

Tiêu chuẩn thí nghiệm

# Đo độ võng mặt đường

**AASHTO T 256-01**

## LỜI NÓI ĐẦU

- Việc dịch ấn phẩm này sang tiếng Việt đã được Hiệp hội Quốc gia về đường bộ và vận tải Hoa kỳ (AASHTO) cấp phép cho Bộ GTVT Việt Nam. Bản dịch này chưa được AASHTO kiểm tra về mức độ chính xác, phù hợp hoặc chấp thuận thông qua. Người sử dụng bản dịch này hiểu và đồng ý rằng AASHTO sẽ không chịu trách nhiệm về bất kỳ chuẩn mức hoặc thiệt hại trực tiếp, gián tiếp, ngẫu nhiên, đặc thù phát sinh và pháp lý kèm theo, kể cả trong hợp đồng, trách nhiệm pháp lý, hoặc sai sót dân sự (kể cả sự bất cẩn hoặc các lỗi khác) liên quan tới việc sử dụng bản dịch này theo bất cứ cách nào, dù đã được khuyến cáo về khả năng phát sinh thiệt hại hay không.
- Khi sử dụng ấn phẩm dịch này nếu có bất kỳ nghi vấn hoặc chưa rõ ràng nào thì cần đối chiếu kiểm tra lại so với bản tiêu chuẩn AASHTO gốc tương ứng bằng tiếng Anh.



## Tiêu chuẩn thí nghiệm

**Đo độ võng mặt đường****AASHTO T 256-01****1 PHẠM VI ÁP DỤNG**

- 1.1 Tiêu chuẩn thí nghiệm này cung cấp các tiêu chuẩn đo độ võng mặt đường, đo trực tiếp ở phía dưới, hoặc tại các vị trí đối xứng xuyên tâm phía ngoài (đo đối xứng) từ một tĩnh tải đã biết, một tải đều, hoặc một xung tải. Độ võng được đo bằng các cảm ứng theo dõi sự chuyển động dọc do tải trọng của một mặt đường. Tiêu chuẩn này miêu tả các trình tự đo độ võng bằng các thiết bị thí nghiệm đo độ võng khác nhau và cung cấp thông tin chung cần phải thu thập bất kể chủng loại thiết bị thí nghiệm nào được sử dụng.
- 1.2 Phương pháp thí nghiệm này được ứng dụng để đo độ võng được tạo ra trên các bề mặt đường mềm bê tông asphalt (AC), mặt đường cứng bê tông xi măng Portland (PCC), hoặc mặt đường composit (AC/PCC). Các mặt đường cứng có thể là loại có mối nối, hoặc mối nối cốt thép hoặc cốt thép liên tục hoặc bê tông rạn nứt.
- 1.3 Các giá trị đo bằng đơn vị SI được coi là tiêu chuẩn. Các đơn vị đo lường hệ Anh nêu trong ngoặc đơn chỉ có tính thông tin.
- 1.4 *Tiêu chuẩn này không có ý đề cập tới tất cả các vấn đề về an toàn liên quan đến việc sử dụng tiêu chuẩn này. Trách nhiệm của người sử dụng tiêu chuẩn này là phải tham khảo và xây dựng một tiêu chuẩn phù hợp về an toàn và về bảo vệ sức khỏe cũng như xác định khả năng áp dụng những giới hạn điều chỉnh trước khi sử dụng.*

**2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN**2.1 *Tiêu chuẩn ASTM:*

- D 4602, Thử nghiệm không phá hủy mặt đường sử dụng thiết bị đo độ võng động gia tải chu kỳ
- D 4694, Độ võng với thiết bị búa rơi – loại xung tải
- D 4695, Hướng dẫn đo độ võng mặt đường
- D 5858, Hướng dẫn tính toán mô đun đàn hồi tương đương ở hiện trường của vật liệu mặt đường sử dụng lý thuyết đàn hồi nhiều lớp
- STP 1026, Thử nghiệm không phá hủy mặt đường và tính toán mô đun ngược

2.2 *Các tài liệu khác*

- AASHTO, *Trao đổi về dữ liệu đo võng*: Chỉ dẫn dữ liệu kỹ thuật, Phiên bản 1.0, tháng 4 năm 1998
- FHWA-RD-98-085, Dự báo nhiệt độ và các yếu tố hiệu chỉnh với mặt đường bê tông nhựa

- SHRP-P-661, Hướng dẫn sử dụng thử nghiệm FWD trong nghiên cứu đặc tính dài hạn mặt đường (LTPP)

---

### 3 THUẬT NGỮ

#### 3.1 Các định nghĩa dành riêng cho tiêu chuẩn này

3.1.1 Cảm ứng đo độ võng – là thiết bị điện tử có khả năng đo sự dịch chuyển dọc tương đối của một mặt đường và được gá lắp theo cách để tối thiểu hoá sự xoay góc liên quan đến mặt phẳng đo của nó khi có sự dịch chuyển như mong muốn. Các thiết bị đó có thể bao gồm máy đo địa chấn, máy biến tốc, hoặc máy đo gia tốc.

3.1.2 Đầu cảm ứng đo tải (load cell) – có khả năng đo chính xác tải trọng chất vuông góc với tấm chất tải và được đặt ở một vị trí để tối thiểu hoá khối lượng giữa đầu cảm ứng đo tải và mặt đường. Đầu cảm ứng đo tải phải đặt ở vị trí theo cách để không hạn chế khả năng thu nhận các phép đo độ võng dưới tâm tấm tải trọng. Đầu cảm ứng đo tải phải chống được nước và chống sóc cơ học do tác động của đường trong quá trình thí nghiệm hoặc di chuyển.

