

# TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

## TCVN 11823-10:2017

### THIẾT KẾ CẦU ĐƯỜNG BỘ - PHẦN 10: NỀN MÓNG

#### *Highway bridge design specification - Part 10: Foundations*

#### LỜI NÓI ĐẦU

**TCVN 11823 - 10: 2017** được biên soạn trên cơ sở tham khảo Tiêu chuẩn thiết kế cầu theo hệ số tải trọng và sức kháng của AASHTO (AASHTO, LRFD Bridge Design Specification). Tiêu chuẩn này là một Phần thuộc Bộ tiêu chuẩn Thiết kế cầu đường bộ, bao gồm 12 Phần như sau:

- TCVN 11823-1:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 1: Yêu cầu chung
- TCVN 11823-2:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 2: Tổng thể và đặc điểm vị trí
- TCVN 11823-3:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 3: Tải trọng và Hệ số tải trọng
- TCVN 11823-4:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 4: Phân tích và Đánh giá kết cấu
- TCVN 11823-5:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 5: Kết cấu bê tông
- TCVN 11823-6:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 6: Kết cấu thép
- TCVN 11823-9:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 9: Mặt cầu và Hệ mặt cầu
- TCVN 11823-10:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 10: Nền móng
- TCVN 11823-11:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 11: Mố, Trụ và Tường chắn
- TCVN 11823-12:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 12: Kết cấu vùi và Áo hầm
- TCVN 11823-13:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 13: Lan can
- TCVN 11823-14:2017 Thiết kế cầu đường bộ - Phần 14: Khe co giãn và Gối cầu

Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công tương thích với Bộ tiêu chuẩn này là Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công cầu AASHTO LRFD (*AASHTO LRFD Bridge construction Specifications*)

**TCVN 11823 - 10: 2017** do Bộ Giao thông vận tải tổ chức biên soạn, Bộ Giao thông vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

### THIẾT KẾ CẦU ĐƯỜNG BỘ - PHẦN 10: NỀN MÓNG

#### *Highway Bridge Design Specification - Part 10: Foundations*

#### 1 PHẠM VI ÁP DỤNG

Các điều khoản quy định của tiêu chuẩn này dùng để thiết kế móng nông, móng cọc đóng, móng cọc khoan nhồi cũng như móng cọc siêu nhỏ cho công trình cầu.

#### 2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN

Các tài liệu dưới đây là rất cần thiết đối với việc áp dụng tiêu chuẩn này. Các tài liệu viện dẫn được trích dẫn từ những vị trí thích hợp trong văn bản tiêu chuẩn và các ấn phẩm được liệt kê dưới đây. Đối với các tài liệu có đề ngày tháng, những sửa đổi bổ sung sau ngày xuất bản chỉ được áp dụng cho bộ Tiêu chuẩn này khi bộ Tiêu chuẩn này được sửa đổi, bổ sung. Đối với các tiêu chuẩn không đề ngày tháng thì dùng phiên bản mới nhất.

- TCVN 2737:1995 Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế
- TCVN 4954:05 Đường ô tô- Yêu cầu thiết kế
- TCVN 5408:2007 Lớp phủ kẽm nhúng nóng trên bề mặt sản phẩm gang và thép- Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử
- TCVN 1651: 2008 - Thép cốt bê tông và lưới thép hàn
- TCVN 5664:2009 - Tiêu chuẩn quốc gia, Phân cấp kỹ thuật đường thủy nội địa
- TCVN 9386:2012- Thiết kế công trình chịu động đất
- TCVN 9392:2012- Thép cốt bê tông- Hàn hồ quang
- TCVN 9393: 2012- Cọc- Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục
- TCVN 10307:2014- Kết cấu cầu thép - Yêu cầu kỹ thuật chung về chế tạo, lắp ráp và nghiệm thu
- TCVN 10309:2014- Hàn cầu thép - Quy định kỹ thuật
- AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications (Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công cầu AASHTO)
- ASTM D3966 Standard Test Methods for Deep Foundations Under Lateral Load (Tiêu chuẩn

phương pháp thí nghiệm móng sâu chịu tải trọng ngang)

### 3 THUẬT NGỮ VÀ ĐỊNH NGHĨA

**3.1 Cọc xiên (Batter Pile)** - Cọc hoặc cọc siêu nhỏ có góc nghiêng so với phương thẳng đứng để tạo ra sức kháng lực ngang cao hơn.

**3.2 Cọc tựa (Bearing Pile)** - Một cọc hoặc cọc siêu nhỏ mà hiệu quả của nó là chịu lực dọc trục thông qua ma sát hay lực chống đầu cọc.

**3.3 Trụ nạng chống (Bent)**- Loại trụ bao gồm nhiều cột hoặc các cọc đỡ xà mũ đơn và trong một số trường hợp có nối với giằng.

**3.4 Xà mũ trụ nạng chống (Bent Cap)** - Một bộ phận kết cấu phần dưới chịu uốn được đỡ bởi cột hay cọc để chịu lực truyền từ kết cấu phần trên.

**3.5 Chiều dài dính kết (Bond length)**- chiều dài mà cọc siêu nhỏ dính kết được với đất và theo khái niệm nó truyền lực tác dụng lên cọc vào môi trường đất hoặc đá xung quanh. Nó còn được hiểu là chiều dài truyền tải trọng.

**3.6 Trụ nạng chống thân cột (Column Bent)** - Loại nạng chống dùng 2 hoặc nhiều cột để đỡ xà mũ. Các cột có thể là cọc khoan hoặc là các bộ phận độc lập tựa trên các móng riêng biệt hoặc trên các móng tổ hợp và có thể dùng các thanh neo tựa chịu lực ngang trên mặt đất.

**3.7 Cọc liên hợp ma sát và lực chống (Combination Point Bearing and Friction Pile)** - Cọc mà sức kháng của nó do đóng góp của cả 2 thành phần sức kháng mũi cọc và lực ma sát thành bên ở thân cọc ngáp trong đất.

**3.8 Móng tổ hợp (Combined Footing)** - Là móng đỡ nhiều hơn một cột

**3.9 CPT** - Thí nghiệm xuyên tĩnh

**3.10 CU** - Cổ kết không thoát nước.

**3.11 Móng sâu (Deep Foundation)** - Loại móng mà sức kháng của nó tạo thành bởi truyền lực xuống đất hoặc đá dưới sâu bên dưới kết cấu thông qua sức kháng chịu ép ở đáy, lực dính, ma sát hoặc cả hai.

**3.12 DTM** - Thí nghiệm bàn nén.

**3.13 Móng cọc khoan (Drilled shaft)** - Là loại móng mà toàn bộ hoặc một phần của nó chôn vào trong đất bằng phương pháp thi công đổ bê tông trong lỗ khoan có hoặc không có cốt thép. Sức kháng của móng nhờ vào đất xung quanh hoặc các lớp đất dưới đáy. Móng cọc khoan là chỉ chung cho các loại giếng chìm, giếng chìm khoan, cọc khoan nhồi hoặc các loại trụ khoan nhồi.

**3.14 Ứng suất có hiệu (Effective Stress)** - ứng suất thuần tại các điểm tiếp xúc giữa các hạt đất, nó được coi như tương đương bằng tổng ứng suất trừ đi áp lực nước lỗ rỗng.

**3.15 ER** - Hiệu năng của búa, biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của năng lượng búa rơi tự do trong hệ thống thiết bị búa dùng trong thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.

**3.16 Chiều dài không dính kết (Free (Unbonded) Length)** - phần chiều dài của cọc siêu nhỏ được thiết kế không dính kết với môi trường đất xung quanh hoặc với vữa bơm.

**3.17 Cọc ma sát (Friction Pile)** - Loại cọc mà sức kháng của nó huy động toàn bộ sức kháng của đất ở thành bên phần cọc ngáp trong đất.

**3.18 GRMRS (Geomechanics Rock Mass Rating System)** - Hệ thống phân loại để mô tả các tính chất cơ lý của khối đá.

**3.19 GSI (Geologic Strength Index)**- Chỉ số cường độ địa chất

**3.20 IGM (Intermediate Geomaterial)** - Một loại địa vật liệu trung gian, mà chất liệu là trung gian giữa đá và đất theo các yếu tố về cường độ và độ nén lún như là các loại đất còn lại (sau khi bị phong hóa bào mòn), các tầng sét do băng hà hoặc là đá rất yếu.

**3.21 Móng Rời (Isolated Footing)** - Các phần chống đỡ riêng biệt cho một bộ phận của kết cấu phần dưới.

**3.22 Chiều dài của móng (Length of Foundation)** - Kích thước mặt bằng lớn nhất của móng

**3.23 Cọc siêu nhỏ (Micropile)** - cọc khoan đường kính nhỏ và cọc đường kính nhỏ có bơm vữa không chuyển vị (thông thường đường kính nhỏ hơn 300 mm) và thường có cốt thép.

**3.24 OCR (Over Consolidation Ratio)** - tỷ số quá cố kết là tỷ lệ giữa áp lực tiền cố kết với ứng suất thẳng đứng có hiệu hiện thời.

**3.25 Cọc (Pile)** - Là một bộ phận mảnh của móng sâu được chôn một phần hoặc toàn bộ vào đất bằng đóng, khoan, khoan xoắn, xói thủy lực hay các phương pháp khác để khả năng chịu tải của nó có được nhờ ma sát đất xung quanh cọc hay sức chịu nén của đất ở chân cọc riêng rẽ hoặc kết hợp

cả hai thành phần.

**3.26 Trụ cọc nặng chống (Pile Bent)** - Là loại trụ nặng chống dùng cọc đóng hoặc loại cọc khác làm cột chống đỡ xà mũ.

**3.27 Mũi dẫn cọc (Pile Shoe)** - Là đoạn kim loại gắn chặt vào mũi xuyên của cọc để bảo vệ cọc không hư hại trong quá trình đóng cọc hoặc tạo cho cọc dễ dàng xuyên qua các lớp đất chặt.

**3.28 Thẩm lậu (Piping)** - Hiện tượng xói do thẩm nước tạo ra các mạch mở trong đất để nước chảy không kiểm soát được có thể gây sụp đổ công trình.

**3.29 Sụt cọc (Plunging)** - Hiện tượng gặp trong một số trường hợp thí nghiệm cọc khi không tăng tải trọng nữa nhưng cọc tiếp tục lún.

**3.30 PMT (Pressuremeter Test)** - Thí nghiệm đo áp lực

**3.31 Cọc chống (Point-Bearing Pile)** - Toàn bộ khả năng chịu lực của cọc bắt nguồn từ khả năng chịu lực nén của lớp đất dưới chân cọc.

**3.32 Bơm vữa sau (Post Grouting)** - Bơm vữa thêm vào trong phần dính kết của cọc siêu nhỏ sau khi vữa bơm sơ cấp đã đông cứng. Cũng được hiểu là vữa bơm thứ cấp.

**3.33 Vữa bơm sơ cấp (Primary Grout)** - Vữa xi măng Pooc Lăng được bơm vào lỗ cọc siêu nhỏ trước hoặc sau khi lắp đặt cốt cứng để truyền tải trọng từ cọc sang đất xung quanh cọc và ở mức độ nhất định chống rỉ cho cọc siêu nhỏ.

**3.34 Cốt cứng (Reinforcement)** - thành phần thép trong cọc siêu nhỏ để chịu tải trọng của cọc.

**3.35 RMR (Rock Mass Rating)** - Phân loại đá khối

**3.36 RQD (Rock Quality Designation)** - Chỉ số chất lượng đá

**3.37 Móng nông (Shallow Foundation)** - Móng mà sự chịu lực của nó thông qua việc truyền lực trực tiếp lên đá hoặc đất ở mức nông.

