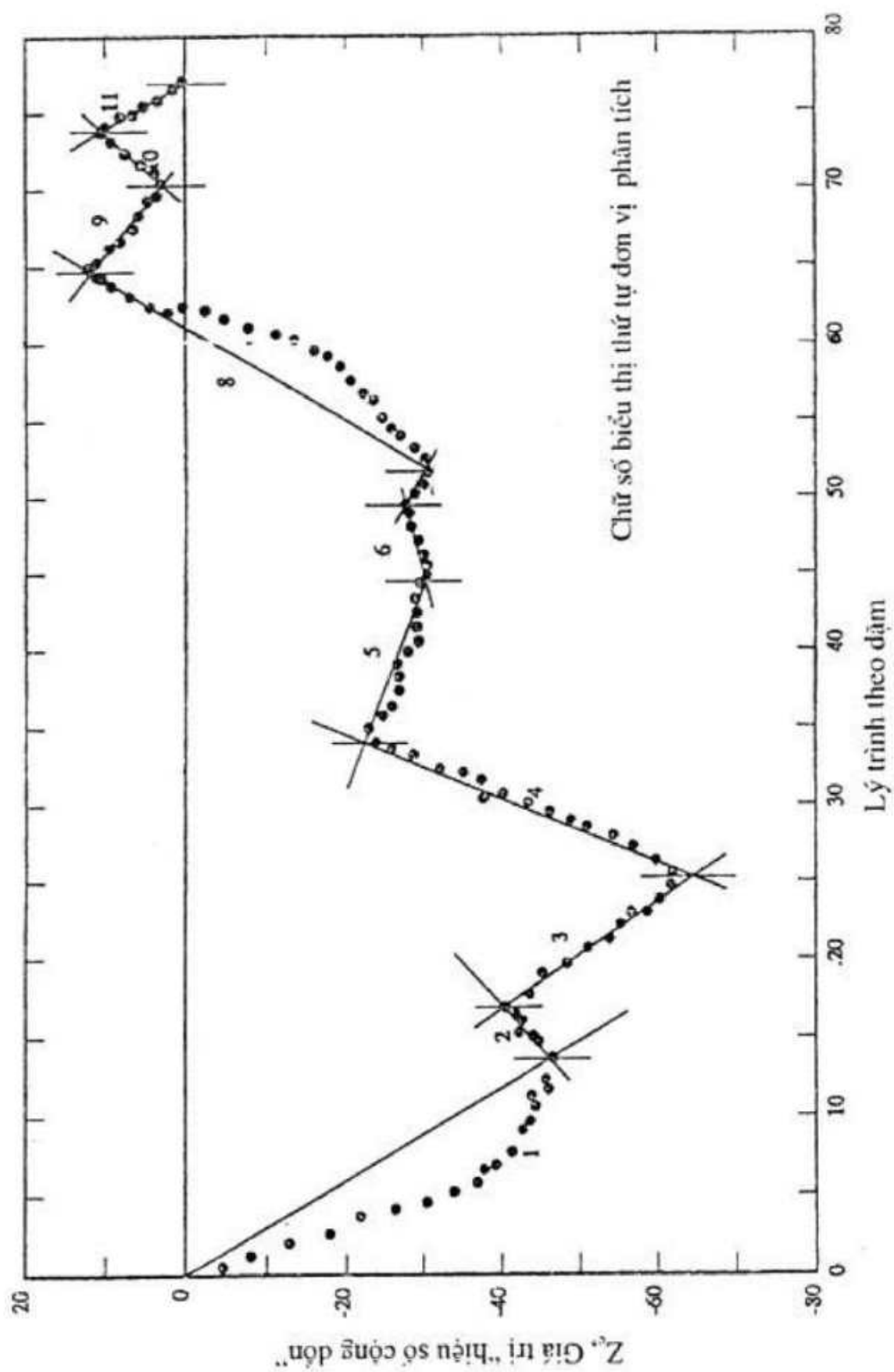
Hình I.1 – Biến đổi đặc trưng diễn hình của áo đường theo chiều dài, (vẽ cho một dự án cụ thể)



Hình I.2 – Phương pháp lý tương hóa dùng cho việc mô tả đơn vị phân tích



Hình I.3 – Kết quả đo độ ma sát FN (40) theo khoảng cách dọc theo dự án



Hình 1.4 – Cách phân định các đơn vị (đoạn) phân tích bằng phương pháp "Hiệu số cộng dồn"

1.2.2 Phương pháp đo biến số đặc trưng của áo đường

Thông thường, kỹ sư không thể xác định chính xác mức độ có tính thực tế của những yếu tố về khả năng phục vụ của áo đường và phải căn cứ vào quá trình phân tích về một biến số đặc trưng của áo đường đo đạc được (ví dụ, độ võng, hệ số ma sát...) để phân định đơn vị. Người thiết kế phải triển khai vẽ biểu đồ của biến số đặc trưng đã đo được như là một hàm của khoảng cách dọc theo dự án. Công tác này có thể làm theo phương pháp thủ công hoặc trên các hệ thống đồ họa phân tích dữ liệu bằng máy tính.

Để minh họa cho giải pháp này, Hình 1.3 là một biểu đồ về kết quả các hệ số ma sát, FN (40), theo từng lý trình dọc theo một hệ thống đường bộ cụ thể có thể dùng ví dụ minh họa này sử dụng độ võng như là biến số đặc trưng của áo đường, vì trình tự này sẽ như nhau cho bất kỳ biến số đặc trưng nào của áo đường được lựa chọn (ví dụ, điều kiện áo đường, khả năng phục vụ, chiều sâu lún, hệ số ma sát, độ võng...)

Khi đã đưa ra biểu đồ của một biến số đặc trưng của áo đường, có thể sử dụng nó để phân định các đơn vị theo nhiều phương pháp khác nhau. Trình tự phương pháp được đề xuất gọi là "Hiệu số cộng dồn". Trình tự phân tích này dễ dàng đáp ứng được cho việc đánh giá bằng máy tính, dựa vào nguyên tắc toán học đơn giản là khi biến số Z_c (được xác định bằng hiệu số giữa diện tích nằm dưới đường cong đo biến số đặc trưng tại bất kỳ khoảng cách nào và tổng diện tích được tính từ đường trung bình của biến số đặc trưng của toàn bộ tuyến đường thiết kế, tại cùng khoảng cách đó) được vẽ thành biểu đồ như là một hàm của khoảng cách dọc theo tuyến đường, thì các ranh giới (các biên) của đơn vị (đoạn) sẽ xảy ra tại vị trí mà các độ dốc của biểu đồ (Z_c đối với X) thay đổi dấu. Hình 1.4 là một biểu đồ của biến số "Hiệu số cộng dồn" Z_c theo các số liệu trong Hình 1.3. Với ví dụ này, 11 đơn vị (đoạn) phân tích sơ bộ đã được xác định. Sau đó, Kỹ sư phải đánh giá chiều dài của từng đơn vị để xác định có nên kết hợp hai hay nhiều đơn vị khi xem xét những vấn đề thực tế trong xây dựng và các lý do kinh tế. Việc kết hợp những đơn vị này có thể thực hiện liên quan đến độ nhạy cảm của các giá trị trung bình của biến số đặc trưng cho từng đơn vị theo khả năng phục vụ của những thiết kế về cải tạo áo đường trong tương lai (xem cách phân tích các phân đoạn theo phương pháp hiệu số cộng dồn ở TCVN 8867:2011).

1.3 Khảo sát hệ thống thoát nước trong cải tạo áo đường

1.3.1 Vai trò của hệ thống thoát nước trong cải tạo áo đường

Những hư hại trên áo đường thường là do độ ẩm gây ra hoặc độ ẩm làm tăng nhanh hư hại trong kết cấu áo đường. Khi thiết kế cải tạo áo đường, Kỹ sư phải điều tra nghiên cứu vai trò của công tác cải tạo hệ thống thoát nước trong việc sửa chữa sự xuống cấp của áo đường. Những sự cố trên mặt đường mềm do độ ẩm bao gồm hiện tượng bong bật, lún, lồi lõm, nứt mối, và ổ gà.

1.3.2 Hồ sơ về áo đường, địa hình, hình học

Bước đầu tiên trong đánh giá áo đường là kiểm tra hồ sơ xây dựng. Ví dụ, thiết kế ban đầu dựa trên những điều kiện gì. Sau đó phải tiếp tục kiểm tra số liệu đã thu thập trước đây về hệ thống thoát nước, các trắc ngang và trắc dọc của áo đường như sau:

- Độ dốc dọc
- Độ dốc ngang
- Chiều rộng các lớp áo đường
- Chiều dày các lớp
- Chiều sâu đào, chiều cao đắp
- Mái dốc và các loại công trình phụ trợ trên áo đường (rãnh, cống.)
- Hệ thống thoát nước dưới mặt đường tại hiện trường.

Nếu áo đường hình thành các hư hỏng liên quan đến độ ẩm, điều đó chứng tỏ rằng hệ thống thoát nước ban đầu không đáp ứng được những yêu cầu hiện nay của áo đường. Việc đánh giá hệ thống thoát nước sẽ bộc lộ cho người kỹ sư nhận thấy hệ thống thoát nước hiện tại chỉ cần sửa chữa và bảo dưỡng, hay cần phải bổ sung thêm một số công trình phụ trợ. Bước tiếp theo là xem xét bản đồ địa hình của những công trình phụ trợ ảnh hưởng đến chuyển động của nước dưới mặt đường và nước trên mặt đường trong khu vực dự án. Liệu ở phía nằm cao hơn mặt đường có hồ, suối, hoặc những vùng ẩm ướt theo mùa hay không.

Việc đánh giá hệ thống thoát nước đòi hỏi phải điều tra những vấn đề tại công trình, tốt hơn là trong mùa mưa. Sau đây là một trong số những câu hỏi để phỏng vấn khi thực hiện điều tra hiện trường:

- Nước chảy ở đâu và chảy như thế nào qua mặt đường?
- Nước tập trung ở những vị trí nào trên mặt đường và gần mặt đường?
- Mức nước trong các rãnh là bao nhiêu?
- Những khe nối và các vết nứt có nước hay không?
- Nước có đọng thành vũng trên lề đường không?
- Có loại cây cỏ ưa nước nào sinh sôi nảy nở dọc theo lề đường không?
- Bên mép đường có quan sát thấy loại vật liệu mịn nào đọng lại hay hiện tượng phụt nước nào không?
- Nước chảy vào có mảnh vỡ, vôi vữa hay có hiện tượng lắng đọng không?
- Các mối nối và vết nứt có được gắn kín không?

