

1. Ghi chú kỹ thuật

1-1. Đặc điểm của phương pháp trộn sâu (DMM)

Phương pháp trộn sâu (DMM) là kỹ thuật được sử dụng để cải tạo đất yếu bằng biện pháp cơ học và hóa học, thông qua việc đưa chất ổn định vào trong đất. Phương pháp này được chia thành ba dạng chính như sau:

✓ Dạng vữa

Ở phương pháp này, chất ổn định được chế tạo thành vữa tại trạm trộn, sau đó được bơm thủy lực xuống đầu của thiết bị trộn sâu. Vữa và đất yếu được trộn đều bằng cánh trộn theo toàn bộ chiều sâu lớp đất cần gia cố, tạo thành các cột đất – xi măng có cường độ thiết kế được xác định trước.

✓ Dạng khô

Trong phương pháp này, chất ổn định không được chuyển thành vữa mà được vận chuyển ở dạng bột bằng khí nén. Vật liệu này sẽ lấp đầy khoảng trống do cánh trộn tạo ra và trộn với đất để hình thành các cột gia cố.

✓ Dạng tia áp lực cao

Phương pháp này sử dụng tia phun áp lực cao để phá vỡ cấu trúc đất, sau đó bơm vật liệu ổn định gốc xi măng vào phần đất bị cắt, có thể là thay thế hoàn toàn đất yếu hoặc trộn một phần đất cắt với chất ổn định để hình thành lớp đất gia cố.

Mỗi phương pháp trên đều dựa vào phản ứng hóa học giữa đất và chất ổn định để cải tạo đặc tính cơ lý của đất yếu, bao gồm: Phản ứng thủy hóa giữa chất ổn định và nước trong đất, Trao đổi ion giữa sản phẩm thủy hóa và khoáng sét, Phản ứng pozzolan hình thành các sản phẩm gắn kết bền vững. Nhờ các phản ứng này, đất sau cải tạo đạt được độ bền và độ ổn định cao hơn, nâng cao tính bền vững của công trình.

Các tiêu chuẩn kỹ thuật và hướng dẫn áp dụng được quy định trong: TCVN 11820-4-2:2020 – Công trình cảng biển – Phần 4-2: Gia cố nền bằng trộn sâu và TCVN 9403. Ngoài ra, có thể tham khảo thêm “Sổ tay hướng dẫn phương pháp trộn sâu xi măng” (Cement Deep Mixing Method Manual) của Nhật Bản cùng các sổ tay hướng dẫn quốc tế khác.

1-2. Các dạng bố trí cải tạo điển hình

Khi lựa chọn dạng bố trí cải tạo, cần xem xét kỹ lưỡng các yếu tố ổn định, hiệu quả kinh tế và khả năng thi công. Các dạng bố trí cải tạo đất phổ biến gồm có:

✓ Cải tạo dạng khối

Trong phương pháp này, khối đất ổn định quy mô lớn được hình thành bằng cách chồng lẫn các cột đất gia cố, như minh họa ở Hình 1.1(a). Phương pháp này cho hiệu quả ổn định cao nhất, tuy nhiên chi phí lớn và thời gian thi công dài hơn so với các dạng khác. Diện tích cải tạo được xác định tương tự như thiết kế kết cấu trọng lực.

✓ Cải tạo dạng tường

Phương pháp này bao gồm các tường dài và tường ngắn, như thể hiện trong Hình 1.1(b). Nguyên lý thiết kế cơ bản là: Tường dài có chức năng truyền tải trọng bên ngoài xuống nền, Tường ngắn có chức năng tăng cường tính toàn khối của vùng đất cải tạo. Phạm vi cải tạo thường bị chi phối bởi độ ổn định nội tại (cường độ vật liệu cải tạo).

✓ Cải tạo dạng lưới

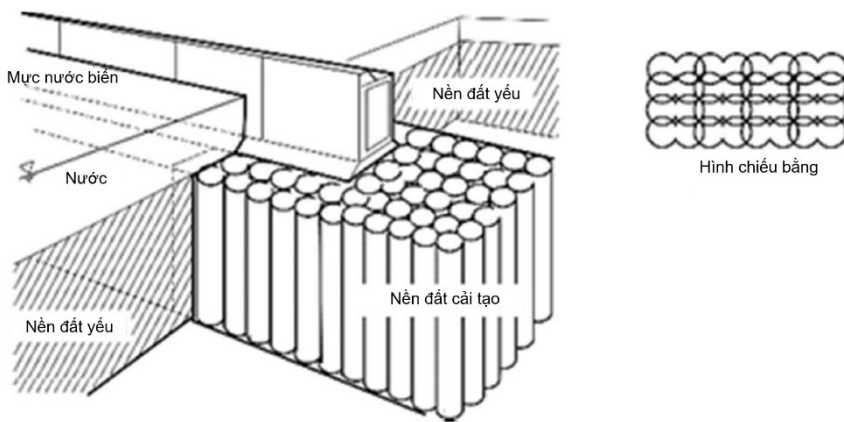
Là dạng trung gian giữa dạng khối và dạng tường, như thể hiện trong Hình 1.1(c). Các cột đất – xi măng được thi công chông lán tạo thành khối đất ổn định dạng lưới trong nền đất. Dạng này có tính ổn định cao, chỉ thấp hơn dạng khối, và chi phí nằm giữa dạng khối và dạng tường. Trong một số trường hợp, cần phân tích ứng suất nội bộ theo không gian ba chiều (3D).

✓ Cải tạo dạng cọc

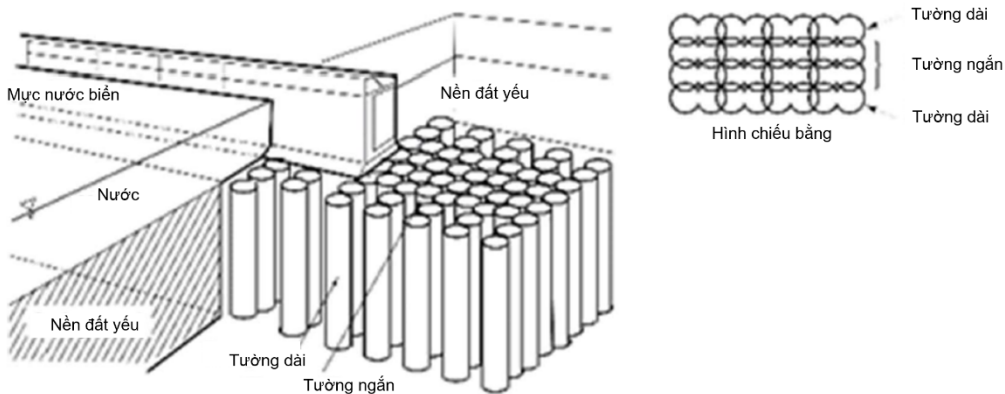
Trong phương pháp này, các cột hoặc phần tử cải tạo độc lập được bố trí theo hàng với dạng hình chữ nhật hoặc tam giác, như thể hiện trong Hình 1.1(d). Thời gian thi công ngắn hơn, khối lượng cải tạo nhỏ hơn. Ngoài việc xác minh ổn định tổng thể, cần phân tích ứng suất trong từng cột cải tạo.

