

Cọc - Phương pháp thí nghiệm bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục ***Piles - Standard Test Method for Piles Under Axial Compressive Load***

1. Phạm vi áp dụng

- 1.1. Tiêu chuẩn này thay thế cho phần “Phương pháp thí nghiệm cọc bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục” của tiêu chuẩn 20 TCN 82 – 88: “Cọc – Phương pháp thí nghiệm hiện trường”.
- 1.2. Tiêu chuẩn quy định phương pháp thí nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục áp dụng cho cọc đơn thẳng đứng, cọc đơn xiên, không phụ thuộc kích thước và phương pháp thi công (đóng, ép, khoan thả, khoan dẫn, khoan nhồi v.v...) trong các công trình xây dựng. Tiêu chuẩn không áp dụng cho thí nghiệm cọc tre, cọc cát và trụ vật liệu rời.

2. Quy định chung

- 2.1. Thí nghiệm cọc bằng phương pháp tải trọng tĩnh ép dọc trục (sau đây gọi là thí nghiệm nén tĩnh cọc) có thể được thực hiện ở giai đoạn: thăm dò thiết kế và kiểm tra chất lượng công trình.
- 2.2. Thí nghiệm nén tĩnh cọc ở giai đoạn thăm dò thiết kế (sau đây gọi là thí nghiệm thăm dò) được tiến hành trước khi thi công cọc đại trà nhằm xác định các số liệu cần thiết 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.
Ghi chú: Trường hợp biết rõ điều kiện đất nền và có kinh nghiệm thiết kế cọc khu vực lân cận thì không nhất thiết phải tiến hành thí nghiệm thăm dò.
- 2.3. Thí nghiệm nén tĩnh cọc ở giai đoạn kiểm tra chất lượng công trình (sau đây gọi là thí nghiệm kiểm tra) được tiến hành trong thời gian thi công hoặc sau khi thi công xong cọc nhằm kiểm tra sức chịu tải của cọc theo thiết kế và chất lượng thi công cọc.
- 2.4. Cọc thí nghiệm thăm dò thường được thi công riêng biệt ngoài phạm vi móng công trình. Cọc thí nghiệm kiểm tra được chọn trong số các cọc của móng công trình.

Ghi chú:

- 1) Có thể chọn cọc của móng công trình làm cọc thí nghiệm thăm dò với điều kiện cọc phải có thừa cường độ để chịu được tải trọng thí nghiệm lớn nhất theo dự kiến và phải dự báo trước, chuyển vị của cọc để không gây ảnh hưởng xấu đến kết cấu bên trên của công trình sau này.
- 2) Cọc thí nghiệm thăm dò phải có cấu tạo, vật liệu, kích thước và phương pháp thi công giống như cọc chịu lực của móng công trình.

- 2.5. Vị trí cọc thí nghiệm do thiết kế chỉ định, thường tại những điểm có điều kiện đất nền tiêu biểu. Trong trường hợp điều kiện đất nền phức tạp hoặc ở khu vực tập trung tải trọng lớn thì nên chọn cọc thí nghiệm tại vị trí bất lợi nhất. Khi chọn cọc thí nghiệm kiểm tra thì cần chú ý thêm đến chất lượng thi công cọc thực tế.
- 2.6. Số lượng cọc thí nghiệm do thiết kế quy định tùy theo mức độ quan trọng của công trình, mức độ phức tạp của điều kiện đất nền, kinh nghiệm thiết kế, chủng loại cọc sử dụng và chất lượng thi công cọc trong hiện trường, thông thường được lấy bằng 1% tổng số cọc của công trình nhưng trong mọi trường hợp không ít hơn 2 cọc.

Ghi chú:

- 1) Số lượng cọc thí nghiệm nên được tăng lên theo mức độ phức tạp của điều kiện đất nền.
 - 2) Trong trường hợp biết rõ điều kiện đất nền và có kinh nghiệm thiết kế cọc khu vực lân cận thì không nhất thiết phải tiến hành thí nghiệm thăm dò.
- 2.7. Thí nghiệm cọc phải do cán bộ địa kỹ thuật có trình độ chuyên môn và kinh nghiệm trực tiếp chỉ đạo. Các cán bộ vận hành thiết bị và theo dõi thí nghiệm cần được huấn luyện và đào tạo.
 - 2.8. Công tác khảo sát địa kỹ thuật cần được tiến hành trước khi thí nghiệm nén tĩnh cọc. Các hố khoan khảo sát và các điểm thí nghiệm hiện trường nên được bố trí gần cọc thí nghiệm, thường nhỏ hơn 5m tính từ vị trí cọc dự kiến thí nghiệm.
 - 2.9. Việc thí nghiệm phải tuân thủ theo đề cương được thiết kế chấp thuận. Nội dung đề cương cần đề cập đến các điểm cụ thể sau:
 - a) Đặc điểm công trình xây dựng.
 - b) Đặc điểm đất nền của khu vực xây dựng và tại địa điểm thí nghiệm;
 - c) Đặc điểm cọc thí nghiệm (số lượng, chủng loại, kích thước, sức chịu tải);
 - d) Biện pháp thi công cọc;
 - e) Thời gian nghỉ của cọc sau khi thi công xong đến khi thí nghiệm;
 - f) Tải trọng thí nghiệm và chuyển vị đầu cọc lớn nhất theo dự kiến;
 - g) Phương pháp và quy trình gia tải;
 - h) Yêu cầu về thiết bị thí nghiệm;
 - i) Dự kiến thời gian, tiến độ và tổ chức thực hiện thí nghiệm;
 - j) Các yêu cầu cần thiết khác.

3. Định nghĩa thuật ngữ

- 3.1. *Cọc thí nghiệm* là cọc được chọn trong số các cọc của móng công trình hoặc thi công riêng phục vụ mục đích thí nghiệm.
- 3.2. *Hệ gia tải* là hệ thống thiết bị dùng để tạo tải trọng tác dụng lên đầu cọc thí nghiệm.
- 3.3. *Hệ phản lực* là hệ thống thiết bị dùng làm phản lực (để neo giữ, làm đối trọng) khi gia tải.

- 3.4. *Tải trọng giới hạn* là tải trọng lớn nhất của cọc chịu được trước thời điểm xảy ra phá hoại và được xác định theo một giới hạn quy ước nào đó.
- 3.5. *Tải trọng cho phép* là tải trọng của cọc tính theo điều kiện đất nền hoặc vật liệu cọc, bằng tải trọng giới hạn chia cho hệ số an toàn.
- 3.6. *Tải trọng thiết kế* là tải trọng làm việc dự kiến của cọc theo thiết kế.
- 3.7. *Ổn định quy ước* là trạng thái ổn định khi độ lún của cọc được xem là đã tắt (ổn định).