Việc khảo sát hiện trường cũng phải bao gồm việc thanh tra để xác định xem những công trình phụ trợ cho hệ thống thoát nước trong thiết kế ban đầu trên thực tế có được xây dựng không. Không được đưa ra những giả định về vấn đề này, vì thiết kế đôi khi cũng thay đổi. Phải tìm kiếm những số liệu về công tác bảo dưỡng tại chỗ, và điều tra về những trình tự dọn sạch hệ thống thoát nước đã lập kế hoạch.

1.3.3 Các đặc tính của vật liệu

Việc xác định những đặc tính của vật liệu cần khảo sát sẽ phụ thuộc vào 2 yếu tố: loại hư hại của áo đường do độ ẩm gây ra và các lớp của áo đường xảy ra hư hại. Bảng 1.1 liệt kê một số đặc tính của vật liệu có thể cần phải khảo sát cho từng lớp một trong 3 lớp – nền, lớp cấp phối đá, mặt đường.

Nếu có thể, phải kết hợp giữa việc thu thập số liệu về vật liệu và việc đánh giá tổng thể về dự án. Ví dụ, nếu phải khoan lấy mẫu để xác định chiều dày của lớp, có thể lấy mẫu đất nền đồng thời với việc thử nghiệm về thoát nước. Theo phương pháp này, chi phí đánh giá sẽ được hạn chế đến mức tối thiểu.

Bảng I.1 – Các đặc tính của vật liệu liên quan đến những sự cố thoát nước trên mặt đường

Nền đường	Phân loại chung	Thành phần hạt
	Mối liên hệ giữa khối lượng và thể tích	Phân loại đất
		Dung trọng khô tối ưu trong phòng thí nghiệm
		Độ ẩm tối ưu trong phòng thí nghiệm
		Dung trọng khô tại hiện trường
		Độ ẩm tại hiện trường
	Những đặc điểm liên quan đến thoát nước	Độ thấm
		Độ rỗng hữu hiệu
		Mao dẫn
Các lớp dạng hạt	Phân loại chung	Thành phần hạt
		% thành phần hạt mịn
		Giới hạn Attenberg
		Phân loại
		Hàm lượng độ ẩm tối ưu trong phòng thí nghiệm
		Dung trọng khô tại chỗ
		Hàm lượng độ ẩm tại chỗ
	Những đặc điểm liên quan đến thoát nước	Độ thấm
		Độ rỗng hữu hiệu
		Mao dẫn
Bề mặt	Cấp phối	Bong bột
		Phản ứng của cốt liệu hạt

Tóm lại, chỉ khi nào người kỹ sư xác định được sự cố của áo đường do độ ẩm gây ra và tìm hiểu được quá trình phát triển của những sự cố này, thì kỹ sư mới có thể thiết kế những phương án cải tạo áo

đường để khắc phục những sự cố này và ngăn chặn những sự cố đó tái diễn. Để tăng giá trị kinh tế cho quá trình thoát nước, phải tập trung mọi nỗ lực để triển khai những giải pháp cải tạo hệ thống thoát nước thích hợp với những giải pháp đang được xem xét để sửa chữa những hư hỏng khác trên áo đường hiện tại.

1.4 Khảo sát thực trạng của áo đường

1.4.1 Giới thiệu chung

Những khảo sát chính xác về thực trạng áo đường để đánh giá những hư hỏng trên áo đường có ý nghĩa rất quan trọng để thực hiện thành công một phương pháp cải tạo áo đường. Những kết quả khảo sát thực trạng hư hỏng cùng với những kết quả về khả năng phục vụ, hệ thống thoát nước và những khảo sát đánh giá về kết cấu cung cấp những thông tin cần thiết cho người kỹ sư thiết lập một giải pháp hiệu quả cải tạo áo đường. Như vậy, trước khi tiến hành bất kỳ công tác thiết kế cải tạo nào, nhất thiết phải thực hiện những hoạt động khảo sát sâu rộng.

Nên kết hợp toàn bộ những số liệu lưu trữ về tình trạng hư hại của áo đường thành một "chỉ số tình trạng mặt đường PCI" – chỉ số này đánh giá tình trạng chung của áo đường và có thể cho thấy cần thực hiện công tác bảo dưỡng nào. Chính công việc này sẽ là một phương tiện kỹ thuật bổ sung đắc lực trong việc hoạch định cải tạo áo đường nói chung ở mức độ cấp dự án và mức độ mạng lưới.

1.4.2 Các loại hư hỏng của áo đường

Khi tiến hành khảo sát tình trạng mặt đường, cần có một số thông tin tối thiểu để giúp người kỹ sư đưa ra những quyết định quan trọng về những yêu cầu và những giải pháp cải tạo áo đường. Những thông tin đó là:

- Loại hư hỏng - xác định loại hư hỏng hiện đang xảy ra trong áo đường. Dạng hư hỏng cần được phân loại tùy theo các cơ chế phát sinh của chúng.
- Mức độ nghiêm trọng của hư hại: Ghi mức độ nghiêm trọng của mỗi loại hư hỏng và đánh giá mức độ xuống cấp.
- Số lượng hư hỏng - xác định tỷ lệ diện tích (chiếm bao nhiêu % trong dự án) bị ảnh hưởng của mỗi loại hư hỏng và mức độ nghiêm trọng.

Như đã trình bày trong phần trước, không phải toàn bộ những hư hỏng áo đường đều xuất phát từ những cơ chế kết cấu; những yếu tố như khí hậu, chất lượng xây dựng có thể cũng tác động tương hỗ theo chiều hướng phức tạp gây ra những hư hại trên mặt đường. Hơn nữa, nhiều hư hỏng của áo đường có thể xuất phát từ nhiều cơ chế khác nhau. Bảng 1.2. Phân loại hư hỏng áo đường mềm theo nguyên nhân.

Bảng I.2 – Phân loại chung các loại hư hỏng trên mặt đường nhựa

Loại hư hỏng	Nguyên nhân gây ra do xe cộ là chính	Nguyên nhân gây ra do thời tiết/vật liệu là chính
1. Nứt thành lưới hay nứt do mỏi	X	X
2. Chảy nhựa		X
3. Nứt khối		X
4. Mặt đường gợn sóng		X
5. Mặt đường bị lún		X
6. Nứt phản ảnh tại các khe nối từ các tấm PCC		X
7. Lăn xe/Vai đường bị thụt xuống hoặc bị đội lên		X
8. Lăn xe/Vai đường bị tách ra		X
9. Vết nứt dọc và ngang		X
10. Các miếng vá bị hư hỏng	X	
11. Vật liệu đá bị mài nhẵn	X	
12. Các ổ gà	X	
13. Hiện tượng phụt nước và rỉ nước	X (mức độ vừa, nặng)	X (mức độ nhẹ)
14. Bong bật và phong hoá		X
15. Vết hằn bánh xe	X	
16. Nứt trượt		X
17. Trương nở		X

1.4.3 Đánh giá khả năng chịu lực hữu hiệu của kết cấu áo đường – thí nghiệm không phá hỏng (NDT)

Để đánh giá khả năng chịu lực hiệu quả của kết cấu áo đường SN_{eff} , cần sử dụng thiết bị FWD và những kết quả đo đạc của chậu vồng.

Thiết bị FWD dùng để xác định các khu vực áo đường bị yếu. Ví dụ, các mặt đường bị nứt thì độ vồng sẽ tăng lên, do đó các mô đun lớp dự đoán sẽ kém hơn và/hoặc khả năng chịu tải trọng của mặt đường sẽ bị giảm tương ứng. Tương tự như vậy, độ ẩm tăng lên sẽ làm thay đổi phản ứng đo qua chậu vồng của mặt đường và như vậy sẽ ảnh hưởng đến những phản ứng của vật liệu tại chỗ/vật liệu đã sử dụng trong xây dựng. Tóm lại, phân tích bằng chậu vồng là một kỹ thuật để đưa ra những dự đoán chính xác nhất về những đặc tính lớp vật liệu tại chỗ trên thực tế, chính những đặc tính này sẽ quyết định khả năng chịu lực của kết cấu tổng thể của áo đường.

Trình tự thử nghiệm đo vồng và xác định SN_{eff} đã được giới thiệu chi tiết ở Phụ lục D.

- Thiết bị FWD xác định được độ vồng của áo đường và cường độ của vật liệu tại chỗ (mô đun, cường độ).
- Để xác định độ dày của các lớp và loại vật liệu trong lớp, cần phải tiến hành một số thí nghiệm phá hoại (khoan, đào).

Trong khi các thông tin trong hồ sơ lưu trữ có thể sẵn có, tầm quan trọng đặc biệt và độ nhạy cảm của thông số này đòi hỏi phải sử dụng thí nghiệm phá huỷ để kiểm tra/điều chỉnh nguồn thông tin lưu trữ. Riêng loại vật liệu của lớp có thể được xác định từ các thông tin của hồ sơ áo đường trừ phi có hoàn cảnh đặc biệt chế ngự. Một số lượng hạn chế những mẫu được lấy tại những địa điểm chọn một cách ngẫu nhiên có thể được sử dụng để kiểm chứng nguồn thông tin lưu trữ.

Tóm lại, khi thí nghiệm không phá hoại NDT chiếm ưu thế hơn thí nghiệm phá huỷ, một chương trình thí nghiệm hiện trường toàn diện về mặt kỹ thuật nên bao gồm một chương trình thí nghiệm phá huỷ bổ sung để đảm bảo độ chính xác cho những thông tin thu thập được. Hệ thống kiểm tra hai lần này đảm bảo rằng những số liệu không chính xác sẽ không được sử dụng trong thiết kế cải tạo áo đường.

Phụ lục K

(Tham khảo)

Các phương pháp cải tạo không dùng lớp phủ

Có thể áp dụng nhiều kỹ thuật cải tạo áo đường khác nhau để kéo dài tuổi thọ áo đường mà không cần sử dụng lớp phủ. Một số trong số các kỹ thuật này có thể ứng dụng trước khi rải lớp phủ. Việc sử dụng các kỹ thuật này thường là một giải pháp chi phí có hiệu quả (trong khuôn khổ chi phí chu trình tuổi thọ), và làm chậm lại việc thay thế lớp phủ tốn kém, việc tái chế hoặc làm chậm lại quá trình xây dựng lại trong vòng vài năm. Khi đánh giá tính khả thi và hiệu quả ứng dụng các phương pháp cải tạo này cần phải cân nhắc một vài yếu tố như tình trạng hư hỏng bề mặt, tình trạng kết cấu và tình trạng thuộc về chức năng của áo đường hiện tại. Phụ lục này nói về nền tảng và các phương pháp luận liên quan đến giải pháp cải tạo không dùng lớp phủ.