✓ Các dạng cải tạo khác

Các phương pháp khác bao gồm: Dạng tiếp xúc: các cột đất cải tạo được đặt tiếp xúc trực tiếp với nhau, Dạng tiếp xúc –chông lán: các cột được đặt tiếp xúc theo phương ngang và chông lán theo phương vuông góc với phương đó.

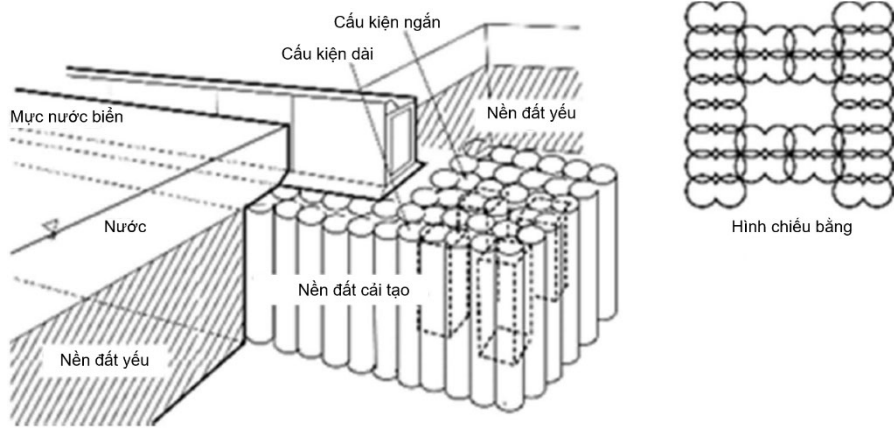


(a) Dạng khối

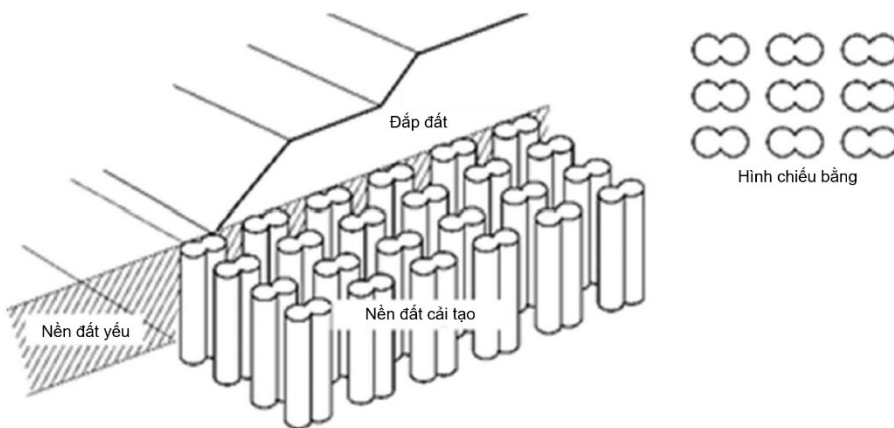


(b) Dạng tường

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Hình 1



(c) Dạng lưới



(d) Dạng cọc

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.1- Các kiểu bố trí cải tạo điển hình

Bảng 1.1- So sánh các kiểu bố trí cải tạo điển hình

Mục	(a) Dạng khối	(b) Dạng tường	(c) Dạng lưới	(d) Dạng cọc
Khái quát	Các cột cải tạo chông lấp hoàn toàn, tạo thành một khối liền.	Các tường dài và ngắn xen kẽ, tạo thành kết cấu dạng tường.	Các cột cải tạo chông lấp tạo thành mạng lưới hình lưới.	Các cột cải tạo độc lập được bố trí theo dạng hàng hình chữ nhật hoặc tam giác.
Ổn định	Rất cao (ổn định nhất).	Trung bình (tường dài chịu tải chính).	Cao (chỉ sau dạng khối).	Từ thấp đến trung bình (đất – cột làm việc đồng thời).
Ứng dụng điển hình	Các công trình tải trọng lớn (ví dụ: tường chắn kiểu trọng lực, đê chắn sóng).	Tường chắn, kè, ổn định mái dốc.	Các công trình tải trọng trung bình.	Các công trình tải trọng nhẹ, nền đắp, cải tạo nền đất yếu.
Chi phí thi công	Cao	Trung bình	Trung bình đến cao	Thấp

Thời gian thi công	Dài	Trung bình	Trung bình	Ngắn
Tỷ lệ cải tạo	Rất cao (~100%)	Cao (chủ yếu tại vị trí tường)	Trung bình đến cao (phụ thuộc khoảng cách cột)	Thấp (thường 30–50%)
Phương pháp thiết kế	Xem toàn khối như một kết cấu chịu lực.	Tường dài được thiết kế chịu lực độc lập.	Có thể cần phân tích ứng suất không gian 3D.	Xem như nền đất – cột làm việc tổng hợp có phân bố ứng suất.
Khả năng chịu động đất	Rất tốt (biến dạng và nứt ít).	Trung bình (biến dạng tập trung tại vùng tường).	Phụ thuộc vào mức độ liên kết, có thể cần Xác minh.	Phụ thuộc vào tương tác giữa vùng đất gia cố và đất nguyên trạng (độ nhạy cao hơn).
Phản ứng của nền đất	Toàn bộ khối công trình chịu lực tác dụng bên ngoài.	Phản lực tập trung dưới các tường dài.	Hoạt động tổng thể như một khối lưới.	Tải trọng được chia sẻ giữa vùng đất cải tạo và vùng đất chưa cải tạo.

1-3. Khái niệm cơ bản

(1) Các định nghĩa

✓ Đất ổn định

Là phần đất được cải tạo bằng phương pháp trộn sâu.

✓ Khối đất ổn định

Là dạng kết cấu trong lòng đất được hình thành từ đất đã được cải tạo.

✓ Nền đất cải tạo

Là phần nền đất có sự kết hợp giữa khối đất ổn định và đất nguyên trạng, bao gồm cả phần đất chưa được cải tạo nằm giữa các tường trong trường hợp kiểu tường.