3.1.3 Tấm chất tải – có khả năng phân bố tải trọng đều đặn lên mặt đường. Các tấm chất tải có thể hình tròn (hoặc trong một số trường hợp có hình chữ nhật) dạng nguyên tấm hoặc phân đoạn, để đo các đường thông thường và đường sân bay hoặc các mặt đường cứng tương tự. Tấm được chế tạo phù hợp để đo độ võng mặt đường tại tâm tấm.

3.1.4 Chậu võng – Dạng hình bát của mặt đường biến dạng do một tải trọng xác định như đã vẽ các chỉ số đo đỉnh của một loạt các cảm ứng đo độ võng đặt đối xứng qua tâm của tấm chất tải.

3.1.5 Thí nghiệm chậu võng – là một thí nghiệm với các cảm ứng đo độ võng được đặt tại các vị trí đối xứng qua tâm khác nhau của tấm chất tải. Thí nghiệm này được dùng để ghi lại hình dạng của chậu biến dạng do tác động của một tải trọng áp dụng. Thông tin từ thí nghiệm này có thể dùng để dự đoán đặc tính của vật liệu của một cấu trúc mặt đường đã cho.

3.1.6 Thí nghiệm truyền tải – là một thí nghiệm, thường làm trên mặt đường bê tông PCC, với các cảm ứng đo độ võng lắp ở 2 bên vết gãy ngang trên mặt đường. Thí nghiệm này dùng để xác định khả năng truyền tải của mặt đường từ phía vết gãy này sang bên kia. Các thông số độ võng – tải trọng có thể được dùng để dự báo sự tồn tại các chỗ hỏng dưới mặt đường.

3.1.7 Vị trí thí nghiệm – là điểm đặt tâm của tải hoặc nhiều tải áp dụng.

---

### 4 TÓM TẮT PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM VÀ GIỚI HẠN

4.1 Phương pháp thí nghiệm này bao gồm những tiêu chuẩn đo biến dạng mặt đường một cách trực tiếp ở dưới / và hoặc tại các vị trí phù hợp đối xứng xuyên tâm. Mỗi thiết bị thí nghiệm không phá huỷ (NDT) được sử dụng theo trình tự sử dụng chuẩn áp dụng cho thiết bị.

- 4.2 Phương pháp thí nghiệm này bao gồm những miêu tả chung các loại thiết bị thí nghiệm đo độ võng khác nhau từ tĩnh đến bán liên tục, và trình tự đo độ võng phù hợp với từng thiết bị thí nghiệm.
- 4.3 Các tiêu chuẩn về thu thập thông tin chung, như chuẩn bị thí nghiệm, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ mặt đường, hiệu chuẩn thiết bị, số lần thí nghiệm và vị trí thí nghiệm phù hợp với tất cả thiết bị.

---

## 5 Ý NGHĨA VÀ SỬ DỤNG

- 5.1 Phương pháp thí nghiệm không phá hủy (NDT) mặt đường cung cấp thông tin có thể dùng để đánh giá kết cấu của các mặt đường mới hoặc đang khai thác. Các phép đo độ võng có thể được dùng để xác định các đặc điểm sau của mặt đường:
- 5.1.1 Mô đun của mỗi lớp
  - 5.1.2 Độ cứng tổng thể của hệ thống mặt đường
  - 5.1.3 Khả năng truyền tải của các mối nối mặt đường cứng bê tông xi măng Portland (PCC)
  - 5.1.4 Mô đun phản lực của lớp nền
  - 5.1.5 Chiều dày hiệu quả, chỉ số kết cấu, hoặc giá trị chịu tải của đất
- 5.2 Các thông số này có thể dùng để phân tích và thiết kế xây dựng lại và nâng cấp mặt đường cứng và mềm, đánh giá thỏa đáng kết cấu mặt đường bao gồm hiệu quả của mối nối mặt đường PCC, phát hiện lỗ rỗng trong mặt đường PCC, và dùng cho các mục đích nghiên cứu, và/hoặc kiểm kê kết cấu mạng lưới.

---

## 6 DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

- 6.1 Dụng cụ và thiết bị dùng trong phương pháp này nên gồm một trong các thiết bị đo độ võng như đã miêu tả ở mục 6.2. và nên gồm một vài loại đầu cảm ứng hoặc cảm ứng tiếp xúc mặt đường để đo sự dịch chuyển đứng của mặt đường hoặc đo độ võng khi bị tác động một tải đã định.
- 6.2 Thiết bị đo độ võng
- 6.2.1 Thiết bị chất tải tĩnh không phá hủy <sup>1</sup> – Thiết bị này hoạt động trên nguyên lý một cánh tay đòn. Thiết bị này nên có một cánh tay đòn với đầu đo dài ít nhất 2.5m (8.2 ft), và phần nối dài của cánh tay đòn này sẽ ấn một đồng hồ số hoặc cảm ứng điện tử để có thể đo được đo độ võng mặt đường tối đa với độ phân giải 0.025mm (0.0001 in) hoặc tốt hơn. Xe được dùng để chở các thiết bị đo độ võng tĩnh nên là xe tải chất một tải trọng thí nghiệm là 80 kN (18.00 lbf) trên trục đơn phía sau. Dạng chất tải kể cả tải trọng trục, cỡ bánh, và áp lực lốp có thể thu được qua các thông số của nhà sản xuất; tuy nhiên thông tin này phải được thể hiện rõ ràng trong báo cáo kỹ thuật
  - 6.2.2 Thiết bị chất tải tĩnh bán liên tục <sup>2</sup>. Thiết bị này hoạt động trên nguyên tắc cánh tay đòn kép. Xe được dùng để chở các thiết bị đo độ võng tĩnh nên là một xe tải chất một tải trọng thí nghiệm là 130 kN (29,00 lbf) trên trục đơn. Dạng chất tải kể cả tải trọng trục,

