

Tiêu chuẩn kỹ thuật

# Hiệu chuẩn bộ phận đo tải trọng và bộ phận cảm biến đo độ võng của thiết bị chùy rơi chấn động FWD

AASHTO R32 - 03<sup>1</sup>

## 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 kỹ thuật

# Hiệu chuẩn bộ phận đo tải trọng và bộ phận cảm biến đo độ võng của thiết bị chùy rơi chấn động FWD

## AASHTO R32 - 03<sup>1</sup>

### 1 PHẠM VI ÁP DỤNG

- 1.1 Quy trình này mô tả quá trình hiệu chuẩn tham chiếu của bộ phận đo tải trọng và bộ phận cảm biến đo độ võng và quá trình hiệu chuẩn tương đối của bộ phận cảm biến chuyển vị của thiết bị chùy rơi chấn động (FWD). Nó được sử dụng để thiết lập các thông số hiệu chuẩn để điều chỉnh các đại lượng đo với thiết bị FWD.
- 1.2 Trình tự này không được áp dụng cho việc hiệu chuẩn cho chu trình chất tải tuần hoàn cũng như các loại thiết bị thí nghiệm khác đo độ võng mặt đường giao thông.
- 1.3 Hiệu chuẩn tham chiếu được tiến hành ít nhất 1 lần/năm hay càng sớm càng tốt sau khi bộ phận cảm biến đo độ võng hoặc bộ phận đo tải trọng được thay thế trong thiết bị FWD.
- 1.4 Hiệu chuẩn tham chiếu được tiến hành với bộ phận cảm biến đo độ võng ít nhất 1 lần/tháng và ngay sau khi bộ phận cảm biến đo độ võng được thay thế.
- 1.5 Các kết quả của quá trình hiệu chuẩn các nhân tố được nhập vào phần mềm của thiết bị FWD như là số nhân. Khi các giá trị đo của FWD được nhân bởi các thông số hiệu chuẩn, kết quả thu được là một tập hợp của các giá trị đo đã được điều chỉnh cho phù hợp với thiết bị hiệu chuẩn.
- 1.6 Trình tự hiệu chuẩn có thể thay đổi ít giữa các hãng sản xuất FWD. Trình tự này có thể sử dụng cho tất cả các loại FWD với các điều chỉnh nhỏ trong phần cứng và của phần mềm thu nhận dữ liệu.
- 1.7 Phần mềm của FWD có chứa các điều khoản trong đó người quản lý hiệu chuẩn có thể nhập các thông số hiệu chuẩn đã đo được.
- 1.8 Để có thể sử dụng trình tự này, phần mềm của FWD phải cho phép người quản lý hiệu chuẩn nhập vào số lần chùy rơi trong chuỗi thí nghiệm, tính cả lần tạm dừng giữa các lần chùy rơi. Hơn nữa tấm gia tải vẫn phải giữ ở phía dưới trong suốt quá trình chùy rơi.
- 1.9 *Hướng dẫn này có thể chứa đựng các hiểm họa của vật liệu, thao tác và thiết bị. Tiêu chuẩn này không bao gồm việc đề cập đến tất cả các vấn đề về an toàn kết hợp với việc sử dụng. Đó là trách nhiệm của người thao tác quy trình phải tham khảo và thiết lập các chế độ an toàn hợp lý và đảm bảo sức khỏe cũng như xác định được khả năng giới hạn điều chỉnh trước khi sử dụng.*

## 2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN

### 2.1 Tiêu chuẩn AASHTO:

- R33 Hiệu chuẩn bộ phận đo tải trọng tham chiếu để hiệu chuẩn tham chiếu bộ phận đo chuyển vị của thiết bị chùy rơi chấn động FWD

## 3 TÓM TẮT PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

3.1 Trong trình tự này, cảm biến đo võng và bộ phận đo tải trọng của FWD đầu tiên được hiệu chuẩn riêng biệt ngược lại với các thiết bị hiệu chuẩn tham chiếu một cách độc lập. Quá trình hiệu chuẩn này được gọi là hiệu chuẩn tham chiếu, có thể được thực hiện tại Trung tâm hiệu chuẩn khu vực về chất lượng thi công dài hạn của bề mặt đường (LPPT), hoặc các khu vực khác có trang bị máy móc phù hợp.

3.1.1 Bộ phận đo tải trọng của FWD được hiệu chuẩn dựa vào bộ phận đo tải trọng tham chiếu được làm cho người sử dụng, loại mà có thể làm cho bộ phận đo tải trọng của FWD được hiệu chuẩn mà không cần di chuyển khỏi các thiết bị kiểm tra.

3.1.2 Bộ phận cảm biến đo sự chuyển dịch được hiệu chuẩn dựa vào bộ chuyển đổi vi phân tuyến tính (LVDT) (với các giá trị đo LVDT đo tại vị trí cùng độ võng với bộ cảm biến của FWD).

3.2 Sự hiệu chuẩn của bộ cảm biến đo võng sẽ được cải tiến hơn bằng việc so sánh chúng với nhau trong quá trình *được gọi là hiệu chuẩn tương đối*. Hiệu chuẩn tương đối của bộ cảm biến đo võng được sử dụng để chắc chắn rằng tất cả các cảm biến của FWD có số đo võng rất giống đối với từng loại. Hiểu một cách thông thường, nó phù hợp với bước cuối cùng trong toàn bộ quá trình hiệu chuẩn FWD và như là một biện pháp nhanh chóng để kiểm tra một cách định kỳ cho các cảm biến này vận hành một cách hợp lý.

3.2.1 Hiệu chuẩn tương đối sử dụng bộ hiệu chuẩn tương đối do hãng sản xuất FWD cung cấp. Các bộ cảm ứng được xếp chồng lên nhau thẳng đứng trên bề, cái này chồng trên cái kia, như vậy tất cả các cảm ứng đo cùng một độ võng mặt đường. Trong quá trình hiệu chuẩn tương đối, giả sử rằng toàn bộ độ võng trung bình được xác định đồng thời bởi tập hợp đầy đủ các cảm ứng, sẽ đạt được giá trị tính toán chính xác của độ võng thực tế. Giả thiết này yêu cầu các bộ cảm ứng đo võng đầu tiên phải chịu ảnh hưởng tới quá trình hiệu chuẩn tham chiếu.

3.2.2 Khi thực hiện liên kết với hiệu chuẩn tham chiếu, hiệu chuẩn tương đối sẽ được lặp lại ít nhất 2 lần. Các chỉ tiêu cho phép dựa trên sự lặp lại của các thông số hiệu chuẩn được xác định trong quá trình hiệu chuẩn tương đối.

