TỔNG HỢP MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG TRONG KIỂM ĐỊNH CHẤT LƯỢNG CÔNG TRÌNH

I. CÁC PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG TRONG ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG MẶT ĐƯỜNG VÀ NỀN ĐƯỜNG.

I.1. Các phương pháp thí nghiệm đánh giá cường độ mặt đường và nền đường

❖ *Các thí nghiệm đo võng ở trạng thái tĩnh:*

1. Mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp kết cấu áo đường bằng tấm ép cứng

(Đất nền, các lớp áo đường mềm → Đánh giá, thiết kế; thiết kế cải tạo, tăng cường kết cấu áo đường cũ mặt đường bộ và đường sân bay)

2. Mô đun đàn hồi chung của kết cấu bằng cần đo võng Benkelman

(Các kết cấu mặt đường có tính toàn khối: BTN, CPĐD, GCXM, cát GCXM, đất GC vôi,... → Đánh giá khả năng chịu tải của mặt đường mới hoặc chất lượng mặt đường đang khai thác)

3. Chỉ số CBR của nền đất và các lớp móng đường

(Đánh giá chất lượng lớp nền đất, các lớp móng đường bằng vật liệu rời → Giá tri CBR để đánh giá chất lượng lớp nền đất, các lớp móng bằng vật liệu rời và được sử dụng để tính toán kết cấu mặt đường ô tô, đường sân bay)

4. Chùy xuyên động DCP

(Đánh giá cường độ nền đường ở hiện trường của đất nguyên dạng hoặc vật liệu đã đầm nén, ước lượng CBR hiện trường, nhận biết chiều dày địa tầng, cường độ của lớp và đặc trưng vật liệu khác, ước lượng cường độ của những vật liệu ở phía dưới lớp vật liệu gia cố có cường độ cao).

4.1.Giới thiệu chung và nội dung của thí nghiệm DCP

4.2.Các chỉ tiêu cơ lý của đất dựa trên kết quả DCP và tương quan giữa chúng

4.3. Ứng dụng kết quả TN DCP trong việc đánh giá cường độ nền đường

5. Thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nhẹ FWD.

(Xác định mô đun chung của kết cấu áo đường mà còn có thể tính toán mô đun của từng lớp kết cấu. → Để kiểm tra, đánh giá cường độ mặt đường, để thiết kế kết cấu mặt đường và kiểm tra nghiệm thu mặt đường BTXM,... PP hiệu quả nhất - Dùng cho đường ô tô, đường sân bay).

6. Thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nặng HWD.

(Xác định số phân cấp PCN mặt đường sân bay, Đánh giá độ cứng của mặt đường, Đánh giá các đặc trưng mặt đường →Dùng cho đường sân bay)

I.2. Các phương pháp đánh giá độ bằng phẳng mặt đường

1. Thí nghiệm xác định độ bằng phẳng bằng thước dài 3m

(Đánh giá độ bằng phẳng bề mặt đường, các lớp kết cấu (nền, móng đường) trong quá trình thi công, nghiệm thu từng đoạn kết cấu nền mặt đường ô tô hay trong quá trình khai thác khi không có phương tiện đo tự hành khác)

2. Thí nghiệm xác định độ bằng phẳng bằng thước có bánh xe

3. Thí nghiệm xác định độ bằng phẳng theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI

(Đánh giá độ bằng phẳng mặt đường ô tô theo chỉ số IRI ⟶ Phục vụ công tác nghiệm thu, quản lý, lập kế hoạch duy tu bảo dưỡng đường)

I.3. Các phương pháp đánh giá độ nhám mặt đường

❖ ***Nhóm 1:*** Xác định gián tiếp hệ số bám φ thông qua độ nhám của mặt đường gồm: Phương pháp rắc cát, Phương pháp chụp ảnh nổi, Phương pháp áp khuôn bằng thạch cao, Phương pháp siêu âm,…

❖ ***Nhóm 2:*** Xác định trực tiếp hệ số bám φ gồm: Phương pháp đo chiều dài hãm xe, Phương pháp con lắc Anh,…

1. Phương pháp rắc cát

(Kiểm tra, nghiệm thu độ nhám đối với mặt đường mới làm, đánh giá độ nhám MĐ đang khai thác)

2. Phương pháp con lắc Anh

(Đo đặc tính ma sát bề mặt – Chỉ số ma sát BPN để xác định độ nhám mặt đường)

3. Một số phương pháp khác: XĐ cự ly hãm xe, XĐ hệ số bám ngang – bám dọc.

I.4. Một số nhận xét và kiến nghị khi sử dụng các phương pháp

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG TRONG ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG VÀ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC

II.1. Phương pháp động biến dạng nhỏ PIT

II.2. PP xung siêu âm xác định độ đồng nhất của bê tông

II.3. Phương pháp thử tải trọng tĩnh ép dọc trục

II.4. Phương pháp thử động biến dạng lớn PDA

II.5. Phương pháp thử tĩnh bằng hộp Osterberg

II.6. Phương pháp thử tải tĩnh động STAT*NAMIC*.

II.7. Một số nhận xét và kiến nghị khi sử dụng các phương pháp

Mục đích: *Hệ thống hóa các phương pháp thí nghiệm kiểm định hiện trường thường được áp dụng tại Việt Nam và các nước trên thế giới trong công tác kiểm định chất lượng công trình (trong quá trình thi công và nghiệm thu công trình) tạo điều kiện thuận lợi để cho các kỹ sư , các nhà quản lý dễ dàng lựa chọn các phương pháp phù hợp để áp dụng cho từng Dự án.*

I. CÁC PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG TRONG ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG MẶT ĐƯỜNG VÀ NỀN ĐƯỜNG.

I.1. Các phương pháp thí nghiệm đánh giá cường độ mặt đường và nền đường

Đánh giá chất lượng đường để đưa vào sử dụng hay đánh giá trong việc duy tu, bảo dưỡng là vấn đề cấp thiết. Kết quả cần cho nhanh và chính xác để không làm ảnh hưởng việc đưa tuyến đường vào sử dụng. Đánh giá khả năng chịu tải của kết cấu áo đường hiện hữu có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau: phương pháp tấm ép cứng, cần Benkelman, FWD, HWD,…

Cường độ mặt đường thường được đánh giá thông qua trị số Mô đun đàn hồi (Tĩnh hoặc động). Bản chất của phương pháp là đo đạc giá trị độ lún đàn hồi của mặt đường dưới tác dụng của tải trọng để từ đó tính toán $E_{đh}$.

Việc sử dụng các thiết bị thử nghiệm bằng tải trọng tĩnh để đánh giá sức chịu tải mặt đường (BTXM) đã được các nhà khoa học Nga nghiên cứu ứng dụng từ rất sớm trên các sân bay.

Phương pháp sử dụng tải trọng động khắc phục được những nhược điểm của phương pháp sử dụng tải trọng tĩnh, hơn nữa công nghệ đo lường tự động hóa ngày càng phát triển hỗ trợ làm cho ưu điểm của phương pháp này càng nổi trội hơn. Một trong những công nghệ có thể kể đến như:

- Công nghệ tải trọng điều hòa:

Từ giữa những năm 1950, Cục Hàng không liên bang Hoa Kỳ (FAA) đã nghiên cứu các thiết bị tải trọng rung để đánh giá mặt đường sân bay và ôtô. Phương pháp này xác định mô đun độ cứng động (DSM) từ quan hệ "Tải trọng động – Độ võng động".

Hiện nay hệ thiết bị rung này được chế tạo theo 3 kiểu gồm Dynaflect, Road Rater, Rolling Dynamic Deflectometer:

- Phương pháp FWD, HWD :

Nguyên tắc hoạt động của các loại thiết bị tạo tải trọng va đập như sau: Quả nặng rơi từ một độ cao nhất định theo trục dẫn hướng tác dụng lên mặt đường qua tấm ép. Để kéo dài thời gian tác dụng của tải trọng cho giống với tải trọng của bánh xe khi chuyển động, người ta dùng hệ thống giảm chấn là các lò xo hay tấm đệm cao su. Các thông số dao động của công trình được các cảm biến ghi nhận và được ghi lại dưới dạng file dữ liệu. Sau đây tác giả chỉ xin giới thiệu 1 số phương pháp điển hình đang được áp dụng và sắp tới sẽ được áp dụng tại Việt nam.

- ***Nhóm thiết bị đo võng ở trạng thái tĩnh:***

  + Bàn nén tĩnh, cần Benkelman, CBR

  + Thiết bị đo võng di động – tự động

- ***Nhóm thiết bị đo võng ở trạng thái động:***

  + Chùy xuyên động DCP

  + Nhóm thiết bị đo võng động học ổn định: Dynaflect, Road Rater

  + Nhóm thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nhẹ: FWD

  + Nhóm thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nặng: HWD

Kiểu Dynaflect (D): là một thiết bị điện tạo ra dao động hình sin với biên độ 5kN, tần số 8Hz bởi động cơ điện có gắn quả nặng lệch tâm. Các cảm biến gia tốc, vận tốc thu nhận số liệu liên tục. Tuy nhiên do biên độ tải trọng khá nhỏ chỉ phù hợp đối với kết cấu mặt đường chịu tải trọng nhẹ.

Kiểu Road Rater (RR): là một thiết bị tạo ra dao động hình sin với biên độ lên đến 35kN, tần số có thể thay đổi bởi nguồn thủy lực nâng hạ khối thép tác động lên tấm ép.

Kiểu Rolling Dynamic Deflectometer (RDD): Sử dụng 2 bộ bánh xe kép gia tải động xuống mặt đường. Độ võng được đo thông qua cảm biến đo gia tốc. Xe chạy với tốc độ 5 km/h vừa đi vừa đo. Máy rung thủy lực lắp trên xe truyền dạng hình sin trong khoảng 5-100 Hz.

Công thức chuyển đổi độ lún đàn hồi:

- **Dynaflect** sang Benkelman: BB = 20.63(D)
- **Road Rater** sang Benkelman: BB = 2.57 + 1.27 (RR)
- **FWD** sang Benkelman: BB = 1.33269 + 0.93748 (FWD)

Trong đó: BB: Độ võng của mặt đường tại đầu đo

D: Độ võng mặt đường tại vị trí đầu đo tương ứng với biên độ lực lớn nhất

FWD: Độ võng tại tấm ép tương ứng với xung lực 9000lb

Dynaflect

Road Rater

Thiết bị đo độ võng di động

1.A. <u>Mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp kết cấu áo đường bằng tấm ép cứng</u> (TCVN 8861-2011)

❖ **Phạm vi áp dụng:**

Phương pháp này xác định mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp kết cấu áo đường mềm và cứng bằng phương pháp sử dụng tấm ép cứng, để phục vụ cho công tác thiết kế kết cấu áo đường, kiểm tra đánh giá mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp kết cấu áo đường bộ, đường sân bay.

❖ **Phương pháp thí nghiệm:**

– ***Thiết bị bao gồm:***

+ Hệ thống chất tải: xe tải, khung chất tải hoặc khung neo cho phép tạo ra phản lực yêu cầu trên bề mặt thí nghiệm;

+ Kích thuỷ lực: có khả năng gia tải theo từng cấp đến cấp lực yêu cầu, được trang bị đồng hồ xác định độ lớn của lực tác động trên tấm ép;

+ Tấm ép cứng: tấm thép hình tròn có đường kính 76 cm để thí nghiệm cho nền đất, tấm ép ĐK 33 cm để thí nghiệm trên bề mặt các lớp kết cấu áo đường; Sử dụng thêm 3 tấm ép trung gian có đường kính lần lượt là 61 cm, 46 cm và 33 cm xếp chồng đồng tâm lên tấm ép 76 cm tạo thành hình tháp trên bề mặt thí nghiệm.

– ***Phương pháp thí nghiệm:***

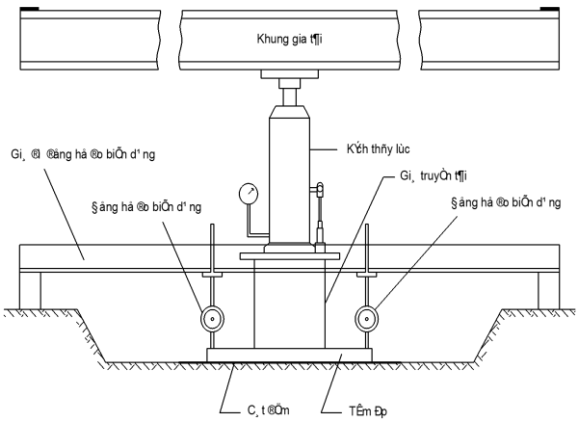
Chuẩn bị bề mặt thí nghiệm ⟶ Lắp đặt thiết bị đo ⟶ Tiến hành thí nghiệm:

+ Cấp lực gia tải: quy định tối thiểu là 4 cấp (P_{max} lớn nhất phụ thuộc vào vị trí bề mặt lớp thí nghiệm: P_{max}=0.6MPa với mặt đường; P_{max}=0.45MPa với móng đường; P_{max}=0.25MPa với nền đường);

+ Gia tải trước để ổn định hệ thống đo;

+ Tiến hành gia tải và dỡ tải ứng với mỗi cấp áp lực đến cấp áp lực P_{max};

+ Thí nghiệm xác định khối lượng thể tích khô của lớp vật liệu .

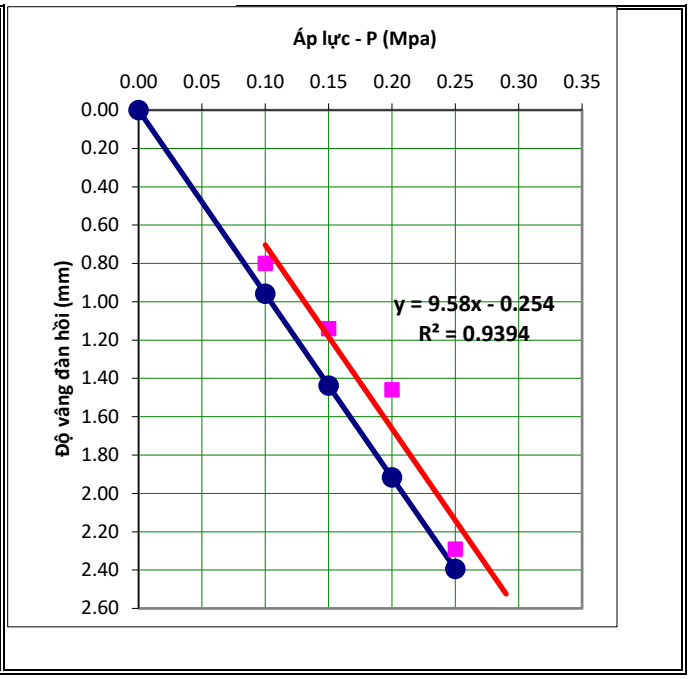


Sơ đồ lắp đặt thiết bị đo

Đo $E_{đh}$ – Dự án đường cao tốc Hạ long-Vân Đồn

❖ **Kết quả thí nghiệm:** Lớp vật liệu cấp phối đồi K98 (Subgrade) – Dự án đường Vành Đai 3.5

Áp lực P	Số đọc trên đồng hồ biến dạng			Độ võng đàn hồi sau hiệu chỉnh
	Số đọc đầu	Số đọc cuối	Độ võng đàn hồi	
Mpa	D	C	(D-C)*0.01 (mm)	(mm)
0,00	0	0	**0,00**	**0,000**
0,10	454	374	**0,80**	**0,958**
0,15	316	202	**1,14**	**1,437**
0,20	441	295	**1,46**	**1,916**
0,25	354	125	**2,29**	**2,395**
	Eđh=	**54,65**	Mpa	



– Tính giá trị độ võng đàn hồi: giá trị độ võng đàn hồi tương ứng với mỗi cấp lực là hiệu số của số đọc đầu trừ đi số đọc cuối.

– Vẽ biểu đồ quan hệ giữa độ võng đàn hồi và áp lực: Trên cơ sở các cặp giá trị độ võng đàn hồi và cấp lực tương ứng, đánh dấu các điểm này trên đồ thị quan hệ, trong đó trục hoành biểu thị áp lực, trục tung biểu thị độ võng đàn hồi. Vẽ đường thẳng biểu diễn quan hệ này theo phương pháp sai số bình phương nhỏ nhất. Phương trình có dạng y' = ax + b.

– Hiệu chỉnh đường quan hệ độ võng đàn hồi - áp lực: Việc hiệu chỉnh được tiến hành bằng cách tịnh tiến đường thẳng y' về gốc tọa độ. Phương trình sau hiệu chỉnh có dạng y = ax;

– Mô đun đàn hồi được xác định theo công thức:

$$E = 1000x\frac{\pi}{4}x\frac{pxDx(1-\mu^2)}{\ell}$$

Trong đó: Hệ số Poisson μ=0,30 đối với kết cấu áo đường, μ = 0,25 đối với lớp móng; μ = 0,35 đối với đất nền đường.

❖ **Các lưu ý khi thí nghiệm:**

– Phương pháp thí nghiệm áp dụng cho cả kết cấu áo đường có tầng mặt toàn khối và không toàn khối;

– Áp lực phân bố trên bàn nén tùy thuộc vào lớp vật liệu:

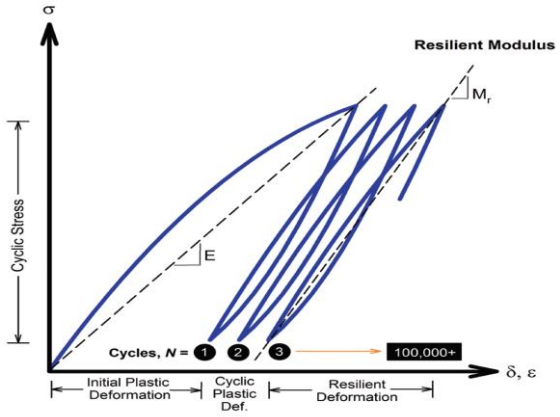
+ Nền đất: 2 ÷ 2.5 daN/cm^2

+ Lớp móng: 4 ÷ 4.5 daN/cm^2

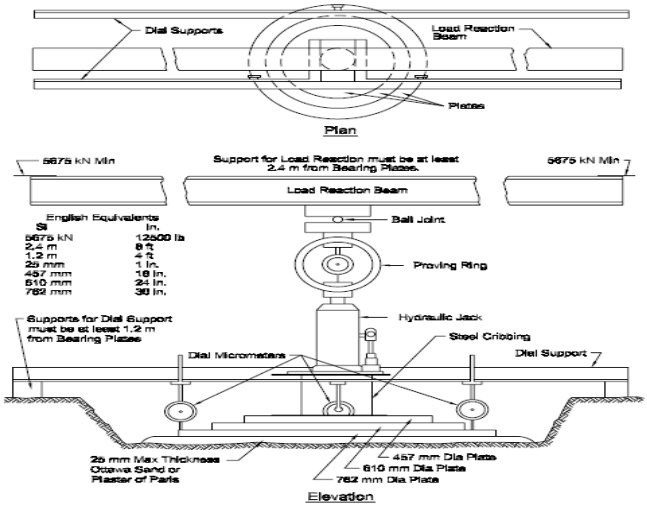
+ Lớp mặt: 5.6 ÷ 6.0 daN/cm^2

1.B. <u>Mô đun đàn hồi – Tấm ép tải trọng tĩnh (Lặp/không lặp cho đất nền và các lớp áo đường mềm dùng đánh giá, thiết kế mặt đường bộ và đường sân bay)</u>

(T221/T222, D1195/D1194):



Thiết bị thí nghiệm tấm ép - Automated Plate Load Test (T222)



❖ **Phạm vi áp dụng:**

Thí nghiệm tấm ép với lực ép tĩnh và lặp cho lớp đất nền và các lớp áo đường mềm đầm, các lớp này hoặc đã được đầm chặt hoặc ở trạng thái tự nhiên, thí nghiệm sẽ cung cấp số liệu để dùng cho đánh giá và thiết kế mặt đường bộ và mặt đường sân bay cả loại cứng và mềm (T221).

❖ **Dụng cụ và thiết bị:**

– *Bộ phận gia tải*: Gồm xe tải hoặc xe moóc hoặc có thể kết hợp cả hai, xe có moóc kéo và hệ khung neo hay kết cấu chất tải khác với khối lượng đủ để tạo ra đối trọng cho quá trình thí nghiệm;

– *Hệ kích thủy lực;*

– *Các tấm ép*: Một bộ các tấm ép bằng thép với bề dày không nhỏ hơn 1 in, tạo thành dạng tháp chắc cứng, các tấm bản có đường kính thay đổi từ 6 đến 30 in (152 đến 762 mm). Đường kính của các tấm cạnh nhau không được khác nhau quá 6 in (152 mm);

– *Đồng hồ đo võng* (ít nhất là ba đồng hồ đo lún).

❖ **Phương pháp thí nghiệm:**

Thiết bị đã được lắp đặt xong → Tạo tiếp xúc (các tấm ép và hệ gia tải…) → Tác dụng cấp tải trọng gây ra độ võng khoảng 1.02 mm → Bấm đồng hồ đo thời gian và duy trì tải cho đến khi tốc độ tăng độ võng ≤ 0.03mm/1phút trong vòng ba phút liên tiếp → Dỡ tải hoàn toàn và quan sát độ võng phục hồi cho đến khi tốc độ võng phục hồi ≤ 0.03mm/1 phút trong vòng ba phút liên tiếp → Tác dụng và dỡ tải (theo trình tự trên sáu lần) → Ghi lại số đọc 1 phút/1lần các chuyển vị kế tựa vào tấm ép; ghi lại số đọc các chuyển vị kế đặt ngoài tấm ép ngay trước khi đặt và dỡ tải trọng cho mỗi vòng lặp → Tăng tải trọng để có độ võng 5.08 mm (tiếp tục các bước như đối với độ võng 1.02 mm) → Tăng tải trọng để có độ võng 10.2 mm (tiếp tục các bước như đối với độ võng 1.02 mm).