K.1 Đánh giá tình trạng áo đường

Đánh giá tình trạng áo đường gồm việc xem xét các vấn đề cụ thể đang tồn tại trong áo đường. Điều này đòi hỏi phải xác định các loại và các nguyên nhân gây ra tình trạng hư hỏng cũng như mức độ xuống cấp của áo đường.

K.1.1 Hư hỏng bề mặt

Những loại hư hỏng thể hiện rất cơ bản và rõ ràng tình trạng áo đường hiện tại. Mỗi loại hư hỏng là hậu quả của một hay nhiều nguyên nhân, mà khi đã phát hiện ra, nó sẽ chỉ rõ phương pháp cải tạo nào là cần thiết. Như liệt kê dưới đây, những số liệu về tình trạng hư hỏng sẽ rất có ích cho việc lựa chọn những giải pháp cải tạo không dùng lớp phủ.

- (1) Trong các kế hoạch và các dự toán, phải xác định và dự tính khối lượng cho những loại hư hỏng ở mức độ vừa hoặc nghiêm trọng cần phải sửa chữa.
- (2) Việc kiểm tra toàn bộ số liệu đã thu thập về tình trạng hư hỏng sẽ cho biết tình trạng áo đường trong một dự án có khác biệt nhiều hay không. Sau đó có thể điều chỉnh công tác sửa chữa cho phù hợp với từng tình trạng áo đường cụ thể nhằm giảm thiểu các chi phí.
- (3) Các kết quả khảo sát tình trạng hư hỏng có thể cho biết những thí nghiệm nào cần được bổ sung để thu thập được các số liệu đủ cho công tác thiết kế.

Các số liệu về tình trạng hư hại của áo đường sẽ rất hữu ích để tìm ra cơ chế sự xuống cấp của áo đường. Có thể phân loại tình trạng hư hại của áo đường thành loại hư hỏng do tải trọng và hư hỏng không do tải trọng, bao gồm công tác thiết kế, thi công, vật liệu kém bền và yếu tố khí hậu. Những hiểu biết này giúp cho người kỹ sư xác định được kỹ thuật cải tạo thích hợp.

K.1.2 Tình trạng thuộc về kết cấu

Lĩnh vực liên quan nhiều nhất đến tính khả thi của phương pháp cải tạo không dùng lớp phủ là tính thích hợp về mặt kết cấu của áo đường. Chỉ những áo đường tương thích về mặt kết cấu hoặc áo đường được khôi phục lại trong tình trạng tương thích về kết cấu, mới đủ tiêu chuẩn sử dụng phương pháp cải tạo không dùng lớp phủ. Việc đánh giá kết cấu phải chỉ rõ liệu áo đường có thể chịu được hay không tải trọng xe tương lai trong suốt tuổi thọ thiết kế mà không sử dụng lớp phủ để cải thiện kết cấu.

Các loại hư hỏng hiện tại là một nguồn thông tin tốt để đánh giá ảnh hưởng của tải trọng xe lên mặt đường trong thời gian qua. Nếu đó là một hư hỏng nặng do tải trọng xe gây ra, thì phải xem xét lại tính tương thích của kết cấu của áo đường hiện tại. Trên các đường nhiều làn xe, sự khác biệt về mức độ hư hại khác nhau giữa các làn xe bên trong và các làn xe bên ngoài chính là một bằng chứng cho thấy tác động của xe tải đối với tính tương thích kết cấu của áo đường. Kết cấu là tương thích nếu chịu được tải trọng xe trong thời gian đã qua và trong tương lai. Khi sử dụng phương pháp này, phải xác định được những đặc tính của áo đường hiện tại; không thể giả thiết rằng chúng tương đương với các đặc tính ban đầu của áo đường tại thời điểm đang thi công. Các trình tự thử nghiệm không phá hủy – NDT trình bày trong tiêu chuẩn này đã đưa ra những hướng dẫn để ước tính tuổi thọ kết cấu còn lại của mặt đường.

K.1.3 Tình trạng thuộc về chức năng

Tình trạng thuộc về chức năng của áo đường thể hiện khả năng phục vụ người sử dụng áo đường, và các chỉ số chính sẽ gồm:

- Độ gồ ghề,
- Sự chống trượt/trượt do màng nước,
- Vết bề ngoài của mặt đường, và
- Các vấn đề khác về an toàn.

Để đánh giá đầy đủ tình trạng thuộc về chức năng của áo đường cần phải đo độ gồ ghề và khả năng chống trượt ở mỗi làn xe trong dự án. Khi thiết kế phương án cải tạo phải chú trọng đặc biệt đến những đoạn đường quá gồ ghề và/hoặc khả năng chống trượt kém.

Việc đánh giá tổng thể áo đường nên lưu ý những yếu tố được trình bày trong Hình K.1.

CÁC SỐ LIỆU YÊU CẦU	SỬA CHỮA TOÀN BỘ CHIỀU DÂY	VÀ MỘT PHẦN CHIỀU DÂY	MÀI	TÁI SINH	LÀNG NHIỆ	THOÁT NƯỚC ĐUỐI AO ĐỒNG	GAN LẠI MỖI NƠI	XỬ LÝ BỀ MẶT	LỚP PHỦ
THIẾT KẾ MẶT ĐỒNG	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SỐ LIỆU XÂY DỰNG GỐC	□		□	□		□	□		□
TUỔI	□	□	□	□		□		□	□
TÍNH CHẤT VẬT LIỆU	•	□	□	•	□	□			•
NỀN ĐỒNG				•	□	•	□		•
KHÍ HẬC				□	□	□	□	•	□
TÀI TRỌNG VÀ LƯU LƯỢNG NƠI	•		•	•	□	•	□	•	•
HƯ HONG	•	•	•	•	•	•	•	•	•
NDT	□			□	•			□	•
THỬ NGHIỆM PHẢ HOẠI VÀ LAY MẮC		•	□	•	□				•
ĐỘ NHÃM			□	□					
CÁI ĐỌC BỀ MẶT			•						□
THOÁT NƯỚC	•		□	•	□	•	•	□	•
ĐUY TỤ TRƯỚC ĐÓ	•		□	□		□	□	□	□
CÁC BỤ ĐÂY NỖ									
CÁC CÔNG TRÌNH PHỦ TRỖ	•			•	□	□			•
CÁC GIAI PHÁP KIỂM SOÁT GIẢI THÔNG	•	•	•	•	•	•	•	•	•
TÍNH KHÔNG THEO CHIỀU DUNG				•					□
HÌNH HỌC TUYẾN				□					□

CHỦ THÍCH • RẤT CẦN CÓ □ MONG MUỐN (NÊN CÓ)

Hình K.1 – Các số liệu yêu cầu cho các kỹ thuật cải tạo khác nhau

K.2 Việc triển khai các phương án và các giải pháp khả thi

Một phương án khả thi là phương án có thể giải quyết được vừa nguyên nhân gây hư hỏng lại vừa đạt hiệu quả trong sửa chữa hư hỏng và ngăn ngừa sự tái diễn những hư hỏng này, trong khi vẫn đáp ứng được các ràng buộc của dự án.

Bảng K.1 đưa ra những kiến nghị cụ thể trong việc lựa chọn các phương pháp đề xuất để sửa chữa hư hỏng và ngăn ngừa sự tái diễn những hư hỏng đó. Với mỗi loại hư hỏng có thể áp dụng một hoặc nhiều phương pháp sửa chữa và/hoặc bảo dưỡng. Nếu phương pháp sửa chữa và bảo dưỡng nào thoả mãn được các yêu cầu của áo đường và đáp ứng được các khống chế bắt buộc (chẳng hạn nguồn vốn có sẵn và khả năng kéo dài tuổi thọ tối thiểu), thì những phương pháp đó đủ tiêu chuẩn để chọn làm phương án cải tạo khả thi.

Để sử dụng có hiệu quả nhất nguồn vốn hạn hẹp sẵn có, người kỹ sư phải lựa chọn cho dự án phương án có chi phí hiệu quả nhất. Bảng sau đây đưa ra một ví dụ minh họa thông qua việc lựa chọn phương pháp cải tạo đối với áo đường mềm hiện đang bị hư hỏng.

Bảng K.1 – Lựa chọn phương pháp cải tạo đối với áo đường mềm

Hư hỏng hiện tại	Phương pháp sửa chữa kiến nghị	Biện pháp phòng ngừa kiến nghị
Vết nứt ngang	Vá đủ chiều sâu	Hàn gắn khe nổi
Bong tróc	Láng nhựa	Làm "trẻ hóa" lại lớp láng mặt
		Láng dạng sương
Vết hằn bánh xe	Nghiền nguội các vết lún Rải vữa nhựa/vữa nhựa polime	Không có

Đối với mỗi loại hư hỏng của áo đường phải chọn một phương pháp sửa chữa và một hay nhiều phương pháp phòng ngừa thích hợp. Nếu chỉ tiến hành sửa chữa thì khi mặt đường được thông xe, cơ chế gây ra hư hỏng sẽ ngay lập tức bắt đầu phá huỷ. Sau khi mỗi loại hư hỏng được xử lý bằng một phương pháp sửa chữa thích hợp, phải sử dụng một hay nhiều phương pháp ngăn ngừa nhằm đưa ra một thiết kế có hiệu quả về mặt giá thành.

Nhiều dự án thể hiện nhiều loại hư hại áo đường khác nhau, vì vậy, cần phải áp dụng kết hợp nhiều phương pháp sửa chữa và ngăn ngừa khác nhau. Nhiều phương pháp kết hợp giữa bảo dưỡng và sửa chữa thường xuyên được sử dụng để phục hồi tình trạng mặt đường bị xuống cấp về trạng thái phục vụ tốt trong một thời gian dài. Phải đánh giá hiệu quả chi phí của mỗi phương án và quyết định lựa chọn cuối cùng sẽ dành cho phương án có hiệu quả cao nhất về mặt giá thành.

K.3 Các phương pháp cải tạo chính không dùng lớp phủ

Các phương pháp cải tạo chính sau đây có thể sử dụng làm các giải pháp kỹ thuật không dùng lớp phủ:

- (1) Công tác sửa chữa toàn bộ chiều sâu bị hư hại

- (2) Vá đến chiều sâu bị hỏng
- (3) Trám vết nứt
- (4) Lãng và vá cục bộ
- (5) Cào nghiền áo đường
- (6) Thoát nước dưới áo đường
- (7) Xử lý bề mặt

K.3.1 Công tác sửa chữa toàn bộ chiều sâu bị hư hỏng

Công tác sửa chữa toàn bộ chiều sâu có thể sử dụng cho tất cả các loại áo đường và là hạng mục tiêu biểu cần chi phí lớn trong một dự án cải tạo đường.

Bước đầu tiên trong quá trình sửa chữa là xác định vị trí và các ranh giới. Phải xác định được những khu vực bị hư hỏng cụ thể cần sửa chữa và các ranh giới. Phải xác định được những khu vực lớn bị hư hỏng nặng để đào bỏ hết và thay thế.