3.3 Không có sự tương ứng hiệu chuẩn tương đối cho bộ phận đo tải trọng.

## 4 Ý NGHĨA VÀ ỨNG DỤNG

- 4.1 Quy trình hiệu chuẩn cho cả bộ phận đo tải trọng và bộ cảm ứng đo võng cung cấp phương tiện để so sánh các kết quả khác của các loại FWD khác nhau và các nhà sản xuất khác nhau.
- 4.2 Quy trình hiệu chuẩn đảm bảo sự nhất quán trong việc thu thập dữ liệu giữa các hãng FWD khác nhau.

---

## 5 THUẬT NGỮ

- 5.1 *Mô tả các thuật ngữ đặc trưng cho tiêu chuẩn này:*
- 5.1.1 Hệ thống thu thập dữ liệu – bao gồm bộ xử lý tín hiệu, bảng thông tin thu thập dữ liệu, phần mềm thu thập dữ liệu, máy tính và dây cáp điện.
- 5.1.2 Thông số hiệu chuẩn cuối cùng – thông số kết quả được lấy từ trình tự hiệu chuẩn tương đối. Lần hiệu chuẩn cuối được đưa vào chương trình hoạt động của FWD như một bước cuối cùng của quá trình hiệu chuẩn.
- 5.1.3 Bộ cảm ứng đo võng của FWD– thiết bị sử dụng để đo võng tương ứng với một tải trọng cho trước (như địa chấn ký, gia tốc kế hay các thiết bị khác).
- 5.1.4 Bộ phận đo tải trọng của FWD – thiết bị được đặt dưới hệ thống tăng tải cơ học trong FWD để đo tải trọng tương ứng của hệ thống FWD.
- 5.1.5 Thông số hiệu chuẩn cho bộ cảm ứng đo võng tạm thời – là thông số hiệu chuẩn kết quả cảm ứng đo võng lấy từ quá trình hiệu chuẩn tham chiếu. Thông số này sẽ được xem xét sau dựa trên kết quả từ hiệu chuẩn tương đối.
- 5.1.6 Hiệu chuẩn tham chiếu – thuật ngữ sử dụng để mô tả quá trình hiệu chuẩn thông số đo tải trọng hoặc cảm biến đo võng của FWD dựa trên hệ thống đo theo mẫu riêng biệt. Với hiệu chuẩn tải trọng, hệ thống tham chiếu được chế tạo dựa theo bộ phận đo tải trọng chuẩn. Với bộ phận cảm biến đo võng, là LVDT.
- 5.1.7 Bộ phận đo tải trọng tham chiếu – thiết bị được chế tạo dành cho người sử dụng có thể được đặt trực tiếp ở dưới bàn gia tải của FWD để ghi nhận các tải trọng thực tế tác động lên FWD.
- 5.1.8 Hiệu chuẩn tương đối – thuật ngữ được sử dụng để mô tả quá trình hiệu chuẩn trong đó bộ cảm ứng đo sự chuyển dịch được hiệu chuẩn tương đối với bộ cảm ứng khác. Không sử dụng với các bộ cảm ứng ở ngoài hệ thống, cảm ứng chỉ đơn giản so sánh lẫn nhau.

---

## 6 DỤNG CỤ VÀ THIẾT BỊ

- 6.1 *Điều kiện trang thiết bị:* Cửa phòng thí nghiệm phải rộng để dễ dàng đưa thiết bị FWD và di chuyển các phương tiện, sàn đủ lớn để xe mooc chở máy và các phương tiện vận chuyển có thể đặt ở độ cao nhất định trong suốt quá trình thí nghiệm, tương ứng với nhiệt độ không đổi (từ 10 và 38°C) và độ ẩm (40 – 90%), nóng nhưng không cần điều hòa nhiệt độ và an ninh tốt cho các thiết bị hiệu chuẩn.

6.1.1 Bệ đỡ thí nghiệm – 5x5 m (15x15 ft) với đường kính cho vùng trống bao bên ngoài bệ là 2,5m (8 ft) (để vận hành máy FWD và hệ thống thu thập dữ liệu hiệu chuẩn) có bề mặt phẳng, bằng bê tông xi măng Poclan không nứt bề mặt.

**Chú thích 1:** Được phép có một số vết nứt nhỏ. Bệ đỡ thí nghiệm có các vết nứt phát triển mà có thể nhìn thấy (1,5 mm (0,6in) hoặc rộng hơn) không được sử dụng.

6.1.2 Bệ đỡ thí nghiệm phải được cô lập (bằng vải bạt ngâm tẩm ngăn sự kết dính của bê tông hoặc các mối nối được cưa và ghép khít lại) khỏi vị trí của khối bê tông quán tính đang chống cho dầm tham chiếu bằng nhôm đứng yên.

6.1.3 Bệ đỡ thí nghiệm có độ võng ít nhất khoảng 400 microns (16 mils) do 70 kN (1600 lb) sẽ đè lên tại vị trí của bộ cảm ứng đo sự chuyển dịch khi máy đo độ võng nằm ở vị trí đặc trưng cho quá trình hiệu chuẩn.

**Chú thích 2:** Các tính toán độ mỏi chỉ ra rằng giới hạn mỏi được chấp nhận có thể đạt tới bề dày 125mm (5 in) của phiên bê tông xi măng Poclan nằm trên nền đá dăm cấp phối rỗng. Một lớp vải địa kỹ thuật dạng lưới sẽ được đặt ở dưới nền để bảo vệ nó khỏi sự xâm nhập của các mảnh vụn nền đất. Để đạt được đủ độ võng, mô đun nền phải nhỏ hơn 80 MPa (12000psi) với lớp nền đá dăm sâu hơn từ 7-9m (25-30 ft). Tại nơi mà nền đá dăm nằm ở độ sâu 4 – 8m (15-25ft), mô đun nền đường cần thiết là 50 MPa (7500 psi) hay nhỏ hơn. Các bệ đỡ thí nghiệm đặt nơi mà nền đá dăm có độ sâu nhỏ hơn 4m (15ft) có khả năng rất nhạy cảm với các thay đổi nhỏ của độ ẩm nền đất và do vậy không được khuyến cáo sử dụng.

6.1.4 Bộ phận đỡ bộ cảm ứng sẽ được đặt không gần hơn 0,6 m (2 ft) từ vị trí của cạnh bệ thí nghiệm, nhưng không bắt buộc, hay có thể bệ đỡ thí nghiệm sẽ lệch đồng nhất trên toàn bộ khu vực của bệ. Bởi vì khối quán tính chống các dầm nhôm tham chiếu phải được đặt tiếp giáp với, nhưng không nằm trên bệ thí nghiệm, khoảng cách lớn nhất có thể từ bộ phận đỡ bộ cảm ứng tới cạnh của bệ thí nghiệm là 1,5 m (5ft).