Trong tất cả các trường hợp tiêu chuẩn các điểm kết thúc là tốc độ tăng hay giảm độ võng bằng 0.03 mm/1 phút cho ba phút liên tiếp. Cứ 30 phút/1 lần ghi lại nhiệt độ không khí.

❖ **Tính toán và vẽ các mối quan hệ tải trọng và độ võng:**

- Với mỗi vòng lặp của một cấp tải trọng, xác định độ võng tại đó tốc độ võng chính xác là 0.03 mm/1 phút. Giá trị này được gọi là độ võng thời điểm kết thúc.
- Hiệu chỉnh các tải trọng ghi được từ đồng hồ áp lực của các kích thủy lực.
- Vẽ đường quan hệ giữa độ võng được hiệu chỉnh ứng với tốc độ võng chính xác là 0.03 mm /1 phút và các tải trọng hiệu chỉnh của các vòng lặp tải (Các đồ thị quan hệ giữa độ võng còn lại hiệu chỉnh hay độ võng phục hồi với các tải trọng hiệu chỉnh của các vòng lặp tải).

2. Mô đun đàn hồi chung của kết cấu bằng cần đo võng Benkelman

Cần đo võng Benkelman

Cần đo võng Benkelman – Hãng ELE

❖ **Phạm vi áp dụng:**

Phương pháp thử nghiệm xác định mô đun đàn hồi của kết cấu áo đường mềm đường ôtô bằng cần đo võng Benkelman, phục vụ cho việc đánh giá khả năng chịu tải của mặt đường mới hoặc đánh giá chất lượng mặt đường đang khai thác.

Xác định mô đun đàn hồi của kết cấu áo đường mềm đường ôtô bằng cần đo võng Benkelman đối với các kết cấu mặt đường có tính toàn khối (BTN, CPĐD, GCXM, cát GCXM, đất GC vôi,…). Hiện nay thiết bị đo võng bằng cần Benkelman thường hay dùng là loại: Mastest, ELE,…

❖ **Phương pháp thí nghiệm:**

Thiết bị và phương pháp thí nghiệm được chỉ ra rất rõ trong TCVN 8867-2011 bao gồm: Chuẩn bị thí nghiệm (Kiểm tra diện tích vệt bánh đôi, chia tuyến đường thành các đoạn đồng nhất và chọn đoạn đại diện, chọn vị trí các điểm đo**).** Đo độ võng mặt đường dọc tuyến:

- Cho xe đo vào vị trí; Đo nhiệt độ mặt đường;
- Đặt đầu đo vào tâm khe hở giữa 2 bánh; Hiệu chỉnh đồng hồ đo
- Đọc số đọc ban đầu khi kim đồng hồ ổn định;
- Cho xe từ từ tiến về phía trước cách điểm đo tối thiểu 5 mét;
- Đọc số đọc khi kim đồng hồ ổn định.

❖ **Kết quả thí nghiệm:** Xử lý kết quả đo võng:

+ Tính độ võng đàn hồi tại điểm đo:

$$Li = (L_o - L_1).\ K$$

+ Tính độ võng đàn hồi tính toán tại vị trí thử nghiệm thứ (i) đại diện cho mặt cắt ngang của mặt đường:

$$Li_{tt} = K_q^{-1}.\ K_m\ .\ K_t\ .L_i$$

+ Tính độ võng đàn hồi đặc trưng của từng đoạn thử nghiệm:

$$L_{đt} = L_{tb} + K.\delta$$

+ Trị số mô đun đàn hồi đặc trưng của từng đoạn thử nghiệm:

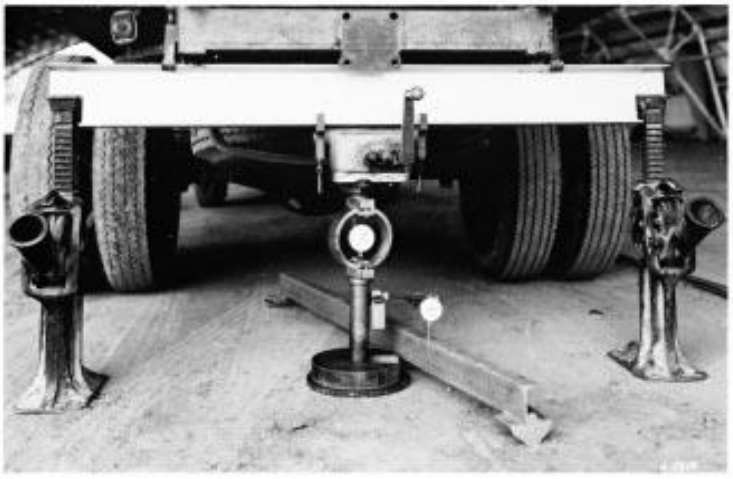
$$E_{đh} = \frac{0.71pD\left(1-\mu^2\right)}{L_{dt}}$$ (Mpa); **(** μ **:** Hệ số poát xông lấy = 0.35)

❖ **Các lưu ý khi thí nghiệm:**

- Phương pháp thí nghiệm chỉ áp dụng cho kết cấu áo đường có tầng mặt toàn khối.
- Nhiệt độ mặt đường không lớn hơn 40^{o}C.
- Phải thường xuyên kiểm tra nhiệt độ mặt đường

3. ***Chỉ số CBR (California Bearing Ratio)***

(TCVN 8821-2011, D4429)



❖ **Phạm vi áp dụng:**

– Đánh giá chất lượng lớp nền đất, các lớp móng đường bằng vật liệu rời tại hiện trường.

– Giá tri CBR là cơ sở để đánh giá chất lượng lớp nền đất, các lớp móng bằng vật liệu rời và được sử dụng để tính toán kết cấu mặt đường ô tô, đường sân bay.

❖ **Phương pháp thí nghiệm (Xem kỹ trong quy trình)**

– Chuẩn bị mặt bằng thí nghiệm

– Lắp đặt hệ thống chất tải và thiết bị thí nghiệm

– Tiến hành thử nghiệm

❖ **Kết quả thí nghiệm:**

– Vẽ biểu đồ quan hệ: Áp lực nén – Chiều sâu xuyên

– Xác định CBR tại vị trí thí nghiệm

– Thông thường giá trị CBR_1 sẽ được chọn là giá trị CBR thí nghiệm. Nếu $CBR_2 > CBR_1$ thì phải làm lại thí nghiệm lần nữa, nếu kết quả thí nghiệm vẫn tương tự thì chọn CBR_2 .

4. Chùy xuyên động DCP (Dynamic Cone Penetrometer)

Nền đường đóng vai trò hết sức quan trọng trong việc đảm bảo cường độ và độ ổn định của công trình. Trước đây đã có những nhận thức và đánh giá chưa đúng mức về vai trò của nền đường mà chỉ đề cao vai trò kết cấu mặt đường. Do đó đã có nhiều công trình sau khi đưa vào khai thác sử dụng đã xảy ra các hiện tượng lún cục bộ, mặt đường bị gãy vỡ, rạn nứt. Những biểu hiện trên có nguyên nhân trực tiếp là do nền đường không đảm bảo về cường độ và độ ổn định.

Thiết bị thí nghiệm DCP là một thiết bị đo độ xuyên động hình côn, đo nhanh chóng tại hiện trường, gián tiếp xác định chỉ tiêu CBR, được ra đời vào năm 1959 do Giáo sư George F. Sowers phát minh.

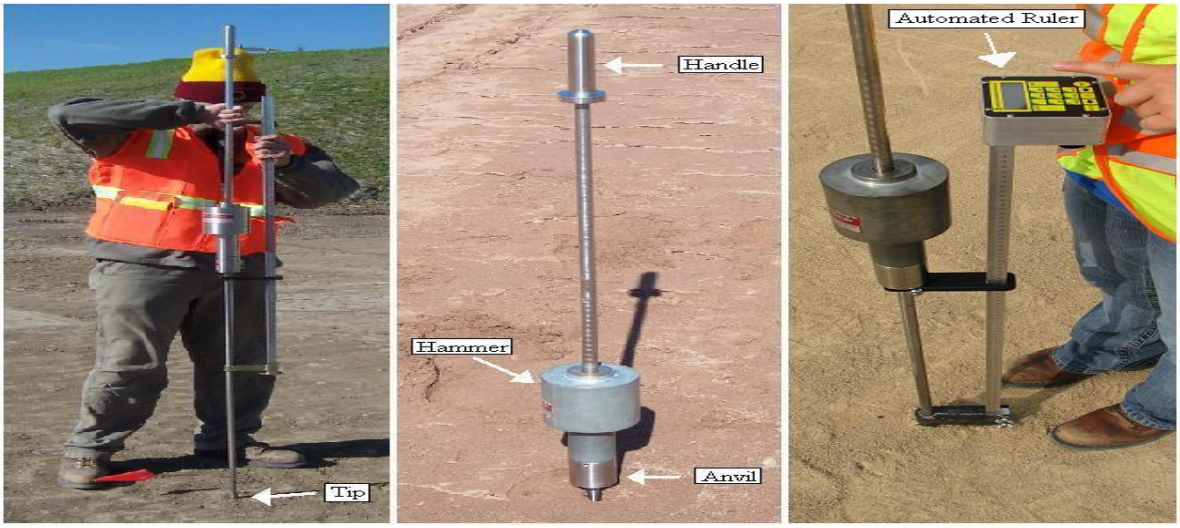
Phương pháp thí nghiệm DCP là một phương pháp tiên tiến được áp dụng rộng rãi trên thế giới, đã có rất nhiều công trình nghiên cứu nhằm thiết lập mối tương quan giữa các lần thí nghiệm DCP với chỉ số CBR. Ở Việt Nam thí nghiệm DCP mới được dùng hạn chế trong một số dự án ODA bởi vì chưa có sự nghiên cứu sâu sắc và đầy đủ về mối tương quan giữa kết quả thí nghiệm DCP với giá trị CBR trong điều kiện địa chất Việt Nam. Tuy nhiên những mối tương quan đó khi đưa vào Việt Nam chỉ mang tính chất tham khảo.

4.1.Giới thiệu chung và nội dung của thí nghiệm DCP (ASTM D6951)

❖ **Phạm vi áp dụng:**

Đo độ xuyên bằng chuỳ xuyên động với quả búa nặng 8 kg xuyên xuống lớp đất nguyên dạng hoặc lớp vật liệu đã đầm nén. Độ xuyên liên quan đến cường độ của lớp đất để ước lượng CBR hiện trường. Phương pháp thí nghiệm này có thể chọn với quả búa nặng 4.6 kg trong điều kiện đất ở trạng thái mềm yếu.

Độ chặt của đất có thể được xác định nếu biết được loại đất và độ ẩm. DCP có thể được sử dụng để đánh giá độ chặt của một vật liệu đồng nhất bằng mối quan hệ giữa độ chặt với độ xuyên trên cùng một vật liệu, có thể nhận biết các vị trí chưa đầm đủ chặt hoặc các điểm đất mềm yếu, mặc dù DCP không phải là phép đo độ chặt trực tiếp.



❖ **Phương pháp thí nghiệm:**

– Thiết bị và dụng cụ thí nghiệm: Chuỳ xuyên động DCP có trọng lượng khoảng 12 ÷ 14 kg; quả búa nặng 8kg được thả ở một chiều cao cố định là 575mm, một bộ nối và một tay cầm. Cần xuyên bằng thép, đường kính 15.8 mm với một mũi côn xuyên có thể thay thế được hoặc mũi côn dùng một lần, mũi côn có góc trong 60^o.

– Cách tiến hành thí nghiệm: Thiết bị DCP cần 3 người vận hành, một người giữ thiết bị, một người vận hành nâng và thả quả búa cho rơi xuống và một người ghi lại tổng độ xuyên trong một số lần búa rơi hoặc độ xuyên trên mỗi búa rơi.

Chú ý: khi gặp cốt liệu lớn hoặc tầng đá cứng sẽ làm giảm độ xuyên hoặc làm lệch cần xuyên. Nếu sau 5 lần rơi, thiết bị không xuống thêm 2 mm (0.08 in) hoặc tay cầm bị lệch lớn hơn 75 mm (3 in) từ phương thẳng đứng, thí nghiệm sẽ được dừng lại và di chuyển thiết bị đến vị trí thí nghiệm khác. Vị trí thí nghiệm mới phải cách tối thiểu là 300 mm so vị trí trước .

❖ **Tính toán, xử lý kết quả:**

Từ các số liệu ghi được trong biểu thí nghiệm, vẽ biểu đồ quan hệ "Số lần búa rơi - chiều sâu xuyên mũi chùy". Căn cứ vào biểu đồ này để quyết định phân chia cột đất thành các lớp.

- ***Giá trị Độ xuyên/1 lần búa rơi được sử dụng để ước lượng giá trị CBR hiện trường:*** Theo khuyến nghị bởi US Army of Engineers ta có công thức sau:

– Đối với mọi loại đất (trừ những loại đất nhóm CL có CBR < 10 và những loại đất nhóm CH) ta có hàm số sau: $CBR = 292/DCP^{1.12}$

– Đất thuộc nhóm CL có CBR < 10: $CBR = 1 / (0.017019*DCP)^2$

– Đất thuộc nhóm CH: $CBR = 1 / 0.002871*DCP$

- **Tương quan giữa CBR và Chỉ số DCP**

Bảng tương quan giữa CBR và Chỉ số DCP

Chỉ số DCP mm/lần	CBR %	Chỉ số DCP mm/lần	CBR %	Chỉ số DCP mm/lần	CBR %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2.0
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4.0	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1.0
2-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3.0	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

❖ Ý nghĩa và sử dụng:

– Phương pháp thí nghiệm này được sử dụng để đánh giá cường độ ở hiện trường của đất nguyên dạng hoặc vật liệu đã đầm nén. Độ xuyên của DCP có thể được sử dụng để ước lượng CBR hiện trường, để nhận biết chiều dày địa tầng, cường độ của lớp và đặc trưng vật liệu khác.

– Chiều sâu xuyên có thể được tăng thêm khi sử dụng cần xuyên nối dài. Tuy nhiên, nếu cần xuyên nối dài được sử dụng, cần cẩn thận khi sử dụng các tương quan để ước lượng các tham số khác bởi vì những tương quan này chỉ thích hợp với các cấu hình DCP đặc trưng (Theo D6951).

– Giá trị DCP có thể được sử dụng để đánh giá đặc trưng cường độ của đất hạt thô và hạt mịn, vật liệu xây dựng dạng hạt, vật liệu gia cố có cường độ thấp hoặc vật liệu cải thiện. Phương pháp thí nghiệm DCP không thể được sử dụng với các vật liệu gia cố có cường độ cao hoặc những vật liệu gia cố xi măng hoặc vật liệu dạng hạt (hạt cốt liệu lớn hơn 50 mm).

– Có thể được sử dụng để ước lượng cường độ của những vật liệu hiện trường ở phía dưới lớp vật liệu gia cố có cường độ cao bằng việc khoan lỗ và lấy lõi khoan trước khi thí nghiệm DCP.

4.2.Các chỉ tiêu cơ lý của đất dựa trên kết quả DCP và tương quan giữa chúng

Phương pháp thí nghiệm DCP được ra đời vào năm 1959 do Giáo sư George F. Sowers phát minh. Từ khi ra đời cho đến nay, trên thế giới đã có rất nhiều công trình nghiên cứu nhằm thiết lập mối tương quan giữa các lần thí nghiệm DCP với chỉ số CBR. Tuy nhiên những mối tương quan đó khi đưa vào Việt Nam chỉ mang tính chất tham khảo.

❖ **Soil and rock parameter from DCP data**

Material	Description	DCP-n (Blows/100mm)	Strength
Clays	V. Soft	0-1	Cu = 0-12 kPa
	Soft	1-2	Cu = 12-25 kPa
	Firm	2-3	Cu = 25-50 kPa
	Stiff	3-7	Cu = 50-100 kPa
	V. Stiff	7-12	Cu = 100-200 kPa
	Hard	>12	Cu = >200 kPa
Sands	V.loose	0-1	
	Loose	1-3	
	Med dense	3-8	
	Dense	8-15	
	V.Dense	>15	
Gravel, cobbles, boulders		>10	
		>20	
Rock		>10	C’ = 25 kPa,
		>20	C’ > 50 kPa,

(T58 - Hanbook of Geotechnical Investigation and Design Tables)

❖ **Typical DCP – CBR relationship**

Blows/100	In situ CBR (%)	mm/blow
<1	<2	>100mm
1-2	2-4	100-50mm
2-3	4-6	50-30mm
3-5	6-10	30-20mm
5-7	10-15	20-15mm
7-10	15-25	15-10mm
10-15	25-35	10-7mm
15-20	35-50	7-5mm
20-25	50-60	5-4mm
>25	>60	<4mm

(T58 - Hanbook of Geotechnical Investigation and Design Tables)

❖ **Tương quan giữa Mô đun đàn hồi hiệu quả và số DCP (DN)**

$\text{Log}(E_{eff}) = 3.04758 - 1.06166(\log(DN))$

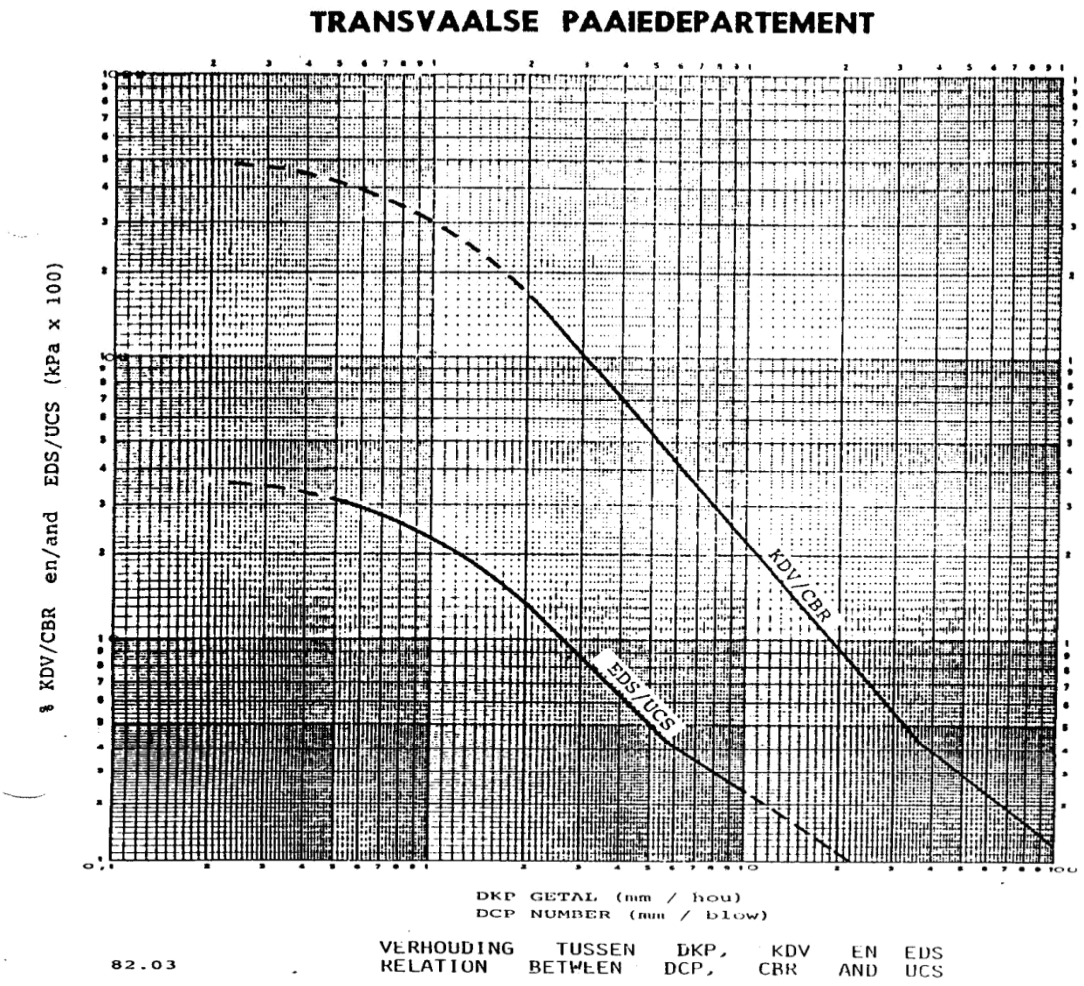
❖ **Sự tương quan giữa DCP với CBR và UCS (Unconfined Compressive Strength):**

(T 4 – The use and interpretaion of the Dynamic cone penetrometer test)

If DN > 2 mm/blow $\quad CBR = 410 \times DN^{-1.27}$

If DN < 2 mm/blow $\quad CBR = (66.66 \times DN^2) - (330 \times DN) + 563.33$

$$UCS = 15 \times CBR^{0.88} \text{ or } UCS = 2900 \times DN^{-1.09}$$



Relationship between DCP number (DN) and CBR and UCS[7]

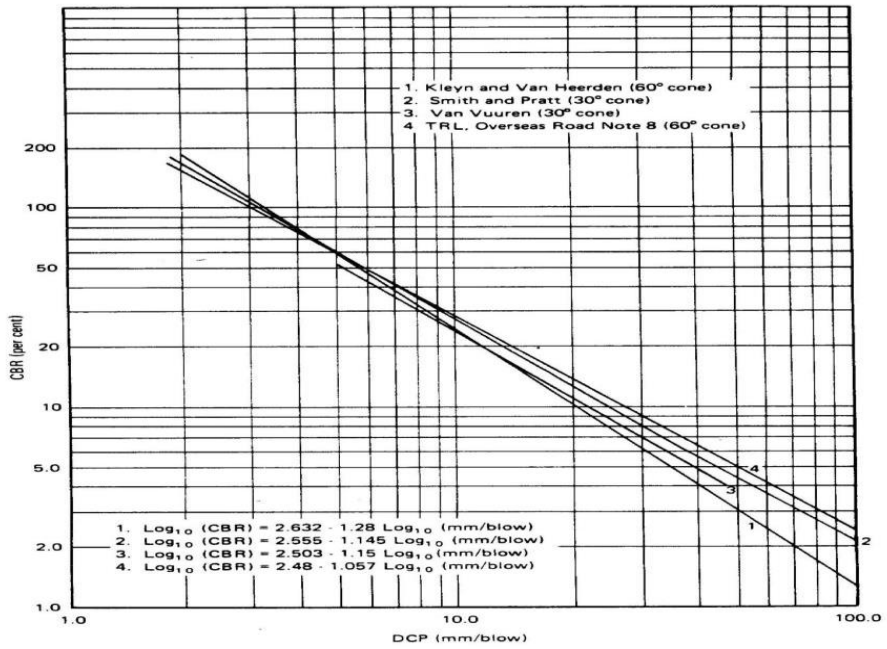
❖ ***Theo một số tác giả ta có sự tương quan giữa CBR và số DCP (DN) như sau:***