**3.38 Mặt trượt (Slickensides)** - Mặt nhẵn phẳng có rãnh soi trong đất có sét hay đá do kết quả của chuyển vị cắt đi qua mặt phẳng đó.

**3.39 SPT (Standard Penetration Test)** - Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn.

**3.40 Tổng ứng suất (Total Stress)** - Tổng ứng suất trong các hướng bất kỳ gây ra do đất và áp lực nước.

**3.41 UU (Unconsolidated Undrained)** - thí nghiệm không cố kết không thoát nước

**3.42 VST (Vane Shear Test)** - Thí nghiệm cắt cánh

**3.43 Bề rộng móng (Width of Foundation)** - Kích thước nhỏ nhất trên mặt bằng của móng

## 4 CÁC ĐẶC TÍNH CỦA ĐẤT, ĐÁ

### 4.1 CÁC THÔNG TIN CẦN THIẾT

Phải phân tích các yêu cầu của dự án để xác định các loại và lượng thông tin cần phải thu thập khi khảo sát địa chất. Các nội dung phân tích bao gồm:

- Định ra các yêu cầu thiết kế và thi công, ví dụ như cung cấp sự chênh lệch cao độ, tải trọng từ kết cấu phần trên truyền xuống, móng đào khô và ảnh hưởng của nó tới các thông tin địa chất cần thiết.
- Định ra các tiêu chí thực hiện, thí dụ giới hạn độ lún, các hạn chế chỉ giới của đường, sự gần sát nhau của các kết cấu lân cận và các hạn chế về tiến độ.
- Chỉ ra các lĩnh vực địa chất cần quan tâm tại nơi xây dựng và các khả năng biến đổi địa chất cục bộ.
- Xác định lĩnh vực thủy lực cần quan tâm, thí dụ nguy cơ lở hoặc các vùng xói.
- Trình tự và các giai đoạn thi công và tác động của nó tới các thông tin địa chất cần thiết.
- Phân tích kỹ thuật công trình sẽ được thực hiện ví dụ như khả năng chịu lực, lún, ổn định tổng thể.
- Chỉ ra các đặc trưng kỹ thuật và các thông số cần thiết cho việc phân tích nêu trên.
- Chọn phương pháp để thu thập các thông số và đánh giá ưu nhược điểm của phương pháp cho loại đất và các phương pháp xây dựng.
- Xác định số lượng mẫu thử cần thiết và vị trí lấy mẫu thích hợp cho chúng.

### 4.2 KHẢO SÁT ĐỊA CHẤT

Khảo sát địa chất phải tiến hành để thu thập các thông tin cần thiết cho việc thiết kế và xây dựng nền móng công trình. Việc mở rộng khảo sát địa chất phải dựa trên cơ sở sự thay đổi điều kiện địa tầng, loại kết cấu mà có thể làm ảnh hưởng tới việc thiết kế hoặc thi công móng. Đề cương khảo sát địa chất phải đủ nội dung để làm rõ bản chất và các loại địa tầng đất hoặc đá mà kết cấu móng đi qua,

đặc tính cơ lý của đất, đá, khả năng hóa lỏng và điều kiện nước ngầm. Chương trình khảo sát phải đủ chi tiết để chỉ ra các vấn đề thuộc điều kiện địa tầng như sự hình thành hang, hầm mỏ trong vùng, đất trôi, đất sụt hoặc vùng đất đắp hay vùng chứa rác v.v.

Công tác khoan phải đủ số lượng và chiều sâu để thiết lập được mặt cắt dọc và ngang của địa tầng đủ tin cậy ở vùng quan tâm như vị trí đặt móng và vùng lân cận công tác làm đất và nghiên cứu bất kỳ các tai biến địa chất vùng lân cận có thể ảnh hưởng tới công năng của kết cấu công trình.

Ở mức tối thiểu chương trình khảo sát và thí nghiệm phải nhận được các thông tin thích hợp để phân tích sự ổn định và lún của kết cấu móng liên quan đến:

- Tình trạng hình thành địa tầng
- Vị trí và chiều dày của các loại đất và đá
- Đặc tính cơ lý của các loại đất và đá như trọng lượng riêng, sức kháng cắt và khả năng chịu nén.
- Điều kiện nước ngầm
- Nghiên cứu điều kiện cục bộ ví dụ khả năng hóa lỏng, đất trương nở, co ngót, độ rỗng dưới mặt đất do thời tiết hoặc các hoạt động của hầm lò, hay các khả năng mất ổn định của mái dốc.

Cơ sở để đề xuất xác định vị trí các lỗ khoan trong đề cương khảo sát địa chất theo nội dung của Bảng 1. Khối lượng khoan khảo sát chính thức sẽ được điều chỉnh dựa trên sự thay đổi địa tầng có liên quan cũng như các thay đổi đã quan sát được trong quá trình khảo sát. Nếu các điều kiện được xác định là thay đổi, khối lượng khảo sát sẽ được tăng lên so với yêu cầu ở Bảng 1 sao cho mục tiêu xác định được mặt cắt dọc và ngang của địa tầng tin cậy đạt được. Nếu như các điều kiện được khảo sát là đồng nhất hoặc ít ảnh hưởng tới việc xây dựng móng, các kinh nghiệm xây dựng trước đó tại vùng chỉ ra rằng điều kiện địa tầng là đồng nhất và ít ảnh hưởng tới việc thi công móng thì có thể giảm bớt nội dung so với những gì nêu trong Bảng 1.

Có thể tiến hành thí nghiệm xuyên trong cùng lỗ khoan.

Các thí nghiệm trong phòng cũng như thí nghiệm tại hiện trường được tiến hành để xác định sức kháng, biến dạng, và đặc tính chống thấm của các lớp đất và đá phù hợp với loại móng được kiến nghị.

**Bảng 1- Số lượng tối thiểu các điểm khảo sát và chiều sâu khảo sát**

| <b>Loại móng</b> | <b>Số lượng tối thiểu các điểm khảo sát và vị trí các điểm khảo sát</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Chiều sâu khảo sát tối thiểu</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tường chắn       | Tối thiểu là một vị trí cho một tường chắn. Đối với các tường chắn có chiều dài lớn hơn 30000mm thì khảo sát các điểm cách nhau từ 30 000mm đến 60 000mm so le từ phía trước đến phía sau của tường chắn. Đối với tường chắn có neo găm vào đất thì khảo sát thêm các điểm cách phía sau tường từ một lần chiều cao đến 1.5 lần chiều cao tường với khoảng cách từ 30000mm đến 60000mm | Khảo sát tới chiều sâu ít nhất mà ở đó ứng suất tăng lên do tải trọng móng tác dụng nhỏ hơn 10% ứng suất bản thân của địa tầng, ở độ sâu bằng 1 lần hoặc 2 lần chiều cao tường. Chiều sâu khảo sát phải đảm bảo xuyên qua các lớp đất mềm yếu bị nén cao, ví dụ như bùn, bùn hữu cơ, hoặc đất hạt nhỏ mềm, tới các lớp đất chắc phù hợp cho việc đặt móng như đất dính cứng, hoặc đất rời chặt, nền đá.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Móng nông        | Với kết cấu phần dưới như trụ hoặc móng, chiều rộng nhỏ hơn hoặc bằng 30000 mm, tối thiểu có một điểm khảo sát cho 1 móng. Với kết cấu móng có bề rộng lớn hơn 30000mm tối thiểu có 2 điểm khảo sát cho 1 móng. Sẽ có thêm các điểm khảo sát nếu gặp các địa tầng thất thường.                                                                                                         | <p>Chiều sâu khảo sát cần:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Đủ sâu xuyên qua các lớp đất không thích hợp cho việc đặt móng như bùn, bùn hữu cơ hoặc đất hạt rời nhỏ, đạt tới vùng đất cứng thích hợp cho chịu lực như đất dính cứng hoặc đất rời chặt hay đá.</li><li>• Ít nhất tới chiều sâu mà ở đó ứng suất do tải trọng móng tăng ít hơn 10% so với ứng suất có hiệu bản thân của đất nền.</li><li>• Nếu nền đá xuất hiện ở độ sâu nông hơn so với yêu cầu ở điểm 2 nêu trên thì phải khoan sâu vào nền đá ít nhất 3000mm và phải khảo sát chi tiết nền đá về tính nén lún của vật liệu chèn khe của khe nứt nghiêng và khe nằm ngang của nền đá không liên tục (có khe nứt)</li></ul> <p>Chú ý rằng với nền đá có biến đổi cao hoặc có nghi ngờ gặp đá mềm côi, thì có thể khoan sâu hơn 3000mm hoặc phải lấy lõi đá để khẳng định nền đá thích hợp là thực tồn tại.</p> |

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Móng sâu | <p>Với loại móng như trụ cầu có chiều rộng nhỏ hơn hoặc bằng 3000mm, tối thiểu có một điểm cho một móng. Với móng có chiều rộng lớn hơn 3000mm tối thiểu 2 điểm khảo sát cho một móng sẽ có các điểm khảo sát bổ sung nếu điều kiện địa chất thay đổi thất thường, đặc biệt với trường hợp cọc khoan nhồi ngàm trong nền đá.</p> <p>Với nền đất, khảo sát đến độ sâu ít nhất 6000mm dưới mũi cọc hoặc tối thiểu 2 lần chiều dài kích thước nhỏ nhất của nhóm cọc đóng, tùy theo điều kiện nào sâu hơn. Tất cả lỗ khoan phải xuyên qua các lớp đất không thích hợp như là đất đắp không cố kết, bùn, đất có chứa nhiều hữu cơ, đạt tới độ sâu của các lớp đất rắn chắc.</p> <p>Đối với cọc đặt trên nền đá, thì khi khoan phải có được tối thiểu 3000mm mẫu lõi đá tại từng lỗ khoan để có thể đánh giá chắc chắn không phải khoan khảo sát đã gặp đá mồ côi.</p> <p>Đối với cọc hay cọc khoan nhồi ngàm trong nền đá thì tối thiểu phải khoan lấy lõi 3000mm, hay 3 lần đường kính cọc, sâu hơn cao độ mũi cọc, theo kích thước nào lớn hơn để có thể xác định được tính chất cơ lý của đá trong vùng ảnh hưởng của móng. Chú ý rằng với các điều kiện nền đá có nhiều thay đổi hoặc ở vùng có nhiều đá mồ côi lớn, thì lõi đá phải lớn hơn 3000mm để đánh giá chắc chắn về chất lượng nền đá tồn tại.</p> |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4.3 THÍ NGHIỆM TRONG PHÒNG

##### 4.3.1 Thí nghiệm đất

Tiến hành các thí nghiệm trong phòng để thu thập các số liệu cơ bản dùng cho việc phân loại đất và đo đạc các tính chất cơ lý của chúng.

Thí nghiệm đất phải được thực hiện theo các tiêu chuẩn tương thích AASHTO, ASTM.

##### 4.3.2 Thí nghiệm đá

Nếu thí nghiệm cường độ mẫu đá nguyên dạng nhằm mục đích phân loại đá thì xem xét các giá trị giới hạn trên. Nếu thí nghiệm mẫu kháng nén thì xem xét các giá trị giới hạn dưới. Hơn nữa các thí nghiệm trong phòng nên kết hợp với các thí nghiệm hiện trường và các đặc tính của khối đá tại hiện trường để xác định đặc trưng của khối đá. Khi tiến hành các thí nghiệm nên tuân thủ theo ASTM hoặc các phương pháp có kết quả tương đương cho các số liệu thiết kế cần thiết.