6.2 *Thiết bị* - Các dụng cụ sau sẽ cần thiết cho thiết bị hiệu chuẩn:

6.2.1 Khối bê tông quán tính – nặng ít nhất 18kN (4000lb);

6.2.2 Dầm tham chiếu – bằng nhôm, chiều dài 1,5m (5ft);

6.2.3 Bệ đỡ - bệ đỡ cách ly bằng cao su chứa không khí tần số thấp để đỡ cho khối bê tông.

6.2.4 Phần cứng có gắn bộ chuyển đổi vi phân biến thiên tuyến tính (LVDT).

6.2.5 Bộ đỡ bệ đỡ cảm ứng đo sự chuyển dịch.

6.2.6 Đầu cực từ cho bộ chuyển đổi vi phân biến thiên tuyến tính (LVDT).

6.2.7 Mô hình Schaevitz GCD – 121 – 125; 3,175 mm (0, 125 in) stroke DC LVDT với bộ kết nối Cannon, hoặc tương tự

6.2.8 Bộ hiệu chuẩn – C-41M Schaevitz theo hệ mét cho chuyển đổi vi phân biến thiên tuyến tính (LVDT)

- 6.2.9 Bộ xử lý tín hiệu – Nhóm thông số Group Inc. Bộ xử lý tín hiệu mô hình Vishay 2310, với kích rung thay đổi cho +15 VDC và -15 VDC, hoặc loại tương tự.
- 6.2.10 Bộ mạch thu thập dữ liệu – mô hình bộ mạch thu thập dữ liệu Keithly- MetraByte DAS – 16G A/D, với STA – 16 bắt vít cuối mạch và cáp băng C-1800. Phiên bản G2 của bộ mạch thu thập dữ liệu được đề xuất cho máy tính IBM PC-XT và PC-AT, và các loại tương thích; Phiên bản GI được chấp nhận. Mô hình bảng DAS-16D, hoặc tương tự, được sử dụng với máy tính IBM PS/2.
- 6.2.11 Dây cáp kết nối.
- 6.2.12 Bộ phận đo tải trọng tham chiếu: loại được chế tạo tùy theo cách đặt hàng (đường kính 300mm, khả năng chịu tải 180 kN).
- 6.2.13 Máy tính-với bộ xử lý 80386 hoặc cao hơn, tốc độ xử lý 25MHz hoặc nhanh hơn, cùng bộ xử lý nếu có thể, tối thiểu Ram 1 MG, ổ cứng 100 MG, khe cắm mở rộng 8bit cho bộ mạch Metrabyte, điều chỉnh màu, đề xuất sử dụng VGA nhưng EGA cũng được chấp nhận, và một máy in.
- 6.2.14 Phần mềm thu thập dữ liệu.
- 6.2.15 Giá đặt để thiết bị hiệu chuẩn - giá đặt thiết bị hiệu chuẩn tương đối của thiết bị FWD có số lượng vị trí tương ứng với số lượng của các bộ cảm ứng.

**Chú thích 3** Các hình vẽ và mô tả lại các bộ phận của thiết bị và các sơ đồ cáp cũng như các phiên bản giải thích về phần mềm thu thập dữ liệu “FWDREFCL” có thể lấy từ Cơ quan nghiên cứu đặc tính dài hạn mặt đường thuộc Cục đường bộ liên bang, Trung tâm nghiên cứu đường cao tốc Turner- Fairbank, McLean, Virginia.

## 7 CHUẨN BỊ THIẾT BỊ FWD

- 7.1 Thiết bị FWD được đặt ở vị trí có điều kiện hoạt động tốt trước khi được hiệu chuẩn tham chiếu. Đặc biệt lưu ý làm sạch các đế kê bộ cảm ứng đo võng để đảm bảo chúng có thể được đặt một cách phù hợp. Cũng cần phải kiểm tra lại tầm tải trọng gắn chắc chắn lên bộ phận đo tải trọng. Tất cả các kết nối điện sẽ được kiểm tra kỹ và nếu cần thiết nên lau sạch và cắm lại một cách chắc chắn.
- 7.2 Thiết bị FWD được đặt ở nhiệt độ phòng và được khởi động khi sử dụng trong quá trình thí nghiệm bình thường.
- 7.3 Một loạt lần chùy rơi khởi động (làm nóng máy) được thực ngay trước khi bắt đầu hiệu chuẩn để chắc chắn rằng hệ thống giảm chấn đạt điều kiện hoàn toàn kỹ lưỡng.
- 7.4 Lắp các khối của thiết bị FWD và chiều cao của chùy để tải trọng quy trình trong khoảng  $\pm 10\%$  của 27, 40, 53 và 71 KN (6, 9, 12, 16 kips).

**Chú thích 4** - Đối với một số loại thiết bị FWD, có thể có sai số cho phép đối với tải trọng lớn nhất và lúc đó chiều cao của chùy là quá lớn. Trước khi đặt bộ phận đo tải trọng tham chiếu dưới tầm gia tải và với khối được định vị tại chiều cao chùy 4 (vị trí cao nhất), kiểm tra khoảng cách giữa điểm cao nhất trên bộ phận lắp ráp khối và cạnh bên dưới của thanh chống giữa 2 cột xung quanh hình trụ để nâng và hạ tầm gia tải,

khoảng cách đó ít nhất 100mm (4 in). Khi mà khe hở này quá nhỏ, phải định vị lại cọc ngắm cho chiều chùy rơi thứ 4 đạt tới khe hở cần thiết. Điều này đảm bảo có đủ chỗ khe hở khi bộ phận đo tải trọng tham chiếu đặt lên tám gia tải. Với 71 KN (16 kips) tải trọng, 10 % có thể không đạt được. Trong trường hợp này có thể lấy gần với 10%.

7.5 Trước khi bắt đầu công việc hiệu chuẩn, và toàn bộ giai đoạn xuyên suốt quá trình hiệu chuẩn, không nên nhập bất cứ dữ liệu nào vào trong bộ phận vận hành của thiết bị FWD.

---

## 8 CHUẨN BỊ BỘ PHẬN ĐO TẢI TRỌNG

8.1 Tất cả các thiết bị được hiệu chuẩn, bao gồm bộ phận đo tải trọng tham chiếu và hệ thống thu thập dữ liệu sẽ được đặt ở nhiệt độ như trạng thái trong mục 6.1.

8.2 Nếu như bộ phận đo tải trọng tham chiếu không được hiệu chuẩn trong phạm vi 12 tháng, nó sẽ được hiệu chuẩn lại để phù hợp với R32.

8.3 Vị trí của thiết bị FWD để tám gia tải đặt gần trung tâm của bề đỡ thí nghiệm hiệu chuẩn hay bất kỳ bề mặt khác cứng và phẳng. Kiểm tra không có cát sạn, mảnh vụn ở dưới bộ phận đo tải trọng.

8.4 Gắn các dây cáp từ bộ xử lý tín hiệu hay hệ thống thu thập dữ liệu với bộ phận đo tải trọng. Vị trí của bộ phận đo tải trọng chuẩn nằm ở dưới tám gia tải, chắc chắn rằng có 3 thanh dẫn hướng thẳng hàng xung quanh tám gia tải.