4. Phương pháp thí nghiệm

- 4.1. 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 thủy 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.

Ghi chú: Có thể thực hiện theo phương pháp gia tải trực tiếp lên đầu cọc bằng vật nặng đã biết trọng lượng

5. Thiết bị thí nghiệm

- 5.1. Thiết bị thí nghiệm bao gồm hệ gia tải, hệ phản lực và hệ đo đạc quan trắc.
- 5.2. Hệ gia tải gồm kích, bơm và hệ thống thủy lực phải bảo đảm không bị rò rỉ, hoạt động an toàn dưới áp lực không nhỏ hơn 150% áp lực làm việc. Kích thủy lực phải bảo đảm các yêu cầu sau:
 - a) Có sức nâng đáp ứng tải trọng lớn nhất theo dự kiến;
 - b) Có khả năng gia tải, giảm tải với cấp tải trọng phù hợp với đề cương thí nghiệm;
 - c) Có khả năng giữ tải ổn định không ít hơn 24 giờ;
 - d) Có hành trình đủ để đáp ứng chuyển vị đầu cọc lớn nhất theo dự kiến cộng với biến dạng của hệ phản lực;
 - e) Khi sử dụng nhiều kích, các kích nhất thiết phải cùng chủng loại, cùng đặc tính kĩ thuật và phải được vận hành trên cùng một máy bơm.

Ghi chú:

- 1) Nên sử dụng kích có khớp cầu để hạn chế hoặc loại trừ tác dụng tải lệch tâm lên đầu cọc;
- 2) Chuyển vị đầu cọc lớn nhất được dự tính ít nhất bằng 10% đường kính hoặc chiều rộng cọc cộng với biến dạng đàn hồi của cọc;
- 3) Chuyển vị cho phép của hệ phản lực thường bằng 25mm khi sử dụng cọc neo và 100mm khi sử dụng dàn chất tải và neo đất.

- 5.3. Tấm đệm đầu cọc và đầu kích bằng thép bản có đủ cường độ và độ cứng bảo đảm phân bố tải trọng đồng đều của kích lên đầu cọc.

- 5.4. Hệ đo đặc quan trắc bao gồm thiết bị, dụng cụ đo tải trọng tác dụng lên đầu cọc, đo chuyển vị của cọc, máy thủy chuẩn, dầm chuẩn và dụng cụ kẹp đầu cọc.
- 5.5. Tải trọng tác dụng lên đầu cọc được đo bằng đồng hồ áp lắp sẵn trong hệ thống thủy lực. Đồng hồ áp lực nên hiệu chỉnh đồng bộ cùng với kích và hệ thống thủy lực với độ chính xác đến 5%. Nếu không có điều kiện hiệu chỉnh đồng bộ thì có thể hiệu chỉnh riêng đồng hồ áp lực.

Ghi chú:

- 1) Khuyến khích dùng hộp áp lực kế (load cell) hoặc cảm biến ứng lực đã được hiệu chỉnh đặt giữa đầu kích và dầm chính (dầm chịu tải) để đo tải trọng tác dụng lên đầu cọc;
- 2) Khuyến khích dùng thiết bị tự động bù áp lực trong hệ thống thủy lực.

- 5.6. Chuyển vị đầu cọc được đo bằng 2 – 4 chuyển vị kế có độ chính xác đến 0,01mm, có hành trình dịch chuyển ít nhất 50mm hoặc đủ để đo được chuyển vị lớn nhất theo dự kiến;

Ghi chú:

- 1) Khuyến khích dùng các thiết bị tự động đo chuyển vị bằng điện, điện quang;
- 2) Chuyển vị mũi cọc hoặc biến dạng dọc thân cọc có thể được đo bằng các thiết bị đặt sẵn trong cọc như cảm biến điện trở, các thanh đo v.v...

- 5.7. Máy thủy chuẩn dùng để đo kiểm tra dịch chuyển, chuyển vị của gối kê dầm chất tải, hệ thống neo, dầm chuẩn gá lắp chuyển vị kế, độ vòng của dầm chính... và chuyển vị đầu cọc. Các số liệu đo chuyển vị đầu cọc bằng máy thủy chuẩn chỉ được dùng như là số liệu kiểm tra thô.
- 5.8. Các thiết bị đo tải trọng và chuyển vị phải được kiểm định và hiệu chỉnh định kì. Các chứng chỉ kiểm định thiết bị phải trong thời gian hiệu lực.
- 5.9. Các bộ phận dùng để gá lắp thiết bị đo chuyển vị gồm dầm chuẩn bằng gỗ hoặc bằng thép và dụng cụ kẹp đầu cọc bằng thép bản phải đảm bảo ít bị biến dạng do thời tiết.
- 5.10. Hệ phản lực phải được thiết kế để chịu được phản lực không nhỏ hơn 120% tải trọng thí nghiệm lớn nhất theo dự kiến. Tùy thuộc điều kiện thí nghiệm, có thể chọn một trong ba dạng kết cấu sau đây làm hệ phản lực:
- a) Dầm chính (dầm chịu tải) kết hợp với dầm chất tải;
 - b) Dầm chính kết hợp với hệ dầm chịu lực liên kết với neo;
 - c) Phối hợp cả hai dạng trên.

Ghi chú: Không dùng dầm chất tải làm hệ phản lực cho thí nghiệm cọc xiên.

- 5.11. Các bộ phận cấu tạo của hệ phản lực phải bảo đảm các yêu cầu sau:

- a) Mỗi loại dầm (dầm chính, dầm phụ dầm chất tải, dầm chịu lực liên kết với neo) phải cùng chủng loại, cường độ, độ cứng và kích thước;
- b) Chiều sâu mũi neo (cọc neo hoặc neo đất) không lớn hơn chiều sâu mũi cọc thí nghiệm;
- c) Tổng trọng lượng đối trọng kể cả dầm chất tải, dầm chính... không nhỏ hơn 120% tải trọng thí nghiệm lớn nhất theo dự kiến.

Ghi chú:

- 1) Độ võng của dầm không lớn hơn $1/200$ chiều dài tính toán;
- 2) Đối trọng có thể là bê tông, thép, cát đá sỏi, nước chứa trong các vật đựng hoặc các vật nặng khác;
- 3) Có thể dùng công trình có sẵn làm đối trọng với điều kiện đủ trọng lượng quy định và kết cấu cho phép.
- 4) Có thể dùng cọc của móng công trình làm cọc neo nếu thiết kế cho phép.