✓ Hệ nền đất cải tạo

Là phần nền đất nằm phía trên mặt đáy của vùng cải tạo, giới hạn bởi hai mặt phẳng thẳng đứng đi qua chân trước và chân sau của vùng cải tạo.

✓ Ổn định ngoài

Là xác minh sự ổn định tổng thể của hệ thống khi kết hợp giữa nền đất cải tạo và công trình chính (kết cấu chính) thành một khối cứng, và đánh giá sự ổn định của khối cứng đó đến khi xảy ra phá hoại cuối cùng.

✓ Ổn định trong

Xác minh sự phá hoại bên trong của khối đất cải tạo trong khi khối đó vẫn ổn định về mặt tổng thể bên ngoài.

✓ Dạng đặt cố định

Là dạng nền đất cải tạo được thi công đến tận lớp đất chịu tải, tức là khối đất cải tạo tựa trực tiếp lên lớp đất tốt, có chức năng truyền tải trọng của công trình xuống lớp chịu tải.

✓ Dạng nổi

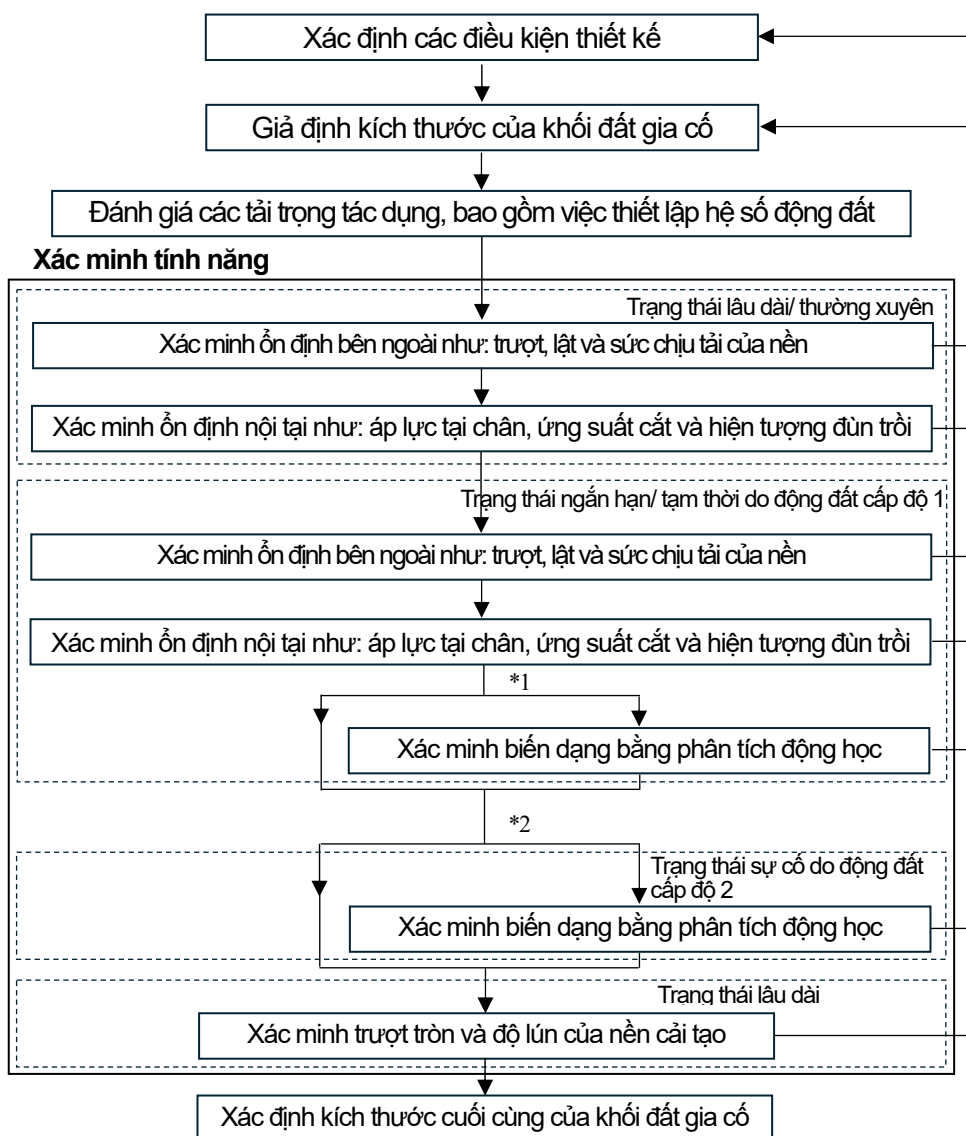
Là dạng nền đất cải tạo được thi công một phần, phía dưới khối đất gia cố vẫn còn lại lớp đất yếu chưa được cải tạo, tạo cảm giác như khối đất gia cố “nổi” trên nền đất yếu mà không tựa trực tiếp lên lớp đất chịu tải.

(2) Xác minh tính năng làm việc và phân tích kết cấu của đất cải tạo

Đất cải tạo bằng phương pháp trộn sâu (DMM) thường có cường độ chịu nén và mô đun đàn hồi cao, cùng với biến dạng phá hoại nhỏ hơn nhiều so với đất nguyên trạng. Do đó, các khối đất cải tạo được coi là một dạng kết cấu, cần được xác minh theo các nội dung sau: Ổn định bên ngoài: Xác minh độ ổn định của toàn bộ hệ công trình và nền cải tạo; Ổn định bên trong: Xác minh khả năng chịu lực của chính khối đất gia cố; nếu cần thiết: Xác minh độ lún, chuyển vị ngang và góc xoay của khối đất gia cố khi làm việc như một khối cứng.

Việc xác minh tính năng làm việc của nền đất gia cố bằng phương pháp DMM có thể tham khảo các tài liệu sau: TCVN 11820 – Phần 4-2:2020, OCDI 2020, Hướng dẫn kỹ thuật về phương pháp trộn sâu với công trình cảng và sân bay, Nhật Bản.

Ví dụ về quy trình xác minh tính năng làm việc của phương pháp trộn sâu áp dụng cho công trình kiểu trọng lực được minh họa tại Hình 1.2.



Chỉnh sửa từ TCVN 11820 Phần 4-2: 2020, Hình 2
OCDI 2020, Phần III Chương 2 Hình 5.5.2

*1: Phân tích động có thể được sử dụng để xác minh biến dạng đối với chuyển động nền động đất cấp độ 1 khi cần thiết. Việc sử dụng phân tích động được khuyến khích trong trường hợp bề rộng vùng đất cải tạo nhỏ hơn bề rộng của nền móng công trình.