8.5 Đưa tín hiệu của bộ xử lý về mức 0 với tám gia tải ở trên cao, do đó sẽ không có tải trọng ngoài tác động lên bộ phận đo tải trọng. Để có kết quả chính xác, điều quan trọng phải lưu ý là bộ phận đo tải trọng tham chiếu được đưa về 0 với tám gia tải ở vị trí nâng lên. Bộ kích thích và khuếch đại tín hiệu xử lý phải được cài đặt chính xác với chiều cao mà bộ phận đo tải trọng tham chiếu được hiệu chuẩn.

---

## 9 CHUẨN BỊ BỘ CẢM BIẾN ĐO VĨNG

9.1 Tất cả các thiết bị hiệu chuẩn bao gồm hệ thống chuyển đổi vi phân biến thiên tuyến tính (LVDT) và hệ thống thu thập dữ liệu đặt ở nhiệt độ như mục 6.1. Hệ thống này cũng nên được làm nóng khoảng 1 giờ trước khi bắt đầu quá trình hiệu chuẩn.

9.2 Làm sạch bộ phận chịu tải bằng lò so của bộ chuyển đổi vi phân biến thiên tuyến tính (LVDT). Dùng dụng cụ làm sạch tiếp xúc không bôi trơn trong bộ điều áp có thể bơm sạch các vòng rãnh ổ lăn để đầu lò xo đi ra đi vào mà không có lực ma sát đáng kể. Nếu bộ chuyển đổi vi phân biến thiên tuyến tính (LVDT) không thể vận hành một cách trôi chảy, không nên tiếp tục tiến hành hiệu chuẩn.

9.3 Sử dụng bộ hiệu chuẩn vi kế (micrometer) để hiệu chuẩn LVDT. LVDT cần được hiệu chuẩn tại thời điểm bắt đầu của mỗi ngày (trước khi hiệu chuẩn cảm ứng) và làm lại 1 lần nữa sau 4 giờ.

9.3.1 LVDT đầu tiên sẽ được định vị ở bộ hiệu chuẩn và cài đặt về điểm gốc (điện áp ra bằng 0) với vi kế cài đặt tới 5mm. Vi kế nên được điều chỉnh cho tăng nhẹ vượt quá 5 mm và sau đó đưa về 5mm.

- 9.3.2 Vi kế sau đó sẽ được tăng nhẹ vượt quá 7 mm và đưa trở về điểm 7 mm. Kiểm tra bộ mạch MetraByte đọc trong khoảng  $\pm 30$  bits của -2000 bits. Nếu cần thiết điều chỉnh nút khuếch đại ở 2310 bộ xử lý tín hiệu với số gia 0,1 (ví dụ từ hệ thống cài đặt 1,5x1 đến hệ cài đặt 1,4x1) để đạt tới số đọc yêu cầu. Điện thế đầu ra của bộ LVDT và số đọc của vi kế sẽ được ghi lại.
- 9.3.3 Vi kế sẽ được tăng từ 0.5mm đến số đọc cuối cùng là 3mm, với số đọc vi kế và điện thế đầu ra LVDT ghi nhận được một nhịp 0.5mm. Vận điều khiển của máy vi kế theo một hướng để tránh sai số do lỏng ổ trục.
- 9.3.4 Phân tích các kết quả dữ liệu sử dụng quy hồi tuyến tính để xác định các hệ số, m, trong phương trình sau:
- $$Y=mX+b \quad (1)$$
- Trong đó
- Y = vị trí của đầu LVDT bằng microns, đo được bởi máy vi kế.
- X = điện thế đầu ra tương ứng theo bits, đọc được từ bộ mạch thu thập dữ liệu;
- m= độ dốc, m sẽ được xấp xỉ -1 microns mỗi bit. Sai số chuẩn của dốc sẽ nhỏ hơn 0,001. Nếu sai số lớn hơn, quá trình hiệu chuẩn LVDT sẽ được làm lại.
- 9.3.5 Nhập các kết quả của hiệu chuẩn LVDT vào hệ thống máy tính thu thập dữ liệu. Sau khi các kết quả hiệu chuẩn được nhập, bộ khuếch đại xử lý tín hiệu không được thay đổi khi không hiệu chuẩn lại LVDT.
- 9.4 Bảo vệ bộ LVDT ở vị trí chốt trên hệ thống dầm nhôm tham chiếu, gần với điểm gốc (ví dụ điểm đầu ra điện thế bằng 0). Kiểm tra mức nhiều liệu mà LVDT chốt ở vị trí thẳng đứng. Nếu nó không thẳng, điều chỉnh vị trí của dầm nhôm để đạt được yêu cầu. Việc này có thể đòi hỏi chèn dầm ở chỗ nối bu lông với khối bê tông.

## 10 TRÌNH TỰ HIỆU CHUẨN THAM CHIẾU

- 10.1 *Bộ phận đo tải trọng của thiết bị FWD* – được hiệu chuẩn ít nhất 2 lần. Do không thể tiến hành hiệu chuẩn tương đối trên bộ phận đo tải trọng, nên các thí nghiệm hiệu chuẩn nhiều lần sẽ được tiến hành và được lấy kết quả trung bình. Tiêu chuẩn cho phép dựa trên khả năng lặp lại của thông số hiệu chuẩn được xác định ở mục 10.2.2. Nếu các kết quả vẫn còn tiếp tục sai vượt tiêu chuẩn cho phép thì nguyên nhân của các kết quả không ổn định sẽ được xác định và chỉnh sửa lại cho đúng.
- 10.1.1 Trước khi bắt đầu hiệu chuẩn, hệ thống thu thập dữ liệu phải được nhập giá trị đầu vào ít nhất 1 giờ trước khi bắt đầu hiệu chuẩn và các thông tin đặc trưng của thiết bị FWD sẽ được ghi nhận thông qua máy in từ các màn hình của chương trình chạy dữ liệu của FWD (ví dụ: nó sẽ thể hiện số seri của các bộ phận đo tải trọng và thông số hiệu chuẩn)
- 10.1.2 Với bộ phận đo tải trọng tham chiếu đặt bên dưới của tám gia tải, khi tám gia tải đi xuống, thực hiện một chuỗi lần chùy rơi cho một thí nghiệm đơn như sau:
- 3 chùy cố định tại chiều cao 3 (dữ liệu không ghi lại), sau đó tạm dừng;

- 6 chùy tại chiều cao 1, tạm ngừng sau mỗi lần chùy rơi
- 6 chùy tại chiều cao 2, tạm ngừng sau mỗi lần chùy rơi
- 6 chùy tại chiều cao 3, tạm ngừng sau mỗi lần chùy rơi
- 6 chùy tại chiều cao 4, tạm ngừng sau mỗi lần chùy rơi, ngoại trừ sau lần chùy rơi cuối cùng (tấm gia tải vẫn đi xuống)

**Chú thích 5** – Sáu chùy rơi ở mỗi độ cao được chương trình hóa, đúng hơn là 5 chùy, vì vậy nó có thể coi một chùy như là ‘dự trữ’ trong trường hợp một chùy bị lỗi trong quá trình thu thập dữ liệu. Nếu 5 chùy đầu tiên được ghi lại thành công thì dữ liệu cho chùy thứ 6 có thể không cần ghi lại.