6. Chuẩn bị thí nghiệm

- 6.1. Những cọc sẽ tiến hành thí nghiệm cần được kiểm tra chất lượng theo các tiêu chuẩn hiện hành về thi công và nghiệm thu cọc.
- 6.2. Việc thí nghiệm chỉ được tiến hành cho các cọc đã đủ thời gian phục hồi cấu trúc của đất bị phá hoại trong quá trình thi công hoặc bê tông đã đạt cường độ để thí nghiệm theo quy định của thiết kế (đối với cọc khoan nhồi). Thời gian nghỉ từ khi kết thúc thi công đến khi thí nghiệm được quy định như sau:
 - a) Tối thiểu 21 ngày đối với cọc khoan nhồi;
 - b) Tối thiểu 7 ngày đối với các loại cọc khác.
- 6.3. Đầu cọc thí nghiệm có thể được cắt bớt hoặc nối thêm nhưng phải được gia công để bảo đảm các yêu cầu sau:
 - a) Khoảng cách từ đầu cọc đến dầm chính phải đủ để lắp đặt kích và thiết bị đo;
 - b) Mặt đầu cọc được làm bằng phẳng, vuông góc với trục cọc, nếu cần thiết phải gia cố thêm để không bị phá hoại cục bộ dưới tác dụng tải trọng thí nghiệm;
 - c) Cần có biện pháp loại trừ ma sát phần cọc cao hơn cốt đáy móng nếu xét thấy nó có thể ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm.
- 6.4. Kích phải đặt trực tiếp trên tấm đệm đầu cọc, chính tâm so với tim cọc. Khi dùng nhiều kích thì phải bố trí các kích sao cho tải trọng được truyền dọc trục, chính tâm lên đầu cọc.

Ghi chú:

- 1) Không đặt kích trực tiếp lên đầu cọc thí nghiệm;
 - 2) Nếu kích không có khớp cầu thì phải lắp ráp sao cho mặt phẳng đầu kích (hoặc tấm đệm đầu kích) tiếp xúc hoàn toàn với mặt phẳng của dầm chính.
- 6.5. Hệ phản lực phải lắp đặt theo nguyên tắc cân bằng, đối xứng qua trục cọc, bảo đảm truyền tải trọng dọc trục, chính tâm lên đầu cọc, đồng thời tuân thủ các quy định sau:
 - a) Dàn chất tải được lắp đặt trên các gối kê ổn định, hạn chế tối đa độ lún của các gối kê;
 - b) Dầm chính và hệ dầm chịu lực phải được kê lên các trụ đỡ hoặc các gối kê.
 - c) Khi sử dụng nhiều dầm chính, các dầm nhất thiết phải được liên kết cứng với nhau bằng hàn chịu lực, bảo đảm truyền tải trọng đồng đều lên đầu cọc;
 - d) Việc chất đối trọng phải cân bằng, nhẹ nhàng, tránh các xung lực;
 - e) Bố trí neo (cọc neo hoặc neo đất) đối xứng qua trục cọc. Khi thí nghiệm cọc xiên, phải thi công neo theo chiều và góc nghiêng của cọc thí nghiệm;

- f) Phải lắp đặt sao cho dàn chất tải làm việc đồng thời với neo khi kết hợp chúng làm hệ phản lực;
- g) Khi lắp dựng xong, đầu cọc không bị nén trước trước khi thí nghiệm.
- 6.6. Dụng cụ kẹp đầu cọc được bắt chặt vào thân cọc, cách đầu cọc khoảng 0,5 đường kính hoặc chiều rộng tiết diện cọc.
- 6.7. Các dầm chuẩn được đặt song song hai bên cọc thí nghiệm, các trụ đỡ dầm được chôn chặt xuống đất. Chuyển vị kế được lắp đối xứng hai bên đầu cọc và được gắn ổn định lên các dầm chuẩn, chân của chuyển vị kế được tựa lên dụng cụ kẹp đầu cọc hoặc tấm đệm đầu cọc (hoặc có thể lắp ngược lại).

Ghi chú:

- 1) Chân của chuyển vị kế nên tựa trên mặt phẳng nhẵn, tốt nhất là dùng các tấm kính nhỏ;
 - 2) Khi dùng thiết bị điện, điện quang để đo chuyển vị đầu cọc, bộ phận thu nhận được gắn chặt vào thân cọc hoặc dụng cụ kẹp đầu cọc.
- 6.8. Khoảng cách lắp dựng thiết bị được quy định như sau:
- a) Từ tâm cọc thí nghiệm đến tâm cọc neo hoặc cánh neo đất: $\geq 3D$ nhưng trong mọi trường hợp không nhỏ hơn 2m;
 - b) Từ cọc thí nghiệm đến điểm gần nhất của các gối kê: $\geq 3D$ nhưng trong mọi trường hợp không nhỏ hơn 1,5m;
 - c) Từ cọc thí nghiệm đến các gối đỡ dầm chuẩn: $\geq 1,5m$;
 - d) Từ mốc chuẩn đến cọc thí nghiệm, neo và gối kê giàn chất tải: $\geq 5D$ nhưng trong mọi trường hợp không nhỏ hơn 2,5m.

Ghi chú:

- 1) D là đường kính hoặc chiều rộng tiết diện cọc;
- 2) Khi thí nghiệm cọc mở rộng đáy, khoảng cách từ đáy cọc đến cọc neo và đến cánh neo đất lần lượt không nhỏ hơn $1/2$ lần và 1 lần đường kính đáy cọc.

7. Quy trình gia tải

- 7.1. Trước khi thí nghiệm chính thức, tiến hành gia tải trước nhằm kiểm tra hoạt động của thiết bị thí nghiệm và tạo tiếp xúc tốt giữa thiết bị và đầu cọc. Gia tải trước được tiến hành bằng cách tác dụng lên đầu cọc khoảng 5% tải trọng thiết kế sau đó giảm tải về 0, theo dõi hoạt động của thiết bị thí nghiệm. Thời gian gia tải và thời gian giữ tải ở cấp 0 khoảng 10 phút.
- 7.2. Thí nghiệm được thực hiện theo quy trình gia tải và giảm tải từng cấp, tính bằng (%) tải trọng thiết kế. Cấp tải mới chỉ được tăng hoặc giảm khi chuyển vị (độ lún) hoặc độ phục hồi đầu cọc đạt ổn định quy ước hoặc đủ thời gian quy định.
- 7.3. Quy trình gia tải tiêu chuẩn được thực hiện như sau:
- a) Gia tải từng cấp đến tải trọng thí nghiệm lớn nhất theo dự kiến như quy định ở điều 7.7, mỗi cấp gia tải không lớn hơn 25% tải trọng thiết kế. Cấp tải mới chỉ được tăng khi tốc độ lún đầu cọc đạt ổn định quy ước như quy định ở điều 7.6 nhưng không quá 2 giờ.