#### 4.4 THÍ NGHIỆM TẠI HIỆN TRƯỜNG

Có thể thí nghiệm tại hiện trường để thu thập các số liệu về sức kháng và biến dạng của đất nền hoặc đá dùng cho thiết kế hoặc phân tích. Thí nghiệm tại hiện trường nên tiến hành ở nơi đất yếu khó lấy mẫu nguyên dạng để xác định các chỉ tiêu thiết kế. Tiến hành thí nghiệm tại hiện trường theo các tiêu chuẩn tương thích với ASTM hoặc AASHTO.

Khi số liệu thí nghiệm tại hiện trường dùng để xác định thông số cho thiết kế thông qua phép tương quan thì các tương quan ấy nên được thiết lập dựa trên sự phổ biến trong thời gian dài, đã được áp dụng hoặc thông qua đo đạc chi tiết mà minh họa tính chính xác của tương quan.

#### 4.5 CÁC THÍ NGHIỆM ĐỊA VẬT LÝ

Các thí nghiệm địa vật lý chỉ nên dùng kết hợp với các phương pháp thí nghiệm trực tiếp như là SPT, CPT, v.v, để xác định các lớp địa tầng, mặt cắt các lớp đất ở trên đá gốc và chất lượng đá, chiều sâu mực nước ngầm, các giới hạn các loại đất trầm tích, sự tồn tại các lỗ rỗng, các loại ống chôn ngầm và chiều dày các móng hiện có. Các thí nghiệm địa vật lý cần tuân theo các tiêu chuẩn tương thích ASTM.

#### 4.6 LỰA CHỌN CÁC SỐ LIỆU CHO THIẾT KẾ

##### 4.6.1 Khái quát

Các đặc trưng của nền đất hoặc đá cần xác định nhờ một hoặc nhiều các phương pháp sau:

- Thí nghiệm tại chỗ trong quá trình khảo sát tại hiện trường kể cả việc sử dụng các thí nghiệm địa vật lý
- Thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, và
- Tính ngược lại các thông số thiết kế dựa trên các số liệu quan trắc thu thập khi thi công

Kinh nghiệm tại chỗ, các chuỗi thống kê đặc tính địa chất của vùng, các kiến thức địa chất vùng và thêm nữa là các kinh nghiệm sử dụng các số liệu sẵn có trong vùng cần phải được xét đến khi lựa chọn các số liệu cần thiết cho thiết kế. Nếu sử dụng các chuỗi số liệu đã được công bố kết hợp với một trong các phương pháp nêu trên thì việc xác định đặc trưng cơ lý địa chất phải dựa trên kinh nghiệm tại chỗ, các kết quả thí nghiệm hoặc kinh nghiệm trong thời gian dài.



Trọng tâm của việc đánh giá và lựa chọn đặc trưng địa chất là cho từng lớp đất đá riêng biệt ở vị trí dự án.

Các giá trị lựa chọn dùng cho thiết kế phải thích hợp với trạng thái giới hạn và các mô hình tính toán được xem xét.

Xác định các đặc trưng của đá dùng cho thiết kế phải xét đến đặc điểm của toàn khối đá bị chi phối bởi tính không liên tục của khối đá chứ không chỉ là đặc trưng cơ lý của mẫu nguyên dạng. Do đó đặc trưng cơ lý của đá phải xét tổng hợp các đặc trưng của mẫu đá cũng như toàn bộ khối đá, đặc biệt là tính không liên tục của toàn khối đá. Tổng hợp các kết quả thí nghiệm mẫu đá trong phòng thí nghiệm với các phân tích thực nghiệm, các quan sát hiện trường sẽ được dùng để xác định đặc trưng cơ lý của khối đá với việc nhấn mạnh nhiều hơn tới các mô tả quan sát bằng mắt và định tính về khối đá.

#### 4.6.2 Sức kháng của đất

##### 4.6.2.1 Khái quát

Lựa chọn sức kháng cắt của đất, phải xem xét tối thiểu các điều kiện sau:

- Tốc độ đặt tải của tải trọng xây dựng với tính dẫn suất nước của đất nghĩa là kháng cắt thoát nước và kháng cắt không thoát nước.
- Hiệu ứng của phương tác dụng của lực tới sức kháng cắt đo được trong khi thí nghiệm.
- Hiệu ứng của mức độ biến dạng dự kiến của cấu trúc địa chất, và
- Tác dụng của trình tự thi công.

##### 4.6.2.2 Sức kháng cắt không thoát nước của đất dính

Khi có thể, nên tiến hành thí nghiệm trong phòng mẫu thu thập các chỉ tiêu cố kết không thoát nước (CU) và không cố kết không thoát nước (UU) để xác định sức kháng chịu cắt không thoát nước,  $S_u$  là sự bổ sung cần thiết cho các trị số xác định bằng thí nghiệm tại hiện trường. Nếu việc lấy mẫu nguyên dạng dùng cho thí nghiệm trong phòng gặp khó khăn thì có thể dùng kết quả thí nghiệm tại hiện trường. Đối với các địa tầng có lớp đất dính với chiều dày lớn, thì nên xây dựng biên dạng của  $S_u$  là hàm số của chiều sâu để chắc chắn có được qui luật ứng suất của lớp đất và các đặc trưng của nó.

##### 4.6.2.3 Sức kháng cắt thoát nước của đất dính

Các thông số cường độ ứng suất có hiệu trong dài hạn,  $c'$  và  $\phi'_f$  của đất sét được đánh giá bằng hợp thí nghiệm cắt chậm trực tiếp cố kết thoát nước, thí nghiệm cố kết thoát nước 3 trục (CD) hoặc thí nghiệm cố kết không thoát nước 3 trục (CU) cùng với đo áp lực lỗ rỗng. Khi thí nghiệm trong phòng, tốc độ cắt phải đủ chậm để đảm bảo hoàn toàn phá hủy áp lực dư lỗ rỗng trong thí nghiệm thoát nước, còn trong thí nghiệm không thoát nước tạo ra cân bằng áp lực lỗ rỗng trên toàn bộ mẫu.

##### 4.6.2.4 Sức kháng cắt thoát nước của đất rời

Góc ma sát thoát nước của đất hạt rời sẽ được xác định nhờ tương quan kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT, CPT hoặc các thí nghiệm hiện trường khác. Thí nghiệm kháng cắt trong phòng thí nghiệm trên các mẫu nguyên dạng nếu có thể nhận được, hoặc các mẫu tái tạo do bị hỏng cũng có thể được dùng để xác định sức kháng cắt của đất rời.

Nếu các giá trị SPT được dùng, trừ khi có chỉ dẫn cho phương pháp thiết kế hoặc chỉnh lý được dùng, chúng sẽ phải được điều chỉnh để xét đến hiệu ứng của áp lực lớp đất phủ trên theo công thức sau:

$$N_1 = C_N N \quad (1)$$

$N_1$  = Số SPT chỉnh lý có xét đến hiệu ứng áp lực đất phủ trên  $\sigma'_v$  (số nhát búa /300mm)

$C_N = [0,77 \log_{10} (1,92 / \sigma'_v)]$  và  $C_N < 2,0$

$\sigma'_v$  = Áp lực có hiệu thẳng đứng (MPa)

$N$  = Số nhát búa SPT chưa chỉnh lý (số nhát búa/300 mm)

Giá trị SPT cũng điều chỉnh theo hiệu ứng của búa, nếu áp dụng được cho phương pháp thiết kế hoặc phép tương quan được dùng thì xác định như sau:

$$N_{60} = (ER/60\%)N \quad (2)$$

Trong đó:

$N_{60}$  = Số búa SPT điều chỉnh theo hiệu ứng của búa

$ER$  = Hiệu quả của búa thử SPT biểu thị bằng số phần trăm của năng lượng rơi tự do lý thuyết tùy theo hệ thống búa thực dùng. Nếu không có số liệu của hệ búa thì có thể dùng trị số  $ER = 60\%$  cho hệ búa thông thường dùng dây và đầu mào,  $ER = 80\%$  đối với hệ búa có hành trình tự động.

$N$  = Số SPT chưa điều chỉnh (số nhát búa/300 mm)

Khi số búa SPT điều chỉnh cho cả hiệu ứng áp lực lớp đất phủ trên và hiệu ứng của búa, công thức

điều chỉnh sẽ như sau:

$$N_{160} = C_N N_{60} \tag{3}$$

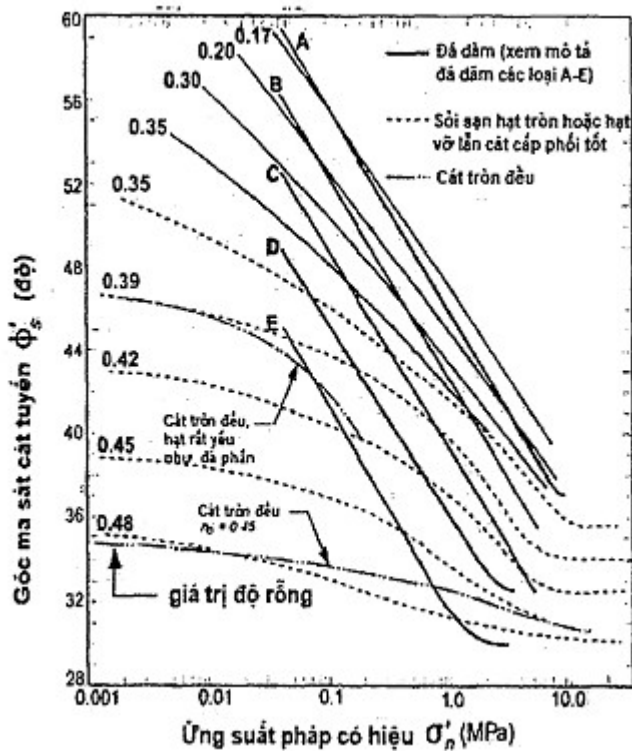
Góc ma sát thoát nước của đất rời sẽ được xác định dựa trên các tương quan sau

**Bảng 2- Tương quan các giá trị SPT  $N_{160}$  và góc nội ma sát của đất hạt rời thoát nước**  
(Chỉnh lý theo Bowles, 1977)

| $N_{160}$ | $\phi_f$ |
|-----------|----------|
| < 4       | 25-30    |
| 4         | 27-32    |
| 10        | 30-35    |
| 30        | 35- 40   |
| 50        | 38-43    |

Đối với cuội sỏi và đá có các vật liệu chèn, không thể xác định được giá trị SPT thì dùng Hình 1 để xác định góc ma sát thoát nước.

| Cấp của đá | Cường độ kháng nén nở hông của mẫu (MPa) |
|------------|------------------------------------------|
| A          | >220                                     |
| B          | 165 to 220                               |
| C          | 125 to 165                               |
| D          | 80 to 125                                |
| E          | ≤80                                      |



**Hình 1-Xác định góc ma sát thoát nước của sỏi cuội và vật liệu chèn khe đá**  
(Chỉnh lý theo Terzaghi, Peck và Mesri, 1996)

**4.6.3 Biến dạng của đất**

Các chỉ số cố kết  $C_c$ ,  $C_r$ ,  $C_\alpha$  được xác định từ các kết quả thí nghiệm cố kết một trục. Để ước định các biến thiên tiềm ẩn khi xác định lún, phải xem xét các giá trị trung bình, giá trị cận dưới, cận trên của các kết quả thí nghiệm.

Ứng suất tiền cố kết có thể xác định bằng thí nghiệm cố kết một trục và thí nghiệm tại hiện trường. Các hiểu biết về qui luật ứng suất của đất nên được dùng để bổ sung cho số liệu thí nghiệm trong phòng hoặc thí nghiệm tại hiện trường nếu có thể.