cỡ bánh, và áp lực lốp có thể thu được qua các thông số của nhà sản xuất; tuy nhiên thông tin này phải được thể hiện rõ ràng trong báo cáo kỹ thuật. Xe thí nghiệm nên được trang bị một cánh tay đòn kép với các đầu đo, dạng hình học và kích thước của chúng được chế tạo để có khả năng đo độ võng tối đa của mặt đường ở cả hai vệt bánh xe với độ phân giải là 0.025 mm (0.001 in) hoặc tốt hơn. Phần kéo dài của mỗi cánh tay đòn giữ đầu đo sẽ ấn vào một cảm ứng điện tử. Cảm ứng điện tử đó có thể là bất kỳ loại nào miễn là các cảm ứng đó cung cấp tín hiệu analog hoặc tín hiệu số. Tín hiệu số sẽ được tương quan hoá với sự dịch chuyển của phần cánh tay đòn kéo dài và, vì vậy, sẽ tương quan với độ võng của mặt đường dưới sự tác động của hoạt tải thí nghiệm chuyển động. Xe tải phải có khả năng nâng và di chuyển các mẫu thử từ điểm đo này đến điểm đo sau, hạ chúng xuống mặt đường, và thực hiện loạt đo khác trong một quá trình hoàn toàn tự động với một tốc độ xe không đổi.

- 6.2.3 Thiết bị chất tải đều đặn <sup>3</sup> – Thiết bị này sử dụng một máy phát động lực để tạo ra động tải. Máy phát lực có thể dùng, ví dụ như, một khối xoay ngược, hoặc máy khởi động điều khiển bằng thủy lực để tạo ra động tải. Thiết bị dùng một khối xoay ngược hoạt động ở một tần số cố định để sinh ra một động tải dưới tác động của một tĩnh tải tác dụng qua một đôi bánh thép vững chắc. Cả tần số chất tải và độ lớn của động tải có thể khác nhau do người điều khiển thiết bị sử dụng một máy khởi động phụ điều khiển bằng thủy lực. Tùy vào mẫu mã, các tần số hoạt động bình thường có dải từ 8 đến 60 Hz và động lực tối đa từ 2.2 đến 35.5 kN (500 đến 8000 lbf) được truyền qua một tấm hình tròn hoặc 2 tấm hình chữ nhật. Các thiết bị chất tải này có thể được lắp trong containe đặt ở phía trước xe hoặc đặt trên Rơ móc. Các thiết bị đo độ võng này nên có 5 cảm ứng hoặc nhiều hơn để đo chấu võng một cách thoả đáng với độ phân giải 0.001mm (0.0004 in) hoặc tốt hơn.
- 6.2.4 Thiết bị chất tải xung <sup>4</sup> – Thiết bị này tạo ra một xung tải lên mặt đường bằng việc thả một khối lượng từ những độ cao khác nhau lên một tấm cao su hoặc 1 hệ thống lò xo giảm chấn. Thiết bị này nói chung được gọi là thiết bị đo độ võng quả rơi (FWD). Bộ phận gây lực phải có khả năng được nâng quả nặng đến một hoặc nhiều độ cao đã định và thả rơi. Xung lực sinh ra được truyền xuống mặt đường qua 1 tấm chất tải có đường kính 300mm (11.8 in), không nên khác nhau quá 3%. Các xung lực có dạng gần giống hình sin hoặc nửa hình sin và đỉnh lực có thể đạt được trong phạm vi thay đổi từ 7 đến 105 kN (1500 đến 24000 lbf). Thiết bị chất tải dùng 6 cảm ứng hoặc nhiều hơn để đo độ võng mặt đường với độ phân giải 0.001 m (0.0004 in) hoặc tốt hơn.

---

## 7 HIỆU CHUẨN

- 7.1 Cảm biến đo độ võng và đầu cảm ứng đo tải (nếu dùng) của thiết bị đo độ võng cần được hiệu chuẩn để đảm bảo mọi số đo là chính xác trong giới hạn qui định. Đối với thiết bị ở những nơi mà tải trọng được coi là một hằng số và việc đo lường để xác định giá trị tải trọng này không thực hiện được, thì độ chính xác về độ lớn của tải trọng cần phải được kiểm tra định kỳ.
- 7.2 Đầu cảm ứng đo tải
- 7.2.1 Tổng quan – Trình tự hiệu chuẩn đầu cảm ứng đo tải (nếu thiết bị sử dụng 1 đầu cảm ứng đo tải) phụ thuộc vào chủng loại thiết bị được dụng. Việc hiệu chuẩn đầu cảm ứng đo tải có thể được kiểm tra không chính thức qua việc quan sát các chỉ số đo của đầu

cảm ứng đo tải và so sánh chúng với các chỉ số đo mong muốn trên cơ sở kinh nghiệm hoặc giá trị hiệu chuẩn shunt trong trường hợp dùng thiết bị đo độ võng quả rọi (FWD). Việc hiệu chuẩn tham chiếu (hoặc tuyệt đối) đầu cảm ứng đo tải sẽ được thực hiện ít nhất 1 lần trong năm trừ các thiết bị chất tải không liên tục và bán liên tục (xem Bảng 1).