Giữ cấp tải trọng lớn nhất cho đến khi độ lún đầu cọc đạt ổn định quy ước hoặc 24 giờ, lấy thời gian nào lâu hơn.

- b) Sau khi kết thúc gia tải, nếu cọc không bị phá hoại thì tiến hành giảm tải về 0, mỗi cấp giảm tải bằng 2 lần cấp gia tải và thời gian giữ tải mỗi cấp là 30 phút, riêng cấp tải 0 có thể lâu hơn nhưng không quá 6 giờ.

Ghi chú:

- 1) Giá trị mỗi cấp gia tải có thể lấy bằng 10%, 15% hoặc 20% tải trọng thiết kế.
- 2) Thời gian giữ cấp tải 100% tải trọng thiết kế có thể được kéo dài đến 6 giờ để quan sát chuyển vị theo dự tính;
- 3) Khi có cơ sở thích ứng, cho phép thí nghiệm theo các quy trình đặc biệt khác (xem phụ lục D).

7.4. Nếu có yêu cầu thí nghiệm chu kỳ thì thực hiện theo quy trình gia tải sau:

- a) Chu kỳ thứ nhất: Gia tải đến tải trọng quy định (thông thường đến 100% tải trọng thiết kế), sau đó giảm tải về 0. Giá trị mỗi cấp gia tải, giảm tải và thời gian giữ tải như quy trình gia tải tiêu chuẩn (điều 7.3).
- b) Chu kỳ thứ hai: Gia tải lại đến cấp tải cuối của chu kỳ thứ nhất, thời gian giữ tải mỗi cấp là 30 phút, tiếp tục gia tải đến cấp tải cuối của chu kỳ thứ hai, sau đó giảm tải về 0 như bước (a).
- c) Gia tải các chu kỳ tiếp theo được lặp lại như bước (b) đến tải trọng phá hoại hoặc tải trọng lớn nhất theo dự kiến, theo nguyên tắc cấp tải cuối của chu kỳ sau lớn hơn chu kỳ trước đó.

Ghi chú:

- 1) Số lượng chu kỳ thí nghiệm do tư vấn, thiết kế quy định tùy theo mục đích thí nghiệm.
- 2) Có thể tăng gấp đôi cấp gia tải hoặc gia tải một lần đến cấp cuối của chu kỳ trước đó khi gia tải lại của chu kỳ sau.

7.5. Không phụ thuộc vào mục đích thí nghiệm, các giá trị thời gian, tải trọng và chuyển vị đầu cọc cần phải đo đạc và ghi chép ngay sau khi tăng hoặc giảm tải và theo khoảng thời gian như quy định ở bảng 7.1. Có thể đo các giá trị dịch chuyển ngang của đầu cọc, chuyển dịch của hệ phản lực hoặc của dầm chuẩn khi có yêu cầu.

Bảng 7.1. Thời gian theo dõi độ lún và ghi chép số liệu

Cấp tải trọng	Thời gian theo dõi và đọc số liệu
Cấp gia tải	Không quá 10 phút một lần cho 30 phút đầu
	Không quá 15 phút một lần cho 30 phút sau đó
	Không quá 1h một lần cho 10 giờ tiếp theo
	Không quá 1h một lần cho 10 tiếp theo
	Không quá 2h một lần cho > 12 giờ sau cùng
Cấp gia tải lại và cấp giảm tải	Không quá 10 phút một lần cho 30 phút đầu
	Không quá 15 phút một lần cho 30 phút sau đó
	Không quá 1 giờ một lần cho thời gian > 1 giờ

- 7.6. Tốc độ chuyển vị đầu cọc đạt giá trị sau đây được xem là ổn định quy ước:
- a) Không quá 0,25mm/h đối với cọc chống vào lớp đất hòn lớn, đất cát, đất sét từ dẻo đến cứng;
 - b) Không quá 0,1 mm/h đối với cọc ma sát trong đất sét dẻo mềm đến dẻo chảy.
- 7.7. Tải trọng thí nghiệm lớn nhất do thiết kế quy định, thường được lấy như sau:
- a) Đối với cọc thí nghiệm thăm dò: Bằng tải trọng phá hoại hoặc bằng 250 – 300% tải trọng thiết kế;
 - b) Đối với cọc thí nghiệm kiểm tra: 150 – 200% tải trọng thiết kế.
- 7.8. Theo dõi và xử lý một số trường hợp có thể xảy ra trong quá trình gia tải:
- a) Trị số cấp gia tải có thể được tăng ở các cấp đầu nếu xét thấy cọc lún không đáng kể hoặc được giảm khi gia tải gần đến tải trọng phá hoại để xác định chính xác tải trọng phá hoại.
 - b) Trường hợp cọc có dấu hiệu bị phá hoại dưới cấp tải trọng lớn nhất theo dự kiến thì có thể giảm về cấp tải trọng trước đó và giữ tải như quy định.
 - c) Trường hợp ở cấp tải trọng lớn nhất theo dự kiến mà cọc chưa bị phá hoại, nếu thiết kế yêu cầu xác định tải trọng phá hoại và điều kiện gia tải cho phép thì có thể tiếp tục gia tải, mỗi cấp tải nên lấy bằng 10% tải trọng thiết kế và thời gian gia tải giữa các cấp là 5 phút để xác định tải trọng phá hoại.
- 7.9. Tiến hành vẽ biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị và chuyển vị – thời gian của từng cấp tải để theo dõi diễn biến quá trình thí nghiệm.
- 7.10. Trong thời gian thí nghiệm, phải thường xuyên quan sát và theo dõi tình trạng cọc thí nghiệm, độ co giãn của cần neo đất hoặc của thép liên kết cọc neo với hệ dầm chịu lực, độ chuyển dịch của dầm chất tải v.v... để kịp thời có biện pháp xử lý.
- 7.11. Cọc thí nghiệm thăm dò được xem là bị phá hoại khi:
- a) Tổng chuyển vị đầu cọc vượt quá 10% đường kính hoặc chiều rộng tiết diện cọc có kể đến biến dạng đàn hồi của cọc khi cần thiết;
 - b) Vật liệu cọc bị phá hoại.
- 7.12. Cọc thí nghiệm kiểm tra được xem là không đạt khi:
- a) Cọc bị phá hoại theo quy định ở điều 7.11;
 - b) Tổng chuyển vị đầu cọc dưới tải trọng thí nghiệm lớn nhất và biến dạng dư của cọc vượt quá quy định nêu trong đề cương.
- 7.13. Thí nghiệm được xem là kết thúc khi:
- a) Đạt mục tiêu thí nghiệm theo đề cương;
 - b) Cọc thí nghiệm bị phá hoại.
- 7.14. Thí nghiệm phải tạm dừng nếu phát hiện thấy các hiện tượng sau đây:
- a) Các mốc chuẩn đặt sai, không ổn định hoặc bị phá hỏng;
 - b) Kích hoặc thiết bị đo không hoạt động hoặc không chính xác;

c) Hệ phản lực không ổn định.