- 10.1.3 Tấm gia tải sẽ không được nâng lên trong suốt chuỗi hiệu chuẩn.
- 10.1.4 Dữ liệu từ cả bộ phận đo tải trọng của FWD và hệ thống tham chiếu sẽ được ghi lại cho 5 chùy tại mỗi độ cao. Dữ liệu cho 3 chùy cố định có thể bỏ qua.

10.2 *Tính toán hiệu chuẩn cho bộ phận đo tải trọng* - Tính toán thông số hiệu chuẩn cho bộ phận đo tải trọng được thể hiện bởi quy hồi bình phương nhỏ nhất buộc phải qua điểm 0 cho tất cả các dữ liệu từ chuỗi các chùy. Kết quả của phân tích quy hồi này là hệ số cho phương trình có dạng:

$$Y = mX \quad (2)$$

Trong đó

Y= thông số đặc trưng của hệ tiêu chuẩn

X= thông số đặc trưng của thiết bị FWD và

m = độ dốc của đường quy hồi. Cả X và Y phải được ghi nhận trong cùng một đơn vị của hệ thống

- 10.2.1 Hệ số m xác định trong phương trình (2) thể hiện cho thông số hiệu chỉnh của thông số hiệu chuẩn trong chương trình FWD hiện trường. Thông số hiệu chuẩn mới được tính toán bằng cách nhân các thông số hiệu chuẩn cũ với hệ số m.
- 10.2.2 Tiến hành hiệu chuẩn tham chiếu cho bộ phận đo tải trọng lần thứ 2. Nếu 2 thông số hiệu chuẩn cho phép trong khoảng  $\pm 0,003$ , thì lấy kết quả là trung bình của hai lần. Nếu chúng vượt quá giới hạn này, thì lần hiệu chuẩn thứ ba cho bộ phận đo tải trọng được thực hiện. Nếu độ lệch chuẩn của ba kết quả nhỏ hơn  $\pm 0,003$  (dựa trên n-1 bậc tự do), thì kết quả ba lần sẽ được tính trung bình. Nếu độ lệch chuẩn vượt quá  $\pm 0,003$  thì cả 3 thông số hiệu chuẩn sẽ bị bỏ qua và quy trình hiệu chuẩn cho bộ phận đo tải trọng sẽ được làm lại.
- 10.2.3 Sự có mặt của một hay nhiều các điều kiện sau đây sẽ làm các kết quả hiệu chuẩn cảm biến tải trọng mất giá trị:
- 10.2.3.1 Các thông báo vượt quá mức nhiễu ồn cho các chiều cao chùy 2, 3 hay 4. Độ nhiễu do nhiễu điện hay do rung động cơ học chỉ liên quan nếu các kết quả của nó nằm ở giá trị không chính xác 0 hay một số đọc đỉnh không chính xác. Đồ thị theo thời gian nên được quan sát để xác định nếu các nhiễu có liên quan trước khi loại bỏ quá trình hiệu chuẩn.

**Chú thích 6** – Đối với chiều cao của chùy thấp (ví dụ 27 KN (6000lb) cấp áp lực) hiếm khi đủ thời gian rơi tự do tạo ra rung động do sự giải phóng của khối yếu dần trước khi bộ phận giảm xóc đập lên tấm gia tải. Do vậy các thông báo nhiễu vượt quá tại độ cao thấp của chùy nhìn chung có thể bỏ qua.

- 10.2.3.2 Các độ lệch chuẩn cho 5 số đọc tại bất cứ chiều cao chùy nào là khác nhau bởi hơn một thông số trong 3 thông số khác nhau giữa các hệ thống dữ liệu tiêu chuẩn và hệ thống dữ liệu của thiết bị FWD.
- 10.2.3.3 Sai số chuẩn của thông số hiệu chỉnh (m) vượt quá giới hạn  $\pm 0,002$ .
- 10.2.3.4 Không thỏa mãn các tiêu chuẩn có khả năng lặp lại cho nhiều thí nghiệm hiệu chuẩn.
- 10.2.4 Khi bất cứ một điều kiện nào của mục 10.2.3 xảy ra, quy trình hiệu chuẩn cho bộ phận đo tải trọng phải được làm lại sau khi xác định được nguồn gốc của sự cố và sửa chữa chúng.
- 10.2.5 Nhập các thông số hiệu chuẩn bộ phận đo tải trọng chuẩn vào chương trình thu nhận dữ liệu của thiết bị FWD.
- 10.2.6 Sau khi hoàn thành quá trình hiệu chuẩn, nâng tấm gia tải lên và tháo bộ phận đo tải trọng ra.
- 10.3 *Bộ cảm biến đo võng* - Mỗi cảm biến sẽ được hiệu chuẩn 1 lần. Sau khi tất cả cảm biến đo độ võng được hiệu chuẩn, các thông số hiệu chuẩn tạm thời sẽ được nhập vào máy tính của máy đo độ võng trước khi tiến hành với hiệu chuẩn tương đối.
- 10.3.1 Trước khi bắt đầu hiệu chuẩn, hệ thống thu nhận dữ liệu phải được gán các giá trị ban đầu ít nhất 1 giờ trước khi bắt đầu quá trình hiệu chuẩn và các thông tin đặc trưng của thiết bị FWD sẽ ghi nhận qua các máy in từ các màn hình của chương trình chạy dữ liệu của máy đo độ võng (ví dụ: nó sẽ thể hiện số seri của các bộ phận đo tải trọng và thông số hiệu chuẩn).
- 10.3.2 Đặt giá chuyển thiết bị FWD sao cho tấm gia tải có thể đặt gần nhất có thể với giá đỡ bộ cảm ứng đo dịch chuyển. Điều này rất quan trọng, tuy nhiên, không để thiết bị FWD tiếp xúc với các dầm hay các phần khác của hệ thống tiêu chuẩn trong suốt quá trình thí nghiệm.
- 10.3.3 Tháo bộ cảm ứng đo võng khỏi giá đỡ của nó trên dầm của thiết bị FWD và kiểm tra chúng không có bụi bẩn gây ảnh hưởng bất lợi đến giá đỡ của hệ thống bộ cảm ứng đo độ dịch chuyển tiêu chuẩn. Nếu cần thiết cho một đế nam châm lướt qua hút các mảnh vụn giấy để chắc chắn có được bề mặt sạch, phẳng và chắc chắn.
- 10.3.4 Đặt một bộ cảm đo võng vào giá đỡ cảm biến và vị trí của giá đỡ của LVDT sao cho LVDT và bộ cảm ứng của thiết bị FWD được thẳng hàng.
- 10.3.5 Đặt bộ cảm biến đo võng thứ 2 lên nóc của giá đỡ LVDT, sao cho nó đo được chuyển dịch võng của đầu dầm.
- 10.3.6 Hoàn thành chuỗi chùy sau cho thí nghiệm đơn:

- 3 chùy nằm tại chiều cao 3 (không ghi dữ liệu), sau đó tạm dừng
- 6 chùy tại chiều cao 1, tạm dừng sau mỗi chùy
- 6 chùy tại chiều cao 2, tạm dừng sau mỗi chùy
- 6 chùy tại chiều cao 3, tạm dừng sau mỗi chùy
- 6 chùy tại chiều cao 4, tạm dừng sau mỗi chùy, nhưng dừng sau chùy cuối cùng

**Chú thích 7** – 6 chùy tại mỗi chiều cao được chương trình hóa, đúng hơn là 5 chùy, vì vậy nó có thể coi một chùy như là ‘dự trữ’ trong trường hợp một chùy mất bởi quá trình thu thập dữ liệu. Nếu 5 chùy đầu tiên được ghi lại thành công thì dữ liệu cho chùy thứ 6 có thể bỏ qua.

10.3.7 Tấm gia tải sẽ không được nâng lên trong suốt chuỗi hiệu chuẩn.

10.3.8 Khi hoàn thành, đồ thị theo thời gian của máy đo độ võng sẽ được nghiên cứu cho chùy thứ 5 tại mỗi chiều cao của chùy để kiểm tra đảm hiệu chuẩn không di chuyển trong suốt giai đoạn tiến hành thí nghiệm.

10.3.9 Sự có mặt của một hay nhiều các điều kiện sau đây sẽ làm sai lệch dữ liệu hiệu chuẩn:

10.3.9.1 Sự di chuyển của đảm hiệu chuẩn, được đo bởi bộ cảm biến đặt trên đỉnh của giá đỡ LVDT chuẩn, trước hay đồng thời với đọc điểm đỉnh của độ võng từ thiết bị trong khi thí nghiệm.

**Chú thích 8**- Hoàn toàn có thể đo dịch chuyển của đảm, khi sóng đo độ dịch chuyển đi qua khối bê tông quán tính. Điều quan trọng cần xác định là liệu đảm có di chuyển trước khoảng thời gian cảm biến đo đặt trên mặt đất ghi được số đọc lớn nhất (đỉnh). Võng của đảm có thể xác định bằng cách kiểm tra dữ liệu của FWD theo thời gian. Tại thời điểm bộ cảm ứng được hiệu chuẩn thể hiện số đọc lớn nhất, cảm ứng trên đảm tiêu chuẩn sẽ không vượt quá  $\pm 2$  microns ( $\pm 0,08$  mils) của sự di chuyển.

10.3.9.2 Các thông báo về độ nhiễu vượt quá cho các chiều cao của chùy 2, 3 hay 4. Độ nhiễu do nhiễu điện hay do rung động cơ học chỉ liên quan nếu các kết quả của nó nằm ở giá trị không chính xác tại 0 hay một số đọc đỉnh không chính xác.

**Chú thích 9** - Đối với chiều cao của chùy thấp nhất (ví dụ 27 KN (6000lb) cấp áp lực) hiếm khi đủ thời gian rơi tự do gây ra rung động là do sự giải phóng của khối tắt dần trước khi bộ phận giảm xóc đập lên tấm gia tải. Do vậy các thông báo nhiễu vượt quá độ cao của chùy thấp nhìn chung có thể bỏ qua.

10.3.9.3 Các độ lệch chuẩn cho 5 số đọc tại bất cứ chiều cao của chùy là khác nhau bởi hơn một thông số trong 3 thông số giữa các hệ thống dữ liệu tiêu chuẩn và hệ thống dữ liệu của thiết bị FWD.

10.3.9.4 Sai số chuẩn của thông số hiệu chỉnh (m) vượt quá  $\pm 0,002$ .

10.3.10 Khi bất cứ một điều kiện nào xảy ra, quy trình hiệu chuẩn cho bộ cảm biến đo độ dịch chuyển phải được làm lại sau khi xác định được nguồn gốc của sự cố và sửa chữa chúng.

10.3.11 Lặp lại mục 10.3 cho mỗi một bộ cảm ứng đo độ dịch chuyển.

- 10.4 Các tính toán hiệu chỉnh cho bộ cảm ứng đo độ dịch chuyển – Phân tích các dữ liệu như sau:
- 10.4.1 Tiến hành hồi quy bình phương nhỏ nhất buộc qua giá trị 0 cho tất cả các thiết bị đo (ví dụ 20 cặp dữ liệu mỗi thí nghiệm- 5 bản sao của 4 cấp áp lực). Kết quả của hồi quy này sẽ trở thành hệ số cho phương trình (3)
- $$Y=mX \quad (3)$$
- Trong đó  
 Y= thông số đặc trưng của hệ tiêu chuẩn  
 X= thông số đặc trưng của thiết bị đo cảm biến độ dịch chuyển và  
 m = độ dốc của đường quy hồi. Cả X và Y phải được ghi nhận trong cùng một đơn vị của hệ thống.
- 10.4.2 Hệ số m xác định từ mục 10.4.1 thể hiện thông số hiệu chỉnh cho thông số hiệu chuẩn trong chương trình của thiết bị FWD hiện trường. Thông số hiệu chuẩn mới được tính toán bằng cách nhân thông số hiệu chuẩn cũ với hệ số m từ mục 10.4.1.
- 10.4.3 Sai số chuẩn của thông số hiệu chỉnh sẽ nhỏ hơn  $\pm 0,002$ . Nếu lớn hơn độ sai chuẩn này cho các cảm ứng, thì hiệu chuẩn tiêu chuẩn cho các cảm ứng đó sẽ phải làm lại.
- 10.4.4 Nhập các thông số mới hiệu chuẩn cho tất cả các cảm ứng đo độ dịch chuyển vào chương trình của FWD trước khi bắt đầu quá trình hiệu chuẩn tương đối. Thông số mới cho bộ cảm ứng đo độ dịch chuyển là các thông số tạm thời, sẽ được lọc lại khi tiến hành hiệu chuẩn tương đối.