**Bảng 1 – Tần số hiệu chuẩn đầu cảm ứng đo tải**

Loại thiết bị	Tần số hiệu chuẩn
Các loại chất tải liên tục và bán liên tục	Trước khi thí nghiệm
Loại chất tải đều đặn (xem mục 7.2.3 với và các thiết bị không có đầu cảm ứng đo tải)	Ít nhất 1 lần/ năm theo chỉ dẫn của nhà sản xuất hoặc theo trình tự ở Phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661
Loại chất tải xung (FWD)	Ít nhất 1 lần/năm theo trình tự ở Phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661

- 7.2.2 Các thiết bị chất tải tĩnh bán liên tục và không liên tục. Trước khi thí nghiệm, ngay lập tức cân tải trọng trục của xe tải nếu vật chất là 1 loại vật liệu có thể hút ẩm (cát hoặc sỏi v.v...) hoặc có thể thay đổi vì bất kỳ lý do nào. Các xe tải có vật chất tải là thép hoặc khối bê tông thì chỉ cần cân nếu tải trọng được thay đổi hoặc có thể bị đổi chỗ.
- 7.2.3 Các thiết bị chất tải đều đặn – Các thiết bị được trang bị các đầu cảm ứng đo tải có thể được hiệu chuẩn bằng cách đo số liệu đầu ra của đầu cảm ứng đo tải trong tình trạng tình trạng chất tải tĩnh đã biết, ví dụ như tải trọng của chính thiết bị, các đầu cảm ứng đo tải cần được hiệu chuẩn ít nhất 1 lần/ năm theo các chỉ dẫn của nhà sản xuất hoặc theo trình tự SHRP trong phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661. Việc hiệu chuẩn một thiết bị sử dụng động tải và không có đầu cảm ứng đo tải cần có các thiết bị chuyên dùng thường không có trên thị trường, trừ phi theo địa chỉ của nhà sản xuất. Sai số tiềm năng do sự khác biệt của các tải được sử dụng cho thiết bị này là danh định; không yêu cầu phải thí nghiệm lại sau khi xuất xưởng. Việc hiệu chuẩn tải trọng sử dụng cần được tiến hành gián tiếp mỗi tháng 1 lần qua việc kiểm tra tần số của công tơ đếm lần quay của bánh đà với tia đánh lửa.
- 7.2.4 Các thiết bị xung tải- Việc hiệu chuẩn đầu cảm ứng đo tải tham chiếu cần được tiến hành ít nhất một lần trong năm. Phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661<sup>5</sup> có ví dụ về công tác này.
- 7.3 *Các cảm ứng đo độ võng*
- 7.3.1 Tổng quan – Trình tự hiệu chuẩn các cảm ứng đo độ võng phụ thuộc vào loại máy móc thiết bị được sử dụng. Việc hiệu chuẩn các cảm ứng đo độ võng cần được kiểm tra ít nhất 1 lần một tháng trong quá trình thí nghiệm trừ các thiết bị chất tải bán liên tục và không liên tục (xem Bảng 2)

- 7.3.2 Các thiết bị chất tải tĩnh bán liên tục và không liên tục – Các thiết bị chất tải tĩnh cần được hiệu chuẩn hàng ngày với dụng cụ dò. Khi thực hiện việc điều chỉnh cảm ứng đo độ võng, độ võng được tạo ra phải gần giống nhau về độ lớn, với độ võng được tạo ra trong quá trình thí nghiệm bình thường.
- 7.3.3 Thiết bị chất tải đều đặn – Việc kiểm tra hiệu chuẩn thường xuyên các cảm ứng đo độ võng cần được thực hiện 1 lần trong tháng. Nếu phát hiện có sự khác nhau nhiều ở một cảm ứng, cần trả lại nhà sản xuất để kiểm tra hoặc hiệu chuẩn dưới tác động của rung động hiệu chuẩn tiêu chuẩn. Các cảm ứng đo độ võng cần được hiệu chuẩn hàng năm.

**Bảng 2 – Tần xuất hiệu chuẩn cảm ứng đo độ võng**

Loại thiết bị	Tần số hiệu chỉnh	Tần số tối thiểu kiểm tra hiệu chỉnh
Loại chất tải tĩnh bán liên tục và không liên tục	Hàng ngày trong khi hoạt động	Hàng ngày trong khi hoạt động
Loại chất tải đều đặn	Ít nhất 1 lần trong năm	Một lần trong một tháng trong khi hoạt động
Loại chất tải xung – (FWD)	Hiệu chuẩn tham chiếu ít nhất một lần trong 1 năm bằng việc sử dụng trình tự ở phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661	Hiệu chuẩn tương đối 1 lần trong 1 tháng khi hoạt động bằng việc sử dụng trình tự ở phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661

- 7.3.4 Loại thiết bị chất tải xung – Việc hiệu chuẩn cảm ứng đo độ võng tham chiếu cần thực hiện theo tiêu chuẩn SHRP (xem phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661 cho các thiết bị chất tải xung). Việc kiểm tra hiệu chuẩn tương đối cần thực hiện 4 tháng 1 lần bằng cách sử dụng tiêu chuẩn SHRP (xem ở phụ lục A của SHRP Report SHRP-P-661)

#### 7.4 *Cảm ứng đo nhiệt độ*

Việc hiệu chuẩn cảm ứng đo nhiệt độ mặt đường cần thực hiện bằng một nhiệt kế tham chiếu đã được hiệu chuẩn và hai bề mặt tham chiếu như một bề mặt “lạnh” và bề mặt “nóng”. Cảm ứng đo nhiệt độ không khí (nếu được trang bị) cần được thực hiện bằng 2 nhiệt độ tham chiếu ví dụ nước đóng băng (0°C) và nước sôi (100°C). Việc hiệu chuẩn cảm ứng đo nhiệt cần thực hiện ít nhất 1 lần một năm.