GÓC CÔN	THAM KHẢO	SỰ TƯƠNG QUAN
60°	**TRL**	log10(CBR) = 2.48 – 1.057 $\log_{10}$(DN)
	Sampson	loge(CBR) = 5.8 – 0.95 loge(DN)
	Plastic materials only	loge(CBR) = 5.93 – 1.1 loge(DN)
	PI > 6 materials	loge(CBR) = 6.15 – 1.248 loge(DN)
	PI < 6 materials	loge(CBR) = 5.70 – 0.82 loge(DN)
	PI = 0 materials	loge(CBR) = 5.86 – 0.69 loge(DN)
60°	**Harison**	$\log_{10}$(CBR) = 2.81 – 1.32 $\log_{10}$(DN)
	Clayey soils	$\log_{10}$(CBR) = 2.56 – 1.16 $\log_{10}$(DN)
	Sand S-W	$\log_{10}$(CBR) = 3.03 – 1.51 $\log_{10}$(DN)
	Gravel G-W	$\log_{10}$(CBR) = 2.55 – 0.96 $\log_{10}$(DN)
	Combined data	$\log_{10}$(CBR) = 2.81 – 1.32 $\log_{10}$(DN)
	Soaked samples	$\log_{10}$(CBR) = 2.76 – 1.28 $\log_{10}$(DN)
	Unsoaked samples	$\log_{10}$(CBR) = 2.83 – 1.33 $\log_{10}$(DN)
Côn 30°	**Smith and Pratt**	Log_{10}(CBR) = 2.555 – 1.145 Log_{10}(penetration rate)

4.3. Ứng dụng kết quả TN DCP trong việc đánh giá cường độ và thiết kế nền đường

➢ *Theo chỉ dẫn đường 31 (ORN 31) của phòng nghiên cứu GTVT (TRRL):* giá trị CBR của nền đường được tính toán dựa trên công thức thực nghiệm của Van Vuren (Van) với phương trình như sau:

1. Kleyn và Van Heerden (Cone 60°) $\longrightarrow Log_{10}(CBR_{\%}) = 2.632 - 1.28\ Log_{10}\ (DCP_{mm/blow})$
2. Smith và Pratt (Cone 30°) $\longrightarrow Log_{10}(CBR_{\%}) = 2.555 - 1.145\ Log_{10}\ (DCP_{mm/blow})$
3. Van Vuren (Cone 30°) $\longrightarrow Log_{10}(CBR_{\%}) = 2.503 - 1.15\ Log_{10}\ (DCP_{mm/blow})$
4. TRRL, Road Noate 8 (Cone 60°) $\longrightarrow Log_{10}(CBR_{\%}) = 2.48 - 1.057\ Log_{10}\ (DCP_{mm/blow})$



➢ Theo hướng dẫn thiết kế nền mặt đường của Phòng nghiên cứu vận tải (Cone 60°):

- $Log_{10}(CBR_{\%}) = 2.48 - 1.057\ Log_{10}\ (DCP_{mm/blow})$
- Năm 1986 Powell et al đưa ra quan hệ đối với Stiffness Modulus (dùng để tham khảo):

  $E = 17.6\ (CBR)^{0.64}$ (Mpa)

➢ Theo Portland Cement Assoc(1955) – (Automated Plate load Testing Report, Note T55):

Bearing Capacity Su (psf) = 3.794 x CBR $^{0.664}$ x 144

➢ Theo The U.S.Army Engineers Waterways experiment Station (1992) (Cone 60°):

(T9 - User guide to The Dynamic Cone Penetrometer):

$Log\ (CBR) = 2.46 - 1.12\ Log\ (DCP_{mm/blow})$

$Log\ (DCP_{mm/blow}) = -1.05 + 2.03\ Log\ (SPT)$

Sự tương quan này được thể hiện theo biểu đồ ở dưới đây:

(Theo P Paige-Green and L Du plessis – CSIR Built Environment Pretoria – September 2009).

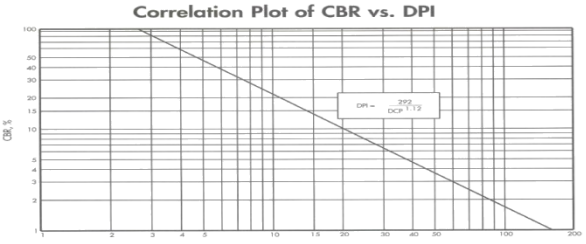


Figure 10

Graph taken from *Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer*, R. Grau, S. Webster and T. Williams, Department of Army Waterways Equipment Station, GL-92-3, TA7 W34, May 1992.

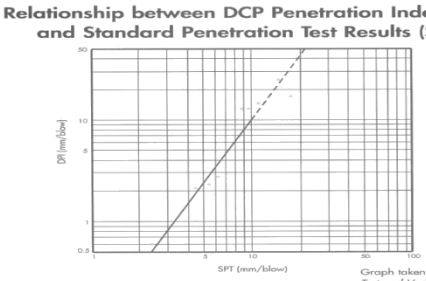


Figure 11

Graph taken from *The Relationship Between In Situ CBR Test and Various Penetration Tests*, Report Penetration Testing 1988, I. Ishai and M. Livneh, ISOPT-1, ISBN90 6191 801 4, 1988.

- *Theo The Use and Interpretaion of the Dynamic cone penetrometer test*

❖ **PAVEMENT STRENGTH BALANCE CONCEPT**

Sự cân bằng của nền đường theo độ sâu được xác định bằng công thức sau:

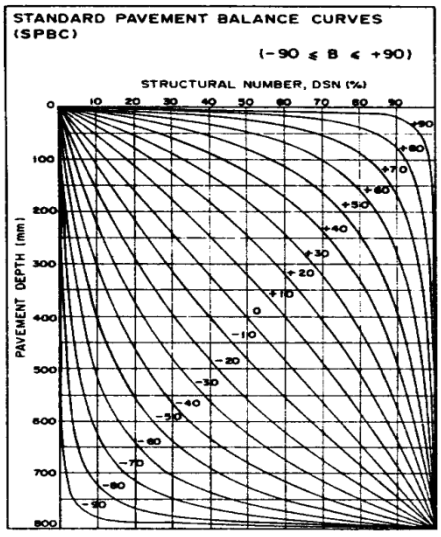
$$DSN\ (\%) = \{D*[400*B + (100- B)^2]/[4*B*D + (100 - B)^2]\}$$

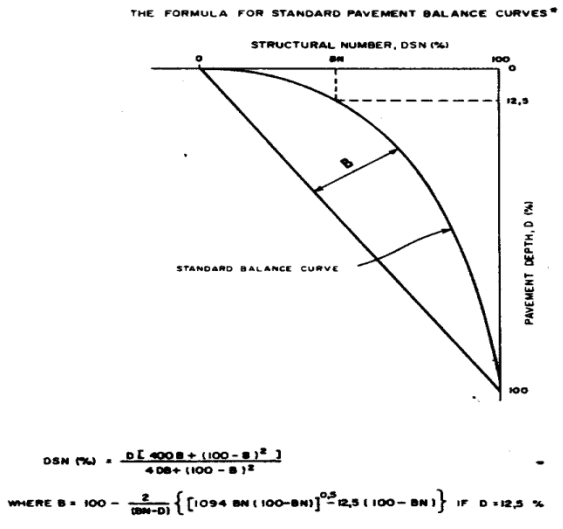
where

DSN = pavement structure number (%)

B = parameter defining the standard pavement balance curve (SPBC)

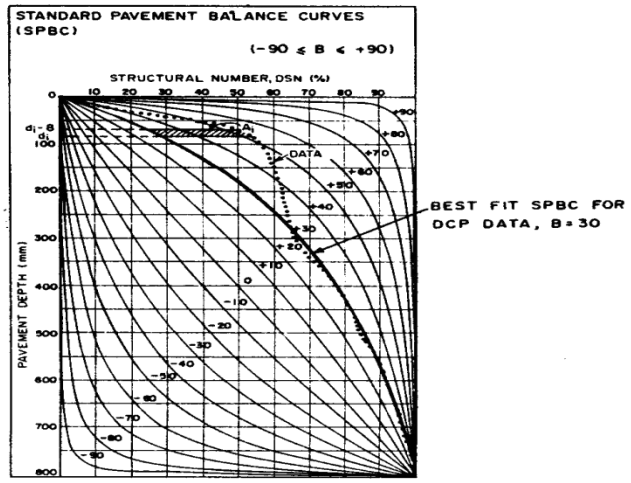
D = pavement depth (%)

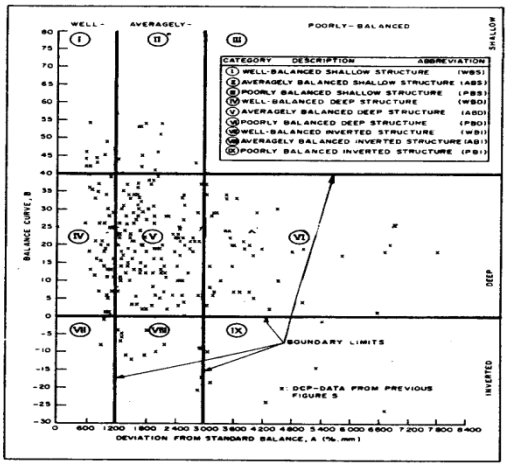




Standard Pavement Balance Curves **Graphic representation of BN on standard pavement balance curve**

❖ **PAVEMENT CLASSIFICATION**





Graphic representation of BN on standard pavement balance curve

Shallow Pavements	$B \geq 40$ (BN ≥ 42%)
Deep Pavements	$0 \leq B < 40$ (12.5% ≤ BN < 42%)
Inverted pavements	$B < 0$ (BN <12.5%)

Well balanced	$0 \leq A \leq 1200$
Averagely balanced	$1200 < A \leq 3000$
Pooly balanced	$A > 3000$

Xem kỹ hơn trong The Use and Interpretaion of the Dynamic cone penetrometer test (tại các trang từ 28 ÷ 36 ba phần sau):

❖ **LAYER THICKNESS DETERMINATION**
❖ **STRUCTURAL CAPACITY**
❖ **ELASTIC MODULUS**

5. <u>Thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nhẹ FWD</u>

(Falling Weight Deflectometer - 22TCN335-06 hoặc AASHTO T256).

Độ lún mặt đường tại tấm ép
(*xung lực 40KN, D=30cm)*

❖ **Phạm vi áp dụng:**

– Dùng cho công tác kiểm tra, đánh giá cường độ mặt đường để thiết kế kết cấu mặt đường theo tiêu chuẩn thí nghiệm 22TCN335-06 hoặc AASHTO T256 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.

– Thí nghiệm FWD không chỉ xác định mô đun chung của kết cấu áo đường mà còn có thể tính toán mô đun của từng lớp kết cấu.

❖ **Phương pháp thí nghiệm:**

– ***Nguyên tắc hoạt động chung:***

Phần chính của thiết bị là bộ phận gia tải, các đầu đo độ võng và phần mềm tính toán. Tải trọng va đập tác dụng lên mặt đường do vật nặng có khối lượng nhất định rơi từ độ cao định trước xuống hệ thống đệm cao su và truyền tải trọng xuống mặt đường. Đầu đo tải trọng gắn tại tâm truyền tải, xác định giá trị tải trọng P. Chuyển vị đứng tại tâm truyền tải và tại các điểm cách tâm truyền tải các khoảng cách nhất định được ghi lại bằng các đầu đo chuyển vị. Áp lực tác dụng lên mặt đường được điều chỉnh theo khối lượng và chiều cao rơi của vật nặng. Độ võng trên bề mặt và giá trị mô-đun đàn hồi động được tính toán từ số liệu đầu ra của các đầu đo:

Khối tải trọng Q rơi xuống → Tấm ép (ĐK=30cm) → Bộ phận giảm chấn Tạo ra xung lực (Thời gian tác dụng khoảng 0.02 ÷ 0.06 giây) → Thiết bị cảm biến ghi lại độ lún của mặt đường → Mô-đun đàn hồi hữu hiệu của nền đường, kết cấu mặt đường và tính toán chỉ số kết cấu hữu hiệu.

– ***Chuẩn bị thí nghiệm:***

+ Phân chia tuyến thành các đoạn đồng nhất (500m ÷ 1000m), 1 đoạn đồng nhất đo 20 điểm. Những đoạn yếu cục bộ có thể ngắn đến 100m (Đo tối thiểu 15 điểm).

+ Đánh dấu vị trí các điểm đo (cách mép đường 0.6 ÷ 1.2m)

+ Nếu đường nhiều làn xe, đo ở làn xe quan sát thấy yếu nhất.

– ***Trình tự thí nghiệm:***

+ Làm sạch vị trí thí nghiệm;

+ Cho xe đo vào vị trí; Đo nhiệt độ mặt đường (30phút/1 lần);

+ Hạ tấm ép và các cảm biến vào vị trí;

+ Nâng quả nặng lên cao, thả rơi xuống để tạo xung lực (xấp xỉ 40KN);

+ Lặp lại lần nữa, nếu kết quả đo võng sai khác không quá 5% thì lấy kết quả lần 2;

+ Nếu kết quả đo võng sai khác quá 5% thì làm lại lần 3, 4, 5 cho đến khi đạt;

+ Nếu không đạt kiểm tra lại thiết bị

– ***Xử lý kết quả đo võng:***

➢ ***Mô đun đàn hồi của nền đường tại điểm đo i:***

$$M_{ri} = \frac{2,4P}{d_{ri}.r}$$

Trong ®ã:

M_{ri} lµ m« ®un ®µn hải cña líp ®Êt nÒn ®-êng t¹i vÞ trÝ ®o, MPa;

P lµ t¶i träng t¸c dông xung lùc, KN;

r lµ kho¶ng c¸ch tõ ®iÓm ®o ®é vâng ®Õn t©m tÊm Đp truyÒn t¶i träng (tho¶ m·n ®iÒu kiÖn r $\geq$ 0,7a_e), cm;

d_r lµ ®é vâng cña mÆt ®-êng (kh«ng ®iÒu chØnh ®é vÒ nhiÖt ®é tÝnh to¸n cña mÆt ®-êng) t¹i ®iÓm c¸ch t©m tÊm Đp mét kho¶ng lµ r, cm.

- ***M« ®un ®µn hải ®Æc tr-ng cña nÒn ®-êng:***

$$M_r = \frac{\sum_{1}^{n}(M_{ri})}{n}$$

- ***M« ®un ®µn hải h÷u hiÖu cña nÒn ®-êng dïng trong thiÕt kÕ :***

$$M_r^{tkÕ} = 0{,}33.\ M_r$$

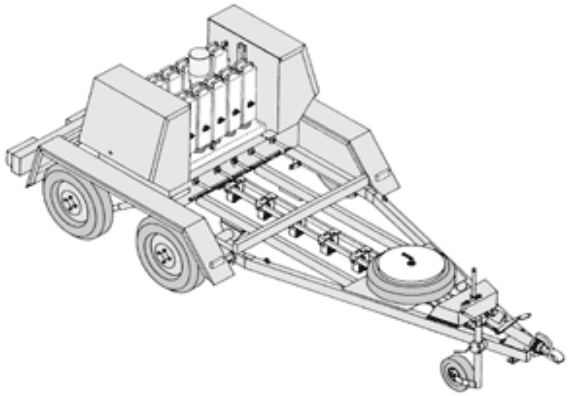
- ***Từ công thức sau tính ra được E_{pi} :***

$$d_o = 1{,}5.p.a\left\{\frac{1}{M_r\sqrt{1+\left(\frac{D}{a\sqrt[3]{\frac{E_p}{M_r}}}\right)^2}} + \left[1-\frac{\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{D}{a}\right)^2}}}{E_{pi}}\right]\right\}$$

- ***M« ®un ®µn hải h÷u hiÖu ®Æc tr-ng cña kÕt cÊu mÆt*** $E_p = \frac{\sum_{1}^{n}(E_{pi})}{n}$ ***®-êng***

6. ***Thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nặng HWD***

(Heavy Weight Deflectormeter - TCVN 11365-2016)



❖ **Phạm vi áp dụng:**

- Xác định số phân cấp mặt đường bằng thiết bị đo võng bằng quả nặng thả rơi (HWD) của mặt đường sân bay dân dụng, cảng hàng không.
- Không áp dụng đối với các loại mặt đường có gia cường cốt thép liên tục, mặt đường BTCT ứng suất trước – kéo sau, mặt đường BTCT ứng suất trước – kéo trước.
- Không đo bằng thiết bị HWD khi mặt đường lớn hơn 38^{o}C và nhỏ hơn 10^{o}C, khi có gió lớn hơn 5m/s, mặt đường ướt.

❖ **Trình tự xử dụng dữ liệu HWD để xác định số phân cấp (PCN) mặt đường sân bay:**

– *Xử dụng dữ liệu HWD để xác định số phân cấp (PCN) mặt đường sân bay:*

+ Tải trọng động sinh ra (Thả rơi tự do 1 khối nặng lên 1 lò xo) ⟶ Độ lớn lực xung kích thay đổi (Bằng thay đổi quả nặng hoặc chiều cao rơi) ⟶ Phản ứng của mặt đường được ghi lại bằng các đầu đo (bố trí hướng tâm vào tấm nén);

+ Độ võng thô dưới tấm nén thể hiện cường độ của cả kết cấu mặt đường. Độ võng thô tại điểm xa nhất thể hiện cường độ của nền;

+ Các đặc trưng vật liệu thu nhận được bằng việc xử lý và phân tích dữ liệu thô HWD qua các phần mềm. Các đặc trưng vật liệu thu được như: Mô đun đàn hồi các lớp kết cấu mặt đường, móng đường, hệ số nền K hoặc CBR phục vụ cho tính toán số PCN sân bay.

– *Đánh giá độ cứng của mặt đường:*

Thiết bị HWD ghi lại ở hiện trường phản ánh cường độ của kết cấu nền đường, đánh giá nhanh cường độ tổng thể của mặt đường và độ biến thiên tương đối của cường độ trong phạm vi 1 đoạn mặt đường. Độ cứng của mặt đường = Tải trọng/Độ võng lớn nhất dưới tấm nén. Mô đun độ cứng xung lực ISM và Mô đun độ cứng động DSM như sau:

I(D)SM = L/d_o (Trong đó: L là tải trọng tác dụng (kips);

d_o: độ võng lớn nhất gây bởi tấm nén (inch)

– *Sử dụng dữ liệu để đánh giá mặt đường sân bay:*

Dữ liệu HWD đánh giá các đặc trưng mặt đường như:

+ Xác định mô đun ISM, DSM và chuẩn hóa độ võng;

+ Tính ngược lại Mô đun đàn hồi của các lớp mặt đường và nền đường;

+ Lập tương quan với các thông số truyền thống (CBR, hệ số nền K)

+ Các vết nứt và sự hiệu quả truyền lực của các khe co dãn.

+ Xác định độ hổng tại các góc và khe co dãn của mặt đường BTXM

❖ **Thiết bị:**

+ Các bộ phận chính của HWD bao gồm: Bộ phận tạo xung lực, Tấm ép, Các cảm biến đo võng, Cảm biến đo lực, Hệ thống ghi, lưu trữ và xử lý số liệu,

+ Ngoài các thiết bị HWD mới sản xuất còn có: thiết bị định vị toàn cầu GPS, camera, cảm biến đo nhiệt độ mặt đường bằng tia hồng ngoại.

❖ **Xử lý kết quả thí nghiệm:**

– Xử lý kết quả thí nghiệm để có các đặc trưng kết cấu của mặt đường theo yêu cầu mức độ dự án hoặc phân tích mạng lưới;

– Xử dụng một số quy trình phân tích để xác định các đặc trưng của mặt đường đối với mặt đường BTN, BTXM hoặc BTN tăng cường trên BTXM;

– Xử lý dữ liệu đo độ võng thô (Vẽ biểu đồ độ võng đã được chuẩn hóa hoặc chỉ số ISM dọc theo chiều dài của sân đỗ, đường lăn,…). Dữ liệu đo độ võng thô được chuẩn hóa bằng cách hiệu chỉnh độ võng về tải trọng chuẩn.

Công thức chuẩn hóa độ võng:

$$d_{0n} = \left(\frac{L_{norm}}{L_{applied}} \right) d_0$$

Trong đó:
- d_{on}: độ võng chuẩn; d_o: độ võng đo được tại các đầu đo
- L_{norm}: tải trọng chuẩn
- $L_{applied}$: tải trọng tác dụng

+ Sự tăng lên của trị số ISM và giảm xuống của độ võng chuẩn hóa biểu thị sự tăng lên của cường độ mặt đường.