Hệ số cố kết  $c_v$  được xác định từ kết quả thí nghiệm nén cố kết một trục. Các thay đổi trong thí nghiệm xác định kết quả  $c_v$  nên được xem xét khi lựa chọn kết quả cuối cùng  $c_v$  dùng cho thiết kế.

Khi đánh giá lún đàn hồi là khống chế việc thiết kế móng hoặc lựa chọn loại móng thì nên dùng các phương pháp thí nghiệm hiện trường như PMT hay DMT để xác định mô đun của lớp đất.

Khả năng trương nở của đất làm cho móng sâu bị nâng trôi lên hoặc nâng móng nông cần được kiểm tra theo Bảng 3.

**Bảng 3- Phương pháp xác định khả năng trương nở của đất (Reece and O'Neill 1988)**

| Giới hạn chảy LL (%) | Giới hạn dẻo PL (%) | Sức hút nước của đất (MPa) | Khả năng trương nở (%) | Phân loại trương nở |
|----------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|
| > 60                 | > 35                | > 0.38                     | > 1.5                  | Cao                 |
| 50-60                | 25-35               | 0.14-0.38                  | 0.5 - 1.5              | Ranh giới           |
| < 50                 | < 25                | < 0.14                     | < 0.5                  | Thấp                |

#### 4.6.4 Sức kháng của nền đá

Cường độ của vật liệu đá nguyên dạng được xác định theo kết quả thí nghiệm nén nở hông (không kiềm chế) mẫu đá nguyên dạng.

Sức kháng của nền đá có nhiều vết nứt không chỉ xác định theo thí nghiệm nén nở hông, vì đối với nền đá có chứa nhiều vết nứt ngẫu nhiên theo hướng mang đặc trưng của các phân mảng đá đẳng hướng, ứng xử của nền đá phụ thuộc nhiều vào hướng tác dụng của tải trọng.

Trừ trường hợp thiết kế móng nông trên nền đá, xác định sức kháng của nền đá nứt hỗn tạp phải dựa trên cơ sở phân loại đá theo chỉ số sức kháng địa chất (GSI) như miêu tả trên các Hình 2 và 3, sau đó đánh giá sức kháng theo các tiêu chuẩn phá hủy của Hock- Brown.

Cường độ của nền đá có khe nứt phân mảng được đánh giá theo các tiêu chuẩn Hoek và Brown (Hoek- Brown et al., 2002). Tiêu chuẩn cường độ phi tuyến này được viết dưới dạng tổng quát như sau:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + q_u m_b \frac{3}{q_u} s^a \quad (4)$$

Trong đó:

$$s = e^{\frac{GSI - 100}{9 \cdot 3D}} \quad (5)$$

$$a = \frac{1}{2} - \frac{1}{6} e^{\frac{GSI}{15}} e^{-\frac{20}{3}} \quad (6)$$

ở đây:

$e = 2,718$  cơ số lô ga rit Nê pe.

$D$  = Hệ số xét đến ảnh hưởng của phương pháp phá đá

$\sigma_1$  và  $\sigma_3$  = ứng suất chính có hiệu (MPa)

$q_u$  = cường độ nén nở hông trung bình của mẫu đá (MPa)

$m_b$ ,  $s$  và  $a$  = Các thông số xác định bằng thực nghiệm (MPa)

Giá trị  $m_i$  lấy theo Bảng 4 dựa trên đặc trưng của đá. Quan hệ giữa GSI với các thông số  $m_b$ ,  $s$ ,  $a$  theo Hoek (2002) như sau:

$$m_b = m_i e^{\frac{GSI - 100}{28 \cdot 14D}} \quad (7)$$

Sự xáo trộn nền móng đào do phương pháp phá đá cần được xét đến thông qua hệ số  $D$  trong các Phương trình từ 5 đến 7. Trị số  $D$  lấy bằng 1 nếu thi công đào đá bằng nổ mìn;  $D=0$  khi thi công đào đá bằng phương pháp khoan;  $D=0,5$  nếu thi công đá bằng phương pháp dùng búa đập.

Khi cần đánh giá cường độ của mặt đá có khe nứt đơn (vết phân mảng, vĩa) hoặc mặt đá có tập hợp khe nứt thì cường độ theo khe nứt được xác định như sau:

- Đối với các khe nứt có bề mặt nhẵn thì sức kháng cắt lấy đại diện bằng góc ma sát của vật liệu đá gốc. Để đánh giá góc ma sát của loại bề mặt khe nứt này cho thiết kế, tiến hành thí nghiệm cắt trực tiếp trên mẫu. Các mẫu được gia công trong phòng thí nghiệm bằng cách cắt từ lõi khoan đá nguyên



dạng hoặc nếu có thể dùng hộp thí nghiệm cắt định hướng thực hiện thí nghiệm trên mặt khe nứt thực tế.

• Đối với các khe nứt có bề mặt gồ ghề thì dùng các tiêu chuẩn phi tuyến của Barton (1976).

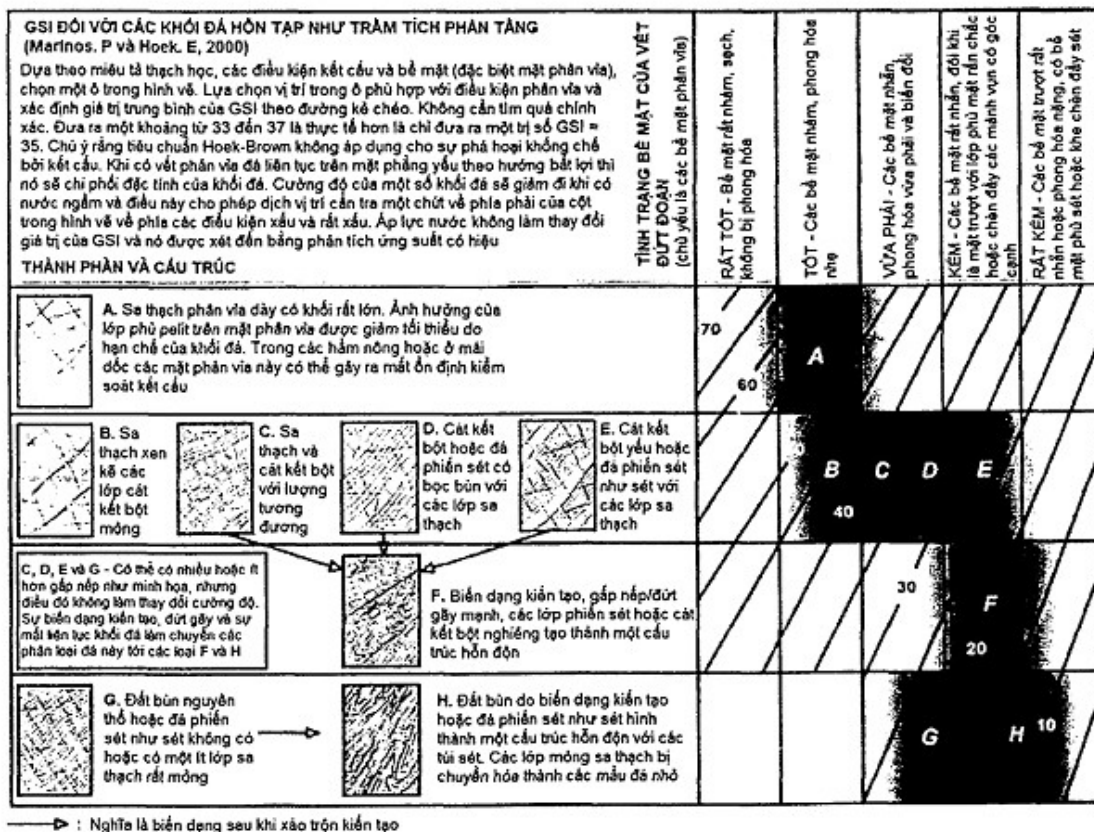
Nếu có thể dùng hộp cắt trực tiếp có định hướng tiến hành thí nghiệm trực tiếp trên khe nứt thực tế.

**Bảng 4 - Các giá trị hằng số  $m_i$  của nhóm đá (Theo Marinis and Hoek 2000; các giá trị cập nhật của công ty Rocscience, Inc., 2007)**

| Loại đá      | Cấp                 | Nhóm                      | Cấu trúc bề mặt                                |                                                      |                                              |                                                          |
|--------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|              |                     |                           | Thô                                            | Trung                                                | Mịn                                          | Rất mịn                                                  |
| ĐO TRẦM TÍCH | Vụn rời             |                           | Cuội kết<br>(21 ± 3)<br><br>Dăm kết<br>(19± 5) | Cát kết 17 ± 4                                       | Bột kết 7± 2<br><br>Đá huyền<br>(18± 3)      | Đá sét 4± 2<br>Đá phiến (6±2)<br><br>Đá vôi sét<br>(7±2) |
|              | Không vụn rời       | Cacbonat                  | Đá vôi kết tinh<br>(12±3)                      | Đá vôi Sparitic<br>(10±5)                            | Đá vôi Micritic<br>(8±3)                     | Dolomite (9±3)                                           |
|              |                     | Trầm tích<br>Evaporite    |                                                | Thạch cao 10±2                                       | Thạch cao<br>không nước<br>12±2              |                                                          |
|              |                     | Hữu cơ                    |                                                |                                                      |                                              |                                                          |
| ĐÁ BIẾN CHẤT | Không phân phiến    |                           | Cắm thạch 9±3                                  | Đá chịu lửa<br>(19±4)<br><br>Siêu sa thạch<br>(19±3) | Đá Quaczit<br>20±3                           |                                                          |
|              | Phân phiến nhẹ      |                           | Micmatit (29±3)                                | Amphibolit 26±6                                      | Đá gơnai<br>28±5                             |                                                          |
|              | Phân phiến          |                           |                                                | Diệp thạch<br>(10±3)                                 | Filit (7±3)                                  | Đá phiến, đá<br>acđoa 7±4                                |
| ĐÁ PHUN TRÀO | Đá dưới sâu         | Sáng màu                  | Đá Granite<br>32±3                             | Đá Diorite 25±5                                      |                                              |                                                          |
|              |                     |                           | Đá Granodiorite (29±3)                         |                                                      |                                              |                                                          |
|              |                     | Màu tối                   | Đá Gabrô 27±3                                  | Đo le rít (16±5)                                     |                                              |                                                          |
|              |                     |                           | Norite (một loại đá gabbro)<br>(20±5)          |                                                      |                                              |                                                          |
|              | Sâu vừa             |                           | Đá Porphyries (20±5)                           |                                                      | Đá Diaba<br>(15±5)                           | Đá Peridotite<br>(25±5)                                  |
|              | Sản phẩm núi<br>lửa | Dung nham                 |                                                | Đá Riolite (25±5)<br><br>Ăng đê xit<br>25± 5         | Đá Daxit<br>(25±3)<br><br>Đá Bazan<br>(25±5) |                                                          |
| Nham tầng    |                     | Đá dăm dính<br>kết (19±3) | đá cuội kết<br>dính(19±5)                      | Đá tro núi lửa<br>(13±5)                             |                                              |                                                          |