**8 THU THẬP SỐ LIỆU HIỆN TRƯỜNG VÀ TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM**

- 8.1 Tổng quan – Việc tuân thủ trình tự trong một số hạng mục phụ thuộc vào loại thiết bị được sử dụng. Các thông tin chung sau đây được xem là các số liệu tối thiểu cần phải thu thập, bất kể sử dụng loại thiết bị nào.
- 8.1.1 Tải trọng - Đối với các thiết bị chất tải xung, phải ghi chép tải trọng đỉnh được tác động vào mặt đường bằng thiết bị đo độ võng. Đối với các thiết bị chất tải đều đặn, phải ghi chép tải trọng tính toán từ đỉnh này sang đỉnh khác. Đối với các thiết bị chất tải tĩnh, phải ghi chép tải trọng trục của xe thí nghiệm.
- 8.1.2 Tần số tải trọng – Nếu áp dụng, đối với thiết bị tải trọng rung phải ghi chép tần số tải trọng dao động tính toán <sup>6</sup>.
- 8.1.3 Trạng thái hình học của khu vực bị chất tải và vị trí đặt cảm ứng đo độ võng -Để mô hình hoá chính xác cấu trúc mặt đường và / hoặc tính toán ngược các thông số lớp v.v., cần thiết phải biết và ghi chép vị trí của tải trọng, các cảm ứng đo độ võng, vết nứt mặt đường, và các mối nối của mặt đường PCC, ghi chép vị trí các vết nứt và mối nối giữa tải trọng và mỗi cảm ứng trong phạm vi 2m (6.5 ft) từ tâm tải đến các cảm ứng. Ghi chép vị trí và hướng của các cảm ứng đã đo xuyên tâm tải, ví dụ “300mm (11.8 in.) phía trước tải trọng áp dụng. Để phù hợp với phương pháp đánh giá hiệu quả của mối nối hoặc sự truyền tải đã lựa chọn, các cảm ứng đo độ võng, tải trọng cần phải đặt ở đúng vị trí, ví dụ, với một hoặc nhiều cảm ứng ở một bên mối nối và tải trọng được đặt gần sát nhất với cạnh đi (cạnh dưới) của mối nối đang xem xét. Nếu không ghi chép được sự hiện diện của các mối nối, và vết nứt trong vùng ảnh hưởng của tải trọng có thể dẫn đến kết quả sai trong việc phân tích sau đó về độ võng đã ghi nhận được. Tương tự như vậy, nếu không chú ý cẩn thận về vị trí thực tế của các cảm ứng đo độ võng, sẽ dẫn đến việc phân tích sai lớn.
- 8.1.4 Thời gian thí nghiệm – ghi chép ngày tháng và thời gian đo độ võng.
- 8.1.5 Lập trạm hay lý trình – Ghi chép số trạm hoặc vị trí của mỗi điểm thí nghiệm đo độ võng.
- 8.1.6 Nhiệt độ môi trường và nhiệt độ mặt đường – Tối thiểu nhất cũng phải ghi chép nhiệt độ môi trường xung quanh và nhiệt độ mặt đường sau một khoảng thời gian nhất định do kỹ sư đề xuất. Các phương pháp xử lý sau có thể cần nhiều thông số về nhiệt độ hơn, ví dụ, nhiệt độ lớp mặt đường có thể xác định được bằng cách khoan lỗ đến một hay nhiều độ sâu trong phạm vi lớp mặt đường và đổ nước, glycerin hoặc chế phẩm gốc dầu xuống đáy hố và sau đó ghi lại nhiệt độ của chất lỏng ở đáy mỗi hố. Nếu việc thí nghiệm phải kéo dài hơn một thời gian, mỗi giờ phải đo nhiệt độ của chất lỏng để xác lập tương quan trực tiếp giữa không khí – mặt đường và /hoặc độ sâu đo nhiệt độ. Nếu không thể, hiện có một số trình tự ước lượng nhiệt độ mặt đường như là một hàm số của độ sâu bằng cách sử dụng nhiệt độ không khí ở trên cao và ở dưới thấp của 24 giờ ngày trước đó và nhiệt độ mặt đường hiện tại <sup>7</sup>.
- 8.2 Vị trí thí nghiệm – Ghi chép vị trí thí nghiệm ngay từ khi bắt đầu chuỗi thí nghiệm. Tần số thí nghiệm hiện trường phụ thuộc vào mức thí nghiệm đã lựa chọn, như đã nói ở phần 9 của tiêu chuẩn này.

- 8.3 Phương pháp thí nghiệm – Tùy theo loại máy móc thiết bị được sử dụng, có thể dùng các phương pháp thí nghiệm khác nhau. Các thiết bị chất tải đều đặn phù hợp với các tải trọng và tần số khác nhau có thể dùng để thực hiện “quét tần số” (thực hiện nhiều thí nghiệm ở các tần số khác nhau tại cùng một vị trí và tải trọng). Các thiết bị chất tải xung là điển hình để áp dụng nhiều tải trọng khác nhau; một số thiết bị có thể kiểm soát hình dạng và khoảng thời gian xung tải. Các phép đo hiệu quả mỗi nối trên các mặt đường PCC có mỗi nối có thể được thực hiện với các thiết bị được trang bị nhiều cảm ứng đo độ võng bằng cách đặt tải trọng lên một bên của mỗi nối và đặt một hoặc nhiều cảm ứng lên mỗi bên của mỗi nối.
- 8.4 Trình tự đo độ võng
- 8.4.1 Tổng quan: Trình tự để thực hiện thí nghiệm đo mỗi nối riêng biệt nên là những trình tự do nhà sản xuất thiết bị cung cấp, để phản ánh bổ sung cho các hướng dẫn chung trong tiêu chuẩn này. Cần thực hiện các bước sau bất kể thiết bị nào được dùng:
- 8.4.1.1 Hiệu chuẩn cảm ứng đo độ võng và đầu đo tải trọng (nếu có) của thiết bị, theo các trình tự đã nêu ở phần 7.
- 8.4.1.2 Vận chuyển thiết bị đến vị trí thí nghiệm và đến điểm thí nghiệm mong muốn.
- 8.4.1.3 Đo nhiệt độ không khí môi trường và nhiệt độ mặt đường theo hướng dẫn ở mục 8.1.6.
- 8.4.1.4 Ghi chép các thông tin sau về mỗi mặt đường được thí nghiệm: vị trí dự án, người vận hành, ngày tháng và thời gian, các yếu tố hiệu chỉnh, trạm đầu và cuối hay vị trí vật lý như là “Jct. IH 635 and Beltline road”, vị trí cắt và lấp, các vị trí cống, cầu, và các đặc điểm không chế dọc, và giới hạn, mức độ hư hỏng của mặt đường, tình trạng thời tiết và mô tả loại mặt đường.
- 8.4.1.5 Vị trí thí nghiệm nên không có đá, mảnh vụn để bảo đảm tám chất tải (nếu có) được đặt đúng chỗ. Các mặt đường sỏi hoặc mặt đường đất nên được làm phẳng tối đa, nên tránh hoặc di rời các vật liệu rời.
- 8.4.2 Thiết bị chất tải tĩnh không liên tục (ví dụ cần Benkelman):
- 8.4.2.1 Bố trí cần ở giữa các bánh xe để mẫu thử nhô ra trước 1.37m (4.5ft) và vuông góc với trục sau.
- 8.4.2.2 Điều chỉnh đồng hồ đĩa số về 0.000 mm (0.000 in).
- 8.4.2.3 Lái xe thí nghiệm đi khoảng 8m (26.3 ft) với tốc độ bò và ghi lại chỉ số tối đa ( $D_m$ ) với độ phân giải 0.025mm (0.0001 in) hoặc tốt hơn.
- 8.4.2.4 Sau khi kim báo ở đĩa số đã ổn định, ghi lại số đo cuối cùng ( $D_f$ ) với độ phân giải 0.025mm (0.001in) hoặc tốt hơn.
- 8.4.2.5 Độ võng mặt đường =  $2(D_m - D_f)$ .
- 8.4.2.6 Lặp lại quá trình này với khoảng cách thời gian đã qui định ở Phần 10. Thông thường, dùng 2 thiết bị để đo cả hai vệt bánh xe. Tuy nhiên, khi thí nghiệm chỉ với 1 thiết bị,