*2: Tùy thuộc vào yêu cầu về khả năng làm việc của công trình chính, việc xác minh tính năng làm việc cần được thực hiện đối với chuyển động nền động đất cấp độ 2.

Nguồn: OCDI 2020, Chỉnh sửa từ TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.2- Ví dụ về quy trình xác minh tính năng làm việc

1-4. Giả định kích thước của khối đất cải tạo

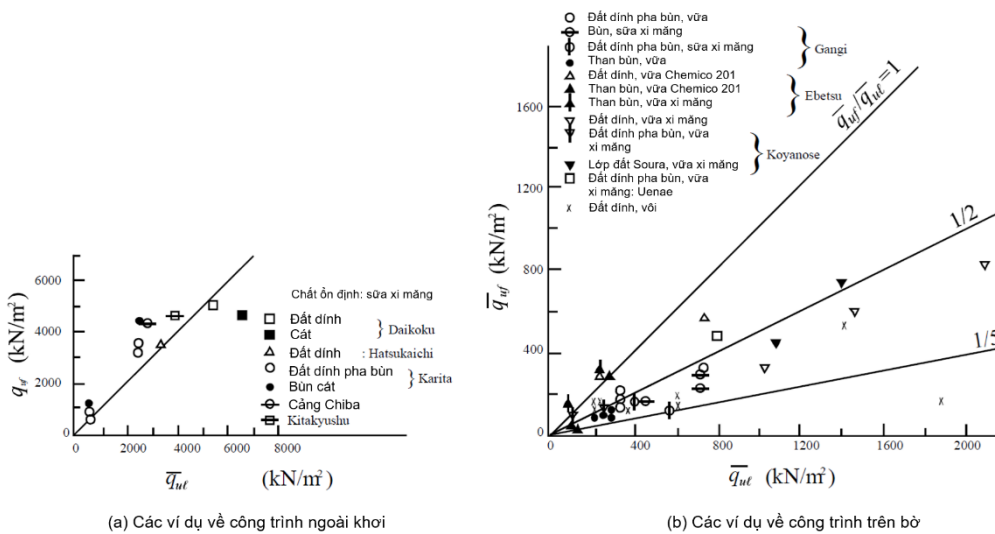
(1) Phương pháp thiết kế cấp phối trộn cho đất cải tạo

Hiệu quả của đất cải tạo chủ yếu phụ thuộc vào đặc tính vật lý và hóa học của đất, loại chất kết dính sử dụng, cũng như điều kiện trộn và bảo dưỡng. Việc lựa chọn thiết bị thi công, vốn có nhiều loại và ảnh hưởng đáng kể đến khả năng áp dụng các tỷ lệ nước/xi măng, cũng đóng vai trò quan trọng. Do đó, việc xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho đất cải tạo thường được thực hiện thông qua thí nghiệm trong phòng và thí nghiệm hiện trường, trong đó các điều kiện thí nghiệm được mô phỏng gần nhất với điều kiện thực tế thi công.

Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ, cường độ của đất cải tạo thường được tham khảo từ dữ liệu của các dự án trước. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm trong phòng (đánh giá cường độ trong điều kiện kiểm soát) không thể hoàn toàn phản ánh điều kiện thực tế ngoài hiện trường. Để ước tính chính xác cường độ hiện trường dựa trên kết quả thí nghiệm trong phòng, cần phải phân tích chi tiết dữ liệu hiện có (ví dụ như thể hiện trong Hình 1.3) nhằm xác định mối quan hệ giữa cường độ trong phòng và ngoài hiện trường, đặc biệt khi sử dụng chất kết dính như xi măng Poóc-lăng thường hoặc vôi, là các vật liệu có cường độ ban đầu cao.

Trong đó:

- q_{uf} : Cường độ nén không nở hông của đất gia cố ngoài hiện trường (kN/m^2)
- q_{ut} : Cường độ nén không nở hông từ thí nghiệm trộn trong phòng (kN/m^2)



OCDI
2020,
Phần III
Chương 2
Hình 5.5.3

Nguồn: OCDI 2020

Hình 1.3- Mối quan hệ giữa cường độ trung bình thu được từ thí nghiệm trộn trong phòng và cường độ trung bình ngoài hiện trường

(2) Cường độ vật liệu của khối đất cải tạo

Cường độ nén thiết kế f_c của khối đất cải tạo được xác định theo Công thức (1.1), dựa trên cường độ thiết kế tiêu chuẩn q_{uc} . Trong công thức, chỉ số k biểu thị giá trị đặc trưng.

$$f_{ck} = \alpha \beta q_{uck} \quad (1.1)$$

Trong đó:

- f_{ck} : Cường độ nén thiết kế của khối đất cải tạo (kN/m^2)
- α : Hệ số điều chỉnh diện tích mặt cắt có hiệu quả
- β : Chỉ số độ tin cậy của vùng chõng lấp

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(10)

q_{uck} : Cường độ thiết kế tiêu chuẩn (kN/m²)

Cường độ chịu cắt thiết kế f_{sh} và chịu kéo thiết kế f_t của khối đất cải tạo được xác định theo các Công thức (1.2) và (1.3), dựa trên cường độ nén thiết kế f_c .

$$f_{shk} = \frac{1}{2} f_{ck} \quad (1.2)$$

$$f_{tk} = 0,15 f_{ck} \leq 200 \text{ kN/m}^2 \quad (1.3)$$

Trong đó:

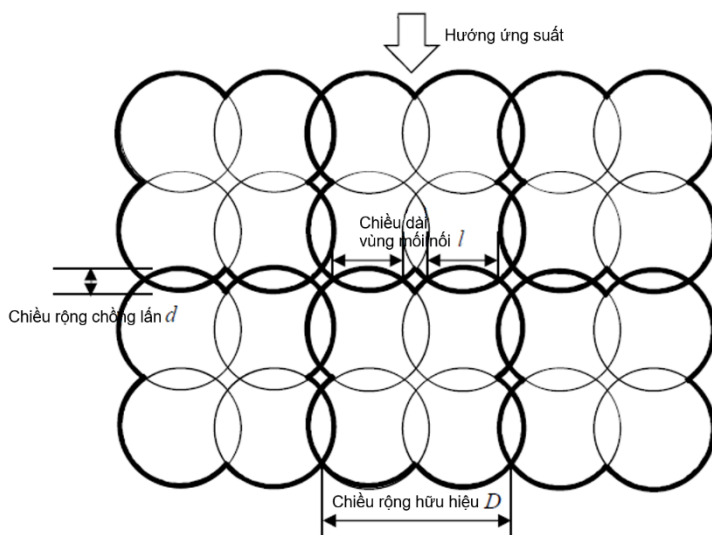
f_{sh} : Cường độ chịu cắt thiết kế của khối đất cải tạo (kN/m²)

f_t : Cường độ chịu kéo thiết kế của khối đất cải tạo (kN/m²)

Việc xác minh tính năng làm việc của khối đất cải tạo được tiến hành dưới giả định rằng khối đất cải tạo có cường độ đồng nhất. Tuy nhiên, trong thực tế thi công, các khối đất cải tạo được tạo thành từ các cột trộn chồng lán, nên có thể xuất hiện sự không đồng nhất về cường độ - ví dụ: Phần đất nguyên trạng chưa được cải tạo còn sót lại giữa các cột, hoặc khu vực chồng lán có cường độ khác biệt do sự thay đổi máy trộn hoặc phương pháp thi công.