Việc thí nghiệm có thể được tiếp tục sau khi đã xử lý, khắc phục.

7.15. Thí nghiệm bị hủy bỏ nếu phát hiện thấy:

- a) Cọc đã bị nén trước khi gia tải;
- b) Các tình trạng nêu ở điều 7.14 không thể khắc phục được.

8. Xử lý và trình bày kết quả thí nghiệm

8.1. Các số liệu thí nghiệm được phân tích, xử lý và đưa vào dạng bảng như quy định ở phụ lục C, bao gồm:

- a) Bảng số liệu thí nghiệm;
- b) Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm.

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

- a) Biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị;
- b) Biểu đồ quan hệ chuyển vị – thời gian của các cấp tải;
- c) Biểu đồ quan hệ tải trọng – thời gian;
- d) Biểu đồ quan hệ chuyển vị – tải trọng – thời gian.

Ghi chú: mẫu các biểu đồ xem phụ lục B. Tỷ lệ xích của biểu đồ quan hệ tải trọng (S) – chuyển vị (P) thường được lấy $S/P = 1/10 - 1/20$ (P_{max} càng lớn, tỷ lệ càng nhỏ).

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

- a) Phương pháp đồ thị dựa trên hình dạng đường cong quan hệ tải trọng – chuyển vị:
 - Trường hợp đường cong biến đổi nhanh, thể hiện rõ điểm tại đó độ dốc thay đổi đột ngột (sau đây gọi là điểm uốn), sức chịu tải giới hạn bằng tải trọng tương ứng với điểm đường cong bắt đầu biến đổi độ dốc.
 - Nếu đường cong biến đổi chậm, khó hoặc không thể xác định chính xác điểm uốn thì căn cứ vào cách gia tải và quy trình thí nghiệm để chọn phương pháp xác định sức chịu tải giới hạn (xem phụ lục E).

Ghi chú: Giá trị sức chịu tải giới hạn xác định theo phương pháp khác nhau có thể khác nhau.

b) Phương pháp dùng chuyển vị giới hạn tương ứng với sức chịu tải giới hạn:

- Sức chịu tải giới hạn bằng tải trọng tương ứng với chuyển vị bằng 10% đường kính hoặc chiều rộng cọc.

Ghi chú: Biến dạng đàn hồi của cọc được tính bằng PL/EA , trong đó P là tải trọng tác dụng, E là mô đun đàn hồi của vật liệu cọc, L là chiều dài cọc, A là diện tích tiết diện cọc.

c) Xét theo tình trạng thực tế thí nghiệm và cọc thí nghiệm

- Sức chịu tải giới hạn bằng tải trọng lớn nhất khi dừng thí nghiệm (trường hợp phải dừng thí nghiệm sớm hơn dự kiến do điều kiện gia tải hạn chế);

- Sức chịu tải giới hạn được lấy bằng cấp tải trọng trước cấp tải gây ra phá hoại vật liệu cọc.
- 8.4. 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.
- 8.5. Tùy thuộc vào mức độ quan trọng của công trình, điều kiện đất nền, phương pháp thí nghiệm và phương pháp 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 (tham khảo phụ lục E).

9. Báo cáo kết quả thí nghiệm

- 9.1. Những vấn đề chung
 - a) Đặc điểm công trình;
 - b) Địa điểm hiện trường thí nghiệm;
 - c) Điều kiện địa kỹ thuật (kết quả khảo sát hiện trường và trong phòng, sơ đồ bố trí các điểm khảo sát, hình trụ hố khoan gần cọc thí nghiệm nhất...);
 - d) Sơ đồ bố trí cọc.
- 9.2. Đặc điểm cọc thí nghiệm
 - a) Số hiệu, vị trí cọc;
 - b) Thiết bị và phương pháp thi công cọc;
 - c) Loại cọc;
 - d) Vật liệu cọc;
 - e) Kích thước cọc (chiều dài, đường kính);
 - f) Cao độ đầu cọc, cao độ mũi cọc;
 - g) Đặc điểm cốt thép;
 - h) Kết quả kiểm tra cường độ mẫu bê tông;
 - i) Loại cọc thí nghiệm (thăm dò, kiểm tra).
 - j) Tải trọng thiết kế của cọc;
 - k) Tải trọng thí nghiệm và chuyển vị lớn nhất theo dự kiến.
- 9.3. Sơ đồ thí nghiệm và thiết bị
 - a) Ngày thí nghiệm;
 - b) Loại thí nghiệm;
 - c) Số lượng cọc thí nghiệm;
 - d) Mô tả sơ bộ thiết bị thí nghiệm.
 - e) Sơ đồ bố trí cọc thí nghiệm và hệ thống thiết bị thí nghiệm;
 - f) Sơ đồ bố trí hệ đo đạc, quan trắc;
 - g) Các chứng chỉ kiểm định thiết bị thí nghiệm..

9.4. Quy trình thí nghiệm

- a) Chu kì thí nghiệm;
- b) Quy trình tăng tải, giảm tải;
- c) Biểu theo dõi, ghi chép số liệu thí nghiệm tại **hiện trường**.

9.5. Biểu diễn kết quả thí nghiệm

9.6. Kết luận, kiến nghị về kết quả thí nghiệm.

10. Công tác an toàn

10.1. Ngoài việc tuân thủ nội quy an toàn lao động trong xây dựng, cần phải chấp hành các quy định sau đây trong thí nghiệm.

10.1. Người không có trách nhiệm không được vào khu vực thí nghiệm.

10.2. Các phế liệu, gạch vỡ, bùn nhão, dầu mỡ v.v... trên hiện trường thí nghiệm phải được dọn sạch sẽ.

10.3. Phải có biện pháp bảo vệ thiết bị, máy móc thí nghiệm khỏi mưa gió, nắng nóng.

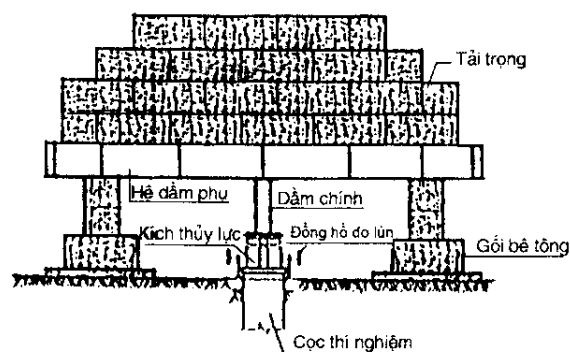
10.4. Kích, bơm và hệ thống đường ống thủy lực, hệ thống van, đầu nối cần được định kì kiểm tra và vệ sinh sạch sẽ. Thay thế kịp thời các bộ phận bị hư hỏng.