việc thí nghiệm có thể được thực hiện luân phiên giữa 2 vệt, và thu được 2 phép đo ở vệt bánh xe ngoài và một phép đo ở vệt bánh xe phía trong trên toàn bộ đoạn thí nghiệm.

8.4.2.7 Báo cáo độ võng trung bình của mỗi vệt xe.

8.4.3 Thiết bị tĩnh tải bán liên tục

8.4.3.1 Thu được kích thước độ võng của hai vệt bánh xe như đã qui định ở phần 9 trên một đồ thị liên tục

8.4.3.2 Đọc các số đo độ võng từ các vết tích võng với độ phân giải 0.025mm (0.001 in) hoặc tốt hơn, và dùng các phiếu thông số độ võng cùng bất kỳ ghi chú nào để lập bảng.

8.4.3.3 Tính toán và báo cáo độ võng trung bình của 2 vệt bánh xe

8.4.4 Thiết bị chất tải đều đặn

8.4.4.1 Ghi chép thông tin xác định chính xác cấu hình của thiết bị đo tại thời điểm thí nghiệm. Các thông số cấu hình thiết bị thông thường bao gồm số lượng và khoảng cách các cảm ứng đo độ võng và hướng của các cảm ứng đo độ võng.

8.4.4.2 Bố trí vị trí của thiết bị để tâm tải nằm ở trung tâm nơi thí nghiệm đã chọn và thanh cảm ứng phải song song với hướng di chuyển (hoặc cắt ngang mỗi nối đối với các mối nối dọc hoặc mối nối xiên)<sup>8</sup>.

8.4.4.3 Hạ thanh lắp cảm ứng xuống để bố trí các cảm ứng và tấm chất tải (hoặc các tấm) hoặc bánh chất tải. Tạo lực đầu tiên cho đến khi đạt sự ổn định được tại một tần số chất tải và độ lớn tải đã chọn 8.

8.4.4.4 Đọc và ghi chép các số đo độ võng của từng cảm ứng vào phiếu dự liệu bằng phương pháp thủ công hoặc trực tiếp nếu việc ghi số liệu được tự động hoá.

8.4.5 Thiết bị chất tải xung

8.4.5.1 Cài đặt phần mềm để thu thập số liệu

8.4.5.2 Nhập các thông tin xác định cấu hình chính xác của thiết bị đo độ võng tại thời điểm thí nghiệm. Thông số về cấu hình thiết bị được lưu giữ ở file thông số đầu ra và được nhập trực tiếp để phân tích thông số. Thông tin này thường bao gồm kích thước tấm tải, số lượng và khoảng cách các cảm ứng đo độ võng, và hướng của các cảm ứng đo độ võng liên quan đến tấm tải.

8.4.5.3 Lựa chọn các định dạng file thông số thích hợp. Hiện có vài định dạng file ví dụ như U.S Customary Unit, SI Unit, và các định dạng khác.

8.4.5.4 Hạ tấm chất tải và cảm ứng xuống để bảo đảm chúng đang nằm trên bề mặt ổn định và vững chắc.

8.4.5.5 Nâng máy phát lực đến độ cao như ý và thả “quả tạ”. Thực hiện ít nhất một lần rơi vào một chỗ nhất định và thực hiện một hoặc nhiều lần rơi thí nghiệm với bất kỳ mức

tải nào. Ghi chép độ võng bề mặt và tải trọng đỉnh (trừ các lần rơi vào một chỗ nhất định) hoặc ghi chép lại sự phản ứng khi có toàn tải và diễn biến giữa độ võng – thời gian như kỹ sư đề xuất.

8.4.5.6 Khi người kỹ sư mong muốn xác định tính phi tuyến của vật liệu mặt đường, cần thực hiện thí nghiệm với nhiều mức tải. Việc phân tích có thể dùng kích thước chậu bình quân nếu các sai số ngẫu nhiên không lớn.