Có 2 loại hỗn hợp nhựa chính dùng để vá, đó là: (a) hỗn hợp trộn và lu lên khi hỗn hợp còn nóng, và (b) hỗn hợp trộn sau đó lưu giữ một thời gian trước khi sử dụng hỗn hợp rải nguội.

Vá sửa bằng nhựa không chỉ dùng để sửa chữa cục bộ (chẳng hạn như vá ổ gà). Các đoạn lớn trên mặt đường mềm có thể nảy sinh các vết nứt mới, điều đó thể hiện cường độ kết cấu không thích hợp. Nếu những đoạn này không được vá sửa đúng thì bất cứ biện pháp rải lại bề mặt nào đều sẽ chỉ lãng phí tiền bạc mà thôi, bởi vì lớp phủ sẽ nhanh chóng bị hư hỏng tại những đoạn này.

K.3.2 Trám lại vết nứt và khe nổi

Công tác trám và trám lại các vết nứt và khe nổi trên mặt đường bê tông nhựa là một phần quan trọng trong công tác cải tạo đường, tuy nhiên lại thường không được xem xét một cách thích đáng. Nếu trám khe nổi và các vết nứt tốt sẽ có thể kéo dài quá trình phục vụ và tuổi thọ mặt đường. Những lợi ích này gồm:

- (1) loại bỏ các vật cứng (lọt vào khe nứt) và ngăn ngừa sự xâm nhập tiếp theo, và
- (2) giảm sự xâm nhập của nước và những hoá chất có thể chảy theo vào trong khe nổi hoặc vết nứt.

Các chỗ hư hỏng, cần trám lại, thường là:

- các mối nối dọc theo làn xe/ lề đường,
- các mối nối dọc giữa các làn xe, và
- các vết nứt trên mặt đường bê tông nhựa.

Các vết nứt, không giống như những mối nối, có kích thước và hướng nứt rất khác nhau và điều đó rất khó cho công tác hàn gắn, tuy nhiên hầu hết các vết nứt đều không biến dạng như các khe nổi. Điều này cho phép vật liệu dùng để trám vết nứt phát huy hiệu quả tốt hơn nhiều so với khi trám khe nổi. Vì vậy,

trình tự trám vết nứt không đòi hỏi khắt khe như với khe nối. Nếu việc khảo sát tình trạng hư hại cho thấy khoảng cách giữa các vết nứt khá rộng gây ra các chuyển dịch lớn thì các vết nứt phải được xem như là các khe nối và phải xử lý giống như các khe nối.

Các vết nứt do nhiệt độ trên mặt đường bê tông nhựa là các vết nứt đang hoạt động, và có thể được xử lý giống như khe nối, vì chúng sẽ bị chuyển dịch lớn khi nhiệt độ thay đổi.

K.3.3 Cào nghiền nguội lớp mặt asphalt

Kỹ thuật cải tạo này được sử dụng rộng rãi kết hợp với các kỹ thuật khác để khôi phục tình trạng mặt đường tốt như mặt đường mới.

Cào nghiền nguội là việc sử dụng các máy cào xới thích hợp để bóc từng mảng lớp mặt bê tông nhựa sâu khoảng 7 cm tới 10 cm. Mục đích chính của việc cào nghiền nguội là đào bỏ lớp vật liệu asphalt. Những ứng dụng chính của việc cào nghiền nguội gồm:

- (1) Khôi phục độ dốc ngang của mặt đường bê tông nhựa để cải tạo sự thoát nước hoặc sửa chữa những sự cố tại đầu vào công trình thoát nước.
- (2) Tăng cường sức bám của lớp mặt bê tông nhựa.
- (3) Đào bỏ các lớp phủ bê tông nhựa trên mặt đường bê tông xi măng.
- (4) Tạo một bề mặt nhám, sạch để liên kết với lớp phủ bằng bê tông.
- (5) Cào xới vật liệu kết hợp với tái chế mặt đường, và
- (6) Đào bỏ vật liệu để tạo ra một bề mặt bằng phẳng (nơi mặt đường có cường độ kết cấu thích hợp).

Sau khi cào bóc vật liệu lớp mặt bằng phương pháp cào nghiền nguội, hầu hết mặt đường được rải thêm một lớp phủ. Ở một vài dự án đã thực hiện xong cào nghiền nguội và thông xe ngay không rải một lớp phủ thì tiếng ồn từ bánh xe rất lớn. Nếu như mặt đường có kết cấu thích hợp và mức độ gồ ghề trên đường không lớn để có thể chấp nhận tiếng ồn từ bánh xe, thì đây có thể là phương pháp rất hiệu quả về chi phí để trì hoãn công tác thi công lớp phủ lại trong vài năm.

K.3.4 Thiết kế thoát nước dưới mặt đường

Thoát nước dưới mặt đường là một vấn đề quan trọng khi tiến hành rải lại lớp mặt, khôi phục và cải tạo hệ thống áo đường.

Hệ thống thoát nước dưới mặt đường nên được thiết kế và xây dựng với ý đồ bảo dưỡng và làm việc dài hạn. Xem Phụ lục L – Các cấu tạo hệ thống thoát nước kết cấu áo đường.

K.3.5 Xử lý bề mặt

Việc sử dụng các lớp xử lý bề mặt hoặc dùng các lớp láng nhựa là một phương pháp cải tạo mặt đường dùng cho tất cả các loại áo đường nhựa, từ các đường có lưu lượng xe thấp tới các quốc lộ. Phương pháp cải tạo này sẽ sử dụng một lớp bitum và/hoặc cốt liệu rải lên lớp mặt đường có chiều dày nói chung

nhỏ hơn 2,5 cm để tăng cường hoặc bảo vệ được các đặc tính của lớp mặt đường. Nhìn chung, khi sử dụng lớp xử lý bề mặt sẽ có rất ít hoặc không có tác dụng cải thiện kết cấu áo đường trực tiếp. Tuy nhiên, vẫn có thể gián tiếp tăng tuổi thọ của áo đường khi sử dụng kỹ thuật này.

Sau đây sẽ trình bày cách xếp loại, các chức năng và việc thiết kế các lớp xử lý bề mặt.

K.3.6 Phân loại lớp láng nhựa hoặc lớp xử lý bề mặt

Khi phân loại các lớp láng nhựa và các lớp xử lý bề mặt người ta dựa vào thành phần của các lớp này, có thể chỉ có thành phần bitum hoặc thông thường là có cả bitum và cốt liệu. Dưới đây là một số loại điển hình:

(1) *Lớp tạo nhám cấp phối hở*. Lớp này là hỗn hợp giữa bitum và cốt liệu được thiết kế dùng để thoát nước ra khỏi lớp mặt đường qua một kết cấu hở và rỗng trong hỗn hợp. Nước thoát nhanh làm giảm những sự cố do nước đọng lại khi mưa. Các lớp này thường được sản xuất ở trạm trộn rồi đem rải lên mặt đường.

(2) *Lớp xử lý bề mặt bằng Cốt liệu – bitum (láng nhựa)*. Lớp xử lý này bao gồm việc rải lần lượt bitum và đá nhỏ thành một hay nhiều lớp để tạo thành một kết cấu dày 2 cm hoặc (lớn hơn), được gọi là lớp láng mặt. Đây là kiểu xử lý láng nhựa thông thường mà các cơ quan địa phương hay sử dụng. Lớp xử lý này cũng được sử dụng để láng lại mặt đường có lưu lượng xe thấp.

(3) *Lớp vữa nhựa pha cao su*. Đây là một loại đặc biệt xử lý bề mặt bằng cốt liệu – bitum. Vật liệu bitum được cải thiện bằng một loại hỗn hợp đặc dụng pha trộn bằng cao su và bitum.

(4) *Lớp vữa nhựa; lớp vữa nhựa polime*. Lớp láng nhựa dạng vữa gồm nhũ tương được pha loãng trộn với cốt-liệu đá nghiền nhỏ trong máy trộn đặc biệt. Lớp vữa nhựa này sau đó được rải mỏng trên bề mặt mặt đường. Nói chung, chiều dày của lớp này có thể nhỏ hơn 1,5 cm.

Hiện nay còn dùng loại vữa nhựa polime có chất lượng tốt hơn và đông rắn rất nhanh. Sau khi rải 1 giờ đã có thể thông xe, và có thể dùng từ 6 năm đến 7 năm.

(5) *Lớp láng dạng sương*. Lớp láng dạng sương là một loại nhũ tương pha loãng không sử dụng cốt liệu. Nó được láng lên bề mặt và tạo khả năng trẻ hóa một phần mặt đường bê tông nhựa. Khi chỉ rải trên phần xe chạy sẽ làm phân biệt rất rõ ràng giữa mặt đường và lề đường, nên thường được dùng trên các đường có lưu lượng xe lớn.

(6) *Lớp láng bằng cát*. Lớp láng bằng cát thi công bằng cách phun nhũ tương, rồi phủ nhẹ bằng cát hoặc đá nghiền nhỏ. Loại lớp láng này có chức năng giống như lớp láng dạng sương nhưng tạo ra một bề mặt chịu ma sát tốt hơn.