+ Dữ liệu thí nghiệm đo võng được phân tách riêng theo các phân đoạn ⟶ Các dữ liệu được phân chia tiếp theo các loại thí nghiệm. Dữ liệu đo võng tại tâm dùng cho đánh giá cường độ các lớp mặt đường và tính bền của vật liệu. Dữ liệu đo võng tại khe co dãn và vết nứt dùng cho đánh giá tình trạng khe co dãn và tính bền của vật liệu. Dữ liệu đo võng tại góc tấm BTXM dùng cho đánh giá tình trạng tiếp xúc với móng và tính bền của vật liệu:

– ***Sử dụng số liệu HWD để tính PCN sân bay:***

+ Phân tích số liệu đầu vào

+ Sử dụng kết quả HWD trong các chương trình tính

+ Sử dụng mô đun tính ngược cho lớp móng trên và móng dưới gia cố

+ Sử dụng mô đun tính ngược cho các lớp móng trên và móng dưới bằng vật liệu hạt

+ Sử dụng mô đun đàn hồi tính ngược của nền đường:

$E_{subgrade} = 1500\ CBR$ (psi)

(Đối với công tác đánh giá và thiết kế tăng cường mặt đường mềm)

$E_{subgrade} = 26K^{1.284}$ (psi)

(Đối với công tác đánh giá và thiết kế tăng cường mặt đường cứng – K: hệ số nền)

+ Sử dụng trị số K tính ngược của nền

+ Lựa chọn các hệ số điều kiện tăng cường của mặt đường BTXM,…

Ngoài thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nhẹ FWD và loại nặng HWD ta có:

– Truck Mounted Deflectometer (TMD)

– Light Weight Deflectometer (LWD)

Truck Mounted Deflectometer (TMD) **Light Weight Deflectometer (LWD)**

Những thế hệ thiết bị LWD được sử dụng phổ biến ở các nước tiên tiến phải kể đến như Dynatest 3031 LWD (Đan Mạch), ZFG 3000GPS (Đức), Prima 100–Carl Bro (Anh) và Load Man I, II (Phần Lan). Hệ thống tiêu chuẩn áp dụng cho loại thiết bị này được các nhà sản xuất khuyến cáo đó là tiêu chuẩn ASTM E 2583-07(2011) và ASTM 2835-11, ngoài ra đối với thiết bị của Đức có thêm tiêu chuẩn TPBF-STB - B8.3_97.

Về nguyên lý, LWD tương tự như thiết bị FWD và thiết bị HWD hiện đang được áp dụng khá phổ biến tại Việt Nam.

LWD có ưu điểm là gọn nhẹ, dùng để kiểm tra nhanh tại hiện trường đối với các lớp vật liệu đang trong quá trình thi công như các lớp móng đường (base, sub-base), lớp đất đắp nền đường, nơi mà có mặt phẳng không đồng đều, khó di chuyển đối với thiết bị FWD. Nhược điểm là không phản ảnh được tác động của tải trọng bánh xe (tối thiểu là 5 tấn bánh) lên kết cấu mặt đường.

Ta có tương quan như sau: $\mathbf{E_{LWD} = (3 \div 4)\, E_{FWD}}$

(Theo 2012 Road School, Light Weight Deflectometer (LWD) - Nayyar Siddiki, M.S., P.E. Office of Geotechnical Services).

I.2. Các phương pháp đánh giá độ bằng phẳng mặt đường

1. Thí nghiệm xác định độ bằng phẳng bằng thước dài 3m (TCVN 8864:2011)

2. Thí nghiệm xác định độ bằng phẳng bằng thước có bánh xe

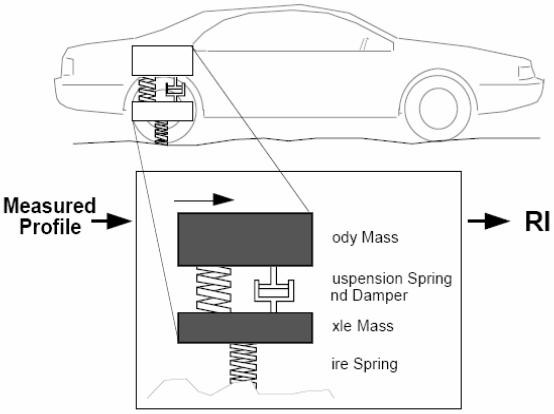
Dự án nâng cấp cải tạo quốc lộ 2

Tỉnh Hà Giang

Độ bằng phẳng bằng thước có bánh xe

<u>3. Thí nghiệm xác định độ bằng phẳng theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI</u>

(International Roughness Index - TCVN 8865:2011)



Thiết bị đo IRI

Thiết bị Walking Profile

❖ **Phạm vi áp dụng:**

Phương pháp xác định độ bằng phẳng mặt đường ôtô theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI (International Roughness Index) được sử dụng để kiểm tra, đánh giá mặt đường làm mới:

– Độ gồ ghề của mặt đường là độ lệch của mặt đường so với mặt phẳng chuẩn; được thể hiện bằng kích thước ảnh hưởng đến đặc tính động lực của xe, đến chất lượng xe chạy.

– Chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI là chỉ số được tính trên cơ sở số đo mặt cắt dọc của đường, bằng cách sử dụng mô phỏng "một phần tư xe" với tốc độ mô phỏng chạy xe 80 km/h.

– Đơn vị của IRI thường sử dụng là m/km và có giá trị từ 0 (m/km) đến 20 (m/km). Mặt đường càng kém bằng phẳng IRI càng lớn.

❖ **Phương pháp đo**

– *Phương pháp đo gián tiếp*: không đưa ra trực tiếp giá trị IRI của toàn bộ tuyến đường. Việc xác định độ bằng phẳng IRI được xác định gián tiếp thông qua phương trình thực nghiệm được thiết lập trên cơ sở quan hệ giữa giá trị IRI và giá trị độ xóc đo được trên các đoạn đường ngắn chọn trước gọi là các đoạn định chuẩn.

Loại này bao gồm các loại xe đo có khả năng đo được sự dịch chuyển thẳng đứng tương đối giữa thân xe và trục bánh xe trên cơ sở phản ứng với sự không bằng phẳng của mặt đường khi xe đó có gắn thiết bị chạy dọc trên đường. Các số liệu được ghi lại trên băng giấy hoặc các file lưu trữ trên máy tính.

Điển hình các loại máy này như: Mays Ride Moter (Mỹ), TRL, Bump Intergrater (Anh)… Các loại thiết bị này có tốc độ đo cao, nhưng nhược điểm có thang độ đo khác nhau, thuộc tính động lực khác nhau và không ổn định với thời gian.

– *Phương pháp đo trực tiếp*: đưa ra trực tiếp giá trị IRI của toàn bộ tuyến đường thí nghiệm. Do tốc độ đo nhanh và cơ động nên phương pháp này thích hợp với việc đo độ bằng phẳng theo IRI trên đường cấp cao.

Đây là phương pháp sử dụng loại thiết bị đo mặt cắt. Hiện nay thường gặp 3 phương pháp đo: Phương pháp đo cao; Phương pháp Profiler bề mặt; Phương pháp đo bằng thiết bị đo trắc dọc Dipstick:

Phương pháp Profiler bề mặt: bao gồm các thiết bị có khả năng đo được tuần tự, liên tiếp các trị số cao độ mặt cắt dọc của đường với vận tốc cao và có thể thay đổi trong khoảng từ 30 – 130 Km/h, thông qua phần mềm chuyên dụng để xử lý kết quả đo và đưa ra trực tiếp IRI.

Trong quá trình đo cứ mỗi hành trình 50mm, hệ thống đo đồng thời được 4 thông số sau:

+ Chuyển dịch thẳng đứng giữa đầu đo với mặt đường;

+ Gia tốc thẳng đứng của đầu đo;

+ Thời gian và quãng đường khi 2 đầu đo thu nhận giá trị của 2 thông số trên.

❖ **Tiêu chí đánh giá**

➢ *Phục vụ công tác nghiệm thu:*

+ Với đường xây dựng mới: mặt đường bê tông nhựa và bê tông xi măng khi nghiệm thu trong vòng 1 năm từ khi làm xong mặt đường phải đảm bảo đạt được độ bằng phẳng với giá trị IRI tuỳ thuộc vào cấp đường (TCVN 4054, TCVN 5729) thoả mãn yêu cầu quy định trong sau:

Tiêu chí nghiệm thu độ bằng phẳng theo IRI
đối với đường xây dựng mới

Loại đường	**IRI yêu cầu (m/Km)**
Đường cao tốc cấp 120, cấp 100, cấp 80; đường ô tô cấp 80.	IRI ≤ 2.0
Đường cao tốc cấp 60, đường ô tô cấp 60	IRI ≤ 2.2

+ Với đường cải tạo, nâng cấp, tăng cường: mặt đường bê tông nhựa và bê tông xi măng khi nghiệm thu trong vòng 1 năm từ khi làm xong mặt đường phải đảm bảo đạt được độ bằng phẳng với giá trị IRI tuỳ thuộc vào cấp đường (TCVN 4054, TCVN 5729) thoả mãn yêu cầu quy định tại bảng sau:

Tiêu chí nghiệm thu độ bằng phẳng theo IRI đối với đường cải tạo, nâng cấp, tăng cường

Loại đường	**IRI yêu cầu (m/Km)**
Đường cao tốc cấp 120, cấp 100, cấp 80; đường ô tô cấp 80.	IRI ≤ 2.2
Đường cao tốc cấp 60, đường ô tô cấp 60	IRI ≤ 2.5

➢ *Phục vụ công tác quản lý, lập kế hoạch duy tu bảo dưỡng*

Phân cấp chất lượng độ bằng phẳng theo IRI của đường đang khai thác *(xem trong quy trình)*

❖ ***Thiết lập tương quan thực nghiệm giữa IRI và giá trị độ xóc trên các đoạn đường định chuẩn*** bằng phần mềm Microsoft Excel - Áp dụng khi đo độ bằng phẳng theo IRI phương pháp gián tiếp – *(Phụ lục A - Xem trong quy trình)*

I.3. Các phương pháp xác định độ nhám mặt đường

1. Phương pháp rắc cát (TCVN8866:2011)

Đo độ nhám mặt đường bằng PP rắc cát tại Dự án đường cao tốc Láng Hòa Lạc

❖ *Trình tự thí nghiệm:*

- 1 đoạn đại diện dài 500-1000m;
- Mỗi làn xe trên đoạn đo 10 điểm;
- Đong cát đổ vào ống đo;
- Dùng bàn xoa, xoa cát từ trong ra ngoài theo hình xoắn ốc cho đến khi cát lấp đầy các chỗ mấp mô trên mặt đường, vệt cát có hình tròn;
- Đo đường kính vệt cát tại 4 vị trí theo các phương vuông góc với nhau
- Xác định chiều sâu trung bình vệt cát H_{tb} (mm)

❖ *Tiêu chí đánh giá độ nhám của mặt đường bằng PP rắc cát:*

– Tiêu chuẩn kiểm tra, nghiệm thu độ nhám đối với mặt đường mới làm: Mặt đường BTXM, mặt đường bê tông nhựa, mặt đường bê tông nhựa có tính năng đặc biệt,

– Tiêu chuẩn đánh giá độ nhám mặt đường đang khai thác

Độ nhám	**Đặc trưng độ nhám của bề**	**Phạm vi ứng dụng**
H_{tb} <0.2	Rất nhẵn	Không nên dùng
0.2 ≤ H_{tb} <0.45	Nhẵn	V< 80 Km/h
0.45 ≤ H_{tb} <0.8	Trung bình	80 ≤ V <120 Km/h
0.8 ≤ H_{tb} <1.2	Nhám	V>120 Km/h
H_{tb} > 1.2	Rất nhám	Đường qua nơi địa hình khó khăn, nguy hiểm
V là tốc độ chạy xe trên đường (V không phải là tốc độ thiết kế)		

– **Báo cáo:**

Kết quả kiểm tra độ nhám mặt đường bằng phương pháp rắc cát.

(Dự án mở rộng và hoàn thiện đường Láng - Hoà Lạc)

STT	Lý trình	Vị trí đo (làn)	K/cách đến tim (m)	Đường kính mảng cát tại các điểm đo(mm)				Chiều sâu tb h_{tbi}(mm)	Chiều sâu tb cấu trúc vĩ mô thực tế H_{tb}(mm)	Tiêu chuẩn kỹ thuật	Ghi chú
				d_1	**d_3**	**d_2**	**d_4**				
1	Km3+620	Trái	0.5	185	187	180	190	0.93	0.85	≥ 1	Không đạt
		Phải	6	207	200	209	196	0.77			
2	Km4+640	Trái	0.7	165	155	164	150	1.27	1.14	≥ 1	Đạt
		Phải	5	179	182	170	182	1.00			
3	Km5+700	Trái	0.5	167	155	172	160	1.19	1.10	≥ 1	Đạt
		Phải	6.5	165	190	168	190	1.00			

2. Phương pháp con lắc Anh (T278 – E 303)

Đo độ nhám mặt đường bằng Con lắc Anh tại Dự án đường cao tốc Láng Hòa Lạc

❖ **Phạm vi áp dụng:**

- Phương pháp này đưa ra qui trình đo đặc tính ma sát bề mặt bằng thiết bị thí nghiệm kháng trượt con lắc Anh (British Pendulum Skid Resistance Tester).
- Thí nghiệm loại va đập con lắc dùng để đo sự mất mát năng lượng khi một cạnh của tấm trượt bằng cao su trượt trên một bề mặt thí nghiệm. Thiết bị thí nghiệm này được dùng cho cả thí nghiệm trong phòng và thí nghiệm ở hiện trường trên một bề mặt phẳng, để đo giá trị mài bóng trên các mẫu thí nghiệm dạng mặt cong từ các thí nghiệm mài bóng gia tốc trong phòng thí nghiệm.
- Chỉ số con lắc Anh BPN, trên bề mặt phẳng và các giá trị độ mài bóng đối với các mẫu thí nghiệm dạng mặt cong từ thí nghiệm bánh xe mài bóng gia tốc, thể hiện các đặc tính ma sát thu nhận được bằng các thiết bị và trình tự đề cập trong phương pháp này và chúng không nhất thiết phải phù hợp hoặc tương quan với các kết quả đo độ trơn trượt bằng các thiết bị khác.

❖ **Phương pháp thí nghiệm:**

- Bề mặt thí nghiệm phải được làm sạch và ướt hoàn toàn trước khi làm thí nghiệm.
- Trước khi tiến hành thí nghiệm, tấm trượt con lắc bố trí sao cho đủ tiếp xúc với bề mặt thí nghiệm. Con lắc được nâng lên đến vị trí khóa, sau đó thả con lắc ra, như vậy cho phép tấm trượt tiếp xúc với bề mặt thí nghiệm.
- Có một kim báo chỉ số BPN. Chỉ số ma sát giữa tấm trượt và bề mặt thí nghiệm càng lớn thì khả năng văng lên của con lắc càng giảm, và số đọc BPN càng lớn. Con lắc phải được thả 4 lần trên mỗi bề mặt thí nghiệm bằng cao su thiên nhiên và 5 lần đối với cao su theo M 261.

❖ Dụng cụ và thiết bị: Tấm trượt (Tổ hợp tấm trượt), bộ gá tấm trượt, tay nắm nâng tấm trượt và một số thiết bị khác (Thước mỏng, bồn nước, nhiệt kế,...)

❖ **Trình tự đo:**

- Kiểm tra lại chiều dài đường tiếp xúc (Chiều dài trượt có thể được điều chỉnh bằng núm điều khiển chiều thẳng đứng. Nếu thấy cần thiết, hãy điều chỉnh lại cao độ của thiết bị. Đặt con lắc ở vị trí thả và quay kim đo ngược chiều kim đồng hồ cho đến khi nó dừng trước vít điều chỉnh trên cánh tay con lắc).
- Kiểm tra lại việc điều chỉnh về 0 (Nới lỏng nắm khoá để nâng con lắc và xoay một trong hai nắm di chuyển đầu con lắc nằm giữa thiết bị thí nghiệm để cho phép tấm trượt đu đưa tự do trên bề mặt thí nghiệm. Vặn chặt nắm khoá lại, đặt con lắc ở vị trí thả và quay kim đo ngược chiều kim đồng hồ cho đến khi nó đến và dừng trước vít điều chỉnh trên cánh tay con lắc. Thả con lắc ra và ghi lại chỉ số của kim. Nếu số chỉ

không phải là O, hãy nới vòng khoá và quay nhẹ vòng ma sát trên trục đỡ và khoá lại. Làm thí nghiệm lại và điều chỉnh vòng ma sát cho đến khi con lắc dao động đưa kim báo về số 0.

– **Báo cáo:**

Kết quả kiểm tra sức kháng trượt mặt đường bằng con lắc Anh.

(Dự án mở rộng và hoàn thiện đường Láng - Hoà Lạc)

STT	Lý trình	Vị trí đo (làn)	K/cách đến tim	Chỉ số ma sát (BPN)				Giá trị trung bình	Tiêu chuẩn kỹ thuật	Ghi chú
				l_1	l_2	l_3	l_4			
1	Km2+550	Trái	0.5	63	64	67	60	64	≥ 55	Đạt
		Phải	7.0	62	60	66	63	63	≥ 55	Đạt
2	Km3+550	Trái	0.5	65	63	60	59	62	≥ 55	Đạt
		Phải	6	63	60	65	67	64	≥ 55	Đạt
3	Km4+710	Trái	0.7	67	73	65	78	71	≥ 55	Đạt
		Phải	5	58	65	61	67	63	≥ 55	Đạt

3. Một số phương pháp khác: XĐ cự ly hãm xe, XĐ hệ số bám ngang – bám dọc.

Phương pháp đo chiều dài hãm xe:

❖ Phương pháp đo:

– Đoạn đường bằng phẳng, thẳng, rửa sạch và mặt giữa cho thật ẩm

– Dùng xe đo tiêu chuẩn (M21, Volga) có 4 lốp mới, chạy với tốc độ 60Km/h và hãm đột ngột.

– Xác định chiều dài hãm S_h

– Xác định hệ số hãm φ thông qua chiều dài hãm

❖ Yêu cầu: hãm đột ngột, tất cả các bánh xe phải được hãm cứng lại, lúc này ôtô chỉ có trượt dọc

I.5. Một số nhận xét và kiến nghị khi sử dụng các phương pháp

I.5.1. Mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp kết cấu áo đường bằng tấm ép cứng

– **Một số nhận xét:**

+ Việc xác định giá trị mô đun đàn hồi bằng tấm ép hiện trường là phương pháp thí nghiệm phức tạp, công phu nên thực tế ít công trình tuân thủ đúng yêu cầu thí nghiệm mà chủ yếu xác định E_0 gián tiếp qua bảng tra phụ thuộc vào loại đất và độ ẩm. Khi tuyến đường dài thì sự biến đổi về loại đất và độ ẩm là khá phức tạp, vì vậy việc đưa ra giá trị E_0 theo bảng tra là không xác thực với thực tế.

+ Vì đo độ võng theo phương pháp này có năng suất thấp nên Bộ GTVT cho phép đo võng trực tiếp dưới bánh xe bằng cần Benkelman (theo tiêu chuẩn Việt nam TCVN8867:2011 và thí nghiệm đánh giá cường độ nền đường và kết cấu mặt đường của đường ô tô bằng thiết bị đo động FWD theo tiêu chuẩn 22TCN 335-06).

– **Kiến nghị:** Theo tiêu chuẩn ngành 22TCN211-06:

+ ë giai ®o¹n thiÕt kÕ kü thuËt vµ thiÕt kÕ b¶n vÏ thi c«ng ®èi víi kÕt cÊu ¸o ®-êng mÒm, t- vÊn thiÕt kÕ ph¶i kÞp thêi bè trÝ ®o Đp t¹i hiÖn tr-êngb»ng b¶n Đp ®-êng kÝnh 33cm ®Ó x¸c ®Þnh trÞ sè cña m« ®un ®µn hải E_0 theo TCVN 8861:2011 ngay trªn c¸c ®o¹n nÒn ®-êng ®iÓn h×nh thi c«ng thử nghiÖm để kiểm tra l¹i trÞ sè E_0 ®· dïng khi tÝnh to¸n thiÕt kÕ. Nếu trÞ sè E_0 thùc ®o nhá h¬n trÞ sè ®· dïng ®Ó thiÕt kÕ th× ph¶i kÞp thêi ®-a ra c¸c gi¶i ph¸p ®iÒu chØnh l¹i kÕt cÊu thiÕt kÕ (t¨ng c-êng c-êng ®é nÒn ®Êt trong ph¹m vi khu vùc t¸c dông hoÆc t¨ng bÒ dµy líp mãng ¸o ®-êng). ViÖc ®o Đp nªn thùc hiÖn vµo thêi kú bÊt lîi cña nÒn ®-êng. Trường hợp không thể đo xác định mô đun đàn hồi vào mùa bất lợi thì có thể tham khảo phụ lục B để điều chỉnh giá trị đo vÒ thêi kú bÊt lîi.

+ Tr-êng hîp thiÕt kÕ c¶i t¹o, t¨ng c-êng kÕt cÊu ¸o ®-êng cò, khi cÇn thiÕt còng cã thÓ sö dông ph-¬ng ph¸p ®o Đp thö nghiÖm t¹i hiÖn tr-êng nh- chØ dÉn ë Phô lôc D ®Ó x¸c ®Þnh trÞ sè m« ®un ®µn hải cña nÒn ®Êt trong ph¹m vi khu vùc t¸c dông nh»m phôc vô cho tÝnh to¸n thiÕt kÕ.

I.5.2. Mô đun đàn hồi chung của kết cấu bằng cần đo võng Benkelman

– ***Ưu điểm:*** Chi phí thiết bị thấp, gọn nhẹ, dễ mang đi hiện trường.

– ***Nhược điểm:***

+ Độ võng đàn hồi của mặt đường là hàm của các biến phụ thuộc vào: Loại mặt đường, kết cấu áo đường và trạng thái đất nền đường, lưu lượng xe chạy, thời gian sử dụng của mặt đường, nhiệt độ của mặt đường,…Vì có quá nhiều biến phụ thuộc nên giữa các trị số độ võng đo được luôn có những sai lệch cho dù có rút ngắn khoảng cách giữa các điểm đo.

+ Thường dùng đo mặt đường, khu vực ít xe cộ, công tác đảm bảo giao thông phức tạp; Chi phí cho lần thí nghiệm cao.

I.5.3. Chỉ số CBR hiện trường

Việc đánh giá cường độ và độ ổn định cũng như giá trị E_0 của đất nền theo phương pháp thí nghiệm CBR là thích hợp hơn cả. Tuy nhiên để có thể đánh giá đầy đủ và chính xác toàn bộ tuyến đường phải có một số lượng thí nghiệm đủ lớn; 1km đường đòi hỏi phải cần tới 30-50 giá trị CBR. Điều đó sẽ rất tốn kém và mất thời gian.