| CHỈ SỐ CƯỜNG ĐỘ ĐỊA CHẤT CỦA ĐÁ CÓ PHÂN VĨA (Hoek and Marinos, 2000)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                | CÁC TÌNH TRẠNG BỀ MẶT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |  |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--|-----|-----|
| <p>Dựa theo miêu tả thạch học, các điều kiện kết cấu và bề mặt (đặc biệt mặt phân vĩa), chọn một ô trong hình vẽ. Lựa chọn vị trí trong ô phù hợp với điều kiện phân vĩa và xác định giá trị trung bình của GSI theo đường kẻ chéo. Không cần tìm quá chính xác. Đưa ra một khoảng từ 33 đến 37 là thực tế hơn là chỉ đưa ra một trị số GSI=35. Chú ý rằng tiêu chuẩn Hoek-Brown không áp dụng cho sự phá hoại không chế bởi kết cấu. Khi có vết phân vĩa đá liên tục trên mặt phẳng yếu theo hướng bất lợi liên quan với mặt phẳng đào thì nó sẽ chỉ phối đặc tính của khối đá. Cường độ kháng cắt của các bề mặt đá sẽ có xu hướng bị hủy hoại khi thay đổi độ ẩm do đó nó bị giảm đi khi có nước. Khi tra các chỉ số của các loại đá từ thường tới rất kém, thì dịch chuyển về phía phải. Áp lực nước được xét đến bằng phân tích ứng suất có hiệu</p> |                                                                                                                                                                                | <p><b>RẤT TỐT</b><br/>Các bề mặt rất nhám, sạch, không bị phong hóa</p> <p><b>TỐT</b><br/>Các bề mặt nhám, phong hóa nhẹ bị nhốm màu sắt</p> <p><b>THƯỜNG</b><br/>Bề mặt nhẵn, phong hóa trung bình, bề mặt thay đổi</p> <p><b>KÉM</b><br/>Các mặt bị trượt, phong hóa nặng, bề mặt bị phủ một lớp rún chắc hoặc khe bị chèn đầy bởi các mảnh vụn có</p> <p><b>RẤT KÉM</b><br/>Các bề mặt bị trượt, phong hóa nặng, bề mặt bị phủ hoặc chèn bằng đất sét</p> |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                | CHẤT LƯỢNG GIẢM ĐI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
| CẤU TRÚC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>ĐÁ NGUYÊN KHỐI HOẶC KHỐI LỚN</b> - Các mẫu đá nguyên dạng hoặc đá khối lớn tại chỗ có ít các vết phân mảnh cách nhau trên cự ly lớn                                         | 90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  | N/A | N/A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>CÓ KHỐI LỚN</b> - Các khối đá lớn hình lập phương tạo bởi 3 đường phân mảnh cắt chặt vào nhau không bị xáo trộn                                                             | 80                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>KHỐI RẤT LỚN</b> Khối đá cắt chặt vào nhau bởi các khối có nhiều mặt hình góc nhọn tạo bởi các cặp 4 hoặc nhiều hơn đường phân mảnh. bị xáo trộn một phần                   | 70                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>KHỐI LỚN/BỊ NHIỀU TRỌN/CÓ VẾT NÚT</b> - các nếp gấp với các khối có hình góc nhọn hình thành bởi các đường phân mảnh giao nhau. Còn giữ lại các mặt phân lớp hoặc thờ phiến | 60                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>ĐÁ BỊ PHÂN RÃ</b> - Các khối đá bị vỡ vụn với các mảnh có góc nhọn và hình tròn cắt vào nhau lỏng lẻo.                                                                      | 50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>ĐÁ BỊ MỎNG CÁT LÁT MỎNG</b> - Không có các khối lớn do khoảng cách các thờ phiến yếu hoặc các mặt trượt gần nhau                                                            | 40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                | 30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                | 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                | 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |     |  |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                | N/A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | N/A |  |     |     |

Hình 2 - Xác định GSI cho các khối đá bị phân phiến, (Hook and Marinos, 2000)



**Hình 3- Xác định GSI cho các khối đá kiến tạo biến dạng không đồng nhất (Marinos and Hock 2000)**

#### 4.6.5 Biến dạng của nền đá

Mô đun đàn hồi của nền đá ( $E_m$ ) lấy theo giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị mô đun xác định theo thí nghiệm mẫu đá và giá trị mô đun ghi trong Bảng 5.

Đối với những công trình lớn hoặc quan trọng nên xem xét việc xác định mô đun đàn hồi của nền đá bằng thí nghiệm tại chỗ.

Để xác định sơ bộ cho việc thiết kế cơ sở, mô đun đàn hồi của nền đá nguyên khối có thể tham khảo các giá trị trong Bảng 6.

**Bảng 5- Xác định  $E_m$  theo GSI**

| Biểu thức                                                                                                          | Chú giải                                                             | Tham khảo                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| $E_m \text{ GPa} = \sqrt{\frac{q_u}{100}} 10^{\frac{\text{GSI} - 10}{40}}$<br>Khi $q_u \leq 100 \text{ MPa}^{(*)}$ | tính cho đá với $q_u < 100 \text{ MPa}$ , $q_u$ tính theo đơn vị MPa | Hoek và Brown (1997),<br>Hoek et al (2002) |
| $E_m \text{ GPa} = 10^{\frac{\text{GSI} - 10}{40}}$<br>Khi $q_u \geq 100 \text{ MPa}$                              |                                                                      |                                            |
| $E_m = \frac{E_g}{100} e^{\frac{\text{GSI}}{21.7}}$                                                                | Hệ số triết giảm mô đun dựa theo GSI                                 | Yang (2002)                                |

(\*):  $E_R$  = Mô đun đàn hồi đá nguyên dạng,  $E_m$  = mô đun đàn hồi khối đá tương đương, GSI = chỉ số cường độ địa chất

$q_u$  = cường độ kháng nén một trục.

**Bảng 6 - Tổng hợp mô đun đàn hồi cho đá nguyên khối (chỉnh lý theo Kuhawy, 1978)**

| Loại đá   | Số các giá trị | Số hiệu loại đá | Mô đun đàn hồi ( $\text{MPa} \cdot 10^3$ ) |        |       | Độ lệch chuẩn ( $\text{MPa} \cdot 10^3$ ) |
|-----------|----------------|-----------------|--------------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------------|
|           |                |                 |                                            |        |       |                                           |
| granit    | 26             | 26              | 100.0                                      | 6.410  | 52.70 | 24.48                                     |
| Điorite   | 3              | 3               | 112.0                                      | 17.100 | 51.40 | 42.68                                     |
| Đá gabbro | 3              | 3               | 84.1                                       | 67.600 | 75.80 | 6.69                                      |
| Điabas    | 7              | 7               | 104.0                                      | 69.000 | 88.30 | 12.27                                     |

|              |    |    |      |        |       |       |
|--------------|----|----|------|--------|-------|-------|
| Basal        | 12 | 12 | 84.1 | 29.000 | 56.10 | 17.93 |
| Quazite      | 7  | 7  | 88.3 | 36.500 | 66.10 | 16.00 |
| Cẩm thạch    | 14 | 13 | 73.8 | 4.000  | 42.60 | 17.17 |
| Gơnai        | 13 | 13 | 82.1 | 28.500 | 61.10 | 15.93 |
| Đá phiến     | 11 | 2  | 26.1 | 2.410  | 9.58  | 6.62  |
| Đá sit       | 13 | 12 | 69.0 | 5.930  | 34.30 | 21.93 |
| Đá philit    | 3  | 3  | 17.3 | 8.620  | 11.80 | 3.93  |
| Cát kết      | 27 | 19 | 39.2 | 0.620  | 14.70 | 8.20  |
| Bột kết      | 5  | 5  | 32.8 | 2.620  | 16.50 | 11.38 |
| Đá phiến sét | 30 | 14 | 38.6 | 0.007  | 9.79  | 10.00 |
| Đá vôi       | 30 | 30 | 89.6 | 4.480  | 39.30 | 25.72 |
| Đá đolômit   | 17 | 16 | 78.6 | 5.720  | 29.10 | 23.72 |

Hệ số Poisson của đá nên được xác định từ các thí nghiệm trên mẫu đá nguyên dạng. Khi thí nghiệm trên mẫu đá là khó thực hiện, hệ số Poisson có thể được lấy theo Bảng 7

**Bảng 7- Tổng hợp hệ số Poisson của đá nguyên dạng (theo Kulhawy, 1978)**

| Loại đá    | Số giá trị | Số hiệu loại đá | Hệ số Poisson |          |            | Độ lệch chuẩn |
|------------|------------|-----------------|---------------|----------|------------|---------------|
|            |            |                 | Lớn nhất      | Nhỏ nhất | Trung bình |               |
| Granit     | 22         | 22              | 0.39          | 0.09     | 0.20       | 0.08          |
| Gabro      | 3          | 3               | 0.20          | 0.16     | 0.18       | 0.02          |
| Điabas     | 6          | 6               | 0.38          | 0.20     | 0.29       | 0.06          |
| Basal      | 11         | 11              | 0.32          | 0.16     | 0.23       | 0.05          |
| Quaczit    | 6          | 6               | 0.22          | 0.08     | 0.14       | 0.05          |
| Cẩm thạch  | 5          | 5               | 0.40          | 0.17     | 0.28       | 0.08          |
| Gơnai      | 11         | 11              | 0.40          | 0.09     | 0.22       | 0.09          |
| Đá sit     | 12         | 11              | 0.31          | 0.02     | 0.12       | 0.08          |
| Cát kết    | 12         | 9               | 0.46          | 0.08     | 0.20       | 0.11          |
| Siltstone  | 3          | 3               | 0.23          | 0.09     | 0.18       | 0.06          |
| Phiến sét  | 3          | 3               | 0.18          | 0.03     | 0.09       | 0.06          |
| Đá vôi     | 19         | 19              | 0.33          | 0.12     | 0.23       | 0.06          |
| Đá đolômit | 5          | 5               | 0.35          | 0.14     | 0.29       | 0.08          |

#### 4.6.6. Tính chịu bào mòn của đá

Cần phải chú ý đến các tính chất cơ lý của đá và điều kiện của khối đá khi đánh giá tính nhạy cảm của đá đối với bào mòn của khối đá xung quanh móng cầu. Tính chất vật lý của đá được xem xét khi đánh giá độ bền chịu bào mòn của đá bao gồm cả tác nhân thấm các bon, các khoáng chất, khoảng cách các khe nứt và sự phong hóa.

### 5 CÁC TRẠNG THÁI GIỚI HẠN VÀ HỆ SỐ SỨC KHÁNG

#### 5.1 KHÁI QUÁT

Theo các trạng thái giới hạn được qui định tại Điều 1.3.2 Phần 1 bộ tiêu chuẩn này, tiêu chuẩn này qui định các điều khoản cụ thể cho thiết kế nền móng.

Các móng phải được định kích thước sao cho sức kháng đã chiết giảm hệ số không nhỏ hơn ngoại lực tính toán (ứng lực với các hệ số như qui định ở Phần 3 bộ tiêu chuẩn này).

#### 5.2 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG

##### 5.2.1 Tổng quát

Khi thiết kế móng ở trạng thái giới hạn sử dụng, phải xem xét các vấn đề sau:

- Lún
- Chuyển vị ngang

- Ổn định tổng thể, và
- Xói ứng với mực nước thiết kế

Xem xét giới hạn chuyển vị của móng trên cơ sở dung sai kết cấu phần trên với toàn bộ chuyển vị và sự chênh lệch chuyển vị, sự êm thuận cho xe cộ di chuyển và lợi ích kinh tế. Chuyển vị của móng bao gồm tất cả các chuyển vị độ lún, chuyển vị ngang và góc xoay.

### 5.2.2 Chuyển vị cho phép và tiêu chuẩn chuyển vị

Lựa chọn giá trị chuyển vị cho phép để thiết kế một công trình cụ thể phải phù hợp với sự làm việc của kết cấu, loại hình kết cấu với tuổi thọ của công trình, ảnh hưởng của độ lún quá cho phép tới công năng của kết cấu. Chuyển vị của móng bao gồm chuyển vị đứng, nằm ngang, góc xoay. Tiêu chuẩn dung sai của chuyển vị được xác định bằng kinh nghiệm, bằng giải tích hoặc bằng xem xét theo cả hai phương pháp.