K.3.7 Các chức năng của lớp láng nhựa hoặc lớp xử lý bề mặt

Các lớp xử lý bề mặt có thể kéo dài được tuổi thọ phục vụ của mặt đường và giảm chi phí bảo dưỡng cho đến khi có thể triển khai một chương trình cải tạo có hiệu quả chi phí hơn. Các chức năng chính của lớp xử lý bề mặt là:

- (1) *Tạo một lớp bề mặt cho xe chạy.* Lớp xử lý bề mặt bằng cốt liệu – bitum tạo ra một lớp cốt liệu mới chịu lưu lượng xe, lớp này có thể bền hơn và có các đặc tính chịu mài mòn tốt hơn bề mặt ban đầu. Nhìn chung, lớp này tăng cường khả năng tạo nhám nhưng có thể không tăng độ bền của bề mặt. Để cải thiện tính bền, cốt liệu phải được thí nghiệm kỹ càng (Thí nghiệm độ bền Sulfate và độ mài mòn Los Angeles) để đảm bảo là cốt liệu đó đạt được độ bền qui định.
- (2) *Hàn gắn các vết nứt.* Việc sử dụng cốt liệu và/hoặc bitum trong các lớp này cung cấp một khối lượng khá lớn vật liệu bitum có thể trám các vết nứt nhỏ. Lớp xử lý bằng cốt liệu – bitum sẽ gắn lại hầu hết những vết nứt, trong khi đó lớp láng dạng sương chỉ gắn lại được những vết nứt rất nhỏ. Việc sử dụng bitum polime cung cấp loại vật liệu tốt nhất cho việc khắc phục các vết nứt và việc bảo dưỡng bằng lớp láng nhựa hiệu quả. Việc loại trừ hơi nước trong các khe nứt có thể kéo dài tuổi thọ mặt đường và trên thực tế có thể hỗ trợ duy trì cường độ kết cấu của áo đường.
- (3) *Lớp mặt không thấm nước.* Độ rỗng của mặt đường bê tông nhựa rất khác nhau và ở mức độ nào đó có thể cho nước xâm nhập qua kết cấu rỗng thông thường, sử dụng lớp bề mặt không thấm nước sẽ hạn chế sự thâm nhập của nước và giảm tốc độ xuống cấp của các áo đường hiện tại.
- (4) *Tăng cường khả năng tạo nhám chống trượt.* Sử dụng một lớp cấp phối hờ chống trượt sẽ giảm được nguy cơ xảy ra sự cố trên mặt đường do thời tiết, có thể giảm được nguy cơ xảy ra hiện tượng màng nước. Cốt liệu trong một lớp xử lý bề mặt đạt tiêu chuẩn có thể trực tiếp tăng cường khả năng chống trượt của mặt đường. Phải kiểm tra cấp phối của lớp xử lý bề mặt để đảm bảo rằng khả năng tạo nhám vẫn được giữ lâu sau khi xây dựng.
- (5) *Giảm các tác động do thời tiết.* Dùng bitum cùng với vật liệu làm mềm bitum rải lên bề mặt mặt đường đã bị oxy hóa sẽ làm giảm quá trình hóa cứng của bề mặt bitum ban đầu. Vật liệu này sẽ làm giảm những lỗ rỗng trên bề mặt mặt đường và ngăn cản sự thâm nhập của nước và không khí có xu hướng làm cứng bitum. Việc sử dụng lớp láng dạng sương và dạng vữa phát huy hiệu quả tốt ở những đoạn đường thường xảy ra hiện tượng bitum bị oxy hóa và hóa cứng.
- (6) *Cải thiện về bên ngoài bề mặt.* Trong một số trường hợp, vẻ bề ngoài chung của bề mặt áo đường khá lồi lõm do công tác vá sửa đường hay do những hoạt động xây dựng khác. Láng một lớp xử lý bề mặt là phương pháp đơn giản và hiệu quả để khắc phục những lồi lõm đó, tạo ra một bề mặt đường bằng phẳng, đồng nhất.
- (7) *Sự phân định có thể nhìn thấy bằng mắt thường.* Khi nhìn bằng mắt thường sự khác biệt rõ ràng giữa lề đường và mặt đường chính sẽ hỗ trợ người lái xe. Qua nghiên cứu cho thấy khi có sự khác biệt này, người điều khiển phương tiện giao thông sẽ tránh không lái xe lên chỗ tiếp giáp giữa làn xe với lề đường, do vậy sẽ kéo dài tuổi thọ áo đường. Sự khác biệt bề ngoài này với lề đường sẽ làm tăng thêm độ an toàn cho áo đường nói chung.
- (8) *Về mặt kết cấu.* Rải lớp xử lý bề mặt sẽ không thu được lợi ích trực tiếp nào về mặt kết cấu. Xử lý bề mặt nhiều lớp – hai hoặc ba lớp hoặc nhiều hơn – có thể tạo ra một kết cấu nào đó cho mặt đường, tuy nhiên cốt liệu sử dụng không phải là cấp phối đồng nhất để đảm bảo các cốt liệu sẽ xen kẽ nhau, do

vậy không thể chống được hiện tượng biến dạng dưới tải trọng nặng trùng phục. Do vậy, một lớp xử lý bề mặt không thể được xem là một sự cải tạo kết cấu cho áo đường, mặc dù có thể có những cải tạo về kết cấu cho lề đường. Có thể giảm tỷ lệ hư hỏng của mặt đường thông qua việc hàn gắn các vết nứt và ngăn chặn nước xâm nhập vào mặt đường, và do đó tri hoãn yêu cầu phải cải tạo kết cấu. Như vậy, việc xử lý bề mặt có thể hỗ trợ một cách gián tiếp vào tính tương thích kết cấu của áo đường.

Nếu cường độ kết cấu của áo đường hiện tại không chịu được lưu lượng xe dự tính trong khoảng từ 3 đến 5 năm thì không nên xem xét việc áp dụng lớp xử lý bề mặt. Như vậy, cần phải áp dụng một phương pháp cải tạo quy mô hơn cho mặt đường này vì thiết kế không cho phép các lớp xử lý bề mặt phải chịu tải trọng xe vượt quá cường độ kết cấu của áo đường phía dưới.

Phụ lục L

(Tham khảo)

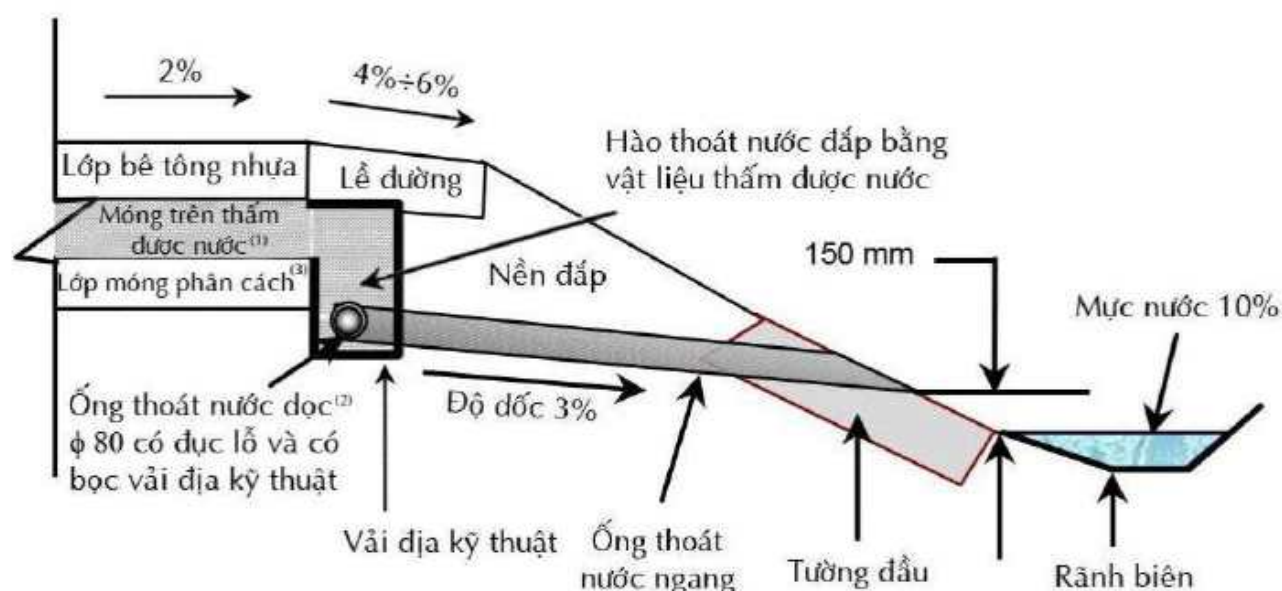
Các bản vẽ cấu tạo hệ thống thoát nước kết cấu áo đường mềm

L.1 Tùy theo các trường hợp thiết kế khác nhau mà áp dụng các phương án cấu tạo hệ thống thoát nước kết cấu áo đường.

L.2 Bản vẽ trong Phụ lục này giới thiệu một số cấu tạo hệ thống thoát nước kết cấu áo đường được sử dụng ở các nước có hiệu quả. Tùy theo điều kiện và tình hình thực tế mà người thiết kế chọn lựa cho thích hợp.

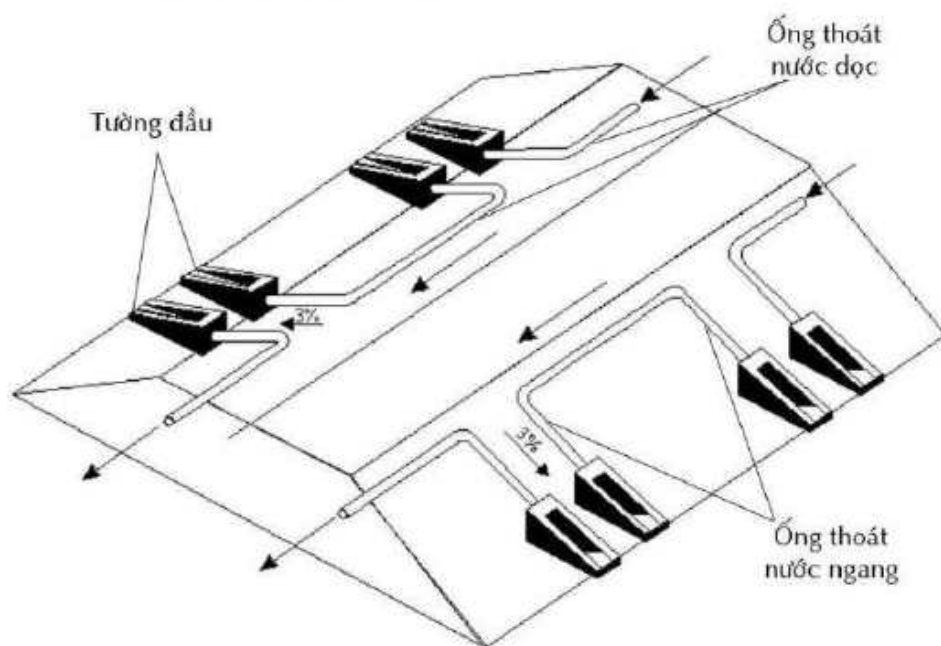
L.2.1 Cấu tạo theo Hình L.1 thường được sử dụng khi áo đường có một lớp móng thấm được nước rải ngay dưới tầng mặt bê tông nhựa. Một ống thoát nước dọc đường kính 80 mm, có đục lỗ đặt trong một hào thoát nước đắp bằng vật liệu thấm được nước, cứ cách khoảng 60 m có ống thoát nước ngang dẫn ra tận mép taluy nền và đổ nước thoát ra rãnh biên.

Ở mép taluy có làm tường đầu để bảo vệ, chống xói lở. Lớp móng thấm được nước thường làm bằng bê tông nhựa rỗng (ATPB) có hệ số thấm bằng hoặc lớn hơn 0,0035 m/s, hoặc bằng cấp phối đá gia cố với xi măng rỗng (CTPB) có hệ số thấm bằng hoặc lớn hơn 0,0035 m/s. Đây là một cấu tạo thoát nước khá hoàn thiện và khá đắt tiền.