I.5.4. Chùy xuyên động DCP

Phương pháp thí nghiệm DCP có thể đáp ứng thay thế một phần lớn số mẫu thí nghiệm CBR với chi phí thấp và thời gian thí nghiệm nhanh chóng.

- ✓ ***Những lợi ích do phương pháp thí nghiệm DCP đem lại:***

Thiết bị được chế tạo đơn giản, dễ chế tạo, giá thành thấp. Thao tác thí nghiệm đơn giản, rất dễ sử dụng, thời gian thí nghiệm nhanh chỉ trong vòng 10-:-15 phút.

Chiều sâu thí nghiệm có thể tới 3m, đủ để đánh giá cường độ của lớp Subgrade (80cm); ngoài ra còn để xử lý nền đất yếu cục bộ dưới đáy lớp Subgrade.

Số lượng điểm thí nghiệm sẽ làm với mật độ dày, do đó có thể đánh giá tương đối đầy đủ và chính xác cường độ đất nền trên toàn tuyến đường.

- ✓ ***Những tồn tại của phương pháp thí nghiệm DCP:***

Hiện nay ở Việt Nam chưa có một nghiên cứu cụ thể ứng với điều kiện Việt Nam. Kết quả thí nghiệm DCP không cho biết được loại đất, cũng như các chỉ tiêu cơ lý như thành phần hạt, chỉ số dẻo, độ ẩm,...

Kết quả quy đổi từ trị số DCP sang CBR mới đánh giá được cường độ đất nền CBR ở trạng thái tự nhiên và chỉ mang tính chất tham khảo. Để đánh giá được cường độ đất nền ở trạng thái tính toán (bão hoà) thì cần phải xây dựng mối tương quan giữa CBR bão hoà và CBR tự nhiên.

I.5.5. Thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nhẹ FWD

- ➢ ***Nhận xét:***

– Thiết bị đo động FWD dùng cho công tác kiểm tra, khảo sát thiết kế tăng cường mặt đường, đánh giá khả năng làm việc hiện hữu của kết cấu áo đường, mô-đun đàn hồi động và tĩnh của nền đất có thể được xác định trực tiếp từ các số liệu đo độ võng, xây dựng ngân hàng dữ liệu bảo trì đường ô tô.

– 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 Porland (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.

– Đánh giá SCT mặt đường BTXM đường ô tô và sân bay ở Việt Nam hiện nay. Kết quả thí nghiệm phù hợp và có thể tin cậy được.

– Hiện nay việc đo độ võng bằng thiết bị FWD rất nhanh, ít tốn kém và không cần nhiều thiết bị đi kèm nên để thuận tiện cho công tác thiết kế, kiểm định chất lượng công trình cũng như để quản lý đường.

– **Tính ứng dụng thực tế**: *Đối với công tác quản lý đường đối với các yêu cầu thiết kế hiện nay thì việc dùng PP thí nghiệm động bằng thiết bị FWD là hiệu quả nhất.*

➢ ***Kiến nghị:***

– Việc tìm ra mối tương quan nhằm mục đích chuyển đổi các kết quả thí nghiệm của các phương pháp trên (Tấm ép cứng, Benkelman, FWD,…) sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho công tác quản lý đường.

– Đối với mặt đường BTXM: Phương pháp FWD cho kết quả là mô đun đàn hồi động, trong khi các tính toán, kiểm toán mặt đường BTXM đang sử dụng mô đun đàn hồi tĩnh. Phải tiến hành đo đạc thực nghiệm xác định tương quan giữa mô đun đàn hồi động và tĩnh đối với lớp vật liệu làm móng đường (Theo hướng dẫn của Cục hàng không Hoa Kỳ, trong tính toán sức chịu tải của mặt đường ô tô và sân bay, *có thể lấy chung cho các loại nền đường giá trị hệ số đàn hồi động lớn gấp hai lần hệ số đàn hồi tĩnh*).

– Đo đạc thực nghiệm và xử lý số liệu tính toán ra được mô đun đàn hồi các lớp kết cấu. Trong khi đó kiểm toán mặt đường BTXM còn phải kiểm toán ứng suất dưới đáy tấm, phải xây dựng tương quan giữa mô đun đàn hồi BTXM và cường độ chịu kéo khi uốn của loại bê tông thông thường sử dụng cho mặt đường BTXM tại Việt Nam.

– Đánh giá SCT tĩnh mặt đường BTXM trong kiểm tra nghiệm thu mặt đường BTXM cũng như đánh giá mặt đường cũ phục vụ công tác khai thác và sửa chữa các tuyến đường hiện hữu.

I.5.6. Thiết bị đo võng động học kiểu xung lực loại nặng HWD

Một số đánh giá khi áp dụng các phương pháp thí nghiệm động đối với mặt đường BTXM:

– Hiện nay tại Việt Nam chưa ban hành tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM, chỉ mới đang xử dụng "Quyết định tạm thời".

– Tiêu chuẩn TCVN 11365-2016 đối với mặt đường sân bay – Xác định số phân cấp mặt đường bằng HWD. Tiêu chuẩn này mới được biên dịch từ tài liệu của FAA (Cục hàng không liên bang Mỹ), các hệ số thực nghiệm vẫn sử dụng như tài liệu gốc, chưa có nghiên cứu hiệu chỉnh phù hợp với loại vật liệu cũng như điều kiện của Việt Nam, chưa có ví dụ tính toán để áp dụng → Phải tiến hành đo đạc thực nghiệm xác định tương quan giữa mô đun đàn hồi động và tĩnh đối với lớp vật liệu làm móng đường.

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG TRONG ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG VÀ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC

Trên thế giới, các phương pháp kiểm tra chất lượng và xác định sức chịu tải cọc và đặc biệt là cọc khoan nhồi được quan tâm từ rất sớm. Đến nay đã có rất nhiều các nghiên cứu lý thuyết, các phương pháp và thiết bị kiểm tra được áp dụng có hiệu quả trong công tác quản lý chất lượng cọc (Cọc khoan nhồi). Có nhiều hãng chuyên sản xuất thiết bị và thực hiện công tác kiểm tra, đánh giá chất lượng cọc như PDI, LOADTEST của Mỹ, TNO của Hà Lan, Testconsult,...

Chất lượng móng cọc cũng giống như chất lượng các bộ phận công trình xây dựng khác là kết quả tổng hợp của quá trình quản lý chất lượng từ khảo sát, thiết kế và thi công. Khi nói về chất lượng móng cọc thường được quan niệm là chất lượng của cọc đơn, mặc dù nhóm cọc hay ảnh hưởng của đài cũng rất quan trọng, nhưng vấn đề được quan tâm ở đây là "Chất lượng của cọc đơn" gồm 2 nội dung chính sau:

- Độ nguyên vẹn kết cấu
- Sức chịu tải

1. Đánh giá chất lượng (độ nguyên vẹn) kết cấu:

Chúng ta đã có các công nghệ như:

- Phương pháp tia Gamma: đánh giá độ đồng nhất của cọc.
- Phương pháp thử động biến dạng nhỏ (PIT): phát hiện khuyết tật trên cọc đơn chế tạo bằng bê tông cốt thép (hay bằng thép)
- Phương pháp xung Siêu âm: xác định tính đồng nhất của bê tông (Cọc khoan nhồi và cho các cấu kiện móng bê tông khác nhau có đặt sẵn các ống đo siêu âm như: giếng chìm, tường trong đất, cọc ba - ret và các móng khối bê tông chôn trong đất).

2. Đánh giá sức chịu tải:

Đánh giá khả năng chịu tải của cọc tại hiện trường là công tác quan trọng và cần thiết. Sau khi thi công cọc nhằm kết luận chính xác sức chịu tải của cọc theo điều kiện thực tế.

Việc đánh giá này thường dựa vào các chỉ dẫn thiết kế, trong đó mặc định sức chịu mũi và ma sát thành bên đạt đến một tỷ lệ nhất định của giá trị giới hạn mà không xét đến ảnh hưởng của chiều dài thân cọc cũng như tính chất cơ lý của lớp đất mang tải mũi cọc. Tỷ lệ thí nghiệm đánh giá sức chịu tải của cọc trên hiện trường rất thấp do bị hạn chế về kinh phí và chúng ta vẫn chưa mạnh dạn áp dụng các công nghệ thử tải mới như PDA, Osterberg, Statnamic.

Các thí nghiệm hiện trường đánh giá khả năng chịu tải của cọc được thực hiện nhằm kiểm tra và khẳng định độ chính xác của các giá trị thiết kế và chất lượng toàn bộ quá trình thi công. Phổ biến có 3 nhóm phương pháp được ứng dụng rộng rãi là:

Thí nghiệm tĩnh:

- Nén tĩnh truyền thống
- Thí nghiệm hộp tải trọng Osterberg
- Thí nghiệm cọc có gắn thiết bị

Thí nghiệm động:

- Thử động truyền thống và sử dụng các công thức động truyền thống như: Gherxêvanốp, Hilây…
- Thử động biến dạng lớn PDA
- Thử rung trở kháng cơ học (MIMP-15)

Thí nghiệm tĩnh động Statnamic:

Khi xác định sức chịu tải bằng các phương pháp thí nghiệm, một vấn đề rất quan trọng là tiêu chuẩn phá hoại hay cụ thể hơn là trạng thái phá hoại của cọc để xác định sức chịu tải giới hạn của cọc trên biểu đồ quan hệ Tải trọng – Chuyển vị mà các thí nghiệm thu được. Các công nghệ mới thí nghiệm xác định sức chịu tải của cọc thì người ta cũng dùng các tiêu chuẩn phá hoại khác nhau như:

- Thử động biến dạng lớn PDA: sử dụng tiêu chuẩn Davisson
- Thí nghiệm hộp tải trọng Osterberg: sử dụng 2 tiêu chuẩn phá hoại khác nhau, độc lập cho sức chống mũi giới hạn và ma sát thành bên giới hạn,…

Vì vậy, khi áp dụng các PP thí nghiệm khác nhau, cần phải nắm vững các tiêu chuẩn phá hoại đã được dùng trong PP đó để sử dụng phù hợp với điều kiện làm việc của cọc đang nghiên cứu.

I. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG CỦA CỌC

II.1. Phương pháp động biến dạng nhỏ PIT

(Piles Under Static Axial Compressive Load - TCVN9397-2012; D5882)

❖ **Mục đích:** Phương pháp động biến dạng nhỏ được áp dụng để phát hiện khuyết tật trên cọc đơn chế tạo bằng bê tông cốt thép hoặc bằng thép, hạ theo phương thẳng đứng hoặc xiên. Nó cũng áp dụng cho các bộ phận kết cấu dài có chức năng tương tự như các cọc móng, không xét đến phương pháp thi công miễn là có thể tiếp nhận được thí nghiệm va chạm biến dạng nhỏ.

❖ **Phạm vi:** PIT đối với cọc khoan nhồi nhằm kiểm tra, phát hiện các khuyết tật của bê tông như: các vết nứt, sự kém đồng nhất hay bê tông kém chất lượng, dựa trên sóng phản hồi ghi được trên đỉnh cọc trong suốt chiều sâu từ mũi đến đầu cọc.

Khuyết tật nghiêm trọng mà phương pháp thử động biến dạng nhỏ có thể phát hiện được

Bộ thiết bị PIT

❖ **Nguyên lý:** PIT dựa trên nguyên lý phản xạ khi gặp trở kháng thay đổi của sóng ứng suất, gây ra bởi tác động của lực xung tại đầu cọc, khi truyền dọc theo thân cọc. Sử dụng lý thuyết truyền sóng ứng suất để phân tích sóng phản xạ đo được khi thí nghiệm, qua đó xác định độ sâu và dự báo mức độ khuyết tật của cọc.

Tùy theo việc đo đạc và phân tích số liệu thu được có thể chia ra thành 2 phương pháp như sau :

- *Phương pháp phản hồi âm thanh (Sonic Echo Test-SET):*

Phương pháp phản hồi âm thanh được phát triển ở Trung tâm thí nghiệm Động lực học ở Delft, Hà Lan. Ưu điểm của phương pháp này là việc kiểm tra được tiến hành nhanh, ít tốn kém và không phải can thiệp vào bên trong cọc. Những nghiên cứu của Finno năm 1995 cho thấy rằng ngay cả khi đầu cọc được bọc lại thì phương pháp này vẫn tỏ ra có hiệu quả.

- *Phương pháp ứng xử nhanh (Transient Response Method-TRM) :*

Phương pháp này cũng dùng để kiểm tra độ nguyên vẹn của cọc khoan nhồi tương tự như phương pháp phản hồi âm thanh, tuy nhiên việc xử lý số liệu của phương pháp này công phu hơn và do đó có thể cho kết quả tốt hơn.

Dùng búa tác động một lực va đập vào đầu cọc, dao động đầu cọc và lực va đập tác dụng được ghi lại theo thời gian. Hai tín hiệu này được xử lý trong máy tính bằng phần mềm phân tích sử dụng phương pháp biến đổi nhanh Fourier. Số liệu xử lý được xuất ra dưới dạng biểu đồ quan hệ giữa tỷ lệ vận tốc đầu cọc (V_0) / lực đầu cọc (F_0) và tần số giao động xung (f).

❖ **Thiết bị:** Hiện nay, trên thế giới có một số nhà sản xuất các bộ thí nghiệm biến dạng nhỏ như Pile Dynamic Inc.(PDI)-Mỹ, TNO-Hà Lan... Nhưng bộ thiết bị được sử dụng rộng rãi nhất và đã được đưa vào trong tiêu chuẩn Mỹ ***ASTM D5882-96*** là bộ thiết bị Pile Integrity Tester-PIT của hãng PDI Cleveland Ohio Mỹ.

Theo Tiêu chuẩn Mỹ ASTM D5882-96, yêu cầu một bộ thiết bị thí nghiệm có các đặc tính kỹ thuật như sau :

+ Thiết bị tạo va chạm
+ Bộ chuyển đổi (máy đo gia tốc)
+ Thiết bị ghi, xử lý và trình diễn số liệu :

Ngoài bộ thiết bị kiểm tra độ đồng nhất thân cọc PIT của Mỹ, hiện nay ở Việt Nam đã có hệ thống thiết bị MIMP-15 kiểm tra chất lượng cọc theo nguyên lý trở kháng cơ học (MIMP) của Pháp theo Tiêu chuẩn NF 94-160.4.

Ngoài các thông tin về khuyết tật của cọc như phương pháp PIT, phương pháp này còn cho phép xác định được độ cứng đàn hồi của hệ cọc-nền, tham số dùng để tính móng trên nền đàn hồi.

❖ **Thời gian tiến hành thí nghiệm:**

- Việc thực hiện thí nghiệm chỉ có thể được thực hiện tối thiểu sau 7 ngày kể từ khi kết thúc đổ bê tông cọc.
- Cường độ bê tông của cọc phải đạt 75 % giá trị thiết kế.

❖ **Phương pháp thực hiện và đánh giá kết quả thí nghiệm**:

+ Đo ghi sóng lan truyền trong thân cọc khi tác động một xung lực nhẹ lên đầu cọc. Phân tích tín hiệu phát hiện dấu hiệu của khuyết tật, xác định vị trí và dự báo mức độ của khuyết tật. Việc phân tích có thể thực hiện theo 3 phương pháp sau: PP phản xạ xung, PP ứng xử nhanh, PP tín hiệu phù hợp.

+ Phân tích bằng PP phản xạ xung: sử dụng lý thuyết truyền sóng ứng suất để phân tích sóng phản xạ đo được khi thí nghiệm, qua đó xác định độ sâu và dự báo mức độ khuyết tật của cọc.

+ So sánh dạng của biểu đồ sóng vận tốc của mỗi cây cọc với biểu đồ sóng đặc trưng, từ đó xác định các cây cọc có nghi ngờ, có khuyết tật thể hiện bởi sóng phản xạ cùng hướng với sóng ban đầu trong khoảng độ sâu từ đầu cọc đến mũi cọc.

+ Xác định dấu hiệu phản xạ từ mũi cọc.

+ Có thể đánh giá cọc không có khuyết tật khi đáp ứng các điều kiện: Không xảy ra thay đổi đột ngột của biên độ sóng cùng hướng với sóng ban đầu từ các độ sâu nhỏ hơn độ sâu mũi cọc; Sóng phản xạ từ mũi cọc được quan sát rõ.

+ Trường hợp quan sát thấy sóng phản xạ từ các độ sâu nhỏ hơn chiều dài cọc theo cùng hướng với sóng ban đầu và phản xạ từ mũi cọc không quan sát được thì cây cọc có khả năng có khuyết tật ở độ sâu $x = (c.\Delta t)/2$.

II.2. PP xung siêu âm xác định độ đồng nhất của bê tông

II.2.1. Tổng quan chung về PP xung siêu âm xác định độ đồng nhất của bê tông

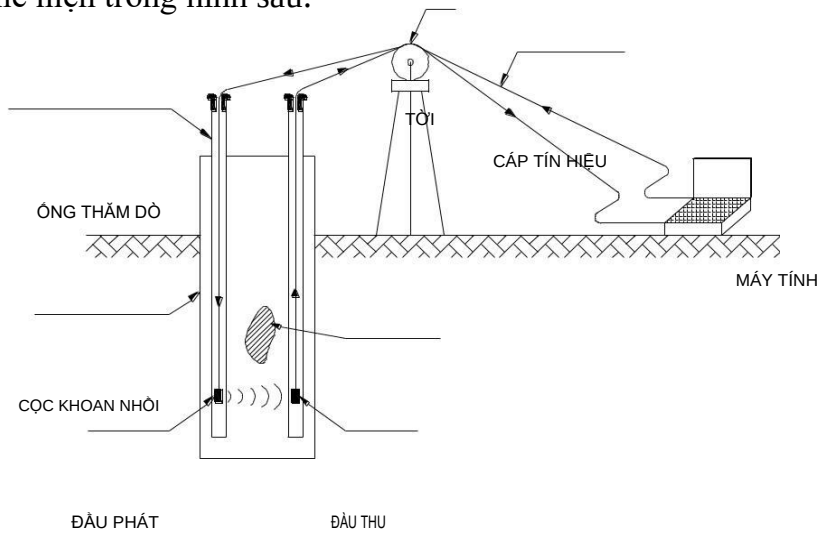
Phương pháp siêu âm truyền qua ống có 04 kỹ thuật phổ biến gồm:

- ***Kỹ thuật siêu âm truyền qua hai ống (Cross Hole Sonic Logging – CSL):***

CSL là kỹ thuật chính của phương pháp SLT, được phát triển vào cuối thập niên 1970 bởi Liên bang Xây dựng Pháp (French Construction Federation) và sau đó phát triển rộng rãi ở Châu Âu vào đầu thập niên 1980. Thí nghiệm CSL được giới thiệu ở Mỹ vào cuối thập niên 1980, từ đó được phát triển mạnh mẽ và đã có nhiều chương trình nghiên cứu về thí nghiệm không phá huỷ phối hợp giữa CALTRANS và Cục Đường bộ Liên bang Mỹ.

Đối với phương pháp CSL, cần đặt sẵn tối thiểu 02 ống thăm dò (bằng thép hoặc PVC) trong cọc trước khi thi công chế tạo cọc. Thí nghiệm cần đổ đầy nước sạch để tăng chất lượng truyền âm. Hai đầu dò gồm một đầu phát và một đầu thu được thả vào ống đồng thời ở cùng cao độ. Khi đầu dò đến đáy ống sẽ bắt đầu kéo đầu dò lên và tiến hành thu thập số liệu sóng dọc thân cọc.

Cơ chế hoạt động của thiết bị gồm một bộ biến áp điện phát xung điện theo dây dẫn đến đầu phát, đầu phát chuyển xung điện sang dao động cơ học có tần số 20 – 100 kHz (thông thường 30-50 kHz) và truyền qua bê tông. Đầu thu nhận sóng siêu âm và chuyển từ dao động cơ học sang xung điện rồi theo dây dẫn truyền về máy tính xử lý. Cả đầu thu và đầu phát cùng được kéo từ đáy lên đỉnh cọc với một vận tốc tính trước phù hợp với chiều dài cọc và khả năng của thiết bị. Tín hiệu sóng siêu âm được hiển thị trên màn hình theo chiều dài cọc cho mỗi mặt cắt thí nghiệm và được ghi lại thành tệp số liệu. Nguyên lý truyền và nhận sóng siêu âm được thể hiện trong hình sau:



Hệ thống vận hành kỹ thuật siêu âm truyền qua hai ống (CSL)

– ***Kỹ thuật siêu âm trong một ống (Single Hole Sonic Logging – SSL):***

Phương pháp này đặt cả đầu phát và đầu thu vào cùng một ống thăm dò và giữ cố định khoảng cách giữa hai đầu thu phát. Theo Amir (2002), phương pháp này hiệu quả khi nhận dạng khuyết tật trong bán kính 3 inches (7.62 cm) xung quanh ống thăm dò. Kết quả siêu âm theo phương pháp này chịu ảnh hưởng bởi đường kính ống thăm dò, khoảng cách giữa các ống và phải sử dụng ống PVC. Phương pháp này thích hợp với cọc khoan nhồi đường kính nhỏ, vi cọc (micropile), hay cọc khoan nhồi khoan bằng cần ruột gà liên tục (auger-cast pile).

– ***Kỹ thuật siêu âm thành cọc (Perimeter Sonic Logging - PSL):***

Phương pháp này áp dụng cách thí nghiệm của phương pháp CSL nhưng đặt ống thăm dò bên ngoài lồng thép. Mục đích là để đánh giá tính nguyên vẹn của lớp bê tông bảo vệ cốt thép. Theo kết quả nghiên cứu của Samtani và cộng sự (2005) trên 20 cọc khoan nhồi thi công giữ thành bằng vữa polymer ở Tucson, kết quả siêu âm được kiểm chứng bằng việc đào trần cọc đã khẳng định giá trị và sự hữu ích của phương pháp này. Tuy nhiên, phương pháp này bị nhiễu hơn so với CSL (do vướng cốt thép) và thực tế gặp khó khăn khi lắp đặt vì không được lồng thép bảo vệ.