10.6. Việc lắp đặt và tháo dỡ đối trọng cần được thực hiện với biện pháp an toàn thích hợp.

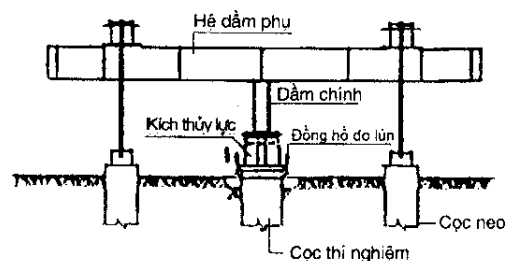
10.7. Dỡ bỏ các giá đỡ, neo v.v... và dọn sạch khu vực thí nghiệm để đảm bảo an toàn mặt bằng thi công.

10.8. Sau khi kết thúc thí nghiệm, toàn bộ các thiết bị thí nghiệm cần được tháo dỡ, vận chuyển khỏi hiện trường và được bảo dưỡng cẩn thận.

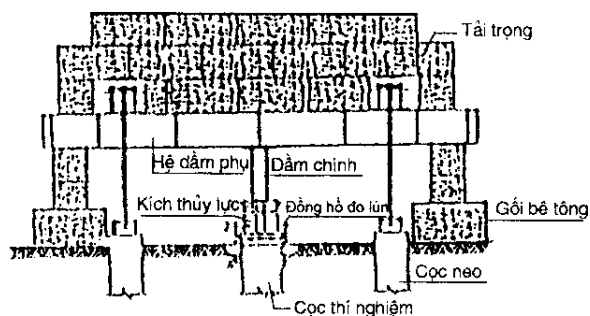
Phụ lục A
(Quy định)
SƠ ĐỒ BỐ TRÍ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM



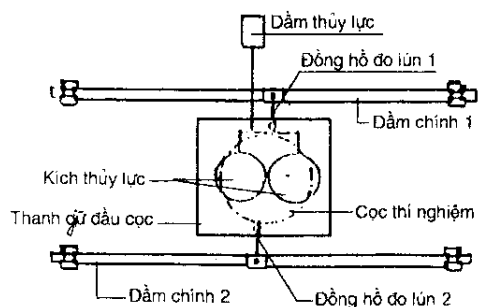
Hình A1: Gia tải bằng kích thủy lực, dùng dàn chất tải và đối tượng làm phản lực



Hình A.2: Gia tải bằng kích thủy lực, dùng cọc neo làm phản lực

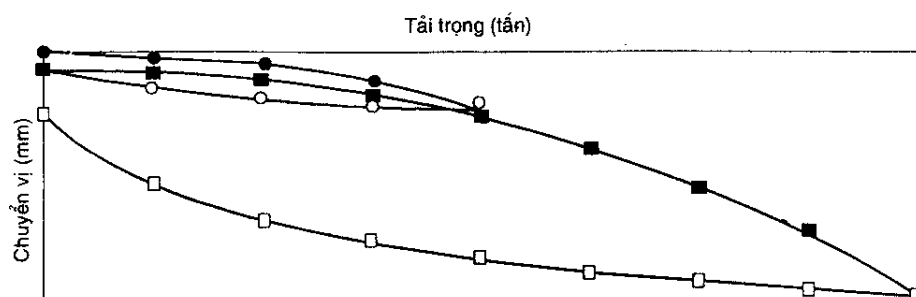


Hình A.3: Gia tải bằng kích thủy lực, dùng dàn chất tải và đối trọng kết hợp cọc neo làm phản lực

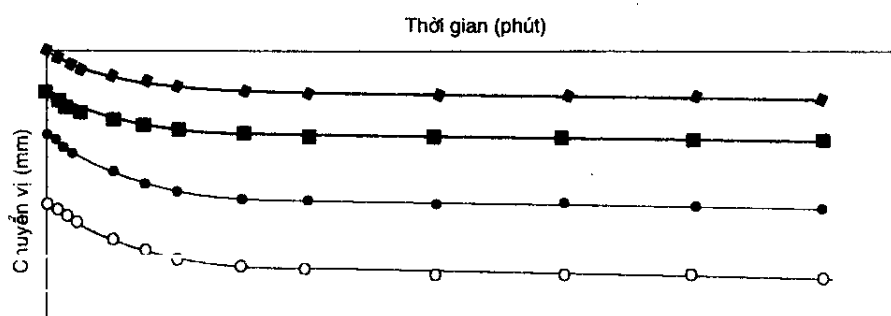


Hình A4: Sơ đồ bố trí hệ kích thủy lực và hệ đo đạc trong thí nghiệm nén tĩnh

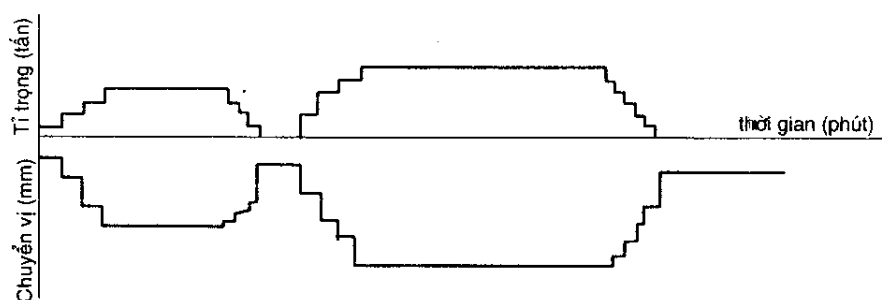
Phụ lục B
(Quy định)
CÁC BIỂU ĐỒ QUAN HỆ



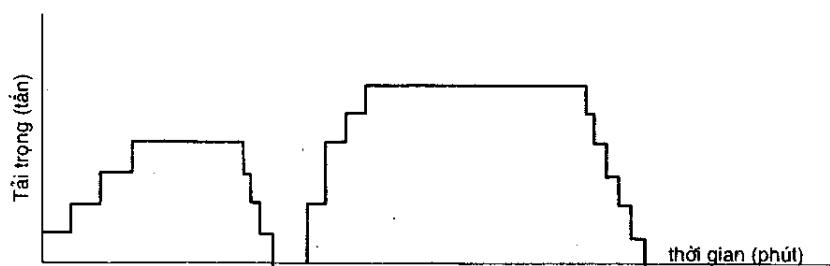
Hình B1: Biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị



Hình B2: Biểu đồ quan hệ chuyển vị – thời gian



Hình B3: Biểu đồ quan hệ tải trọng - thời gian - chuyển vị



Hình B4: Biểu đồ quan hệ tải trọng – thời gian

Phu luc C

(Quy định)

MẪU GHI CHÉP SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM

[illegible]

Bảng tổng hợp kết quả thí nghiệm

Chu kì thí nghiệm	Tải thí nghiệm (Tấn)	Thời gian giữ tải (giờ, phút)	Chuyển vị đầu cọc (mm)	Ghi chú

Phụ lục D
(Tham khảo)

MỘT SỐ QUY TRÌNH THÍ NGHIỆM ĐẶC BIỆT

Các quy trình gia tải nêu sau đây chủ yếu áp dụng cho thí nghiệm cọc đơn. Các yêu cầu về thiết bị thí nghiệm và công tác chuẩn bị giống như quy định trong tiêu chuẩn.

D.1. Thí nghiệm theo phương pháp thời gian gia tải không đổi

(Constant Time Interval Loading)

D.1.1. Quy trình gia tải

Gia tải và giảm tải từng cấp, mỗi cấp bằng 20% tải trọng thiết kế, thời gian giữ tải mỗi cấp bằng 1 giờ (hoặc thời gian cố định nào đó).

D.1.2. Ghi chép số liệu

Theo dõi và ghi chép số liệu theo quy trình gia tải tốc độ chậm

Ghi chú: Phương pháp này do Tiêu chuẩn ASTM 1143-81 đề nghị áp dụng

D.2. Thí nghiệm theo phương pháp gia tải nhanh

(Quick Load Test for Individual Piles)

D.2.1. Quy trình gia tải

a) Gia tải đến tải trọng lớn nhất, mỗi cấp bằng 10% - 15% tải trọng thiết kế, thời gian giữ tải 2,5 phút.

b) Sau 5 phút giữ cấp tải trọng lớn nhất, giảm tải về 0.

D.2.2. Ghi chép số liệu

a) Ghi chép các số liệu ngay trước và sau khi gia tải mỗi cấp.

b) Tại cấp tải trọng lớn nhất, ghi chép các số liệu khi ngừng gia tải và sau đó tại các thời điểm 2,5 phút và 5 phút.

c) Ghi các số liệu ngay sau khi giảm tải hoàn toàn về 0 và sau đó tại các thời điểm 2,5 phút và 5 phút.

Ghi chú: Phương pháp này do Cục giao thông bang New York, Cục quản lý đường cao tốc liên bang và Tiêu chuẩn ASTM 1143-81 đề nghị áp dụng.

D.3. Thí nghiệm theo phương pháp gia tải với số gia chuyển vị không đổi

(Constant Settlement Increment Loading Method)

D.3.1. Quy trình gia tải

a) Điều chỉnh tải trọng khi gia tải sao cho mỗi số gia chuyển vị không đổi (bằng khoảng 1% đường kính hoặc chiều rộng cọc).

b) Không tăng tải cho đến khi trong 1 giờ, tốc độ thay đổi tải trọng nhỏ hơn 1% tổng tải trọng tác dụng.

c) Tiếp tục gia tải cho đến khi chuyển vị của cọc đạt tới 10% đường kính hoặc chiều rộng cọc (hoặc cho đến hết khả năng gia tải của kích).

d) Sau khi duy trì số gia chuyển vị cuối cùng, giảm tải về 0 qua 4 cấp. Cấp tải mới không được giảm nếu trong 1 giờ, độ phục hồi của cấp tải trước nhỏ hơn 0,3% đường kính hoặc chiều rộng cọc.

D.3.2. Ghi chép số liệu

a) Ghi chép số liệu tại điểm thời gian thích hợp để xác định tốc độ thay đổi tải trọng nhằm duy trì số gia chuyển vị không đổi và tốc độ phục hồi.

b) Sau khi giảm tải hoàn toàn về 0, ghi chép các số liệu cuối cùng sau 12 giờ.

Ghi chú: Phương pháp này do Tiêu chuẩn ASTM 1143-81 đề nghị áp dụng.

D.4. Thí nghiệm theo phương pháp gia tải với tốc độ chuyển vị không đổi
(*Constant Rate of Penetration Method – CRP*)

D.4.1. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị thí nghiệm giống như quy định trong tiêu chuẩn. Riêng bơm thủy lực phải có van điều chỉnh lưu lượng để điều chỉnh tốc độ gia tải.

D.4.2. Quy trình gia tải

a) Điều chỉnh tải trọng trong thời gian gia tải sao cho tốc độ chuyển vị của cọc dao động trong khoảng 0,01 đến 0,05 in. (0,25 đến 1,25mm/phút) đối với đất dính hoặc 0,03 đến 0,10 in (0,75 đến 2,5mm/phút) đối với đất rời, hoặc theo quy định khác.

b) Tiếp tục gia tải cho đến khi không cần tăng tải mà cọc vẫn tiếp tục lún với tốc độ quy định.

c) Duy trì gia tải với tốc độ chuyển vị quy định cho đến khi tổng chuyển vị ít nhất bằng 10% đường kính hoặc chiều rộng cọc.

d) Tiến hành giảm tải khi cọc ngừng lún ở cấp tải trọng lớn nhất.

D.4.3. Ghi chép số liệu

a) Ghi chép các số ít nhất 30 giây một lần hoặc theo khoảng thời gian thích hợp để xác định tốc độ chuyển vị của cọc.

b) Khi cọc đã đạt tốc độ chuyển vị quy định, tiếp tục ghi chép các số liệu trong thời gian gia tải và xác định tải trọng lớn nhất.

c) Ghi chép các số liệu giảm tải, tại cấp giảm tải về 0 ghi số liệu cuối cùng sau 1 giờ.

Ghi chú: Phương pháp này do Ủy ban về móng cọc của Thụy Điển, Cục Giao thông bang New York và Tiêu chuẩn ASTM 1143-81 đề nghị áp dụng.

D.5. Thí nghiệm theo chu kỳ của Thụy Điển
(*Swedish Cyclic Load Method*)

D.5.1. Quy trình gia tải

a) Gia tải đến 1/3 tải trọng thiết kế.

b) Giảm tải còn 1/6 tải trọng thiết kế.

c) Lặp lại gia tải, giảm tải như trên 20 lần.

d) Gia tải đến cấp tải lớn hơn 50% cấp tải bước (a), sau đó lại lặp lại các bước (a) và (b).

e) Tiếp tục như trên cho đến tải trọng phá hoại

D.5.2. Ghi chép số liệu

a) Ghi chép các số liệu ngay trước và sau khi gia tải mỗi cấp.

b) Tại cấp tải trọng lớn nhất, ghi chép các số liệu khi ngừng gia tải và sau đó tại các thời điểm 2,5 phút và 5 phút.

c) Ghi các số liệu ngay sau khi giảm tải hoàn toàn về 0 và sau đó tại các thời điểm 2,5 phút và 5 phút.