GHI CHÚ:

- (1) – Lớp móng thấm được nước thường làm bằng bê tông nhựa rỗng (ATPB) có hệ số thấm $k \geq 0,0035$ m/s, hoặc bằng cấp phối đá gia cố xi măng rỗng (CTPB) có hệ số thấm $k \geq 0,0035$ m/s; dùng hàm lượng nhựa đặc khoảng 3 % khối lượng cốt liệu khô cho ATPB; Đối với CTPB cần có lượng xi măng bằng 140 kg/m³. Chiều dày của các lớp này nên lấy khoảng 7,5 cm cho ATPB và 10 cm cho CTPB.
- (2) – Ống thoát nước dọc đường kính 80 mm, có đục lỗ, cứ cách khoảng 60 m có ống thoát nước ngang dẫn ra tận mép ta luy nền.
- (3) – Lớp phân cách là lớp không thấm nước (như bê tông nhựa chặt, bê tông nghèo, cấp phối đá gia cố xi măng tỉ lệ cao (6 % ÷ 8 %)), có hệ số thấm $k \leq 5,2 \times 10^{-5}$ m/s.

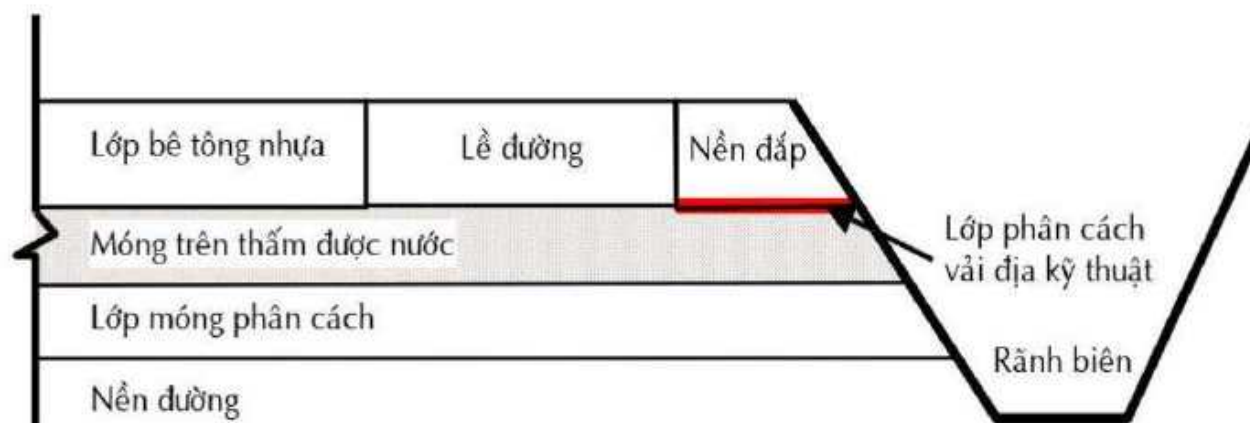


Hình L.1 – Cấu tạo thoát nước dưới lớp mặt đường bê tông nhựa khi lớp móng thấm được nước

Cấu tạo thoát nước áo đường (kích thước mm, vẽ không theo tỷ lệ)

L.2.2 Cấu tạo theo Hình L.2 – Lớp móng thoát được nước kéo ra tận mái taluy rãnh biên mà không cần phải đào hào đặt các ống thoát nước. Cấu tạo đơn giản, dễ thi công nhưng lớp móng thoát nước phải trải rộng ra cả mặt nền đường cũng làm tăng chi phí khá lớn.

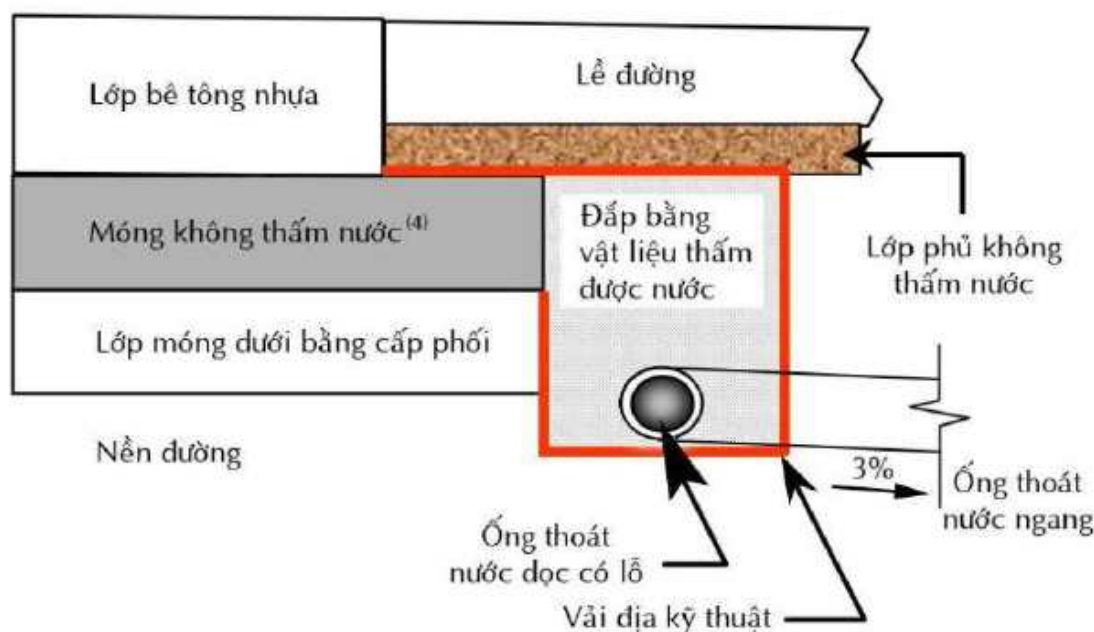
Thường dùng cấu tạo này cho những đoạn đường có dốc dọc rất nhỏ để nước khỏi chảy ngược từ rãnh vào kết cấu áo đường, phải bảo đảm để đáy của lớp móng thấm được nước nằm trên mực nước trong rãnh biên (mực nước tần suất 10%) ít nhất là 15 cm.



Hình L.2 – Thoát nước dưới lớp mặt đường bê tông nhựa khi lớp móng thấm được nước ra tận ta luy nền đường

L.2.3 Cấu tạo theo Hình L.3. Áp dụng khi kết cấu áo đường có lớp móng không thấm nước (như bê tông nhựa chặt, bê tông nghèo, cấp phối đá gia cố xi măng tỉ lệ cao rải dưới tầng mặt bê tông nhựa).

Lớp móng không thấm nước chỉ rải rộng hơn một ít so với tầng mặt, ráp khít vào hào thoát nước có ống dẫn dọc có đục lỗ. Hào thoát nước được lấp bằng vật liệu thấm được nước như cát, sỏi–cuội. Cách 60 m đến 80 m có một ống thoát nước ngang nối với ống dọc, và dẫn ra mép rãnh biên.



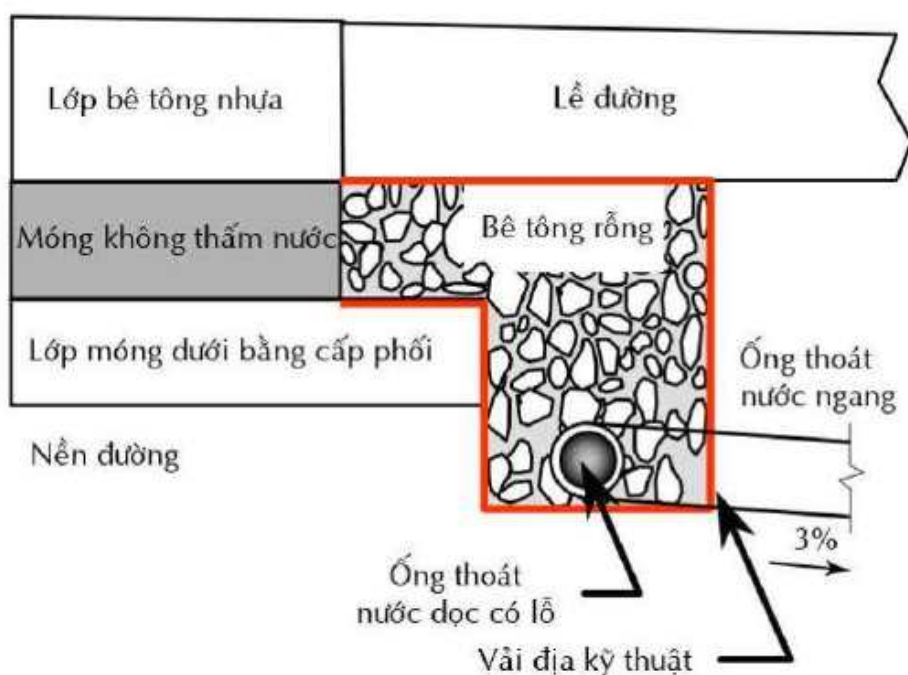
Hình L.3 – Cấu tạo thoát nước dưới lớp mặt đường khi lớp móng không thấm nước

Cấu tạo thoát nước áo đường (kích thước mm, vẽ không theo tỷ lệ)

GHI CHÚ:

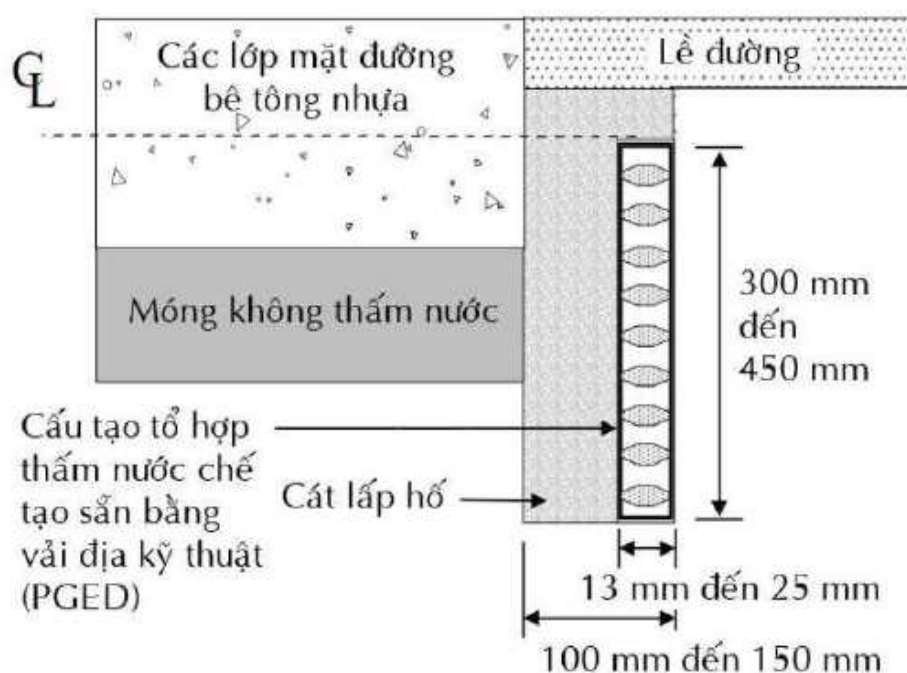
(1) - Lớp móng không thấm nước (như bê tông nhựa chặt, bê tông nghèo, cấp phối đá gia cố xi măng tỉ lệ cao (6 % ÷ 8 %)) rải rập khít vào hào thoát nước có ống thoát nước dọc có đục lỗ. Cách 60 m đến 80 m có ống thoát nước ngang nối vào ống dọc dẫn ra mép rãnh biên.