1) Hệ số diện tích mặt cắt có hiệu quả α

Trong các dạng cải tạo kiểu khối và kiểu tường, do các cột đất cải tạo được thi công chồng lán nhau như minh họa ở Hình 1.4, vẫn còn tồn tại phần đất nguyên trạng chưa cải tạo xung quanh các vùng chồng lán, khiến cho chiều rộng hiệu quả D của khối cải tạo lớn hơn chiều rộng phần nổi l .



Nguồn: Chỉnh sửa từ TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.4- Khái niệm về hệ số diện tích mặt cắt có hiệu quả (Trường hợp sử dụng máy trộn bốn trục)

$$\alpha = \frac{Nl}{D} \quad (1.4)$$

Trong đó:

N : Số trục trong vùng chồng lán ($N=2$ đối với Hình 1.4)

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(10)

Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Hình 9

Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(11)

2) Hệ số tin cậy của vùng chông lún β

Chỉ số β được định nghĩa là tỷ lệ cường độ của vùng chông lún so với các vùng khác. Giá trị β phụ thuộc vào: Thời gian trễ giữa hai lần trộn, năng lực trộn của thiết bị thi công, phương pháp phun/xả chất kết dính. Tuy nhiên, theo hồ sơ thi công thực tế, β có thể được lấy bằng 1,0 cho mục đích thiết kế.

Khi thiết kế khối đất cải tạo với: Cường độ thiết kế tiêu chuẩn q_{uck} trong khoảng 1.500–2.500 kN/m², chiều rộng chông lún ≥ 30 cm, hệ số diện tích mặt cắt hiệu quả $\alpha \geq 0,8$, thì giá trị $\alpha\beta$ có thể lấy bằng 0,8 theo kết quả thi công thực tế của phương pháp trộn sâu (DMM).

3) Mối quan hệ giữa cường độ thiết kế tiêu chuẩn, cường độ hiện trường và kết quả thí nghiệm trong phòng

Mối quan hệ giữa giá trị trung bình $\overline{q_{uf}}$ của cường độ nén không nở hông q_{uf} của đất cải tạo ngoài hiện trường và giá trị đặc trưng q_{uck} của cường độ thiết kế tiêu chuẩn có thể được biểu diễn bằng Công thức (1.5) dưới đây.

$$\overline{q_{uf}} = q_{uck} / (1 - KV/100) \quad (1.5)$$

Trong đó:

- K : Hệ số biểu thị độ lệch chuẩn thông thường (tỷ lệ phóng đại so với độ lệch chuẩn σ), thường được lấy bằng 1,0.
- V : Hệ số biến thiên của cường độ nén không nở hông $\overline{q_{uf}}$ của đất cải tạo ngoài hiện trường (mặc dù giá trị này thay đổi tùy theo thiết bị và công nghệ thi công, nhưng theo các ví dụ thi công thực tế, có thể lấy $V=30-40\%$, hoặc được xác định riêng cho từng dự án)

Mối quan hệ giữa giá trị trung bình $\overline{q_{uf}}$ của cường độ nén không nở hông q_{uf} của đất cải tạo ngoài hiện trường và giá trị trung bình q_{ul} thu được từ thí nghiệm trộn trong phòng có thể được biểu diễn bằng Công thức (1.6).

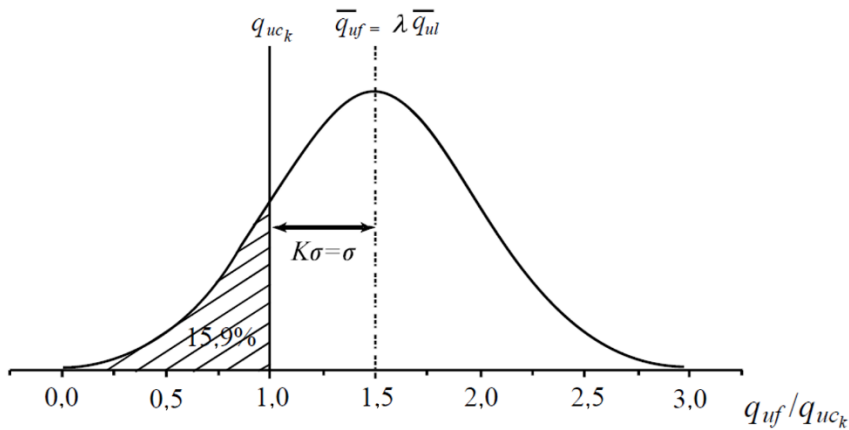
$$\overline{q_{uf}} = \lambda \overline{q_{ul}} \quad (1.6)$$

Giá trị λ chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, bao gồm: loại thiết bị và điều kiện thi công, loại đất và chất kết dính được sử dụng, điều kiện bảo dưỡng và tuổi vật liệu. Đối với các công trình ngoài khơi, giá trị λ mục tiêu được khuyến nghị như sau: 0,8 đến 1,0 khi sử dụng xà lan thi công cỡ trung bình đến lớn, 0,5 đến 1,0 khi sử dụng xà lan cỡ nhỏ. Tuy nhiên, giá trị λ cũng có thể được xác định dựa trên kết quả thí nghiệm hoặc hồ sơ thi công thực tế.

Hình 1.5 minh họa sơ đồ quan hệ giữa cường độ thiết kế tiêu chuẩn q_{uck} với giá trị trung bình $\overline{q_{uf}}$ của cường độ nén không nở hông từ thí nghiệm trộn trong phòng và giá trị trung bình $\overline{q_{uf}}$ của cường độ nén không nở hông ngoài hiện trường.