Xác định độ lún của móng theo tổ hợp tải trọng sử dụng I qui định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này. Khi tính toán lún của móng trên nền đất dính có lún cổ kết theo thời gian, không xét đến các tải trọng tức thời.

Tất cả các tổ hợp tải trọng sử dụng qui định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này sẽ dùng để đánh giá chuyển vị ngang và góc xoay của móng.

Tiêu chuẩn chuyển vị ngang của móng được qui định ở vị trí đỉnh bệ móng, trên cơ sở tính dung sai dịch chuyển theo phương nằm ngang của kết cấu phần trên, cùng với việc xét đến chiều dài của thân trụ và độ cứng của nó.

### 5.2.3 Ổn định tổng thể

Ổn định tổng thể của mái dốc của đất có hoặc không có kết cấu móng được xem xét với trạng thái giới hạn sử dụng theo qui định ở Điều 6.2.3 Phần 11 bộ tiêu chuẩn này

### 5.2.4 Chuyển vị của mố

Phải xem xét chuyển vị thẳng đứng và nằm ngang của mố cầu do tác động của tải trọng nền đường phía sau mố gây ra.

## 5.3 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN CƯỜNG ĐỘ

### 5.3.1 Tổng quát

Thiết kế móng ở trạng thái giới hạn cường độ bao gồm việc xem xét sức chịu lực của đất nền và sức kháng kết cấu danh định của các bộ phận móng. Thiết kế móng ở trạng thái giới hạn cường độ không bao gồm việc xem xét các biến dạng cần có để tạo ra sức kháng danh định, trừ khi có định nghĩa sự phá hủy do biến dạng được được quy định.

Thiết kế móng ở trạng thái cường độ phải xem xét:

- Sức chịu lực của kết cấu
- Mất các chống đỡ thẳng đứng và ngang do xói mòn khi có lũ thiết kế

### 5.3.2 Móng nông

Thiết kế móng nông với các trạng thái giới hạn phải xem xét:

- Sức kháng ép danh định của đất nền
- Lật hoặc bị mất diện tích tựa quá mức
- Trượt ở đáy móng và
- Khả năng thi công

### 5.3.3 Cọc đóng

Thiết kế móng cọc đóng theo trạng thái giới hạn cần phải xem xét:

- Sức kháng nén dọc trục của cọc đơn
- Sức kháng nén của nhóm cọc
- Sức kháng nhổ của cọc đơn
- Sức kháng nhổ của nhóm cọc
- Sự phá hoại do cọc chọc thủng vào lớp đất yếu ở bên dưới tầng đất chịu lực mũi cọc.
- Khả năng thi công kể cả khả năng đóng cọc

### 5.3.4 Cọc khoan

Thiết kế móng cọc khoan theo trạng thái giới hạn cần xem xét các vấn đề sau:



- Sức kháng nén dọc trục của cọc đơn
- Sức kháng nén của nhóm cọc
- Sức kháng nhổ của cọc đơn
- Sức kháng nhổ của nhóm cọc
- Sự phá hoại do cọc chọc thủng vào lớp đất yếu ở bên dưới tầng chịu lực mũi cọc
- Khả năng thi công kể cả các phương pháp khoan cọc

### 5.3.5 Cọc siêu nhỏ

Thiết kế móng cọc siêu nhỏ theo trạng thái giới hạn cần xem xét các vấn đề sau:

- Sức kháng nén dọc trục của cọc siêu nhỏ đơn,
- Sức kháng nén của nhóm cọc siêu nhỏ,
- Sức kháng nhổ của cọc siêu nhỏ đơn,
- Sức kháng nhổ của nhóm cọc siêu nhỏ
- Sức kháng chống chọc thủng của nhóm cọc siêu nhỏ vào lớp đất yếu hơn ở phía dưới tầng đất làm nền tựa của nhóm cọc và sự chống chọc thủng của cọc siêu nhỏ đơn nếu cọc siêu nhỏ thuộc loại cọc chống.
- Sức kháng lực ngang của cọc siêu nhỏ đơn và nhóm cọc siêu nhỏ,
- Khả năng thi công bao gồm cả phương pháp thi công cọc siêu nhỏ.

## 5.4 TRẠNG THÁI GIỚI HẠN ĐẶC BIỆT

Móng phải được thiết kế theo trạng thái giới hạn đặc biệt khi cần áp dụng.

## 5.5 CÁC HỆ SỐ SỨC KHÁNG

### 5.5.1 Trạng thái giới hạn sử dụng

Hệ số sức kháng khi thiết kế theo trạng thái giới hạn sử dụng phải lấy bằng 1,0 trừ trường hợp tính ổn định tổng thể như qui định trong Điều 6.2.3 Phần 11 bộ tiêu chuẩn này.

Dùng hệ số sức kháng bằng 1,0 để đánh giá khả năng của móng đáp ứng được các tiêu chuẩn về biến dạng sau khi có xói do lũ ứng với mực nước thiết kế.

### 5.5.2 Trạng thái giới hạn cường độ

#### 5.5.2.1 Tổng quát

Các hệ số sức kháng cho các loại nền móng khác nhau theo trạng thái giới hạn cường độ sẽ được lấy theo qui định ở các Điều 5.5.2.2, 5.5.2.3 và 5.5.2.4 trừ khi có các giá trị qui định khác..

Khả năng chịu lực của móng sau xói do lũ thiết kế phải có khả năng chịu lực thích hợp với các hệ số sức kháng như qui định tại Điều này.

#### 5.5.2.2 Móng nông

Hệ số sức kháng qui định trong Bảng 8 dùng để thiết kế trạng thái giới hạn cường độ cho móng nông với các ngoại lệ xét đến sai khác cho phép của thi công và các điều kiện cụ thể của hiện trường trong Điều 10.5.5.2

**Bảng 8 - Hệ số sức kháng nền của móng nông ở trạng thái giới hạn cường độ**

| Phương pháp/ loại đất/ tình trạng |             |                                                                      | Hệ số kháng |
|-----------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|-------------|
| Sức kháng ép                      | $\varphi_b$ | Phương pháp lý thuyết (Munfakh et al., 2001), trong đất sét          | 0,50        |
|                                   |             | Phương pháp lý thuyết (Munfakh et al., 2001), trong cát, sử dụng CPT | 0,50        |
|                                   |             | Phương pháp lý thuyết (Munfakh et al., 2001), trong cát, sử dụng SPT | 0,45        |
|                                   |             | Phương pháp nửa thực nghiệm (Meyer hof, 1957), tất cả các loại đất   | 0,45        |
|                                   |             | Móng trong đá                                                        | 0,45        |
|                                   |             | Thí nghiệm bàn ép                                                    | 0,55        |
| Trượt                             | $\varphi$   | Bê tông đúc sẵn đặt trên cát                                         | 0,90        |
|                                   |             | Bê tông đổ tại chỗ đặt trên cát                                      | 0,80        |

|  |                |                                                   |      |
|--|----------------|---------------------------------------------------|------|
|  |                | Bê tông đổ tại chỗ hoặc đúc sẵn trên đất sét      | 0,85 |
|  |                | Đất trên đất                                      | 0.90 |
|  | $\varphi_{ep}$ | Thành phần áp lực đất bị động của sức kháng trượt | 0.50 |

### 5.5.2.3 Cọc đóng

Các hệ số sức kháng được lấy theo Bảng 9 tùy theo phương pháp dùng để xác định tiêu chí đóng cọc cần thiết để đạt được sức chịu lực dọc trục danh định theo yêu cầu của cọc.

Liên quan đến vấn đề thử tải cọc, thí nghiệm động với tương hợp tín hiệu, số lượng thí nghiệm được thực hiện để điều chỉnh hệ số sức kháng tùy thuộc vào sự thay đổi đặc trưng và phân tầng địa chất ở vị trí thí nghiệm ảnh hưởng tới kết quả thí nghiệm. Vị trí thí nghiệm được quy định là vị trí dự án hoặc là một nơi thuộc dự án khi điều kiện nền có thể đại diện sự giống nhau về địa tầng nghĩa là thứ tự các lớp đất, chiều dày, lịch sử hình thành địa tầng, đặc trưng cơ lý của đất và điều kiện nước ngầm.

Chú ý rằng vị trí địa chất được qui định ở đây có thể chỉ là một phần diện tích trên đó các kết cấu hoặc một kết cấu tọa lạc. Đối với các vị trí mà điều kiện địa tầng thay đổi nhiều hơn thì khái niệm vị trí có thể quy định chỉ cho một cọc đơn.

**Bảng 9 - Hệ số sức kháng cho cọc đóng**

| Điều kiện / phương pháp để xác định hệ số sức kháng                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                         | Hệ số sức kháng |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Xác định sức kháng danh định của cọc đơn, cọc chịu nén bằng phương pháp phân tích động và thử tải tĩnh $\varphi_{dyn}$                                                                                                                                                                                   | Xác định tiêu chí đóng cọc bằng thử tải tĩnh ít nhất một cọc cho một vị trí địa chất đại diện và bằng thử tải động <sup>(*)</sup> ít nhất 2 cọc cho một vị trí địa chất đại diện nhưng không ít hơn 2% số cọc được đóng | 0,8             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiêu chí đóng cọc <sup>(*)</sup> được thiết lập bằng thí nghiệm tải trọng tĩnh ít nhất một cọc cho một vị trí địa chất đại diện, không thí nghiệm động                                                                  | 0,75            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiêu chí đóng cọc được thiết lập bằng thử động <sup>(*)</sup> được thực hiện trên 100% số cọc được đóng                                                                                                                 | 0,75            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiêu chí đóng cọc được thiết lập bằng thí nghiệm động <sup>(**)</sup> , kiểm soát chất lượng bằng thí nghiệm động <sup>(*)</sup> ít nhất 2 cọc cho một vị trí địa chất đại diện nhưng không ít hơn 2% số cọc được đóng. | 0,65            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Phân tích phương trình sóng, không đo động cọc hay thử tải cọc nhưng                                                                                                                                                    | 0,5             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Có theo dõi xác nhận hiệu suất của búa đóng cọc tại hiện trường                                                                                                                                                         |                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Công thức cọc động Gat điều chỉnh bởi FHWA (ở điều kiện cuối hành trình đóng cọc)                                                                                                                                       | 0.4             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Công thức đóng cọc mới (New Engineering Record) như định nghĩa ở Điều 7.3.8.5, công thức động lực cọc (ở điều kiện cuối hành trình đóng cọc)                                                                            | 0.1             |
| <p>* Tiêu chí đóng cọc là cao độ mũi cọc phải đạt được, độ chối ứng với loại búa</p> <p>** Thí nghiệm động yêu cầu tương hợp tín hiệu, và cách xác định tốt nhất sức kháng danh định của cọc là xác định khi đóng vỡ lại cọc. Khi có thể, thí nghiệm động được hiệu chỉnh theo kết quả thử tải tĩnh.</p> |                                                                                                                                                                                                                         |                 |
| Tính sức kháng danh định của cọc đơn chịu nén bằng phương pháp phân tích tĩnh $\varphi_{stat}$                                                                                                                                                                                                           | Ma sát thành bên và lực chống mũi cọc: Sét và đất hỗn hợp                                                                                                                                                               |                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Phương pháp $\alpha$ (Tomlinson 1987, Skempton 1951)                                                                                                                                                                    | 0,35            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Phương pháp $\beta$ (Esrig & Kirby 1979, Skempton 1951)                                                                                                                                                                 | 0,25            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Phương pháp $\lambda$ (Vijayvejia & Foch 1972, Skempton 1951)                                                                                                                                                           | 0,4             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ma sát thành bên và sức chống chân cọc: Cát                                                                                                                                                                             | 0,45            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Phương pháp Nordlund/Thur (Hannigan 2005)                                                                                                                                                                               | 0,3             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Phương pháp dùng SPT (Mayerhof)                                                                                                                                                                                         | 0,5             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Phương pháp CPT (Schmermann)                                                                                                                                                                                            | 0,45            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Mũi cọc từa trên đá (sổ tay nền móng Canada, 1985 )                                                                                                                                                                     |                 |
| Kiểm toán móng khối qui ước, $\varphi_{bl}$                                                                                                                                                                                                                                                              | sét                                                                                                                                                                                                                     | 0.6             |