L.2.4 Cấu tạo theo Hình L.4. Áp dụng như ở Điều L.2.3, nhưng hào được lấp bằng bê tông rỗng.



Hình L.4 – Cấu tạo thoát nước dưới lớp mặt đường khi lớp móng không thấm nước – hào thoát nước lấp bằng bê tông rỗng

L.2.5 Cấu tạo theo Hình L.5. Áp dụng như ở Điều L.2.3 nhưng hào chỉ rộng từ 10 cm đến 15 cm, được lấp bằng cát và ở tường hào có đặt cấu tạo tổ hợp thấm nước chế tạo sẵn bằng lõi và vải địa kỹ thuật có chiều cao từ 30 cm đến 45 cm, rộng từ 1,3 cm đến 2,5 cm.

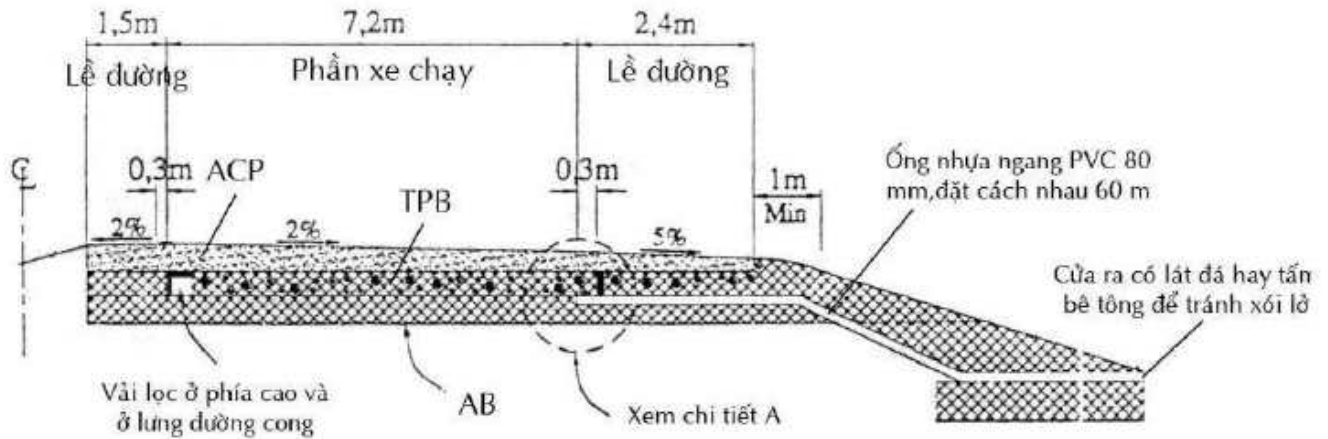


Hình L.5 – Lắp đặt cấu tạo tổ hợp thấm nước chế tạo sẵn bằng lõi địa kỹ thuật ở hào thoát nước cạnh tầng mặt bê tông nhựa

Cấu tạo thoát nước áo đường (kích thước mm, vẽ không theo tỷ lệ)

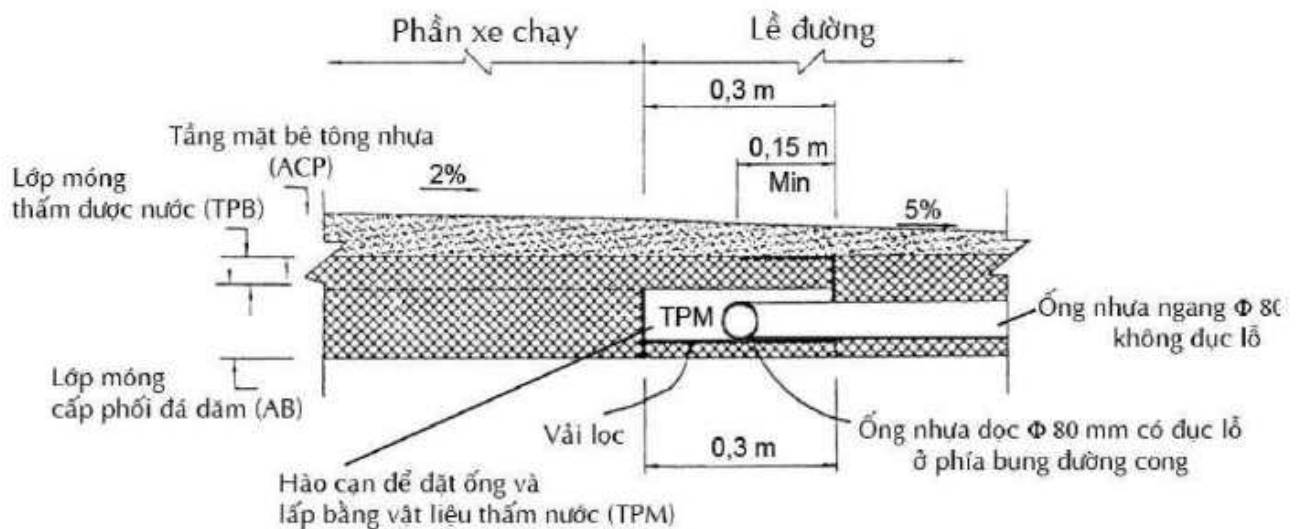
L.2.6 Cấu tạo theo Hình L.6. Áp dụng khi có lớp móng thấm được nước bằng bê tông nhựa rỗng hay đá dăm đen rỗng (ATPB) dày 75 mm, hoặc bằng cấp phối đá gia cố xi măng rỗng (CTPB) dày 100 mm; hào để đặt ống dọc thoát nước chỉ cần đào nông, nằm trong phạm vi lớp móng cấp phối đá dăm, và hào rộng 30 cm lấp bằng vật liệu thấm nước. Cuối mỗi ống ngang thoát nước, nơi tiếp giáp với mái taluy phải được lát đá, hay tấm bê tông để tránh xói lở.

Các kích thước của các bộ phận hệ thống thoát nước dưới mặt đường bê tông nhựa được chọn theo tính toán thủy lực ở Điều 5.9.7 của tiêu chuẩn này.



GHI CHÚ:

- (1). Khi dốc dọc đường $i \geq 4\%$, ống ngang đặt cách nhau 150 m.



Chi tiết A

Hình L.6 – Cấu tạo thoát nước lớp mặt đường bê tông nhựa khi lớp móng thấm được nước (TPB) – đặt hào nông để đặt ống

Cấu tạo thoát nước áo đường (kích thước mm, vẽ không theo tỷ lệ)

Phụ lục M

(Tham khảo)

Mối quan hệ giữa CBR và M_R đã được công bố

Cần thừa nhận rằng thiết bị để tiến hành thí nghiệm modun đàn hồi đất nền đường có thể không luôn có sẵn. Vì vậy, sẽ thuận tiện nếu có thể sử dụng tài liệu sẵn có để xác định M_R từ trị số CBR tiêu chuẩn. Thí nghiệm xác định CBR theo ASTM D1883, AASHTO T193.

Hiện nay có thể nêu lên một số công thức thể hiện quan hệ giữa M_R và trị số CBR đã được công bố để các kỹ sư thiết kế tham khảo:

1. Hai ông Heukelom và Klomp có một báo cáo về các quan hệ giữa giá trị CBR (khi sử dụng đầm nén động để tạo mẫu) với M_R như sau:

$$M_R = 1500 \text{ CBR, psi} = 10,34 \text{ CBR, MPa}$$

Các số liệu mà dựa trên đó mối quan hệ này được thiết lập là trong khoảng $(750 \div 3000) \times \text{CBR, psi}$. Quan hệ này được các hãng thiết kế và những nhà nghiên cứu sử dụng nhiều và đã được xem là hợp lý đối với đất hạt mịn có trị số $\text{CBR} \leq 10 \%$ trong điều kiện ngâm nước.

2. W.D Powell (Phòng thí nghiệm nghiên cứu đường bộ) năm 1984 đã đưa ra quan hệ giữa giá trị CBR và modun đàn hồi của đất theo quan hệ sau:

$$E_0 = 17,6 (\text{CBR})^{0,64}, \text{ MPa};$$

Trị số M_R của nền đất tính theo công thức của Powell thì nhỏ thua công thức tính toán của Heukelom

3. Carlbrow Inter a/s đã đưa ra quan hệ giữa các giá trị CBR và modun đàn hồi của đất nền như sau:

$$M_R = 4(\text{CBR}) + 10, \text{ MPa}$$

Các giá trị của modun đất nền tính theo Carlbrow nhỏ hơn nhiều so với kết quả tính theo công thức của Heukelom.