Chỉnh sửa từ TCVN 11820 Phần 4-2: 2020, Công thức (9)

TCVN 11820 Phần 4-2: 2020 Công thức (9)



Nguồn: Chỉnh sửa từ TCVN 11820-4-2-2020

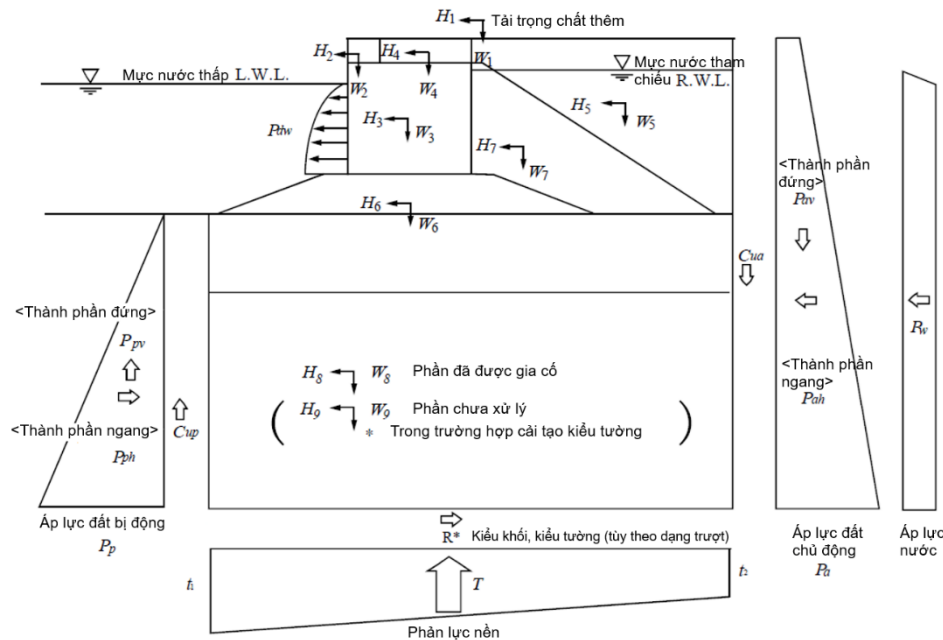
Hình 1.5- Mối quan hệ giữa q_{uck} với \bar{q}_{uf} và \bar{q}_{ul}

1-5. Xác minh tính năng của khối đất cải tạo

Hình 1.6 minh họa sơ đồ khái niệm về các tải trọng tác dụng lên khối đất cải tạo trong trường hợp công trình kiểu trọng lực như kè chắn sóng và bển tường đứng.

Do trong nền đất cải tạo kiểu tường vẫn còn tồn tại phần đất nguyên trạng chưa được xử lý, nên điều kiện tải trọng cần được xác định riêng biệt cho vùng đất chưa cải tạo và vùng đất đã cải tạo, đối với một số hạng mục xác minh tính năng làm việc nhất định. Khi xác minh ổn định bên trong, giá trị P_a có thể được xem là áp lực đất chủ động. Tuy nhiên, nên xác định giá trị P_p một cách phù hợp trong khoảng từ áp lực đất ở trạng thái nghỉ đến áp lực đất bị động, đồng thời xem xét ảnh hưởng đến ổn định tổng thể của hệ nền đất cải tạo.

Đối với xác minh ổn định bên ngoài của hệ nền đất cải tạo, giá trị áp lực chủ động P_a hoặc áp lực bị động P_p có thể được xác định theo lý thuyết áp lực đất của Coulomb trong trạng thái dài hạn, và theo lý thuyết Mononobe–Okabe trong trường hợp động đất.



Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.6- Tải trọng tác dụng lên khối đất cải tạo

Trong đó:

P_a : Tổng áp lực đất trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)

- P_{ah} : Thành phần ngang của áp lực đất chủ động trên một đơn vị chiều dài (kN/m)
- P_{av} : Thành phần đứng của áp lực đất chủ động trên một đơn vị chiều dài (kN/m)
- P_p : Tổng áp lực đất trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía bị động (kN/m)
- P_{ph} : Thành phần ngang của áp lực đất bị động trên một đơn vị chiều dài (kN/m)
- P_{pv} : Thành phần đứng của áp lực đất bị động trên một đơn vị chiều dài (kN/m)
- P_w : Tổng áp lực nước dư trên một đơn vị chiều dài (kN/m)
- P_{dw} : Tổng áp lực nước động trên một đơn vị chiều dài (kN/m)
- W_1 to W_9 : Trọng lượng riêng của từng phần trên một đơn vị chiều dài (kN/m)
- H_1 to H_9 : Lực quán tính do động đất trên một đơn vị chiều dài của từng phần (kN/m)
- C_{ua} : Lực dính kết tổng cộng trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)
- C_{up} : Lực dính kết tổng cộng trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía bị động (kN/m)
- R : Lực cắt kháng trên một đơn vị chiều dài tại đáy khối đất cải tạo (kN/m)
- T : Phản lực nền tổng cộng trên một đơn vị chiều dài tại đáy khối đất cải tạo (kN/m)
- t_1, t_2 : Phản lực nền tại các mũi (chân) của khối đất cải tạo (kN/m²)

Trong quá trình Xác minh tính năng làm việc của lớp đất có thể bị hóa lỏng khi chịu tác động của chuyển động nền động đất, cần phải xem xét thêm áp lực nước động tác dụng lên khối đất cải tạo trong giai đoạn động đất.

(1) Ổn định bên ngoài của nền đất cải tạo

Trong quá trình xác minh ổn định tổng thể của nền đất cải tạo, cần xem xét các yếu tố sau, giả định rằng khối đất cải tạo và kết cấu chính cùng làm việc như một khối cứng thống nhất. Lưu ý rằng các nội dung mô tả dưới đây được áp dụng cho các công trình kiểu trọng lực như kè chắn sóng và bển tường đứng. Tuy nhiên, các nguyên tắc tương tự cũng có thể áp dụng cho đê chắn sóng, với điều kiện là các tải trọng do sóng và các yếu tố liên quan khác được thiết lập phù hợp.

1) Xác minh trượt

Nền đất cải tạo phải đảm bảo đạt được độ ổn định cần thiết đối với khả năng phá hoại do trượt.

Đối với nền đất cải tạo kiểu tường, cần tiến hành Xác minh tính năng làm việc cho hai mô hình trượt sau: Mô hình trượt 1 (xem Hình 1.7(a)): xem lực ma sát tại đáy toàn bộ vùng cải tạo như lực kháng chính đối với trượt, Mô hình trượt 2 (xem Hình 1.7(b)): xem xét lực ma sát trực tiếp dưới các tường dài và lực kháng cắt của phần đất chưa cải tạo giữa các tường, đồng thời giả định rằng các tường đất cải tạo dài phát huy đầy đủ cường độ cắt của chúng. Để xác minh độ ổn định đối với trượt, có thể sử dụng Công thức (1.7). Trong công thức này, các chỉ số k và d lần lượt biểu thị giá trị đặc trưng và giá trị thiết kế.