– ***Kỹ thuật quét xung siêu âm nhận dạng khuyết tật (Crosshole Tomography - CT):***

Phương pháp này dựa trên nguyên tắc giống như phương pháp CSL và sử dụng cùng một thiết bị cũng như ống thăm dò của phương pháp CSL để thực hiện. Điểm khác biệt giữa hai

phương pháp là ở cách đo và xử lý dữ liệu. Không giống như phương pháp CSL, chỉ có dữ liệu theo phương ngang được thu thập, phương pháp CT thu thập dữ liệu ở các góc độ khác nhau (theo phương dọc và phương ngang). Từ đó, kết quả cung cấp thông tin chi tiết về hình dạng và kích thước khuyết tật trong phạm vi thí nghiệm. Kết quả của phương pháp CT được xử lý bằng phần mềm chuyên dụng và được thể hiện dưới dạng hai chiều hoặc ba chiều.

Đối với các cọc có khuyết tật ở tất cả các mặt cắt siêu âm thì không cần sử dụng kỹ thuật này mà phải tiến hành sửa chữa hoặc loại bỏ.

Tiêu chuẩn Viêt Nam TCVN 9396:2012 chỉ hướng dẫn kỹ thuật siêu âm qua hai ống (CSL) và giới thiệu sơ bộ về kỹ thuật CT trong phần phụ lục, các kỹ thuật SSL và PSL không đề cập trong tiêu chuẩn này.

II.2.2. Phương pháp siêu âm truyền qua hai ống (CSL):

(Bored pile-Determination of homogeneity of concrete - Sonic pulse method TCVN9396-2012 – D1143).

❖ *Mục đích, phạm vi nguyên lý và cơ sở lý thuyết:*

– *Mục đích và phạm vi áp dụng:* Thí nghiệm kiểm tra chất lượng cọc khoan nhồi bằng PP xung siêu âm nhằm phát hiện các khuyết tật của bê tông như các vết nứt, sự kém đồng nhất hay bê tông kém chất lượng trong suốt chiều sâu từ mũi đến đầu cọc có đặt ống siêu âm. Dựa vào đó để đánh giá chất lượng bê tông các cọc khoan nhồi chịu lực cho công trình, ngoài ra còn được áp dụng cho các cấu kiện móng bê tông khác nhau như: giếng chìm, tường trong đất, cọc ba - ret và các móng khối bê tông chôn trong đất. Tần số của sóng âm càng cao thì càng có thể phát hiện được các khuyết tật nhỏ hơn.

– *Nguyên lý:* Siêu âm là dao động cơ học đàn hồi truyền đi trong môi trường vật chất với tần số dao động từ 20 KHz trở lên. Khi siêu âm truyền qua môi trường vật liệu bê tông được tạo thành từ nhiều thành phần như đá, sỏi, cát, xi măng... các hiện tượng phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ, khuyếch tán xẩy ra đồng thời và được đặc trưng bằng sự khuyếch tán của năng lượng và vận tốc truyền sóng phụ thuộc vào độ đồng nhất, mật độ... của vật liệu hay còn gọi chung là chất lượng của vật liệu bê tông. Vì vậy khi tiến hành thu nhận sóng siêu âm sau khi đã truyền qua một phạm vi nghiên cứu có thể đánh giá được chất lượng vật liệu bê tông trong phạm vi truyền sóng siêu âm đó.

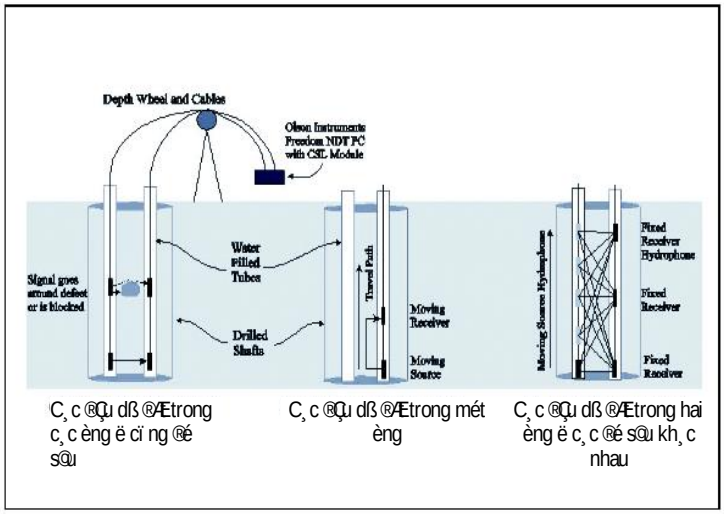
– *Cơ sở lý thuyết:*Sóng siêu âm truyền trong bê tông dưới hai dạng gồm sóng P (còn gọi là sóng dọc hay sóng nén) và sóng S (hay sóng ngang hoặc sóng cắt). Sóng P là loại sóng có phương dao động của các phần tử vật chất trùng với phương truyền sóng trong khi sóng S là loại sóng có phương dao động vuông góc với phương truyền sóng. Trong phương pháp CSL, sóng S tương đối yếu nên được bỏ qua. Trong môi trường bê tông đồng nhất, vận tốc sóng P (Vp) phụ thuộc vào mô đun đàn hồi của bê tông (E), hệ số Poisson (ν) và tỷ trọng bê tông (ρ), được xác định theo công thức của Krautkrämer J. và Krautkrämer H., 1990:

Trong bê tông cọc khoan nhồi, sự khác biệt về tỷ trọng và mô đun đàn hồi có thể xảy ra do các lỗ rỗng chứa khí, nước hoặc bê tông cọc có lẫn bentonite, đất... Như vậy, bằng cách xác định vận tốc truyền sóng tại các vị trí khác nhau dọc theo thân cọc, ta có thể suy luận về tính đồng nhất của bê tông.

Vận tốc truyền sóng siêu âm trong quá trình thí nghiệm được xác định bằng cách đo thời gian truyền xung siêu âm giữa hai đầu thu - phát (T) và quãng đường truyền sóng (khoảng cách giữa hai ống thăm dò, D), ta có V = D/T.

Để đánh giá độ đồng nhất của bê tông cọc khoan nhồi, bên cạnh thông số về vận tốc truyền sóng ta cần xét đến năng lượng của sóng siêu âm. Khi sóng siêu âm truyền đi trong bê tông cọc, năng lượng của sóng siêu âm bị suy giảm trên quãng đường truyền sóng. Các nguyên nhân gây ra sự suy giảm năng lượng của sóng siêu âm đó là sự hấp thụ (năng lượng sóng siêu âm chuyển thành nhiệt năng), tán xạ (sóng siêu âm bị đổi hướng khi truyền trong môi trường không đồng nhất) và phản xạ của môi trường.

**Siêu âm cọc khoan nhồi –
Dự án Cáp treo Hòn Tre - Nha Trang**



**Sơ đồ bố trí các phương án siêu âm truyền qua
để xác định vị trí, kích thước khuyết tật**

❖ ***Thiết bị và phương pháp thực hiện***

– Máy siêu âm Crosshole Sonic Logging do hãng Olson Instrument của Mỹ sản xuất. Đây là phiên bản mới nhất của Hãng bao gồm: một đầu phát và hai đầu thu nên cùng một lúc có thể đo siêu âm được hai mặt cắt. Ngoài những tính năng tương tự như máy siêu âm thông thường, thiết bị có tính năng mô phỏng hình dáng khuyết tật trên không gian 3 chiều (3D).

– Phần mềm chuyên dụng CSL2 do Hãng Olson xây dựng được sử dụng để tính toán và sử lý số liệu thu được từ thiết bị siêu âm và các thiết bị khác.

– Tại hiện trường có thể sơ bộ: đánh giá kết quả đo về tính đồng nhất của cọc bê tông dựa vào biểu đồ tín hiệu thời gian hặc vận tốc truyền xung siêu âm thu được theo suốt chiều dài mặt cắt thí nghiệm. Khi thấy sự giảm vận tốc truyền xung (giảm ≥20%) hoặc tăng thời gian truyền xung (tăng ≥20%) phải thí nghiệm lại ở cao độ của vị trí đó để khẳng định khuyết tật.

– Các kết quả thí nghiệm được lưu trong máy tính chuyên dụng, sau khi về văn phòng sẽ được phân tích và kết luận.

❖ ***Kết quả***

– Kết quả siêu âm có thể đưa ra các dạng đồ thị sau:

+ Đồ thị thời gian

+ Đồ thị vận tốc
+ Đồ thị năng lượng
+ Đồ thị chồng chất
+ Đồ thị Waterfall hoặc Z Banded
+ Đồ thị hình học

– Biểu đồ vận tốc truyền sung siêu âm theo các mặt cắt thí nghiệm đo được
– Đánh giá kết quả thí nghiệm
– Để đánh giá tính đồng nhất và vị trí khuyết tật của bê tông cọc khoan nhồi nên kết hợp các đặc trưng của xung siêu âm ghi nhận được như: vận tốc, biên độ, năng lượng, thời gian truyền xung siêu âm.

❖ **Những yếu tố ảnh hưởng tới kết quả siêu âm:**

- Số lượng và cách bố trí ống thăm dò: Ống đặt sẵn trong bê tông để siêu âm (gọi là ống thăm dò) phải bố trí đều trên mặt cắt ngang. Theo hướng dẫn của ASTM, trong một cọc tối thiểu phải có 3 ống thăm dò. Theo tiêu chuẩn Việt Nam tối thiểu là 2 ống đối với cọc có đường kính ≤ 0.6m. Chi tiết so sánh về số lượng ống thăm dò, vật liệu làm ống, đường kính ống, và sai số đo sâu được tổng hợp từ nhiều nguồn trong :

- Vật liệu và kích thước ống thăm dò:

Yêu cầu về ống thăm dò trong một số tiêu chuẩn

Thông số ống thăm dò		**Tiêu chuẩn Việt Nam**	**Tiêu chuẩn Mỹ**	**Tiêu chuẩn Pháp**	**Tiêu chuẩn Trung Quốc**	**Hãng Olson**
Tiêu chuẩn		TCVN 9396:2012	ASTM D6760-08	NF P94-160-1	JGJ 106—2003	
Số lượng ống thăm dò	2	D ≤ 0.6m	-	D ≤ 0.6m	D ≤ 0.8m	D ≤ 0.75m
	3	0.6m < D ≤ 1.0m	D < 1.0m	0.6m < D ≤ 1.2m	0.8m < D ≤ 2m	0.75m < D ≤ 1.0m
	4	D > 1.0m	1.0m ≤ D ≤ 1.4m	D > 1.2m	D > 2m	1.0m < D ≤ 1.5m
	6	-	1.5m ≤ D ≤ 2.1m	-	-	1.5m < D ≤ 2.5m
	8	-	-	-	-	D > 2.5m
Khoảng cách giữa hai ống liền kề		0.3m – 1.5m	0.25m – 0.3m	0.3m – 1.5m	-	-
Vật liệu		Thép hoặc PVC	Thép hoặc PVC	Thép	-	-
Đường kính trong ống (mm)		50 - 60	38 - 50	> 40	50 - 60	-
Sai số đo sâu		1/500 hoặc 50mm	1% hoặc 250mm	0.2% hoặc 50mm	-	-

- Nước và chất lượng nước trong ống thăm dò
- Thời điểm thực hiện thí nghiệm

II.3. Phương pháp thử tải trọng tĩnh ép dọc trục

(Piles Under Static Axial Compressive Load - TCVN9393-2012; D1143)

❖ ***Mục đích:***

– Phương pháp thử tải trọng tĩnh xác định sức chịu tải của cọc có thể được thực hiện ở giai đoạn: thăm dò thiết kế và kiểm tra chất lượng công trình.

– Thí nghiệm nén tĩnh cọc ở giai đoạn thăm dò thiết kế được tiến hành trước khi thi công cọc đại trà nhằm xác định các số liệu cần thiết kế về cường độ, biến dạng và mối quan hệ tải trọng - chuyển vị của cọc làm cơ sở cho thiết kế hoặc điều chỉnh đồ án thiết kế, chọn thiết bị và công nghệ thi công cọc phù hợp

Nén tĩnh tại Cầu Tam Bạc - Hải Phòng

Thử tĩnh cọc dưới nước với tải trọng 750T

❖ ***Phạm vi áp dụng:***

Phương pháp thử tải trọng tĩnh truyền thống là phương pháp trực tiếp xác định sức chịu tải của cọc trong điều kiện cọc làm việc như thực tế dưới tải trọng công trình.

Phương pháp này sử dụng hệ thống cọc neo hoặc dùng các vật nặng chất phía trên đỉnh cọc là đối trọng để gia tải nén cọc. Trong thí nghiệm này, cọc được gia tải theo từng cấp đến tải trọng thường bằng 1,5-2,0 tải trọng thiết kế. Cấp tải sau được tác dụng khi độ lún ở cấp tải trước đã ổn định.

Dựa trên quan hệ tải trọng-độ lún, sức chịu tải của cọc được xác định với một hệ số an toàn xác định bởi thiết kế.

❖ ***Nguyên tắc thí nghiệm:***

– Thí nghiệm được tiến hành bằng phương pháp dùng tải trọng tĩnh ép dọc trục cọc sao cho dưới tác dụng của lực ép, cọc lún sâu thêm vào đất nền. Tải trọng tác dụng lên đầu cọc được thực hiện bằng kích thuỷ lực với hệ phản lực là dàn chất tải, neo hoặc kết hợp cả hai.

– Các số liệu về tải trọng, chuyển vị, biến dạng, … thu được trong quá trình thí nghiệm là cơ sở để phân tích đánh giá sức chịu tải và mối quan hệ tải trọng – chuyển vị của cọc trong đất nền.

– Số lượng cọc thí nghiệm: Do thiết kế quy định, thông thường được lấy bằng 1% tổng số cọc của công trình nhưng trong mọi trường hợp không ít hơn 02 cọc.

❖ ***Thiết bị thí nghiệm:***

Đối trọng: Sử dụng trong công tác thí nghiệm nén tĩnh cọc tại công trình là những đối trọng bê tông đúc sẵn được xếp thành khối trên một hệ dầm đỡ bằng thép. Tổng tải trọng lớn nhất : ≥ 120% tải trọng thí nghiệm lớn nhất,...

Hệ dầm đỡ: Là một hệ thống khung thép hình đã được gia cường, tính toán và chế tạo đủ chịu tải lớn nhất thí nghiệm Pmax = 300 tấn,...

Hệ gối đỡ: Là một hệ bao gồm nhiều cục tải bê tông cốt thép đúc sẵn có kích thước và tải

trọng (*tấn*) khác nhau đủ đỡ hệ đối trọng thí nghiệm đặt trên nền đất có tác dụng đỡ hệ dầm chất tải,...

Hệ tải trọng: Là một hệ bao gồm nhiều cục tải bê tông cốt thép đúc sẵn có kích thước và tải trọng (*tấn*) khác nhau, đối trọng thí nghiệm được đặt trên hệ dầm phụ sao cho cân đối. Tải đối trọng được tính toán theo yêu cầu đề ra đối với từng loại cọc và tải trọng thiết kế yêu cầu.

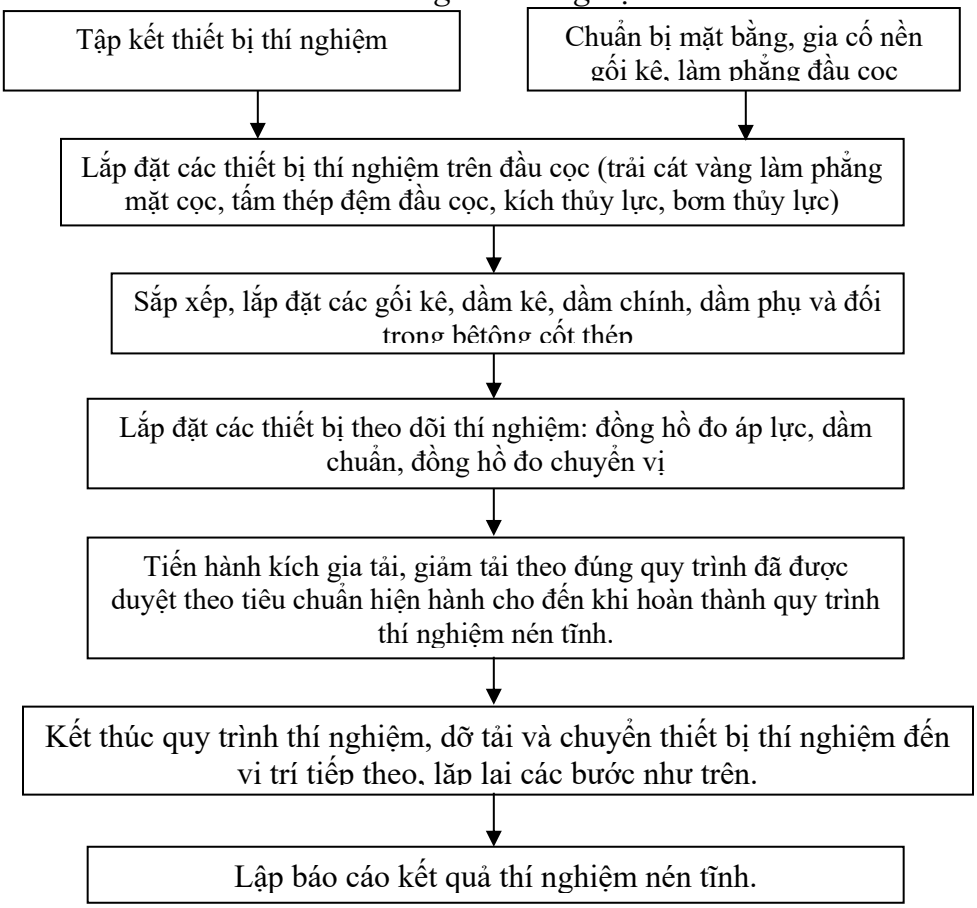
Hệ thống gia tải:Hệ thống gia tải thí nghiệm trong công trình sử dụng kích thủy lực có sức nâng lớn hơn ≥ 150% tải trọng thí nghiệm lớn nhất,…

Hệ thống đo lực:Hệ thống đo lực sử dụng đồng hồ thủy lực có tải đo 0-600 kg/cm^2,... và 1 số thiết bị khác,...

- **Quy trình gia tải:** được thực hiện theo tiêu chuẩn *TCVN9393-2012*

- ***Trình tự thực hiện:***

Các bước chính tiến hành công tác thí nghiệm nén tĩnh như sau:



- ***Hầu hết các Tiêu chuẩn đều đề cập đến hai phương pháp nén tĩnh chủ yếu :***
  - *Phương pháp thí nghiệm tải trọng không đổi (Maintained Load, ML)*
    Cho phép đánh giá đồng thời khả năng chịu tải của cọc và độ lún của cọc theo thời gian. Đúng như tên gọi của nó, phương pháp này thường kéo dài đến nhiều ngày.
  - *Phương pháp thí nghiệm tốc độ dịch chuyển không đổi (Constant Rate of Penetration, CRP)*: Phương pháp này chỉ nhằm mục đích duy nhất là xác định khả năng chịu tải tới hạn của cọc. Thí nghiệm nén tĩnh theo phương pháp này được thực hiện rất nhanh, thường chỉ khoảng 3-5 giờ.

❖ ***Một số phương pháp gia tải khác có thể ứng dụng trong thực tế như là :***

- *Phương pháp thí nghiệm nhanh với tải trọng không đổi*
- *Phương pháp thí nghiệm "cân bằng"*

❖ ***Kết quả***

– Các số liệu thí nghiệm được phân tích xử lý đưa vào dạng bảng bao gồm: Bảng số liệu thí nghiệm; Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm.

– Từ các số liệu thí nghiệm, thành lập các biểu đồ quan hệ sau đây:

+ Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị;

+ Biểu đồ quan hệ chuyển vị - thời gian của các cấp tải;

+ Biểu đồ quan hệ tải trọng - thời gian;

+ Biểu đồ quan hệ chuyển vị - tải trọng - thời gian.

– Từ kết quả thí nghiệm, sức chịu tải giới hạn của cọc đơn có thể được xác định bằng các phương pháp sau:

+ Phương pháp đồ thị dựa trên hình dạng đường cong quan hệ tải trọng - chuyển vị;

+ Phương pháp dùng chuyển vị giới hạn tương ứng với sức chịu tải giới hạn;

+ Xét theo tình trạng thực tế thí nghiệm và cọc thí nghiệm.

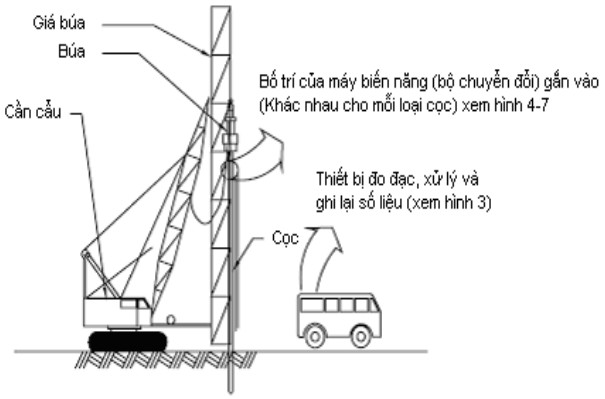
– Sức chịu tải cho phép của cọc đơn thẳng đứng được xác định bằng sức chịu tải giới hạn chia cho hệ số an toàn.

– Tùy thuộc và mức độ quan trọng của công trình, điều kiện đất nền, PP thí nghiệm và PP xác định sức chịu tải giới hạn, tư vấn thiết kế quyết định áp dụng hệ số an toàn cho phù hợp với từng trường hợp cụ thể.

– Báo cáo kết quả thí nghiệm

II.4. Phương pháp thử động biến dạng lớn PDA

Từ giữa những năm 60 được sự tài trợ của Cục Đường bộ Liên bang Mỹ, Goble, Rausche và các cộng sự ở Viện công nghệ Case đã phát triển và xây dựng thành phần mềm CAPWAPC với mô hình hệ búa – cọc – đất liên tục và được ứng dụng khá rộng rãi với tên gọi là " Thử động biến dạng lớn".