## 11 TRÌNH TỰ HIỆU CHUẨN TƯƠNG ĐỐI

- 11.1 Trình tự này đòi hỏi việc quay của 7 bộ cảm ứng đo võng qua 7 vị trí trong bộ đỡ hiệu chuẩn. Mỗi sự kết hợp của bộ cảm ứng và các cấp được xem như là một tập hợp, và do vậy có 7 tập hợp dữ liệu. Điểm kiểm tra được 'điều kiện hóa' trước khi bắt đầu quá trình hiệu chuẩn để làm giảm khả năng ảnh hưởng đến tập hợp có ý nghĩa trong phân tích dữ liệu. Cảm ứng sẽ được quay từ đỉnh của bộ thí nghiệm tới đáy.
- 11.2 Một vài loại FWD có nhiều hơn 7 cảm biến đo độ võng. Nếu như vậy quá trình sẽ được chỉnh sửa để hiệu chuẩn phù hợp với lượng thực tế của các bộ cảm ứng sử dụng trong FWD.
- Chú thích 10-** Bảy bộ cảm ứng được sử dụng trong thảo luận trên chỉ dùng cho mục đích minh họa. Bất kỳ một số lượng bộ cảm ứng nào đó sẽ làm việc miễn là hệ giá hiệu chuẩn tương thích với chúng.
- 11.3 Tháo tất cả các bộ cảm biến khỏi giá trên thiết bị FWD. Đảm bảo rằng các cảm ứng này phải được đánh số hiệu (từ 1 đến 7) đối với mỗi vị trí của chúng trên máy.
- 11.4 Đặt bảy bộ cảm biến đo võng trong giá đỡ cho tập mẫu 7 bộ đầu tiên .

11.5 Đặt giá đỡ cảm ứng theo vị trí thẳng đứng. Đánh dấu vị trí giá cố định sao cho có thể đặt lại một cách chính xác trên cùng 1 điểm. Điều này có thể thực hiện bằng cách gắn vòng đệm lên bề mặt đường hoặc đánh dấu bằng một mảng đất cỏ.

11.6 Chọn chiều cao chùy của thiết bị FWD và khoảng cách từ tấm gia tải tới giá bộ cảm ứng để đạt được dịch chuyển theo thứ tự từ 400 đến 600 microns (16-24mils).

**Chú thích 11:** Nếu độ võng trong khoảng này không đạt được thì có thể cần phải đặt lại máy FWD trên loại mặt đường khác. Nhìn chung, mặt đường bê tông trên nền đất tương đối yếu sẽ tạo ra độ võng như yêu cầu. Trong hầu hết các trường hợp thí nghiệm bộ đỡ hiệu chuẩn tham chiếu sẽ thích hợp với hiệu chuẩn tương đối.

11.7 Khởi động (Làm nóng) hệ thống giảm chấn gia tải của FWD và điều kiện của điểm thí nghiệm bằng cách lặp lại một chuỗi 10 chùy rơi cho đến khi các tải trọng tác dụng và độ võng được ghi nhận gần như đồng nhất. Các độ võng trong chuỗi của 10 chùy sẽ không thể hiện theo chiều hướng tăng hay giảm đều đặn.

**Chú thích 12-** Nếu sự hóa lỏng hay sự đầm chặt được thể hiện bởi dữ liệu trong quá trình khởi động, nên thí nghiệm FWD với loại mặt đường khác.

11.8 Hạ thấp tấm gia tải. Không được nâng tấm gia tải lên hay di chuyển trong suốt quá trình hiệu chuẩn tương đối. Điều này đảm bảo khoảng cách không đổi giữa tâm của tấm gia tải và đế của giá đỡ bộ phận cảm ứng.

11.9 Với mỗi lần, thả rơi 2 (không ghi nhận dữ liệu), tiếp theo là 5 chùy giống nhau (trong đó dữ liệu sẽ được ghi lại) trong khi giữ giá đỡ ở vị trí thẳng đứng. Với 7 lần thả lặp và 5 chùy giống nhau, dữ liệu tổng cộng có 35 chùy được yêu cầu.

11.10 Phân tích dữ liệu của quá trình hiệu chuẩn tương đối:

11.10.1 Có 3 cách phân tích khác nhau có thể sử dụng để đánh giá dữ liệu. ở đây phân chia các sự khác nhau thành 4 nguồn: (1) dựa vào số lượng bộ cảm ứng, (2) dựa vào vị trí của giá hiệu chuẩn, (3) dựa vào các tập hợp, (4) dựa vào sai số ngẫu nhiên của giá trị đo. Trong phân tích này, độ dịch chuyển là một biến phụ thuộc, và số lượng cảm ứng, vị trí và tập hợp là 3 thông số chính. 3 giả thiết có thể kiểm tra được là:

- $H_0$ : số lượng cảm ứng là một nguồn có ý nghĩa cho sai số
- $H_0$ : số lượng tập hợp dữ liệu là một nguồn có ý nghĩa cho sai số.
- $H_0$ : vị trí của giá đỡ là một nguồn có ý nghĩa cho sai số

11.10.1.1 Do việc sử dụng các giả thuyết, có thể xác định được sai số ngẫu nhiên dựa vào số lượng bộ cảm ứng, vị trí giá hiệu chuẩn, và số lượng tập hợp có ý nghĩa thống kê.

11.10.1.2 Chỉ có một thông số gây ra việc thay đổi trong số các thông số hiệu chuẩn của cảm ứng đo võng là số lượng các bộ cảm ứng.

11.10.1.3 Nếu sai số ngẫu nhiên do số lượng các bộ cảm ứng được phát hiện có ý nghĩa thống kê, thì việc tính toán hiệu chỉnh trong các thông số hiệu chuẩn cho mỗi bộ cảm ứng sẽ được thực hiện.

- 11.10.1.4 Nếu có sự thay đổi thông số hiệu chuẩn của một bộ cảm ứng, thì các thông số hiệu chuẩn cho tất cả các bộ cảm ứng sẽ được theo dõi theo bằng các tính toán.
- 11.10.1.5 Nếu vị trí của giá đỡ có ý nghĩa thống kê, nó giống như giá đỡ không được giữ theo phương thẳng đứng trong quá trình thí nghiệm, hay sự kết nối của giá có thể không tốt, thì vấn đề đó sẽ phải được sửa chữa và thí nghiệm phải tiến hành lại.
- 11.10.1.6 Nếu tập hợp có ý nghĩa thống kê, có thể có sự thay đổi thuộc về hệ thống trong tính chất của vật liệu làm áo đường, ví dụ do đầm chặt chặt hay hóa lỏng. Thí nghiệm sẽ phải tiến hành lại sau khi hiện trường đạt được điều kiện tốt hơn, Nếu các số đọc độ võng không ổn định một cách tương đối thì nên chọn một địa điểm thí nghiệm khác.
- 11.10.1.7 Thực tế là các vị trí, tập hợp hay cả hai không có ý nghĩa ảnh hưởng đến hiệu chuẩn tương đối. Phải hiệu chỉnh để đánh giá liệu có thông số này có ý nghĩa vật lý hay không (như đối lập với ý nghĩa thống kê) để yêu cầu thực hiện lại thí nghiệm hay chuyển địa điểm thí nghiệm.
- 11.10.2 Sai số chuẩn của phép đo (ví dụ căn bậc 2 của sai số bình phương trung bình là do sai số) là  $\pm 2$  microns ( $\pm 0,08$  mils) hay nhỏ hơn là yêu cầu nếu hệ thống làm việc hiệu quả và thí nghiệm hiệu chuẩn được tiến hành cẩn thận.
- 11.10.3 Sự phân tích các dữ liệu đạt được từ quy trình hiệu chuẩn tương đối và phương pháp sử dụng để xác định các thông số hiệu chuẩn đã được sửa lại là như sau:
- 11.10.3.1 Tính độ võng trung bình,  $x_i$ , cho mỗi cảm ứng (trung bình cho 7 tập hợp) và trung bình toàn bộ  $x_o$ , cho trung bình tất cả các cảm ứng với nhau.
- 11.10.3.2 Tính hệ số hiệu chỉnh,  $R_i$ , của toàn bộ giá trị trung bình các trung bình của trung bình cảm ứng của mỗi bộ cảm ứng.