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = P_{phk} + R_{1k} + R_{2k} \quad (\text{Dạng phá hoại trượt 1}) \quad (1.7)$$

$$R_k = P_{phk} + R_{1k} + R_{3k} \quad (\text{Dạng phá hoại trượt 2})$$

$$S_k = P_{ahk} + P_{Wk} + P_{dwk} + H_{ik}$$

Trong đó:

$$R_{1k} = \mu_k \left(\sum W_{ik} + W_{8k} + P_{avk} - P_{pvk} + C_{uak} - C_{upk} \right)$$

$$R_{2k} = \mu_k W_{9k}$$

$$R_{3k} = C_{uk} B L_s / (L_l + L_s)$$

$$P_{Wk} = \rho_w g (RWL_k - WL_k) \left\{ \frac{1}{2} (RWL_k - WL_k) + h_L + WL_k \right\}$$

$$P_{dwk} = \frac{7}{12} k_{h3} \rho_w g (h_1 + WL_k)^2$$

$$H_{ik} = k_{h1} \sum W_{nik} + k_{h2} (W_{n8k} + W_{n9k})$$

R_k : Giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần sức kháng (kN/m)

S_k : Giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần tải trọng (kN/m)

R_1 : Lực ma sát kháng của nền đất chịu tải trên một đơn vị chiều dài, tác dụng tại đáy khối đất cải tạo (kN/m)

R_2 : Lực ma sát kháng của nền đất chịu tải trên một đơn vị chiều dài, tác dụng tại đáy phần đất chưa cải tạo (kN/m)

R_2 : Lực kháng cắt trên một đơn vị chiều dài tại đáy phần đất chưa cải tạo (kN/m)

P_w : Áp lực nước dư trên một đơn vị chiều dài (kN/m)

P_{dw} : Áp lực nước động do động đất trên một đơn vị chiều dài (kN/m)

H_i : Lực quán tính trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên từng phần (kN/m)

W_i : Trọng lượng trên một đơn vị chiều dài của các vật liệu (như tải phủ, kết cấu phía trên, công trình chính, nền đắp, đất lấp và bồi lún) nằm trên nền đất cải tạo (kN/m)

W_8 : Trọng lượng của khối đất gia cố trên một đơn vị chiều dài (kN/m)

W_9 : Trọng lượng đất chưa cải tạo giữa các tường dài trên một đơn vị chiều dài (kN/m)

B : Chiều rộng của khối đất cải tạo (m)

R_s : Tỷ lệ giữa chiều dài tường ngắn và tường dài trong khối đất cải tạo

$L_s / (L_l + L_s)$ (tham khảo Hình 1.8)

μ : Hệ số ma sát tĩnh

C_u : Cường độ kháng cắt tại đáy phần đất chưa cải tạo (kN/m²)

P_{ah} : Thành phần ngang của áp lực đất trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)

P_{av} : Thành phần đứng của áp lực đất trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)

P_{ph} : Thành phần ngang của áp lực đất trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía bị động (kN/m)

P_{pv} : Thành phần đứng của áp lực đất trên một đơn vị chiều dài

Chỉnh sửa từ

TCVN

11820

Phần 4-2:

2020,

Công thức

(2a), (2b),

(2c), (2d)

OCDI

2020,

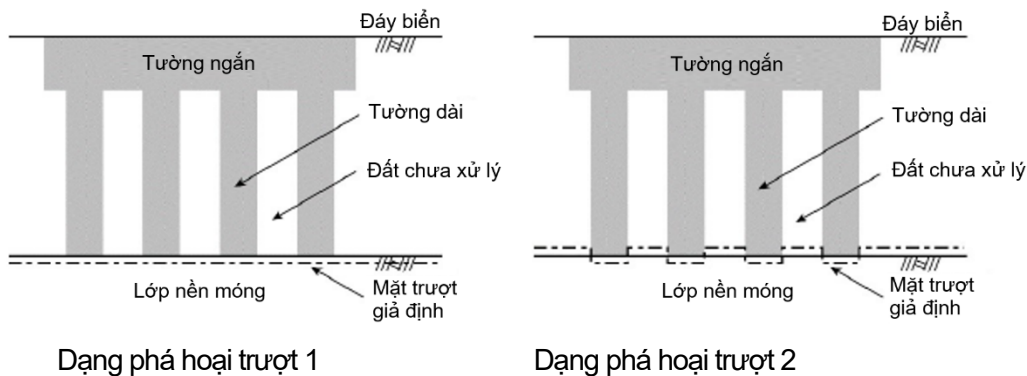
Phần III

Chương 2

Công thức

(5.5.8)

- tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía bị động (kN/m)
- C_{ua} : Lực dính kết tổng hợp trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)
- C_{up} : Lực dính kết tổng hợp trên một đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía bị động (kN/m)
- $\rho_w g$: Trọng lượng riêng của nước biển (kN/m³)
- RWL : Mức nước dư (m)
- WL : Mức nước phía ngoài khơi (m)
- h_L : Chiều sâu nước tại đáy khối đất cải tạo (m)
- h_1 : Chiều sâu nước phía ngoài khơi của công trình (m)
- k_{h1} : Hệ số động đất dùng trong Xác minh khi tính toán lực quán tính tác dụng lên các vật liệu (tải phủ, kết cấu phía trên, công trình chính, nền đắp, đất lấp và bồi lún) trên nền đất cải tạo
- k_{h2} : Hệ số động đất dùng trong Xác minh khi tính toán lực quán tính tác dụng lên nền đất cải tạo
- k_{h3} : Hệ số động đất dùng trong Xác minh khi tính toán áp lực đất và áp lực nước động tác dụng lên hệ nền đất cải tạo
- W_{n1} : Trọng lượng trên một đơn vị chiều dài của các vật liệu (tải phủ, kết cấu phía trên, công trình chính, nền đắp, đất lấp và bồi lún) trên nền đất cải tạo, tính theo trọng lượng riêng bão hòa khi ngập nước (kN/m)
- W_{n8} : Trọng lượng của khối đất gia cố trên một đơn vị chiều dài, tính theo trọng lượng riêng bão hòa khi ngập nước (kN/m)
- W_{n9} : Trọng lượng đất chưa cải tạo giữa các tường dài trên một đơn vị chiều dài, tính theo trọng lượng riêng bão hòa khi ngập nước (kN/m)
- γ_R : Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng
- γ_S : Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : Hệ số điều chỉnh



Hình 1.7- Các dạng phá hoại trượt

Các hệ số thành phần và hệ số điều chỉnh trong Công thức (1.7) có thể được lựa chọn theo Bảng 1.2. Nếu trong cột tương ứng của bảng có ký hiệu “-”, thì giá trị trong ngoặc đơn của cột đó có thể được sử dụng để xác minh tính năng làm việc cho thuận tiện.