PP Biến dạng lớn PDA – Cầu Thị Cầu

Các cơ sở của phương pháp này là:

- Phương trình truyền sóng trong cọc
- Mô hình hệ búa – cọc – đất của Smith
- Phương pháp Case
- Phần mềm CAPWAPC
- Hệ thống thiết bị phân tích đóng cọc PDA

Các mô hình cơ bản đánh giá khả năng chịu tải của cọc bằng PP Thử động biến dạng lớn là: mô hình Smith, mô hình Case và mô hình CAPWAP.

Mô hình Smith: sử dụng PP sai phân hữu hạn để tìm lời giải cho phương trình sóng ứng suất với tải trọng tới hạn.

Mô hình Case (Case Pile Wave Analyses Program) còn được gọi là PP tín hiệu phù hợp cho phép tính toán sức chịu tải ngay sau khi kết thúc thí nghiệm, phương pháp này không dựa trên sự phù hợp tín hiệu sóng tính toán giả định và sóng thực đo, đây là sự khác biệt so với hai mô hình còn lại.

Mô hình CAPWAP: là mô hình phát triển hoàn thiện hơn của mô hình Smith. Mô hình này xem xét đến những ứng xử khác của hệ cọc - đất mà mô hình Smith chưa đề cập đến như sự lan truyền sức cản động, quá trình dỡ tải và tái chất tải, sức kháng động của vật liệu cọc, ứng xử của mũi cọc trên nền đất cứng hay đá và đặc biệt là sự tiếp cận đến ứng xử đàn hồi – dẻo – nhớt của đất nền.

Giữa những năm 60, Viện công nghệ Case đã phát triển và xây dựng phần mềm CAPWAP với mô hình búa cọc đất liên tục và được áp dụng khá rộng rãi gọi là "***Phương pháp thử động biến dạng lớn***" - *(High Strain Dynamic Testing of Piles - T298 - D4945).*

❖ ***Mục đích và nguyên lý:***

– Phương pháp TN biến dạng lớn PDA: là PP đánh giá sức chịu tải của cọc dựa trên lý thuyết truyền sóng ứng suất trong thanh đàn hồi, mô hình hoá hoàn chỉnh hệ thống búa - cọc - đất. Hệ thống phân tích quá trình đóng cọc (Pile Dynamic Analyzer - PDA) hoạt động dựa trên lý thuyết phương trình sóng được gọi là phương pháp Case, kết hợp với các thiết bị đo lường điện tử.

– Phân tích động cọc PDA dựa trên lý thuyết truyền sóng ứng suất trong bài toán va chạm của cọc, các đặc trưng động theo Smith. Kết quả dùng làm dữ liệu phân tích cho chương trình phân tích động CAPWAP.

❖ ***Phạm vi áp dụng:***

– Phương pháp PDA đưa ra trình tự thí nghiệm cọc đứng và cọc xiên một cách độc lập để xác định lực và vận tốc phát sinh trong cọc khi chịu tác động của một lực va đập dọc trục bằng cách dùng búa đóng vào đầu cọc. Phương pháp này sử dụng phần mềm CAPWAP, tiêu chuẩn phá hoại sử dụng là Davission.

– Phương pháp này được áp dụng cho các loại móng sâu, phương thức hoạt động như là móng cọc, không xét đến cách thức thi công móng, với điều kiện là chúng có khả năng thực hiện thí nghiệm nén động chuyển vị lớn. Các cấu kiện này có thể bao gồm: cọc khoan, cọc nhỏ và cọc khoan nhồi liên tục thẳng.

❖ ***Nội dung và khối lượng***

– Chuẩn bị thí nghiệm: chuẩn bị đầu cọc và các chuẩn bị khác;
– Tiến hành thí nghiệm hiện trường và Lập bảng khối lượng cọc nén động PDA;
– **Công tác xử lý số liệu ở trong phòng**:

Nhờ phần mềm CAPWAP biểu thị ra được các kết quả sau:

✓Sức chịu tải của cọc khoan nhồi đơn :

+ Sức chịu tải của cọc khoan nhồi tại từng nhát búa, từng cao độ ngập đất lên cọc khoan nhồi;
+ Ma sát thành bên;
+ Sức kháng của mũi cọc khoan nhồi.

✓Ứng suất trong cọc khoan nhồi :

+ Ứng suất nén lớn nhất, ứng suất kéo lớn nhất;
+ Ứng suất nén tại mũi cọc khoan nhồi;

✓Sự hoạt động của búa đóng cọc :

+ Năng lượng truyền lớn nhất của búa lên đầu cọc khoan nhồi (hiệu quả đóng cọc);
+ Lực tác dụng lớn nhất lên đầu cọc;
+ Độ lệch giữa búa đóng cọc và cọc khoan nhồi;
+ Tổng số nhát búa; số nhát búa trong một phút;
+ Chiều cao rơi búa hoặc độ nảy của phần va đập.

✓Hệ số hoàn chỉnh của mặt cắt thân cọc

Như vậy, phương pháp này ngoài việc xác định được sức chịu tải của cọc khoan nhồi còn có thể phán đoán mức độ khuyết tật (có tính định tính) của cọc theo hệ số hoàn chỉnh b Phán đoán mức độ khuyết tật của cọc khoan nhồi : mức độ khuyết tật hoàn chỉnh, tổn thất ít, phá hỏng hay nứt gãy.

❖ **Báo cáo kết quả sau thí nghiệm:**

– Báo cáo kết quả hiện trường theo PP sơ bộ CASE;
– Báo cáo kết quả phân tích bằng phần mềm CAPWAP:

+ Các biểu đồ chuẩn khi phân tích: Biểu đồ ứng suất phân tích và đo, Biểu đồ ứng suất và vận tốc đo tại hiện trường, Biểu đồ mô phỏng quan hệ chuyển vị và lực của dầu cọc và mũi cọc, biểu đồ phân bố sức kháng thành dọc theo thân cọc.

+ Các bảng biểu kết quả phân tích bằng CAPWAP: Ứng suất nén lớn nhất trên cọc, gia tốc và chuyển vị của cọc, tốc độ lan truyền của sóng biến dạng trong cọc, năng lượng truyền lớn nhất.

– Bảng tổng hợp kết quả phân tích sức chịu tải của cọc bằng phần mềm CAPWAP bao gồm: Sức chịu tải của cọc, sức chịu tải mũi cọc, sức chịu tải thân cọc, phân bố sức chịu tải của cọc dọc theo thân cọc (Hệ số hoàn chỉnh β của mặt cắt thân cọc)

Như vậy, phương pháp này ngoài việc xác định được sức chịu tải của cọc còn có thể phán đoán mức độ khuyết tật (*có tính định tính*) của cọc theo hệ số hoàn chỉnh β:

Phán đoán mức độ khuyết tật của thân cọc

Hệ số β	1,0	0,8 ÷ 1,0	0,6 ÷ 0,8	< 0,6
Mức độ khuyết tật	Hoàn chỉnh	Tổn thất ít	Phá hỏng	Nứt gãy

❖ ***Kết luận:***

Từ việc tổng hợp, phân tích và so sánh kết quả xác định khả năng sức chịu tải của cọc bằng PP thử động biến dạng lớn và PP nén tĩnh cũng như phân tích các yếu tố ảnh hưởng của việc chọn lựa mô hình có thể rút ra các kết luận như sau:

– Khả năng chịu tải của cọc theo PP PDA trên cơ sở mô hình CAPWAP tương đồng với kết quả nén tĩnh cọc hiện trường nếu được thực hiện đến tải trọng cực hạn, nhưng không thể thay thế hoàn toàn được PP thử tĩnh.

– PP PDA giúp ta kiểm soát được chất lượng cọc trong quá trình thi công (Theo dõi những vấn đề có thể xảy ra đối với búa, cọc, đất) sẽ sớm phát hiện được các sự cố để xử lý kịp thời những vấn đề ảnh hưởng đến tiến độ thi công và giảm được chi phí, rủi ro. Dễ dàng kiểm soát được sự hồi phục hay giãn ra của đất sau khi đóng đi và vỗ lại. Xác định được sức chịu tải của cọc tại từng nhát búa, từng cao độ đặt mũi trong quá trình đóng cọc. Qua đó, lựa chọn được chiều dài cọc phù hợp.

– Khả năng chịu tải của cọc từ đa số kết quả nén tĩnh cọc đúc sẵn chưa đạt đến giá trị cực hạn không cho phép đánh giá chính xác sức chịu tải của cọc và cho thấy việc dự đoán khả năng chịu tải của cọc theo các hồ sơ thiết kế thường dư.

– Sự phân bố ma sát đơn vị giữa đất và cọc theo độ sâu thu nhận từ kết quả thử động biến dạng lớn hợp lý với điều kiện địa tầng đối với cọc bêtông cốt thép đúc sẵn hạ bằng phương pháp đóng hay ép và không tuân theo qui luật qua các lớp đất đối với cọc bêtông cốt thép đổ tại chỗ thi công cọc bằng phương pháp khoan nhồi.

– Khả năng chịu tải của cọc do ma sát chiếm tỷ lệ đáng kể từ 50 – 82% đối với cọc đúc sẵn hạ bằng phương pháp đóng hay ép, chiếm 75 –85% trong cọc bê tông đổ tại chỗ thi công cọc bằng phương pháp khoan nhồi trong tổng sức chịu tải của cọc.

– Trong thực tế, thông thường hệ số an toàn được lấy bằng 1,5. Tuy nhiên với các công trình tải trọng phân bố tương đối đồng đều, đất nền đồng nhất, có cả thí nghiệm nén tĩnh và thí nghiệm động, các biện pháp kiểm tra chất lượng trong quá trình thi công nghiêm ngặt, hệ số an toàn có thể chọn nhỏ hơn. Trường hợp ngược lại, hệ số an toàn nên lấy lớn hơn 1,5.

– Đối với các công trình có nhiều hạng mục, các hạng mục không tập trung thì thời gian chờ đợi kết quả thử tĩnh của từng hạng mục sẽ làm ảnh hưởng đến chi phí cũng như tiến độ công trình. Khi đó việc thử động biến dạng lớn bằng thiết bị phân tích đóng cọc – PDA, hoặc kết hợp cả 02 phương pháp là rất thích hợp.

– Các kết quả thử động biến dạng lớn sử dụng thiết bị phân tích đóng cọc - PDA được phân tích chi tiết, so sánh với thử tĩnh và phân tích CAPWAP tương đương sẽ giúp giảm bớt thử tĩnh.

– Các công trình thực tế ở Việt nam: từ năm 1995 đến nay đã tiến hành thí nghiệm trên các loại hình cọc bằng PP thử động biến dạng lớn: cọc đóng, cọc khoan nhồi, cọc bằng các loại vật liệu khác nhau như cọc treo, cọc chống trong các điều kiện đất khác nhau.

– Phương pháp thử động biến dạng lớn tương đối hiệu quả trong việc giải quyết các yêu cầu đặt ra khi thiết kế móng cọc trong điều kiện địa chất phức tạp (khẳng định việc lựa chọn ĐK

cọc, xác định chiều sâu hạ cọc thích hợp theo đất nền và theo kết cấu mũi, chọn kết cấu mũi cọc hợp lý, khả năng phục hồi của đất nền chung quanh cọc, sức chịu tải của cọc diễn biến theo độ sâu,...). Nhờ có các kết quả trên và kịp thời (ngay sau khi thử) nên đã đảm bảo tiến độ thi công công trình và có thiết kế nền cọc hợp lý.

– ***So sánh phương pháp PDA và phương pháp nén tĩnh:***

Trên cơ sở đó người thiết kế có cái nhìn tổng quan hơn để tư vấn lựa chọn phương pháp thí nghiệm xác định sức chịu tải của cọc tại hiện trường cho hiệu quả và phù hợp.

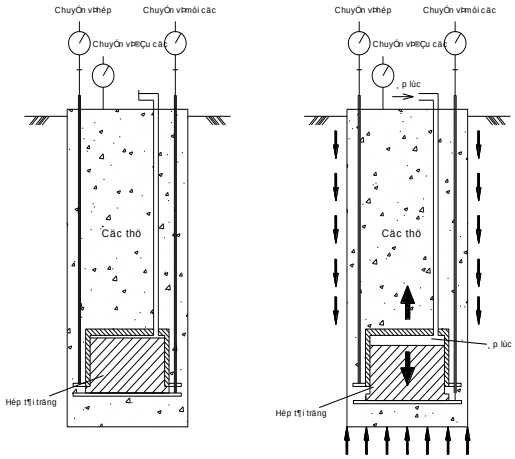
STT	Tiêu chí so sánh	PP Nén tĩnh	Phương pháp PDA
1	Tiêu chuẩn áp dụng	TCVN 9393:2012	ASTM D 4945-08 Hoa Kỳ
2	Phạm vi áp dụng	Thường áp dụng cho cọc thiết kế có sức chịu tải trung bình hoặc nhỏ. Phải có mặt bằng thi công để có thể đặt dàn chất tải thí nghiệm.	Áp dụng được cho tất cả các loại cọc đứng, cọc nghiêng trong mọi điều kiện địa hình, địa chất
3	Độ tin cậy	Tin cậy	Tin cậy
4	Thiết bị thí nghiệm	Cồng kềnh, vận chuyển khó khăn	Đơn giản, vân chuyển dễ dàng
4	Thời gian thực hiện		
4.1	*Công tác hạ cọc, cọc nghỉ theo quy định*	Như nhau	Như nhau
4.2	*Vận chuyển, lắp đặt thiết bị thí nghiệm*	Thường từ 2- 3 ngày cho 01 cọc	Nhanh, tính bằng giờ làm việc.
4.3	*Báo cáo kết quả*	Thường từ 2- 3 ngày cho 01 cọc	Gần như cho KQ ngay lập tức.
5	Chí phí thực hiện *(cho 01 cọc, sức chịu tải thiết kế 60T, khu vực TP HCM).*	**23.630.000 đ**	**15.000.000 đ**

II.5. Phương pháp thử tĩnh bằng hộp Osterberg

– Đầu những năm 1980, giáo sư người Mỹ Jorj O. Osterberg của Trường Đại học Northwestern, Florida đã đưa ra một công nghệ nén tĩnh mới mang tên ông là "*Phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg*". Để thay thế cho việc sử dụng các kích truyền thống, dầm neo và hệ thống neo, người ta đã sử dụng kích và hộp tải trọng đặt sẵn trong cọc trước khi thi công để thực hiện thử tải thẳng đứng cọc. Kích và hộp tải trọng này được gọi là hộp tải trọng Osterberg.

– Tải trọng thử tác dụng lên cọc được truyền từ hộp tải trọng đặt sẵn trong thân cọc trước khi đổ bê tông. Cho đến nay phương pháp này đã được áp dụng rộng rãi và được đưa vào tiêu chuẩn của nhiều nước. Công ty Loadtest đang là hãng giữ độc quyền về sản xuất các thiết bị của phương pháp này.

– PP này sử dụng 2 Tiêu chuẩn phá hoại khác nhau, độc lập cho sức chống mũi giới hạn và ma sát thành bên giới hạn.



Bố trí hộp tải trọng ở đáy lỗ khoan

– ***Nguyên lý:***

PP này khá đơn giản, dùng một hay nhiều hộp tải trọng *Osterberg* (Hộp thủy lực làm việc như một kích thủy lực) đặt ở mũi cọc hay ở hai vị trí mũi và thân cọc trước khi đổ bê tông cọc khoan nhồi. Sau khi bê tông đủ cường độ, bằng cách bơm dầu thủy lực để tạo áp lực trong hộp kích. Đối trọng chính là trọng lượng cọc và sức chống ma sát hông. Tiến hành thử tải khác biệt là tải trọng đặt ngay trong thân cọc (thường ở ngay mũi cọc hay ở một vài vị trí thích hợp trong thân cọc).

+ Theo nguyên lý phản lực, lực truyền xuống đất mũi cọc bằng lực truyền lên thân cọc. Việc thử tải sẽ đã đạt phá hoại khi một trong hai phá hoại xảy ra ở mũi cọc và quanh thân cọc. Dựa theo các thiết bị đo chuyển vị và lực gắn trong hộp tải trọng *Osterberg sẽ vẽ ra được các biểu đồ quan hệ giữa lực tác dụng, chuyển vị mũi cọc và thân cọc. Từ các biểu đồ này tiến hành phân tích để xác định được sức chịu tải của cọc.*

– ***Phương pháp:*** Xây dựng biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị đầu cọc tương đương. Dựa vào các giả thuyết cơ bản sau đây:

+ Đường cong chuyển vị - tải trọng mũi trong cọc được chất tải truyền thống giống như đường cong chuyển vị - tải trọng được xây dựng với chuyển dịch đi xuống của hộp tải trọng.

+ Đường cong chuyển vị - tải trọng ma sát bên của chuyển dịch đi lên trong thí nghiệm hộp tải trọng giống như chuyển dịch đi xuống trong thí nghiệm truyền thống.

+ Bỏ qua độ nén trong thân cọc khi xem nó là vật rắn.

– ***Thiết bị:***

+ Hộp tải trọng Osterberg: có cấu tạo như một kích thủy lực, có hình lăng trụ tròn khi dùng cho cọc khoan nhồi, hình hộp vuông hay chữ nhật khi dùng cho cọc đóng; Để tạo áp lực người ta dùng hỗn hợp dầu và nước sạch; Trong hộp có 3 đầu đo áp lực theo đường sinh, cách nhau 120 để ghi nhận các giá trị áp lực và loại trừ khả năng lệch tâm của lực đặt khi hộp kích làm việc.

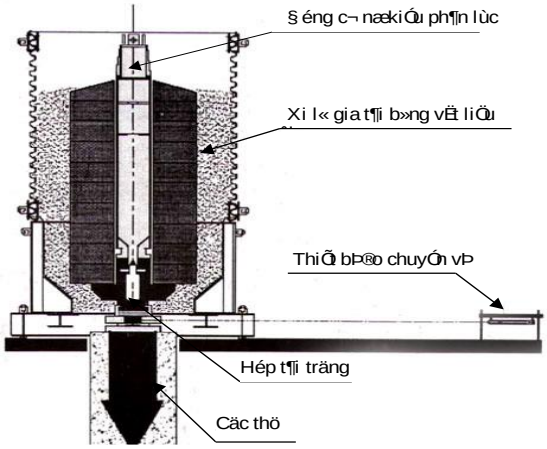
+ Các thiết bị khác: máy bơm cao áp và hệ thống ống dẫn; Hệ thống đo chuyển vị đầu cọc và mũi cọc; Hệ thống đo áp lực và chuyển vị; Máy bơm vữa áp lực cao; Thiết bị ghi nhận số liệu và xử lý tại chỗ; Máy tính với phần mềm xử lý kết quả.

II.6. Phương pháp thử tải tĩnh động STAT*NAMIC*.

Là PP thử tải cọc khoan nhồi mới nhất, được thí nghiệm lần đầu tiên vào năm 1988 ở Canada. Từ năm 1989 nó đã bắt đầu dược ứng dụng trong thực tế ở các nước Canada, Hà Lan, Nhật Bản,… Năm 1995, Hội nghị quốc tế lần thứ nhất về STAT*NAMIC* tổ chức từ ngày 27-30/9 đã tập hợp gần 200 nhà khoa học trên thế giới. Hiện nay, hãng TNO của Hà Lan, một hãng đi đầu trong nghiên cứu phương pháp STAT*NAMIC* đang có hệ thống thiết bị được sử dụng phổ biến nhất.

– Trong phương pháp STAT*NAMIC* *tải trọng được tác dụng từ từ xuống cọc. Ứng suất nén thay đổi dọc theo cọc và tất cả các phần của cọc đều chịu nén. Từ trên đầu cọc xuống dưới, sức kháng thành bên của cọc làm giảm ứng suất nén*

– Phương pháp thử tải tĩnh động *STATNAMIC* là phương pháp chỉ mới được nghiên cứu về mặt lý thuyết ở Việt Nam. Năm 1995, tư vấn Anh đã đề nghị áp dụng cho thử cọc tại cảng container Tân Thuận nhưng không được phía Việt Nam chấp thuận, nguyên nhân có thể do tại thời điểm đó công nghệ này còn quá mới đối với chúng ta. Với ưu thế về độ tin cậy và giá thành hợp lý, trong thời gian tới chắc chắn phương pháp thử tải tĩnh động STAT*NAMIC* sẽ được áp dụng trong việc thử tải cọc khoan nhồi ở Việt Nam.



Phương pháp thử tải tĩnh động *STN* **Khối tĩnh tải phía sau và khối tải STN tương đương**

– ***Cấu tạo chính:***

Thiết bị STN bao gồm các phần chính sau:

+ Thiết bị nổ: gồm xi lanh, pitstông

+ Khối phản lực: gồm khung đỡ và các tấm bản tạo trọng lượng phản lực bằng bê tông, thép hay vật liệu rời.