$$R_i = \frac{x_o}{x_i} \quad (4)$$

- 11.11 *Hiệu chỉnh các thông số hiệu chuẩn* – Khi hiệu chỉnh tương đối được tiến hành kết hợp với hiệu chỉnh tiêu chuẩn, quá trình sẽ được lặp lại 2 lần.
- 11.11.1 Nếu 2 tập hợp của các thông số hiệu chuẩn phù hợp trong khoảng 0,003 cho mỗi bộ cảm biến đo độ dịch chuyển thì các kết quả của 2 thí nghiệm này sẽ được lấy trung bình. Nếu chúng vượt quá giới hạn, thì hiệu chuẩn tương đối lần thứ 3 sẽ được tiến hành.
- 11.11.2 Nếu độ lệch chuẩn của cả 3 kết quả (dựa trên n-1 bậc tự do) nhỏ hơn  $\pm 0,003$ , kết quả lấy trung bình của 3 lần, Nếu độ lệch chuẩn vượt quá  $\pm 0,003$ , quá trình hiệu chuẩn tương đối sẽ phải làm lại.
- 11.11.3 Các thông số hiệu chuẩn trung bình cuối cùng sẽ được tính toán và thông số cho mỗi bộ cảm biến đo độ dịch chuyển sẽ được nhập vào chương trình hoạt động của máy FWD.

- 11.12 Khi hiệu chuẩn tương đối được thực hiện độc lập, thì sự hiệu chỉnh các thông số trong hoạt động của thiết bị FWD sẽ được tạo ra chỉ khi các sự thay đổi này đều có ý nghĩa và sự kiểm tra là cần thiết.
- 11.13 Các hướng dẫn sau đây được sử dụng để đánh giá sự cần thiết của việc hiệu chỉnh các thông số hiệu chuẩn:
- 11.13.1 Tính hệ số hiệu chỉnh cảm ứng,  $R_i$ , khoảng từ 0,997 đến 1,003 được xem như tương đương với 1,000. Với khoảng giới hạn khác, sự hiệu chỉnh yêu cầu là không đáng kể và không cần làm.
- 11.13.2 Khi hệ số hiệu chuẩn cho một hay nhiều bộ cảm ứng vượt quá phạm vi 0,997 đến 1,003, quá trình hiệu chuẩn sẽ phải thực hiện lại. Nếu cả hai tập hợp phù hợp trong khoảng 0,003, độ khuếch đại sẽ được hiệu chỉnh cho tất cả các cảm ứng.
- 11.13.3 Thông số hiệu chuẩn cuối cùng được tính toán bằng việc nhân các thông số hiệu chuẩn hiện tại của một cảm ứng cho trước,  $i$ , với hệ số hiệu chỉnh  $R_i$
- Chú thích 13** – Theo như khuyến cáo của nhà sản xuất thiết bị FWD, thông số hiệu chuẩn cuối cùng nhỏ hơn 0,98 hoặc lớn hơn 1,02 có khả năng gây ra hỏng bộ cảm ứng, nó sẽ được sửa chữa hoặc thay thế bởi nhà sản xuất. Các thông số hiệu chuẩn cuối cùng nằm trong phạm vi này sẽ được nhập vào phần mềm thu nhận dữ liệu.
- 11.13.4 Nếu bất cứ một thông số hiệu chuẩn nào bị thay đổi thì quá trình hiệu chuẩn tương đối phải được thực hiện lại để kiểm tra độ chính xác của giá trị cuối cùng. Kết quả các hệ số hiệu chỉnh sẽ nằm trong khoảng từ 0,997 đến 1,003 cho tất cả các bộ cảm biến. Nếu không phải lặp lại thí nghiệm.

---

## 12 BÁO CÁO

- 12.1 Báo cáo gồm có các thông tin sau:
- 12.1.1 Ngày hiệu chuẩn;
- 12.1.2 Danh sách của các hệ số hiệu chuẩn bộ phận đo tải trọng gốc;
- 12.1.3 Danh sách bộ cảm biến và các thông số hiệu chuẩn;
- 12.1.4 Hệ số hiệu chỉnh cho bộ phận đo tải trọng.
- 12.1.5 hệ số hiệu chuẩn cuối cùng cho bộ phận đo tải trọng.
- 12.1.6 Các hệ số hiệu chuẩn tham chiếu cho bộ cảm biến đo vồng (thông số tạm thời) tính toán cho mỗi cảm ứng.
- 12.1.7 Các hệ số hiệu chuẩn cuối cùng cho bộ cảm biến đo vồng được hiệu chỉnh lại từ hiệu chuẩn tương đối được tính toán cho từng bộ cảm ứng, bao gồm các hệ số hiệu chỉnh trong mục 11.10.3.2.

---

**13 TÀN XUẤT HIỆU CHUẨN**

- 13.1 Hiệu chuẩn tham chiếu cho bộ phận đo tải trọng sẽ được tiến hành ít nhất 1 lần/năm, càng sớm càng tốt sau khi bộ phận đo tải trọng được thay thế trong thiết bị FWD.
- 13.2 Hiệu chuẩn tham chiếu cho bộ cảm biến đo võng sẽ được tiến hành ít nhất một lần/năm, càng sớm càng tốt sau khi bộ cảm ứng được thay thế trong thiết bị FWD.
- 13.3 Hiệu chuẩn tương đối sẽ được tiến hành trên các bộ cảm biến đo độ võng ít nhất 1 lần/tháng. Nó cũng sẽ được hiệu chuẩn ngay sau khi bộ cảm biến đo võng được thay thế.

---

**14 ĐỘ CHÍNH XÁC VÀ SAI SỐ**

- 14.1 Không có hướng dẫn để tính độ chính xác và sai số trong tiêu chuẩn này

---

<sup>1</sup> Tiêu chuẩn này dựa trên sản phẩm SHRP-5003.

<sup>2</sup> Các điều kiện phù hợp có trong Measurements Group Inc, Số điện thoại (606) 881 – 0205.

<sup>3</sup> Phần mềm thu nhận dữ liệu có ở Long – Term Pavement Performance Division tại cục quản lý đường cao tốc liên bang liên bang