4. Chỉ dẫn thiết kế mặt đường mềm của bang Florida – Mỹ năm 2022 đưa ra quan hệ giữa giá trị LBR (Limerock Bearing Ratio) và modun đàn hồi như sau:

$$M_R = 10^{[0,7365 \cdot \log(\text{LBR}) + 809]}$$

Trong đó M_R tính bằng psi và $\text{CBR} = 0,8 \cdot \text{LBR}$

5. Trong tiêu chuẩn kỹ thuật của Trung Quốc cho thiết kế mặt đường bê tông asphalt (JTJ 014 – 97), quan hệ giữa giá trị CBR và mô đun của đất được xác lập theo các quan hệ sau đây:

Bảng M.1 – Quan hệ giữa giá trị CBR và modun của đất E_0 , (MPa)

Số TT	Loại đất	Quan hệ	SL TN (n)	HS TQ (r)
1	Đất sét đỏ Quảng Tây (ở hiện trường)	$E_0=15.55(CBR)^{0.582}$	44	0.792
2	Đất sét đỏ Quảng Tây (phòng TN)	$E_0=5.651(CBR)^{0.891}$	55	0.930
3	Đất trương nở Quảng Tây (hiện trường)	$E_0=16.71(CBR)^{0.58}$	17	0.830
4	Đất trương nở Quảng Tây (ở hiện trường sau 1 năm)	$E_0=17.62(CBR)^{0.50}$	29	0.780
5	Đất trương nở Quảng Tây (phòng TN)	$E_0=9.18(CBR)^{0.741}$	41	0.877
6	Đất sét dọc theo sông "Hắc Long" (ở hiện trường)	$E_0=7.4(CBR)^{0.773}$	20	0.746
7	Đất sét dọc theo sông "Hắc Long" (ở phòng thí nghiệm)	$E_0=7.954(CBR)^{0.739}$	21	0.901
8	Hoàng thổ Thiểm Tây (ở hiện trường)	$E_0=13.0(CBR)^{0.42}$	40	0.620
9	Hoàng thổ Thiểm Tây (trong phòng TN)	$E_0=1.6(CBR)^{1.12}$	66	0.960
10	Đất sét Thượng Hải (trong phòng TN)	$E_0=15.86(CBR)^{0.59}$	17	0.853
11	Đất sét Thượng Hải (bão hoà trong phòng TN)	$E_0=7.9(CBR)^{0.91}$	17	0.871
12	Đất sét Nội mông(trong phòng TN)	$E_0=7.03(CBR)^{0.872}$	38	0.978
13	Đất sét Shonyang (ở hiện trường)	$E_0=7.27(CBR)^{0.823}$	20	0.930
14	Đất sét của một bang của Mỹ	$E_0=13.4(CBR)^{0.688}$	–	–
15	Đất sét Monaco	$E_0=8,90(CBR)^{0.85}$	–	–
CHÚ THÍCH:				
E_0 tính theo MPa (1MPa = 145 psi)				

Bảng M.2 – Mô đun đàn hồi của đất nền được xác định từ các quan hệ khác nhau

$$M_R = f(\text{CBR}), \text{MPa}$$

Số TT	Các quan hệ	Giá trị CBR					
		5	6	7	8	9	10
1	$M_r = 1500 \text{ CBR}, (\text{psi}) = 10,34 \text{ CBR}, (\text{MPa})$ (Heukelom và Klomp)	52	62	72	83	93	104
2	$M_r = 17,6 (\text{CBR})^{0,64}, (\text{MPa})$ (Powell W.D – TRRL)	49	55	61	67	72	77
3	$M_r = 4 (\text{CBR}) + 10, (\text{MPa})$ (Carlbrow Int.a/s)	30	34	38	42	46	50
4	$M_r = 8,9 (\text{CBR})^{0,85}, (\text{MPa})$ (Monaco)	35	41	47	52	58	63
5	$M_r = 13,4 (\text{CBR})^{0,688}, (\text{MPa})$ (ở một bang của Mỹ)	41	46	51	56	61	65
6	$M_r = 15,55 (\text{CBR})^{0,582}, (\text{MPa})$ (Đất sét đỏ Quang Tây – Trung Quốc)	40	44	48	52	56	59
7	$M_r = 16,71 (\text{CBR})^{0,58}, (\text{MPa})$ (Đất trương nở Quảng Tây Trung Quốc)	43	47	52	56	60	64
8	$M_r = 15,86 (\text{CBR})^{0,59}, (\text{MPa})$ (Đất sét Thượng Hải, Trung Quốc)	41	46	50	54	58	62
9	$M_r = 1000 (\text{CBR}), (\text{psi}) = 6,9 \text{ CBR}, \text{MPa}$	35	41	48	55	62	69

CHÚ THÍCH:

Hiện nay, một số hãng thiết kế và ngay cả AASHTO cũng có nhận xét là công thức Heukelom và Klomp với 1 CBR = 1500 psi là hơi lớn nên trong tiêu chuẩn này đề nghị dùng toán đồ Hình 7 ở Điều 6 để đổi CBR ra M_R của đất nền đường.

Khi các viện KHCN đầu ngành của ta có các thiết bị thích hợp (với AASHTO T292, AASHTO T307 và AASHTO T294), sẽ tiến hành các nghiên cứu để lập nên các quan hệ giữa M_R và CBR đối với các loại đất ở nước ta một cách khoa học và hợp lý hơn.

Phụ lục N

(Tham khảo)

Hướng dẫn xác định thời đoạn các mùa trong năm (theo tình hình mưa) tại các vùng ở Việt Nam, dùng trong khi tiến hành xác định mô đun đàn hồi hữu hiệu M_R của đất nền đường

N.1 Để lập Bảng 12 trong tiêu chuẩn này cần xác định thời đoạn các mùa trong năm ở các vùng khác nhau và thời điểm nên tiến hành đo M_R của đất nền đường.

N.2 Bảng N.1 dưới đây chỉ có tính chất hướng dẫn, tham khảo và dùng cho một vùng rộng, người thiết kế cần phải khảo sát, nghiên cứu thực địa, liên hệ với các trạm khí tượng địa phương để thu thập và cập nhật các số liệu để xác định chính xác hơn thời đoạn và thời điểm cần tiến hành đo M_R của đất nền đường, nhất là hiện nay sự biến đổi khí hậu đã làm thay đổi khá nhiều các quy luật và các số liệu đã thu thập hàng mấy chục năm qua.

Khi lập Bảng N.1 đã căn cứ vào các số liệu đã được thu thập từ trên 20 năm đến 50 năm trong sách "Khí hậu Việt nam " do Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Việt nam phát hành, và một số tài liệu liên quan khác.

Bảng N.1- Thời đoạn các mùa trong năm (theo tình hình mưa) ở các vùng và thời điểm nên đo M_R đất nền đường

Các vùng	Mùa khô			Chuyển mùa			Mùa mưa			Chuyển mùa		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Các tỉnh Miền Núi phía Bắc, Đồng bằng Bắc bộ, Thanh hóa	12-3	4	Đầu tháng 2	4-5	2	Đầu tháng 5	6-9	4	Cuối tháng 8	10-11	2	Đầu tháng 11
Nghệ An đến Quảng Bình	2-5	4	Đầu thg.4	6-7	2	Cuối thg. 6	8-11	4	Cuối thg. 10	12-1	2	Đầu thg. 1
Quảng Trị đến Bình Định & Hoàng Sa	3-6	4	Cuối thg.4	7-8	2	Đầu thg.8	9-12	4	Giữa thg.11	1-2	2	Đầu thg. 2
Phủ Yên đến Khánh Hòa & Trường sa	1-8	8	Cuối thg.4	-	0	-	9-12	4	Đầu thg.12	-	0	-
Ninh Thuận & Bình Thuận	12-8	9	Đầu thg. 2	-	0	-	9-11	3	Đầu thg.11	-	0	-
Các tỉnh Đông Nam bộ, Tây Nam bộ	1-3	3	Cuối thg.2	4-5	2	Đầu thg.5	6-10	5	Giữa thg.9	11-12	2	Giữa thg.12
Các tỉnh ở Tây nguyên	12-3	4	Giữa thg.2	4-5	2	Đầu thg.5	6-9	4	Cuối thg.8	10-11	2	Cuối thg.10

CHÚ DẪN : A = Từ tháng đến Tháng; B = Số tháng (n); C = Thời điểm đo M_R

CHÚ THÍCH:

1) Thời kỳ Chuyển mùa lấy bằng 2 tháng gồm 1 tháng cuối của mùa khô và 1 tháng đầu của mùa mưa, hoặc 1 tháng cuối của mùa mưa và 1 tháng đầu của mùa khô; ví thể 6 tháng mùa khô cũng như 6 tháng của mùa mưa đã bị trừ đi 2 tháng; ngoại trừ có hai vùng được xem như không có thời kỳ chuyển mùa.

2) Thời điểm nên tiến hành đo M_R của đất nền đường không được chọn tháng bắt đầu mùa mưa hoặc bắt đầu mùa khô, mà nên chọn như trong Bảng N.1 này. Tùy vùng cụ thể và điều kiện cụ thể có thể xê dịch khoảng 2 tuần so với thời điểm khuyến nghị.

Phụ lục O

(Tham khảo)

**Một số kết quả thực nghiệm hệ số lớp a_i của bê tông nhựa
được thực hiện gần đây ở Việt Nam**

Đề tài nghiên cứu cấp Bộ GTVT mã số DT203050 thực hiện 2020–2021:

Số mẫu thí nghiệm 9 mẫu/tổ mẫu, 3 mẫu đá vôi, 3 mẫu đá granite, và 3 mẫu đá bazan

Bảng O.1. Hệ số lớp a_i của các loại BTN

Loại BTN	Giá trị	Hệ số lớp a_i		
		Loại nhựa		
		60/70	40/50	PMB3
BTNC16	min	0,40	0,43	0,40
	max	0,42	0,46	0,43
	Đặc trưng	0,41	0,44	0,41
BTNC19	min	0,41	0,44	0,42
	max	0,43	0,46	0,44
	Đặc trưng	0,41	0,44	0,42
BTNC25	min	0,41	0,43	0,41
	max	0,43	0,46	0,45
	Đặc trưng	0,42	0,44	0,43

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993, Washington, D.C, USA.
- [2] Flexible Pavement Design Manual – Florida, 01/2022.
- [3] FHWA-RD-97-077: Design Pamphlet for The Determination of Layered Elastic Moduli for Flexible Pavement Design in Support of The 1993 AASHTO Guide for The Design of Pavement Structures
- [4] Federal Highway Administration (2006), Geotechnical Aspects of Pavements, Publication No. FHWA NHI-05-037.
- [5] 22 TCN 274–01, Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm và chỉ dẫn kỹ thuật thiết kế mặt đường mềm.
- [6] 22 TCN 211–06, Áo đường mềm – Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế
- [7] Quyết định 858/QĐ-BGTVT ngày 26/03/2014: Ban hành Hướng dẫn áp dụng hệ thống các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành nhằm tăng cường quản lý chất lượng thiết kế và thi công mặt đường bê tông nhựa nóng đối với các tuyến đường ô tô có quy mô giao thông lớn
- [8] Đề tài cấp Bộ GTVT năm 2021, mã số DT203050: Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng và xây dựng cơ sở dữ liệu mô đun đàn hồi (E_{AC}), hệ số lớp (a_1) của một số loại bê tông nhựa chặt nóng phục vụ thiết kế kết cấu áo đường mềm ở Việt Nam
- [9] JTG D50-2017: 公路沥青路面设计规范 (Specifications for Design of Highway Asphalt Pavement) Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường bê tông nhựa Trung Quốc-2017.
- [10] JTG 3370.1—2018: 公路隧道设计规范第一册土建工程 (Specifications for Design of Highway Tunnels, Section 1 Civil Engineering) Tiêu chuẩn thiết kế hầm đường bộ Trung Quốc, phần 1 các quy định kỹ thuật.
- [11] Phương pháp thiết kế mặt đường mềm Nhật Bản TA