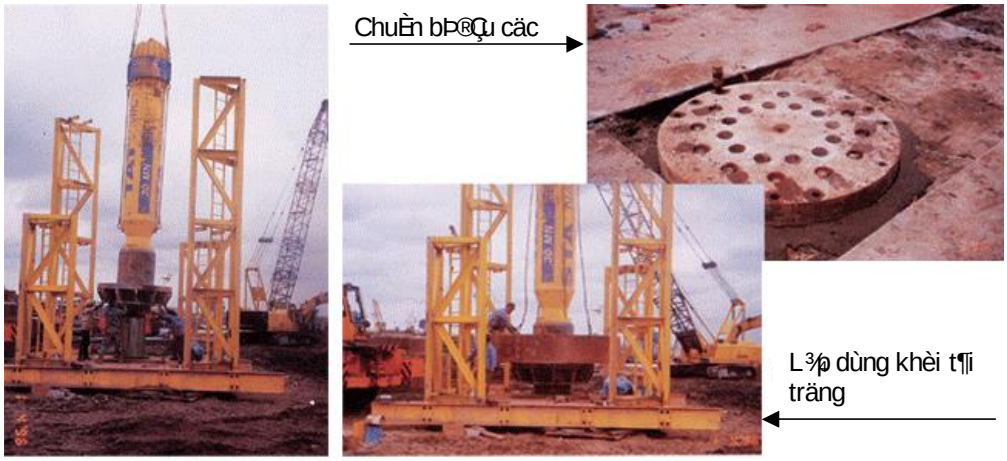
+ Hộp tải trọng

+ Thiết bị đo Laze

+ Bộ thu nhận số liệu

– ***Nguyên lý***: tải trọng tĩnh được đặt lên trên đầu cọc. Dưới tĩnh tải đặt một khối nguyên liệu rắn và 1 hộp tải trọng. Khối nguyên liệu này được đốt cháy tạo ra một lực lớn đẩy khối tĩnh tải phía trên. Khi đó đầu cọc sẽ nhận một phản lực bằng trọng lượng tĩnh tải nhân với gia tốc ban đầu gây ra bởi nhiên liệu bị đốt cháy. Lực này tăng dần trong thời gian từ 1÷ 120 mi li

giây, làm cho cọc lún xuống. Khi nhiên liệu bị đốt hết, phản lực giảm một cách nhanh chóng và cọc sẽ phục hồi vị trí. Độ lún của đầu cọc sẽ được đo bằng tia Lazer. Có thể vẽ được đồ thị quan hệ giữa tải trọng và thời gian cũng như độ lún ngay lập tức.



Trình tự lắp đặt thiết bị STN

Phương pháp STN có thể được giải thích bằng một trong 3 định luật chuyển động của Newton như sau :

- *Định luật 1 Newton (Định luật quán tính)* :

Một vật sẽ giữ nguyên trạng thái đứng yên hoặc chuyển động đều mãi mãi nếu trừ khi có ngoại lực tác động làm thay đổi trạng thái đó: $\Sigma F = 0$

- *Định luật 2 Newton (Định luật về gia tốc) :*

Khi chịu một ngoại lực tác dụng, vật rắn sẽ được gia tốc theo phương của ngoại lực đó và tỷ lệ với độ lớn của lực đó: $F = ma$.

- *Định luật 3 Newton (Định luật tác động và phản lực)* : $F_{1.2} = - F_{2.1}$

II.7. Một số nhận xét và kiến nghị khi sử dụng các phương pháp

1. Phương pháp động biến dạng nhỏ PIT:

❖ ***Ưu điểm:***

+ Thực hiện kiểm tra và xác định kết quả nhanh chóng, bình thường có thể thực hiện kiểm tra đến 20 cọc/ngày;

+ Không cần phải đặt các ống riêng trong cọc.

❖ ***Nhược điểm:***

+ Cọc có các tiết diện ngang thay đổi nhiều hoặc có nhiều mối nối có thể gặp khó khăn khi đánh giá. Phương pháp này không thích hợp để thí nghiệm các cọc bản, chữ H hoặc cọc ống không nhồi.

+ Các khuyết tật hoặc đáy cọc nằm sâu sẽ khó được phát hiện, nhưng nó là một công cụ có ích trong việc xác định các hư hỏng chính trong phạm vi chiều dài có hiệu quả.

+ Năng lượng sóng sẽ không có khả năng phản xạ từ các khuyết tật trừ khi khuyết tật có kích thước tương đối lớn hoặc nó kéo dài gần hết toàn bộ mặt cắt ngang cọc.

+ Trong hầu hết các trường hợp các khuyết tật hoặc đáy cọc nằm dưới khuyết tật trên cùng sẽ không tạo ra được các phản hồi để có thể phát hiện ra được.

+ Ngay cả đối với các cọc ngắn thì phương pháp này cũng thường đưa ra các kết quả sai lệch.

+ *Chỉ có thể đưa ra được độ sâu của khuyết tật mà không đưa ra hướng của nó so với tim cọc. Đây chính là một hạn chế rất lớn của phương pháp này vì đối với cọc chịu cả lực ngang thì các vết nứt nhỏ ở vùng chịu nén sẽ bất lợi hơn trong vùng chịu kéo.*

❖ ***Kiến nghị:***

– PIT được xem như là một phương pháp thô chỉ có thể xác định được các khuyết tật lớn như là đất lẫn vào cọc nhiều hoặc đáy cọc khoan chưa đến độ sâu thiết kế. Phương pháp này chỉ thích hợp với các cọc có chiều dài nhỏ hơn 30 lần đường kính.

– Tác giả Baker sau nhiều thí nghiệm đã khuyến nghị rằng: PIT không nên sử dụng như là phương pháp đầu tiên để kiểm tra độ nguyên vẹn của các cọc khoan nhồi khi mà sức chịu tải đáy cọc chiếm khoảng 40% sức chịu tải của cọc.

2. Phương pháp xung siêu âm xác định độ đồng nhất của bê tông

❖ ***Ưu điểm:***

+ Có thể xác định được độ đồng nhất thân cọc;

+ Có thể xác định được vị trí của các khuyết tật theo chiều sâu cọc cũng như tiết diện thân cọc (*nếu số lượng ống đặt trong chu vi cọc là đủ*);

+ Các kết quả có thể diễn tả được một cách trên màn hình;

+ Số liệu được đo theo suốt chiều sâu thân cọc;

+ Sử dụng các ống này còn có thuận lợi là nó có thể được dùng như là một ống dẫn để lấy mẫu ở đáy cọc để kiểm tra tiếp xúc đáy cọc và đất nền (cũng có thể được sử dụng để bơm vữa đáy cọc nếu cần thiết, sử dụng các ống này đều không đắt và có thể thực hiện nhanh chóng;

+ Nếu sử dụng nhiều hơn hai ống thì bằng việc thu nhận và phân tích các dữ liệu âm thanh giữa từng cặp ống với nhau thì có thể xác định được kích thước cũng như hướng của khuyết tật so với tim cọc.

❖ ***Nhược điểm :***

+ Phương pháp này không thể hiện chất lượng tiếp xúc mũi cọc với đất nền;

+ Cần phải đặt sẵn các ống dò vào trước khi đổ bê tông làm khó khăn cho công tác đổ bê tông và tăng giá thành xây dựng;

+ Khó có thể xác định được các khuyết tật nằm ở ngoài lồng cốt thép, cũng như các khuyết tật nằm ở xa đường thẳng giữa các đầu đo.

+ Ngoài ra phương pháp này chỉ có thể xác định được các khuyết tật lớn còn các khuyết tật nhỏ thì phương pháp này khó phát hiện.

❖ ***Kiến nghị:***

Việc đánh giá kết quả siêu âm phụ thuộc nhiều vào đơn vị thí nghiệm, còn quyết định tiếp tục sử dụng, sửa chữa hay loại bỏ cọc là do đề xuất của Tư vấn giám sát hiện trường. Bởi vậy, nếu kết quả đánh giá tốt hơn so với thực tế sẽ gây ra rủi ro mất an toàn cho công trình. Ngược lại, nếu việc đánh giá quá thiên về an toàn sẽ gây lãng phí khi bỏ ra chi phí lớn

để sửa chữa những lỗi không cần thiết. Trong trường hợp này, quyết định nghiệm thu cọc rõ ràng là một bài toán kinh tế - kỹ thuật.

Để việc thí nghiệm và đánh giá kết quả siêu âm được thuận tiện, đề nghị bổ sung và chỉnh sửa một số vấn đề trong tiêu chuẩn TCVN 9396:2012 như sau:

- Cần qui định rõ các mức độ khuyết tật, tạo điều kiện đánh giá và nhận định chất lượng bê tông cọc một cách chi tiết hơn hoặc ban hành những hướng dẫn kỹ thuật riêng khi áp dụng tiêu chuẩn.

- Bổ sung và sửa đổi điều 3.3.4 về qui định "tối thiểu sau 7 ngày mới có thể thực hiện siêu âm". Thực tế, qui định này nhằm đảm bảo bê tông đạt cường độ yêu cầu để kết quả siêu âm đánh giá đúng chất lượng bê tông. Tuy nhiên, cường độ bê tông phụ thuộc vào cấp phối, phụ gia và cả đường kính cọc. Ngoài ra, nếu sử dụng ống thăm dò PVC thì chỉ nên thí nghiệm trong vòng 10 ngày kể từ sau khi đổ bê tông do khống chế bởi hiện tượng mất dính bám của thành ống với bê tông. Tham khảo ASTM D 6760:08, cho phép tối thiểu 3 ngày và trao quyền tự quyết cho kỹ thuật hiện trường.

- Huỷ bỏ điều 3.3.3 về qui định "Số lượng cọc cần tiến hành thí nghiệm". Bởi vì, mật độ thí nghiệm phụ thuộc vào loại, cấp và tầm quan trọng của công trình. Điều này chỉ nên qui định trong các qui trình thiết kế và được nhà thiết kế đề xuất ngay từ đầu trong hồ sơ thiết kế và không nên qui định trong tiêu chuẩn về kỹ thuật siêu âm.

- Bổ sung điều 5.1 về ống thăm dò siêu âm, tiêu chuẩn cần thêm các yêu cầu khi sử dụng ống PVC hoặc ống thép. Cụ thể, cần qui định về cách tạo nhám thành ngoài ống PVC hay những yêu cầu về độ sạch của ống thép.

- Thay đổi khái niệm "ống đo siêu âm" vì khái niệm này chỉ đúng trong trường hợp thực hiện thí nghiệm siêu âm. Hiện nay trên thế giới đã sử dụng ống này để kết hợp nhiều loại thí nghiệm như thí nghiệm tán xạ gamma GGL hay đồng dạng nhiệt TIP để cùng kết hợp đánh giá với phương pháp CSL. Bởi vậy, đề xuất thay thế bằng khái niệm "ống thăm dò" phục vụ siêu âm.

- Bổ sung phụ lục A, kết quả báo cáo thử nghiệm siêu âm cần yêu cầu cung cấp thêm biểu đồ FAT và năng lượng theo độ sâu, hoặc tối thiểu là cung cấp biểu đồ các cọc nghi ngờ khuyết tật.

- Thuật ngữ tiếng Anh của tiêu chuẩn hiện đang ghi là "Bored pile – Determination of homogeneity of concrete – Sonic pulse method", thuật ngữ "Sonic pulse method" tương đối rộng và bao hàm nhiều phương pháp. Trong khi đó, nội dung tiêu chuẩn chỉ tập trung vào kỹ thuật siêu âm truyền qua hai ống. Bởi vậy, đề nghị cần làm chi tiết thuật ngữ "Sonic pulse method" bằng "Cross Hole Sonic Logging Test" để khi ban hành các tiêu chuẩn liên quan đến thí nghiệm về xung siêu âm khác sẽ không gây chồng lấn.

- Về việc đánh số thứ tự ống thăm dò siêu âm, đề nghị bổ sung thêm hướng dẫn sau "nếu trong số ống thăm dò có đặt ống lớn hơn để khoan lấy mẫu bê tông thì đánh số thứ tự là ống 1, các ống tiếp theo được đánh thứ tự tăng dần theo chiều kim đồng hồ". Thực tế, đa phần cọc khoan nhồi đều bố trí ống lấy mẫu, nên làm theo cách này sẽ thuận tiện hơn nhiều so với xác định hướng Bắc- Nam.

3. Phương pháp thử tải trọng tĩnh ép dọc trục

❖ ***Ưu điểm:*** Phương pháp thử tải trọng tĩnh thường áp dụng cho cọc thiết kế có sức chịu tải trung bình hoặc nhỏ cho độ chính xác nhất để xác định sức chịu tải của cọc khoan nhồi, có thể làm cơ sở cho việc kiểm chứng các phương pháp khác nên được sử dụng khá phổ biến ở Việt nam.

❖ ***Nhược điểm :***

+ Khi các cọc khoan nhồi được thi công sâu hơn, đường kính cọc lớn hơn dẫn đến sức chịu tải cọc rất lớn thì phương pháp thử tải tĩnh truyền thống gặp khó khăn**.**

+ Chi phí cho thí nghiệm lớn, đặc biệt đối với các cọc không ở trên mặt đất tự nhiên; Tốn thời gian cho công tác chuẩn bị và thí nghiệm nên ảnh hưởng đến thời gian xây dựng;

+ Khả năng tạo tải trọng thử thấp, tối đa là khoảng 5000T. Các công trình phụ trợ như dầm và neo phản lực là các kết cấu lớn, thiết bị thí nghiệm cồng kềnh, vận chuyển khó khăn; không phù hợp với các công trình có mặt bằng thi công trật hẹp.

+ Không thể hiện rõ được thành phần sức kháng thành bên và sức kháng mũi cọc mà chỉ có giá trị tổng cộng của 2 thành phần đó.

❖ ***Kiến nghị:*** Phương pháp này chỉ phù hợp với các cọc khoan nhồi có đường kính, độ sâu vừa phải, mặt bằng thi công đủ rộng thì mới đảm bảo độ chính xác của thí nghiệm.

4. Phương pháp thử động biến dạng lớn PDA

❖ ***Ưu điểm:***

+ Thí nghiệm thử động biến dạng lớn PDA cho phép đánh giá khả năng chịu tải của cọc với độ tin cậy cần thiết trong thời gian ngắn và hiệu quả kinh tế cao, so sánh với thử tĩnh và phân tích CAPWAP tương đương sẽ giúp giảm bớt thử tĩnh.

+ So với phương pháp thử tải trọng tĩnh thì phương pháp PDA thực hiện nhanh hơn, có thể thực hiện thí nghiệm được nhiều cọc trong cùng một ngày, ít gây ảnh hưởng đến hoạt động thi công ở công trường tuy nhiên khó sử dụng ở khu vực đông dân cư do nó gây tiếng ồn và chấn động cho khu vực lân cận.

+ Đối với các công trình dưới nước như móng cảng, cầu... hoặc các dự án nhỏ mà việc thử tĩnh gặp khó khăn thì việc thử động biến dạng lớn bằng thiết bị phân tích đóng cọc PDA là giải pháp thích hợp: giúp ta kiểm soát được chất lượng cọc trong quá trình thi công sẽ sớm phát hiện được các sự cố để xử lý kịp thời những vấn đề ảnh hưởng đến tiến độ thi công và giảm được chi phí, rủi ro. Dễ dàng kiểm soát được sự hồi phục hay giãn ra của đất sau khi đóng đi và vỗ lại. Xác định được sức chịu tải của cọc tại từng nhát búa, từng cao độ đặt mũi trong quá trình đóng cọc. Qua đó, lựa chọn được chiều dài cọc phù hợp.

+ Thí nghiệm PDA có thể thực hiện nhằm hạn chế những bất lợi của thí nghiệm nén tĩnh như điều kiện mặt bằng chật hẹp, tải trọng thí nghiệm quá lớn hay kết quả thử tĩnh không đạt đến giá trị tới hạn. Với nhiều ưu điểm, phương pháp biến dạng lớn hiện đang được sử dụng rộng rãi trên khắp thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng.

❖ ***Nhược điểm*:**

+ Phương pháp thử động biến dạng lớn không thay thế hoàn toàn được phương pháp thử tĩnh.

+ Phương pháp thử động là dùng tải trọng động tức thời dự kiến tải trọng lâu dài đối với cọc, không được trực quan và rõ ràng như thí nghiệm tải trọng tĩnh. Đồng thời lấy một mô hình tính toán nhất định làm cơ sở, nên trên thực tế độ chính xác của kết quả đo động

không những phụ thuộc vào độ tin cậy và sử dụng chính xác của thiết bị điện tử, chọn tham số và phán đoán hình sóng, ở mức độ rất lớn còn phụ thuộc vào kinh nghiệm của nhân viên kiểm tra.

❖ ***Kiến nghị:***

– Phương pháp thử động biến dạng lớn nhằm đánh giá sức chịu tải của cọc bằng lý thuyết truyền sóng PDA chỉ chính xác khi năng lượng va chạm ở đầu cọc đủ lớn để huy động toàn bộ sức kháng của đất nền và tạo được biến dạng dư từ 3 – 5 mm. Với cọc khoan nhồi thường sử dụng quả búa nặng từ 9 đến 21 tấn để thử động lực học.

5. Phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg

PP thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg cho đến nay đã được áp dụng rộng rãi và được đưa vào quy trình của nhiều nước. Tại Việt Nam, PP thí nghiệm này đã được ứng dụng rất thành công ở các cọc Barette cho trụ sở Vietcombank ở Hà Nội với tải trọng thử 1200T và cọc khoan nhồi (ĐK 2.5m) cho cầu Mỹ Thuận với **tải trọng thử lên đến 3600T.** Xác định sức chịu tải các cọc khoan nhồi đường kính lớn và cọc Barette có sức chịu tải lớn lên đến trên ngàn tấn, đáp ứng nhu cầu xây dựng nhà cao tầng ở Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh cũng như các công trình lớn khác trong cả nước. Đó là nhờ các ưu điểm chính như sau:

❖ ***Ưu điểm:***

+ Phương pháp thử tải bằng hộp tải Osterberg mang lại độ chính xác cao, có thể kiểm tra được khả năng chịu lực của từng lớp đất cọc đi qua (thông qua giá trị sức kháng ma sát thành bên và sức kháng mũi của đất nền).

+ Thiết bị thí nghiệm gọn nhẹ, có thể dùng thử tải cọc chịu tải 4000 – 18000 tấn và có thể lớn hơn.

+ Thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg cell khắc phục được khuyết điểm của phương pháp thử tải tĩnh truyền thống như: có thể bố trí thử tải cọc ở nơi sông rộng, sâu nước chảy xiết hoặc nơi mặt bằng chật hẹp; Chi phí thấp hơn nhiều; Tiết kiệm thời gian; Không chiếm dụng mặt bằng phía trên đầu cọc**;** Xác định được một cách riêng rẽ thành phần ma sát và sức chống mũi.

❖ ***Nhược điểm*****:**

+ Cách xây dựng các chuẩn phá hoại của 2 thành phần là sức kháng thành bên và sức kháng mũi cọc khá khó khăn.

+ Khi cọc bị kéo lên, một vài hiệu ứng vật lý có thể khác so với tải trọng tác dụng thực tế của cọc.

+ Cần có đội ngũ chuyên gia kỹ thuật cao thực hiện thí nghiệm, chi phí thử tải còn cao,

❖ ***Kiến nghị:*** Phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg được áp dụng lần đầu tiên ở nước ta trong công trình cầu Mỹ Thuận vào đầu năm 1998, tiếp đó là cầu Lạc Quần vào cuối năm 1998. Để có thể áp dụng phổ biến phương pháp này cần phải đào tạo được đội ngũ cán bộ có trình độ tay nghề cao. Tương lai phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg có thể sẽ có chi phí thấp và có xu hướng sử dụng thay thế hoàn chỉnh phương pháp thử tải tĩnh truyền thống trong công tác thí nghiệm cọc khoan nhồi đường kính lớn.

6. Phương pháp thử tải tĩnh động STATNAMIC (STN)

❖ ***Ưu điểm:***

+ Phương pháp STN được thực hiện không cần đến các thiết bị chất tải tốn kém.

+ So với PP hộp tải trọng Osterberg thì STN không cần thiết bị tải trọng đặt sẵn trong cọc (Có thể thực hiện đối với các cọc không có kế hoạch thử tải trước khi thi công).

+ Phương pháp STN có thể tạo ra lực thử tải lớn tới hơn 3000 T.

+ Có thể thử tải móng cầu, cả nhóm cọc, cọc mở rộng đáy và các cọc ở ngoài biển.

+ Có thể kiểm tra sức chịu tải ngang của cọc.

+ Có thể đo đạc trực tiếp tải trọng và biến dạng nhờ các hộp tải trọng và đầu dò lazer.

+ Có thể lập được đồ thị tải trọng - biến dạng ngay lập tức tại công trường.

+ PP thử STN đang ngày càng cạnh tranh mạnh mẽ so với PP PDA do có độ tin cậy cao, giá thành hợp lý và nhiều ưu điểm khác hơn so với PDA, đặc biệt có thể thử tải ngang hoặc với tải trọng rất lớn 3000 tấn. Về độ lớn tải trọng thử đạt được đến nay nó chỉ kém PP hộp tải trọng *Osterberg (đã đạt được 15000 T trong 1 công trình cầu ở Florida Mỹ năm 1998)*.

❖ ***Nhược điểm:*** là tính chất động của nó và cần phải đánh giá lực động tạo ra trong quá trình thử tải.

– ***Kiến nghị:*** Phương pháp thử tải tĩnh động STAT*NAMIC* với ưu thế về độ tin cậy và giá thành hợp lý, trong thời gian tới cần được áp dụng nhiều hơn nữa trong việc thử tải cọc khoan nhồi tại các công trình nhà cao tầng cũng như các công trình thi công các cầu lớn ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Hanbook of Geotechnical Investigation and Design Tables.

2. Foundation Analysis and Design – Joseph E.Bowles.

3. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Tesing.

4. Annual Book of ASTM Standard.

5. British Standard 1377 – Part 9.

6. Automated Plate Load Testing Report: Love's Travel Stop, Sadieville, KY
Medium-Duty Pavement Test Section
Prepared by: David J.White , Ph.D.,PE. Pavana Vennapusa, Ph.D.,PE -
October 17, 2016; Revised November 23, 2016
Finel Data report prepared fore Breakthrough Technology, LLC - SurFace-Tech, LLC

7. User Guide to the Dynamic Cone Penetrometer – Mn Road, Office of Minnesota Road Research. Building a Beter Fuondation Fore The Future.

8. The Use and Interpretation of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Test – P Paige – Green and L Du Plessis – CSIR Built Environment Pretoria, September 2009.

9. 2012 Road School, Light Weight Deflectometer (LWD) - Nayyar Siddiki, M.S., P.E.
Office of Geotechnical Services.

10.Thí nghiệm và kiểm tra chất lượng cọc – Cung Nhất Minh – Diệp Vạn Linh.

11.Công nghệ mới đánh giá chất lượng cọc – TS. Nguyễn Hữu Đẩu.