|                                                            |                                                                                                                                              |                                    |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Sức kháng nhổ cọc đơn $\varphi_{up}$                       | Phương pháp Norlund                                                                                                                          | 0,35                               |
|                                                            | Phương pháp $\alpha$                                                                                                                         | 0,25                               |
|                                                            | Phương pháp $\beta$                                                                                                                          | 0,20                               |
|                                                            | Phương pháp $\lambda$                                                                                                                        | 0,30                               |
|                                                            | Phương pháp SPT                                                                                                                              | 0,25                               |
|                                                            | Phương pháp CPT                                                                                                                              | 0,40                               |
|                                                            | Thử tải tĩnh                                                                                                                                 | 0,60                               |
|                                                            | Thí nghiệm động với tín hiệu tương hợp                                                                                                       | 0,50                               |
| Sức kháng nhổ nhóm cọc $\varphi_{ug}$                      | Tất cả các loại đất                                                                                                                          | 0,5                                |
| Sức kháng lực ngang của cọc đơn hoặc nhóm cọc theo đất nền | Tất cả các loại đất và đá                                                                                                                    | 1,0                                |
| Các trạng thái giới hạn kết cấu                            | Cọc thép - Xem qui định ở Điều 5.4.2 Phần 6 bộ tiêu chuẩn này<br>Cọc bê tông cốt thép - Xem qui định ở điều 5.4.2.1 Phần 5 bộ tiêu chuẩn này |                                    |
| Phân tích khả năng đóng cọc $\varphi_{da}$                 | Cọc thép                                                                                                                                     | Xem qui định ở Điều 5.4.2 Phần 6   |
|                                                            | Cọc bê tông cốt thép                                                                                                                         | Xem qui định ở điều 5.4.2.1 Phần 5 |
|                                                            | Trong các điều qui định trên giá trị $\varphi$ được gán với sức kháng trong quá trình đóng cọc.                                              |                                    |

#### 5.5.2.4 Cọc khoan nhồi

Hệ số sức kháng phải được lựa chọn tùy theo phương pháp xác định sức kháng danh định của cọc. Khi lựa chọn hệ số sức kháng cho cọc khoan trong đất sét và các loại đất được hình thành dễ bị xáo trộn cần phải chú ý xem xét đến các kinh nghiệm địa phương về kiến tạo địa chất cũng như thực tế đã thi công.

Khi dùng các hệ số sức kháng trong Bảng 10 cho các móng chỉ có một cọc đỡ trụ cầu thì hệ số trong Bảng giảm đi 20%. Khi hệ số sức kháng giảm đi như vậy nhưng không tăng hệ số  $\eta_R$  qui định tại Điều 3.4 Phần 1 bộ tiêu chuẩn này để phản ánh móng không dư liên kết.

Số lượng thí nghiệm tĩnh phải thực hiện để điều chỉnh hệ số sức kháng ghi trong Bảng 10 tùy thuộc vào sự thay đổi đặc trưng và phân tầng địa chất tại hiện trường sẽ áp dụng kết quả thí nghiệm. Một vị trí được chọn để đánh giá sự thay đổi phải được xác định là vị trí dự án hoặc một phần của vị trí dự án khi điều kiện địa tầng có các đặc trưng phân tầng địa chất tương tự, nghĩa là tương tự về thứ tự, chiều dày, lịch sử hình thành, đặc trưng cơ học của các lớp đất và điều kiện nước ngầm.

**Bảng 10- Hệ số sức kháng theo đất nền của cọc khoan nhồi**

| Phương pháp/ Đất/ Điều kiện                                          |                                                      |                                                            | Hệ số |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------|
| Sức kháng danh định chịu nén dọc trục của cọc đơn $\varphi_{static}$ | Sức kháng thành bên trong đất sét                    | Phương pháp $\alpha$<br>(Brown và cộng sự, 2010)           | 0,45  |
|                                                                      | Sức kháng chân cọc trên đất sét                      | Phương pháp ứng suất toàn phần<br>(Brown và cộng sự, 2010) | 0,4   |
|                                                                      | Sức kháng thành bên trong đất cát                    | Phương pháp $\beta$<br>(Brown và cộng sự, 2010)            | 0,55  |
|                                                                      | Sức kháng chân cọc trong cát                         | Brown và cộng sự, (2010)                                   | 0,5   |
|                                                                      | Sức kháng thành bên trong đá biến tính dính kết IGMS | Brown và cộng sự, (2010)                                   | 0,60  |
|                                                                      | Sức kháng chân cọc trong đá biến tính dính kết IGMS  | Brown và cộng sự, (2010)                                   | 0,55  |
|                                                                      | Ma sát thành bên trong đá                            | Kulhawy và cộng sự (2005)                                  | 0,55  |

|                                                             |                             |                                                                                                                    |      |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                                                             |                             | Brown và cộng sự, (2010)                                                                                           |      |
|                                                             | Ma sát thành bên trong đá   | Carter và Kulhawy(1988)                                                                                            | 0,50 |
|                                                             | Sức kháng chân cọc trong đá | Hội Địa kỹ thuật Canada (1985)<br>Phương pháp đo áp lực Hội Địa kỹ thuật Canada (1985)<br>Brown và cộng sự, (2010) | 0,50 |
| Phá hoại móng khối quy ước $\phi_{bl}$                      | Sét                         |                                                                                                                    | 0.55 |
| Sức kháng nhổ của cọc đơn, $\phi_{up}$                      | Sét                         | Phương pháp $\alpha$<br>(Brown và cộng sự, 2010)                                                                   | 0,35 |
|                                                             | Cát                         | Phương pháp $\beta$<br>(Brown và cộng sự, 2010)                                                                    | 0,45 |
|                                                             | Đá                          | Kulhawy và cộng sự (2005)<br>Brown và cộng sự, (2010)                                                              | 0,40 |
| Sức kháng nhổ nhóm cọc $\phi_{ug}$                          | Cát và sét                  |                                                                                                                    | 0,45 |
| Sức kháng đất nền theo phương ngang của cọc đơn và nhóm cọc | Tất cả các loại đất         |                                                                                                                    | 1,0  |
| Thử tải tĩnh (Chịu nén) $\phi_{load}$                       | Tất cả các loại đất         |                                                                                                                    | 0.70 |
| Thử tải tĩnh (Chịu nhổ) $\phi_{upload}$                     | Tất cả các loại đất         |                                                                                                                    | 0.60 |

#### 5.5.2.5 Cọc siêu nhỏ

Hệ số sức kháng được lựa chọn các giá trị qui định trong Bảng 11 tùy theo phương pháp xác định sức kháng dọc trục danh định của cọc. Đối với các cọc trong vùng đất có tiềm ẩn từ biển, đất có độ dẻo lớn, đá mềm hoặc các loại đất có đặc tính hiếm khác, thì hệ số sức kháng trong Bảng 11 giảm đi 20% để phản ánh độ tin cậy thiết kế cao hơn.

**Bảng 11- Hệ số sức kháng theo đất nền của cọc siêu nhỏ chịu lực dọc trục**

| Trạng thái giới hạn                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Phương pháp /Điều kiện đất                                       | Hệ số sức kháng                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Sức kháng chịu nén của cọc siêu nhỏ đơn $\phi_{stat}$                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sức kháng thành bên (sức kháng dính kết):<br>Các trị số giả định | 0,55 <sup>(*)</sup>                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sức kháng mũi cọc trên đá<br>O' Neill và Reese (1999)            | 0.50                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Thí nghiệm tải trọng sức kháng thành bên và sức kháng mũi cọc    | Lấy các giá trị trong Bảng 9 nhưng không lớn hơn 0,70 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                  |                                                       |
| Kiểm toán móng khối, $\phi_{bl}$                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sét                                                              | 0,60                                                  |
| Sức kháng chịu nhổ của cọc siêu nhỏ đơn, $\phi_{up}$                                                                                                                                                                                                                                                                    | Các giá trị giả định                                             | 0,55 <sup>(1)</sup>                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Thí nghiệm tải trọng nhổ                                         | Lấy các giá trị trong Bảng 9 nhưng không lớn hơn 0,70 |
| Sức kháng nhổ nhóm cọc, $\phi_{ug}$                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Cát và sét                                                       | 0,50                                                  |
| (*) Sức kháng danh định của cọc siêu nhỏ sẽ được xác định bằng thí nghiệm tĩnh tại hiện trường với cọc thí công theo phương pháp được duyệt. Cho nên các giá trị hệ số sức kháng này dùng cùng với các giá trị dính kết vừa với đất giả định để thiết kế kỹ thuật trước khi thí nghiệm thi công đại trà tại công trình. |                                                                  |                                                       |

**Bảng 12 - Các hệ số sức kháng kết cấu chịu lực dọc trục của cọc siêu nhỏ**

| Bảng 12 – Các hệ số sức kháng kết cấu chịu lực dọc trục của cọc siêu nhỏ |                          |                 |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| Đoạn / Điều kiện chịu tải                                                |                          | Hệ số sức kháng |
| Chiều dài cọc có ống vách                                                | Chịu kéo, $\varphi_{TC}$ | 0,80            |
|                                                                          | Chịu nén, $\varphi_{CC}$ | 0,75            |
| Chiều dài cọc không có ống vách                                          | Chịu kéo, $\varphi_{TU}$ | 0,80            |
|                                                                          | Chịu nén, $\varphi_{CU}$ | 0,75            |

### 5.5.3 Trạng thái giới hạn đặc biệt

#### 5.5.3.1 Tổng quát

Thiết kế nền móng ở trạng thái giới hạn đặc biệt phải đảm bảo cho kết cấu không đổ sập và đảm bảo an toàn tính mạng của người sử dụng.

#### 5.5.3.2 Xói

Thiết kế nền móng phải có được sức kháng danh định sau xói do lũ tính toán kiểm tra theo các Điều 6.4.4.2 Phần 2 bộ tiêu chuẩn này và 7.5 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này và đảm bảo có sức kháng sau xói chịu được tải trọng tổ hợp cường độ không có hệ số và các hệ số sức kháng bằng. Với sức kháng chịu nhỏ của cọc và cọc khoan, hệ số sức kháng lấy bằng 0,8 hoặc nhỏ hơn.

Kết cấu móng không chỉ tính với các loại tải trọng đặt trên kết cấu mà bất cứ loại tải trọng va do vật trôi nào xảy ra trong lũ.

#### 5.5.3.3 Các trạng thái giới hạn đặc biệt khác.

Hệ số sức kháng cho trạng thái giới hạn đặc biệt khác bao gồm thiết kế móng chịu động đất, lực va trôi do tàu thủy, xe cộ, sẽ lấy bằng 1,0. Trong trường hợp xét sức kháng chịu nhỏ của cọc, cọc khoan, hệ số sức kháng lấy bằng 0,8 hoặc nhỏ hơn.