## 9 VỊ TRÍ VÀ TẦN XUẤT LẤY MẪU

9.1 Vị trí thí nghiệm sẽ thay đổi với mục đích sử dụng dữ liệu đó. Phần lớn, cách tiếp cận chung là thí nghiệm trước tiên ở vết bánh xe, vì phản ứng của mặt đường tại các vị trí này phản ánh tác động của sự hư hỏng lũy tiến. Thí nghiệm đo độ võng giữa các vết bánh xe trên mặt đường bê tông asphalt (AC) có thể được thực hiện để so sánh thí nghiệm ở các vết bánh xe nhằm thể hiện sự phá hủy tương đối.

9.2 Mức độ thí nghiệm mạng lưới – Mức thí nghiệm này cung cấp một tổng quan về khả năng chịu tải của mặt đường với thí nghiệm hạn chế. Thí nghiệm đo độ võng được thực hiện điển hình ở một khoảng cách từ 200 m đến 500m (656 ft đến 1,640 ft) tùy theo tình trạng mặt đường cụ thể. Kiến nghị nên thực hiện tối thiểu 7 thí nghiệm trên đoạn mặt đường đồng nhất để đảm bảo một mẫu có ý nghĩa thống kê. Tối thiểu nhất, đối với mặt đường bê tông asphalt (AC) và mặt đường bê tông xi măng cốt thép liên tục (CRCP), tải trọng cần phải bố trí dọc theo vết bánh xe ngoài cùng, hoặc dọc theo tâm của các tấm bê tông cốt thép liên tục. Đối với các mặt đường bê tông có mối nối (JCP), trước hết, tải trọng cần được bố trí tại tâm hình học của tấm. Để thí nghiệm mức độ của mạng lưới, ít nhất cần phải thí nghiệm 10% số tấm tại các mối nối, cũng như thí nghiệm về độ võng hay hiệu suất truyền tải.

9.3 Mức độ thí nghiệm cho dự án tổng hợp – Mức thí nghiệm này giúp cho việc phân tích mặt đường chi tiết hơn, ví dụ để phục vụ mục đích thiết kế lớp trên cùng hoặc cải tạo nâng cấp. Thí nghiệm cần được tiến hành với khoảng cách từ 50 m đến 200m (164 ft đến 656 ft ) tùy theo tình trạng mặt đường cụ thể, tối thiểu nhất là 15 thí nghiệm đối với đoạn mặt đường đều nhau. Tối thiểu nhất, đối với các loại mặt đường AC hoặc CKCP, nói chung tải trọng được bố trí dọc theo vết bánh xe ngoài cùng, hoặc dọc theo tâm của các tấm CKCP. Đối với mặt đường JCP, trước hết, tải trọng cần phải bố trí ở tâm hoặc sát tâm hình học của tấm, và sau đó di chuyển tới mối nối gần nhất và bố trí dọc đường tâm, nói chung nằm trên phía đi của mối nối. Trên các đường, phố, đường ô tô, các thí nghiệm mối nối thường được thực hiện dọc theo vết bánh xe ngoài cùng. Đối với các thí nghiệm mức độ cho các dự án tổng hợp, việc thí nghiệm thường không bao gồm thí nghiệm từng mối nối cùng với mỗi tấm phía trong; tuy nhiên, cần bao gồm ít nhất 25% số mối nối. Trên mặt đường sân bay JCP, việc đo hiệu suất truyền tải của mối nối cần được thực hiện trên cả các mối nối dọc và ngang.

9.4 Mức độ thí nghiệm chi tiết cho dự án – Mức thí nghiệm này dùng cho công tác phân tích mặt đường cụ thể và chi tiết hơn, ví dụ như cho mục đích xác định các khu vực có độ võng cao hoặc phát hiện các lỗ hổng ở lớp dưới mặt đường PCC v.v... Đối với các mặt đường AC hoặc CKCP, thí nghiệm được chủ yếu thực hiện ở khoảng cách từ 10m đến 50m (32.8 in đến 164 ft). như theo đề xuất của kỹ sư. Trên đường bộ, đường, phố và đường ô tô, việc thí nghiệm thường được tiến hành ở cả hai vết bánh

xe. Đối với các mặt đường JCP, trượt hết tải trọng cần được bố trí ở hoặc gần tâm hình học của mỗi tấm dọc theo chiều dài của đoạn thí nghiệm, và sau đó di chuyển vào sát mỗi nối hoặc vết nứt trên từng tấm, hoặc là dọc theo vết bánh xe ngoài cùng hoặc ở góc tấm, hoặc cả hai. Trên mặt đường sân bay JCP, việc đo hiệu suất mỗi nối cần được thực hiện ở cả hai mỗi nối dọc và ngang.

---

## 10 CÁC THÔNG SỐ CẦN THIẾT TRƯỚC KHI PHÂN TÍCH ĐỘ VĨNG

- 10.1 Những thông số hệ thống mặt đường sau là cần thiết để tạo điều kiện thuận lợi cho việc phân tích tải - độ võng:
  - 10.1.1 Chủng loại vật liệu lớp mặt đường và chiều dày.
  - 10.1.2 Chiều sâu đến lớp đá gốc hoặc tới lớp cứng.
  - 10.1.3 Nhận dạng dự án hoặc tên đường và đoạn.