Ghi chú: Phương pháp này do Ủy ban về móng cọc của Thụy Điển đề nghị áp dụng.

Phục lục E

(Tham khảo)

**PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH SỨC CHỊU TẢI CỦA
CỌC TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH****E.1. Xác định sức chịu tải giới hạn theo chuyển vị giới hạn quy ước**

Trên đường cong quan hệ tải trọng – chuyển vị, sức chịu tải giới hạn P_{gh} là tải trọng quy ước ứng với chuyển vị giới hạn quy ước, S_{gh} . Bảng E.1 giới thiệu một số giá trị P_{gh} và S_{gh} theo đề nghị của các tác giả khác nhau.

Bảng E.1 Giá trị sức chịu tải giới hạn ứng với chuyển vị giới hạn theo các đề nghị khác nhau

Chuyển vị giới hạn	Điều kiện áp dụng	Tác giả đề nghị
10% D	Các loại cọc	Tiêu chuẩn Pháp DTU 13-2 Tiêu chuẩn Anh BS 8004 : 1986 Tiêu chuẩn Nhật JSF 1811 – 1993
2 S_{max}	P_{gh} ứng với $1/2 S_{gh}$, S_{max} ứng với $0,9P$	Brinch Hansen Thụy Điển
2,5%D	Cọc khoan nhồi	De Beer
(3% - 6%) D 40 – 60mm 60 – 80mm hoặc (2PL/3EA) + 20mm	Cọc khoan nhồi chống Cọc có $L/D > 80 - 100$	Trung Quốc

E.2. Xác định sức chịu tải giới hạn theo phương pháp đồ thị

Sức chịu tải giới hạn được xác định dựa trên hình dạng đường cong quan hệ tải trọng – chuyển vị $S = f(P)$, $\log S = f(\log P)$, trong nhiều trường hợp cần kết hợp với các đường cong khác như $S = f(\log t)$, $P = f(S/\log t)$... Tùy thuộc vào hình dạng đường cong quan hệ tải trọng – chuyển vị, sức chịu tải giới hạn được xác định theo một trong hai trường hợp sau:

- Trường hợp đường cong có điểm uốn rõ ràng: Sức chịu tải giới hạn được xác định trực tiếp trên đường cong, là tải trọng ứng với điểm đường cong bắt đầu thay đổi độ dốc đột ngột hoặc đường cong gần như song song với trục chuyển vị.
- Trường hợp đường cong thay đổi chậm, rất khó hoặc không thể xác định chính xác điểm uốn: Sức chịu tải giới hạn được xác định theo các phương pháp đồ thị khác nhau.

Tùy thuộc vào quy trình gia tải, loại cọc thí nghiệm và điều kiện đất nền, có thể áp dụng một trong các phương pháp đồ thị sau đây để xác định sức chịu tải giới hạn của cọc, trong đó:

- Phương pháp De Beer, phương pháp Chin, phương pháp 80% của Brinch Hansen là các phương pháp thích hợp xác định sức chịu tải từ kết quả thí nghiệm theo quy trình gia tải tốc độ chậm.
- Phương pháp Davisson, phương pháp Fuller và Hoy, phương pháp Butler và Hoy là các phương pháp thích hợp xác định sức chịu tải từ kết quả thí nghiệm theo quy trình gia tải tốc độ nhanh.
- Phương pháp 90% của Brinch Hansen là phương pháp thích hợp xác định sức chịu tải từ kết quả thí nghiệm theo quy trình gia tải tốc độ với tốc độ chuyển vị không đổi CRP.

Ghi chú:

- 1) Các phương pháp Chin, 80% của Brinch Hansen là các phương pháp thích hợp cho cả quy trình gia tải tốc độ chậm và tốc độ nhanh.
- 2) Phương pháp Davission chỉ thích hợp cho cọc đóng, phương pháp Fuller và Hoy không thích hợp cho cọc dài.
- 3) Giá trị sức chịu tải giới hạn xác định theo phương pháp đồ thị khác nhau có thể khác nhau. Việc xác định sức chịu tải giới hạn của cọc bằng phương pháp đồ thị phụ thuộc rất nhiều vào trình độ chuyên môn và kinh nghiệm của người sử dụng.

E.4. Phương pháp xác định sức chịu tải cho phép

Sức chịu tải cho phép thường được xác định bằng sức chịu tải giới hạn hoặc tải trọng phá hoại chia cho hệ số an toàn. Thông thường hệ số an toàn $F_s = 2$, tuy nhiên việc áp dụng hệ số an toàn cao hơn hoặc thấp hơn do thiết kế quyết định tùy thuộc vào mức độ quan trọng của công trình, điều kiện đất nền, đặc điểm cọc và phương pháp thí nghiệm.

Hệ số an toàn $F_s > 2$ thường được áp dụng cho các trường hợp sau:

- a) Khi xác định P_{gh} từ đường cong quan hệ tải trọng – chuyển vị phát triển chậm, khó xác định điểm uốn.
- b) Đối với cọc ma sát trong đất dính từ dẻo mềm đến dẻo chảy;
- c) Đối với cọc thí nghiệm thăm dò khác về chủng loại, kích thước hoặc chiều dài của cọc được dùng sau này;
- d) Đối với cọc xiên mà sức chịu tải xác định theo kết quả thí nghiệm cọc thẳng đứng;
- e) Số lượng cọc thí nghiệm hạn chế trong điều kiện đất nền phức tạp, địa tầng thay đổi mạnh;
- f) Đối với công trình quan trọng đòi hỏi yêu cầu cao về độ lún.

Hệ số an toàn $F_s \leq 2$ có thể được áp dụng đối với các trường hợp sau:

- a) Khi P_{gh} xác định từ điểm uốn rõ ràng trên đường cong quan hệ tải trọng – chuyển vị;
- b) Đối với cọc thí nghiệm kiểm tra trong điều kiện thuận lợi phù hợp với điều kiện thiết kế;
- c) Đối với cọc thí nghiệm có kết quả gần phù hợp với các phương pháp khác;
- d) Trong cùng một hiện trường có điều kiện đất nền đồng nhất, kết quả thí nghiệm của các cọc sai lệch không đáng kể.
- e) Khi có kết quả đo chính xác chuyển vị mũi cọc và dọc thân cọc.