## 6 MÓNG NÔNG

### 6.1 YÊU CẦU THIẾT KẾ

#### 6.1.1 Tổng quát

Các điều khoản của Điều này quy định cho việc thiết kế các móng nông đơn, móng dải băng liên tục và các loại móng tổ hợp dùng đỡ cột, tường cũng như các loại kết cấu phần dưới và kết cấu phần trên khác. Cần phải chú ý đặc biệt với các móng đặt trên nền đất đắp để đảm bảo chắc chắn rằng chất lượng nền đắp dưới móng được kiểm soát tốt và có đặc tính về kháng cắt, kháng nén phù hợp để chịu lực do móng truyền xuống.

Móng nông phải được định kích thước và thiết kế sao cho áp lực lên đất hoặc đá tương ứng với sức kháng danh định trên cả hai khả năng chịu nén và biến dạng lún tương ứng dưới điều kiện tác dụng lực của các trạng thái giới hạn qui định trong các điều khoản của Điều này.

Kích thước và vị trí đặt móng nông phải được định sao cho giữ được ổn định dưới tất cả các trạng thái giới hạn được xét cho tất cả các khả năng, trừ các giới hạn không cần thiết, chịu lật (lệch tâm), trượt, nâng, ổn định chung và dịch chuyển ngang.

#### 6.1.2 Chiều sâu đặt móng.

Ở nơi có tiềm ẩn xói, lở hoặc phía dưới có hầm mỏ thì móng nông cần đặt ở độ sâu phía dưới chiều sâu xói lở lớn nhất, đáy hầm mỏ như qui định trong Điều 6.4.4 Phần 2 bộ tiêu chuẩn này.

#### 6.1.3 Các kích thước có hiệu của móng.

Đối với móng chịu lực lệch tâm, sẽ dùng một diện tích có hiệu thu nhỏ  $B' \times L'$  nằm trong đường bao của móng thực tế để tính toán khả năng chịu lực cũng như độ lún của đất nền. Với móng hình chữ nhật chịu lực lệch tâm, các kích thước thu nhỏ được tính như sau:

$$B' = B - 2e_B \quad (8)$$

$$L' = L - 2e_L$$

Trong đó:

$e_B$ : Độ lệch tâm song song với kích thước  $B$  (mm)

$e_L$ : Độ lệch tâm song song với kích thước  $L$  (mm)

Móng chịu lực lệch tâm được thiết kế sao cho sức kháng chịu ép có hệ số không nhỏ hơn hiệu ứng do lực có hệ số tác dụng ở tất cả các trạng thái giới hạn được xét.

Đối với các móng có kích thước không phải hình chữ nhật, các phương pháp tính toán cũng thực hiện tương tự như trên.

#### 6.1.4 Sự phân bố ứng suất chịu nén.

Khi kích thước móng được thiết kế để thỏa mãn cả điều kiện chịu lực và điều kiện chống lún ở tất cả các trạng thái giới hạn thì sự phân bố ứng suất trên diện tích có hiệu được coi là:

- Phân bố đều khi móng đặt trên nền đất
- Thay đổi tuyến tính nghĩa là có dạng hình tam giác hay hình thang nếu móng đặt trên nền đá.

Sự phân bố của ứng suất nén sẽ được xác định như qui định ở Điều 6.3.2 Phần 11 bộ tiêu chuẩn này. Sự phân bố ứng suất nén để thiết kế kết cấu móng theo quy định ở Điều 6.5



### 6.1.5 Neo của các móng trên nền nghiêng

Móng đặt trên nền đá nghiêng phẳng trơn, không được giữ bởi lớp đất phủ tốt, phải dùng các neo chắc chắn bằng các kết cấu neo đá, bu lông neo, hoặc các chốt cũng như các biện pháp khác. Nên tránh dùng các kết cấu ngỗng nông đòi hỏi phải dùng mìn nổ đào đá.

### 6.1.6 Nước ngầm

Cao độ đặt móng nông cần phải xét đến cao độ mực nước ngầm cao nhất. Khi tính toán sức kháng và lún của nền cần xét đến ảnh hưởng của nước ngầm. Ở nơi có áp lực nước thấm, phải xét đến trong tính toán.

### 6.1.7 Lực nâng nhô

Khi móng nông chịu lực nâng, cần tính toán cả sức kháng chịu nhô của nền và kết cấu.

### 6.1.8 Kết cấu liên kết

Khi đặt móng nông liên kết với các kết cấu hiện có cần phải xét đến các yếu tố ảnh hưởng của kết cấu liên kết lên móng mới cũng như tác dụng của móng mới lên kết cấu hiện có.

## 6.2 THIẾT KẾ THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN SỬ DỤNG

### 6.2.1 Tổng quát

Thiết kế trạng thái giới hạn sử dụng cho móng nông bao gồm đánh giá tổng độ lún, chênh lệch độ lún và ổn định tổng thể. Phải đánh giá ổn định tổng thể của móng khi tồn tại một hoặc nhiều hơn trong số các điều kiện sau:

- Có tải trọng nghiêng hay tải trọng nằm ngang
- Móng đặt trên nền đắp
- Móng đặt ở trên hoặc ở gần mái dốc
- Có khả năng bị mất một phần nền đỡ móng do nguy cơ lở hoặc xói
- Có tầng đất chịu lực quá nghiêng

### 6.2.2 Các tiêu chuẩn chuyển vị

Lựa chọn các tiêu chuẩn chuyển vị theo qui định của Điều 5.2.1

### 6.2.3 Tải trọng

Khi tính lún tức thời dùng tải trọng theo tổ hợp trạng thái giới hạn sử dụng I như qui định trong Bảng 3 Phần 3 bộ tiêu chuẩn này. Khi tính lún theo thời gian trên nền đất dính thì tính với tải trọng lâu dài nghĩa là không xét đến tải trọng tức thời.

### 6.2.4 Tính lún

#### 6.2.4.1 Tổng quát

Tính lún theo các phương pháp tính dựa trên số liệu thí nghiệm trong phòng hoặc thí nghiệm tại hiện trường hoặc cả hai. Các thông số của đất dùng cho tính toán nên được chọn sao cho phản ánh được quá trình chịu tải của đất, trình tự thi công và hiệu ứng của sự phân tầng các lớp đất.

Phải tính toán cả độ lún tổng cộng và chênh lệch độ lún bao gồm cả lún theo thời gian.

Độ lún tổng cộng bao gồm lún đàn hồi, lún cố kết và các thành phần lún thứ cấp được tính như sau:

$$S_t = S_e + S_c + S_s \quad (9)$$

Trong đó:

$S_t$  : Độ lún tổng cộng (mm)

$S_e$  : Độ lún đàn hồi (mm)

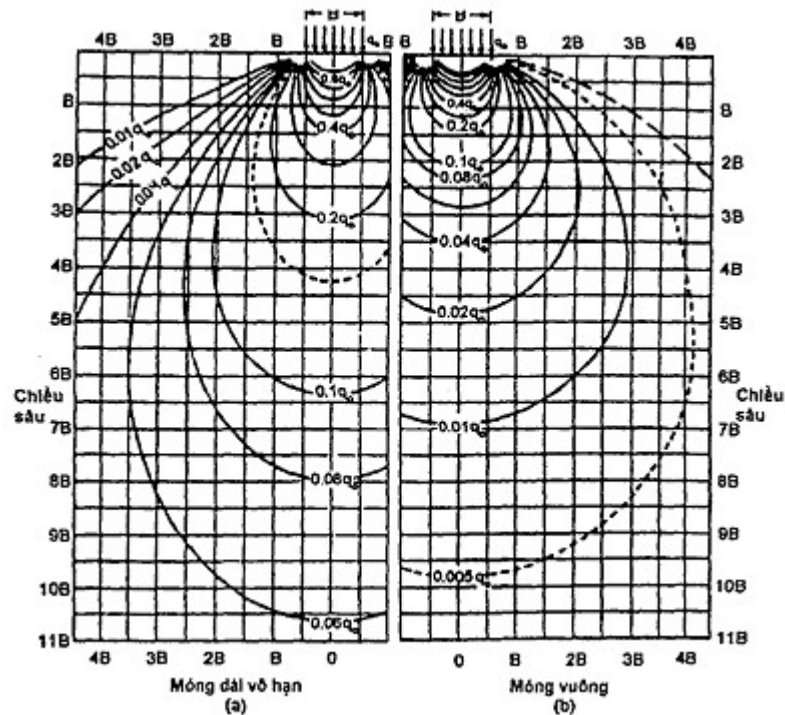
$S_c$  : Độ lún cố kết (mm)

$S_s$  : Độ lún thứ cấp (mm)

Hiệu ứng của vùng ảnh hưởng ứng suất hay sự phân bố ứng suất theo chiều đứng phía dưới móng phải được xem xét khi tính lún.

Móng nông đặt trên nền có nhiều lớp đất khác nhau như đất dính, đất rời, đá thì phải dùng các thuật toán thích hợp để tính lún cho từng lớp riêng biệt trong vùng ảnh hưởng do ứng suất gây ra bên dưới móng.

Sự phân bố ứng suất thẳng đứng tăng lên trong phạm vi móng hình tròn, hình vuông hay hình chữ nhật dài nghĩa là  $L > 5B$  có thể xác định theo Hình 4.



**Hình 4 - Đường đẳng mức ứng suất theo chiều thẳng đứng Boussinesq cho móng dài vô hạn và móng vuông chính lý theo Sowers (1979)**

#### 6.2.4.2 Lún của móng trên đất rời

Lún của móng nông trên đất rời sẽ được xác định như là một hàm số của bề rộng có hiệu của móng và phải xét đến hiệu ứng của hình dạng móng và sự phân tầng của đất đá theo chiều sâu.

Tính lún của móng nông trên nền đất rời phải dùng phương pháp lý thuyết đàn hồi hay phương pháp thực nghiệm.

Phương pháp bán không gian dựa trên giả thiết móng chịu uốn đặt trên nền đất đồng nhất có chiều dày vô hạn. Độ lún đàn hồi của móng nông (mm) tính theo phương pháp bán không gian đàn hồi được xác định như sau:

$$S_e = \frac{q_0 \cdot 1 - \nu^2 \sqrt{A'}}{E_s \cdot z} \quad (10)$$

Trong đó:

$q_0$  : Áp lực thẳng đứng đặt trên móng, (MPa)

$A'$  : Diện tích có hiệu của đáy móng, (mm<sup>2</sup>)

$E_s$  : Mô đun đàn hồi của đất lấy như qui định ở Điều 4.6.3 nếu như không thể đo trực tiếp từ thí nghiệm hiện trường hoặc thí nghiệm trong phòng, (MPa)

$\beta_z$ : Hệ số hình dạng lấy giá trị ở Bảng 13

$\nu$ : Hệ số Poisson lấy theo qui định ở Điều 4.6.3 nếu không thể đo trực tiếp từ kết quả thí nghiệm ở hiện trường hay thí nghiệm trong phòng.

Trừ khi  $E_s$  thay đổi quá lớn theo chiều sâu,  $E_s$  nên xác định ở độ sâu bằng khoảng 1/2 đến 2/3B phía dưới đáy móng, B là chiều rộng của móng. Nếu mô đun đàn hồi thay đổi nhiều theo chiều sâu thì tính theo trị số bình quân gia quyền.

**Bảng 13- Hệ số hình dạng đàn hồi và độ cứng, EPRI (1983)**

| L/B       | $\beta_z$ mềm (trung bình) | $\beta_z$ cứng |
|-----------|----------------------------|----------------|
| Hình tròn | 1,04                       | 1,13           |
| 1         | 1,06                       | 1,08           |
| 2         | 1,09                       | 1,10           |
| 3         | 1,13                       | 1,15           |
| 5         | 1,22                       | 1,24           |
| 10        | 1,41                       | 1,41           |