---

## 11 BÁO CÁO THÍ NGHIỆM ĐỘ VĨNG

- 11.1 Các báo cáo hiện trường (cả bản mềm và bản cứng) về thí nghiệm độ võng đã được thực hiện cần chứa ít nhất các thông tin về các hạng mục sau:
  - 11.2 Mục đích thí nghiệm độ võng.
  - 11.3 Ngày tháng và thời gian thí nghiệm.
  - 11.4 Nhận dạng người thực hiện.
  - 11.5 Thông tin về xe.
  - 11.6 Tình trạng thời tiết.
  - 11.7 Nhiệt độ không khí và nhiệt độ mặt đường.
  - 11.8 Thông tin về đoạn đường – Các thông tin thương do các hãng xác định, nhưng các thông tin về đoạn đường thường gồm các thông tin sau:
    - 11.8.1 Tên đường và tỉnh hoặc huyện nơi có con đường đó.
    - 11.8.2 Loại mặt đường đang được thí nghiệm.
    - 11.8.3 Hướng đi.
    - 11.8.4 Làn xe được thí nghiệm (ví dụ làn xe chạy hoặc làn vượt xe)
  - 11.9 Tải trọng và dữ liệu độ võng.
    - 11.9.1 Chủng loại thiết bị đo độ võng.
    - 11.9.2 Chủng loại thí nghiệm đo độ võng, ví dụ như thí nghiệm chậu võng hay truyền tải.
    - 11.9.3 Vị trí cảm ứng

11.9.4 Tải trọng áp dụng và tần số tải.

11.9.5 Độ võng đo được do tải.

---

## 12 PHẦN MỀM THU THẬP SỐ LIỆU

12.1 Một số thiết bị thí nghiệm đo độ võng sử dụng chương trình hiện trường riêng để thu thập thông số độ võng và tải trọng. Theo cách truyền thống, các file chỉ thể hiện độ võng mặt đường được xây dựng bằng định dạng ASCII. Định dạng này rất phụ thuộc vào thiết bị. Mặc dù định dạng ASCII cho phép người sử dụng và các cơ quan dễ dàng truy nhập các file kết quả thông số, nhưng cần có một chương trình riêng để truy cập kết quả đầu ra cho mỗi loại thiết bị thí nghiệm. Để giảm bớt vấn đề này, AASHTO đã xây dựng một tiêu chuẩn định dạng trao đổi thông số độ võng mặt đường tổng hợp (PDDX). Nội dung miêu tả tiêu chuẩn này có thể tìm được trong tài liệu tham khảo cuối cùng ở phần 2 của tiêu chuẩn này (hiện nay tài liệu tham khảo có thể là sai vì phần 2 đã được các nhà biên tập sắp xếp lại).

---

## 13 PHẦN MỀM XỬ LÝ SỐ LIỆU (ĐỂ THAM KHẢO)

13.1 Một số chương trình phần mềm tính ngược toán đã được xây dựng để xử lý dữ liệu độ võng và phân tích. Có một tiêu chuẩn ASTM (xem phần 2 về tài liệu tham khảo) cho biết sự thảo luận về một số sự khác biệt chính giữa các chương trình tính toán ngược thông dụng nhất. Nếu các kỹ thuật tính toán được sử dụng, nên dùng phiên bản chương trình mới nhất để tính toán ngược môđun của lớp mặt đường.

---

## 14 ĐỘ CHÍNH XÁC VÀ SAI SỐ

14.1 Vì phương pháp thí nghiệm này bao gồm cách sử dụng của các thiết bị không phá hủy khác nhau dùng cho bất kỳ loại mặt đường liên kết nào, độ chính xác và sai số của phương pháp thí nghiệm này sẽ là một hàm số của cả các đặc tính của mặt đường được thí nghiệm và thiết bị được dùng. Các thông tin về độ tin cậy, độ chính xác, và khả năng lặp lại các thiết bị gây rung chấn và thiết bị chất tải rung khác nhau có thể tìm thấy tại thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm đường thủy (WES) ở Vicksburg, Mississippi<sup>10</sup>

---

## 15 CÁC TỪ KHÓA

15.1 Cần Benkelman; Cảm ứng đo độ võng; Khảo sát độ võng; Máy đo độ võng kiểu quả rơi (FWD); Thiết bị thí nghiệm đo độ võng xung; đầu cảm ứng đo tải; Thí nghiệm đo độ võng/tải; thí nghiệm không phá hủy (NDT); độ võng mặt đường; thí nghiệm mặt đường; tần số lấy mẫu; thiết bị thí nghiệm đo độ võng tĩnh; và thiết bị thí nghiệm đo độ võng động lực đều.

---

<sup>1</sup> Một ví dụ về thiết bị này là cần Soiltest Benkelman

<sup>2</sup> Một ví dụ về thiết bị này là Lacroix deflectorgraph

<sup>3</sup> Một ví dụ về thiết bị này là The Geolog Dynaflect and the Foundation Mechanics Road Rater

- <sup>4</sup> Một ví dụ về thiết bị này là Dynatest FWD, KUAB FWD, Phoenix FWD, và Jils FWD
- <sup>5</sup> Báo cáo SHRP-P-661 – Sổ tay thí nghiệm FWD trung tâm nghiên cứu hoạt động lâu dài của mặt đường (LTPP)
- <sup>6</sup> Đối với các thiết bị như thiết bị Dynaflect, nói chung nhà sản xuất định trước tần số chất tải chu kỳ là 8 Hz ở giá trị lỗi đặc trưng
- <sup>7</sup> Federal Highway Administration: Dự báo nhiệt độ và các yếu tố điều chỉnh về mặt đường Asphalt – báo cáo số FHWA-RD-98-085.
- <sup>8</sup> Khi thí nghiệm các mối nối dọc, “một thanh sao” được sử dụng để đo hiệu suất mối nối ở góc bên phải
- <sup>9</sup> Khi sử dụng các thiết bị chất tải đều đặn, các rung động đầu tiên là không ổn định về đầu ra do các cảm ứng không chứa phản ứng với tần số đầu ra.
- <sup>10</sup> Bentsen, Nazarian and Harrion, “Độ tin cậy thử nghiệm của 7 loại thiết bị thử nghiệm mặt đường không phá hủy” thử nghiệm không phá hủy mặt đường và tính toán ngược mô đun, ASTM STP1026, A.J. Bush.III and G.Y. Baladi, Eds, American Society of Testing and Materials, Philadelphia, 1989, pp.41-58.