Bảng 1.2- Các hệ số thành phần sử dụng trong Xác minh phá hoại trượt

Chế độ phá hoại	Hệ số thành phần nhân với	Hệ số thành phần nhân với thành	Hệ số điều chỉnh m

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Hình 4

TCVN
11820
Phần 4-2:

		thành phần sức kháng γ_R	phần tải trọng γ_S	
Ổn định bên ngoài của khối đất cải tạo (Phá hoại trượt – Trạng thái thường xuyên)	Dạng phá hoại trượt 1	0,90	1,09	– (1,00)
	Dạng phá hoại trượt 2	0,91	1,10	– (1,00)
Ổn định bên ngoài của khối đất cải tạo (Phá hoại trượt – Trạng thái ngắn hạn do động đất)		– (1,00)	– (1,00)	1,00

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

2) Xác minh phá hoại lật

Nền đất cải tạo phải đảm bảo đủ độ ổn định đối với khả năng phá hoại do lật. Để xác minh độ ổn định đối với hiện tượng lật của nền đất cải tạo kiểu tường, có thể sử dụng Công thức (1.8). Trong công thức này, các chỉ số k và d lần lượt biểu thị giá trị đặc trưng và giá trị thiết kế.

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = P_{phk} \gamma_p + \sum (W_{ik} X_i) + W_{8k} X_8 + W_{9k} X_9 + P_{avk} X_{av} + C_{uak} X_{Cua}$$

(Trạng thái thường xuyên) (1.8)

$$S_k = P_{ahk} \gamma_a + P_{Wk} \gamma_w$$

(Trạng thái ngắn hạn trong điều kiện động đất cấp 1)

$$S_k = P_{ahk} \gamma_a + P_{Wk} \gamma_w + P_{dwk} \gamma_{dw} + \sum H_{ik} \gamma_i$$

Trong đó:

$$P_{Wk} = \rho_w g (RWL_k - WL_k) \left\{ \frac{1}{2} (RWL_k - WL_k) + h_L + WL_k \right\}$$

$$P_{dwk} = \frac{7}{12} k_{h3} \rho_w g (h_1 + WL_k)^2$$

$$\sum H_{ik} = k_{h1} \sum W_{nik} + k_{h2} (W_{n8k} + W_{n9k})$$

R_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần sức kháng (kN/m·m)

S_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần tải trọng (kN/m·m)

W_i : trọng lượng riêng theo đơn vị chiều dài của các vật liệu (như tải trọng đắp, kết cấu phía trên, kết cấu chính, lớp móng, đất lấp và đất cải tạo) nằm trên nền đất được cải tạo, cấu thành hệ thống nền đất cải tạo (kN/m)

W_{n1} : trọng lượng riêng theo đơn vị chiều dài của các vật liệu (tải trọng đắp, kết cấu phía trên, kết cấu chính, lớp móng, đất lấp và đất cải tạo) nằm trên nền đất được cải tạo, cấu thành

Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(3a), (3b)

- hệ thống nền đất cải tạo (trọng lượng riêng bão hòa khi bị ngập nước) (kN/m)
- W_8 : trọng lượng riêng theo đơn vị chiều dài của khối đất ổn định hóa (kN/m)
- W_9 : trọng lượng riêng theo đơn vị chiều dài của đất chưa xử lý giữa các tường dài (kN/m)
- W_{r8} : trọng lượng riêng theo đơn vị chiều dài của khối đất ổn định hóa (trọng lượng riêng bão hòa khi bị ngập nước) (kN/m)
- W_{r9} : trọng lượng riêng theo đơn vị chiều dài của đất chưa xử lý giữa các tường dài (trọng lượng riêng bão hòa khi bị ngập nước) (kN/m)
- H_i : lực quán tính theo đơn vị chiều dài tác dụng lên từng đoạn của hệ thống nền đất cải tạo (kN/m)
- P_{ph} : thành phần ngang của áp lực đất theo đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía bị động (kN/m)
- P_{av} : thành phần đứng của áp lực đất theo đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)
- P_{ah} : thành phần ngang của áp lực đất theo đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)
- C_{ua} : lực dính kết trên mặt phẳng thẳng đứng theo đơn vị chiều dài tác dụng lên mặt phẳng thẳng đứng phía chủ động (kN/m)
- P_w : áp lực nước dư theo đơn vị chiều dài (kN/m)
- P_{dw} : áp lực nước động trong động đất theo đơn vị chiều dài (kN/m)
- RWL : mực nước dư (m)
- WL : mực nước phía ngoài khơi (m)
- k_{h1} : hệ số động đất dùng trong xác minh khi tính toán lực quán tính tác dụng lên các vật liệu (tải trọng đắp, kết cấu phía trên, kết cấu chính, lớp móng, đất lấp và đất cải tạo) trên nền đất được gia cố, cấu thành hệ thống nền đất cải tạo
- k_{h2} : hệ số động đất dùng trong xác minh khi tính toán lực quán tính tác dụng lên nền đất được cải tạo
- k_{h3} : hệ số động đất dùng trong xác minh khi tính toán áp lực đất và áp lực nước động tác dụng lên hệ thống nền đất được cải tạo
- X_i, X_{av}, X_{cua} : khoảng cách từ đường tác dụng của lực đứng tác dụng lên nền đất được cải tạo đến mũi trước của khối ổn định hóa (m)
- $Y_i, Y_p, Y_a, Y_w, Y_{dw}$: chiều cao từ đường tác dụng của lực ngang tác dụng lên nền đất được cải tạo đến đáy của khối ổn định hóa (m)
- γ_R : hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng
- γ_S : hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : hệ số điều chỉnh

Các hệ số thành phần được sử dụng trong xác minh ổn định chống lật của nền đất được cải tạo có thể lựa chọn từ Bảng 1.3. Nếu cột tương ứng trong bảng có ký hiệu “-”, thì giá trị trong ngoặc đơn ở cột đó có thể được sử dụng cho xác minh tính năng nhằm thuận tiện.

Bảng 1.3- Các hệ số thành phần sử dụng trong xác minh phá hoại lật

Chế độ phá hoại	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng γ_R	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng γ_S	Hệ số điều chỉnh m
Ổn định ngoài của khối đất cải tạo (Phá hoại do lật: trạng thái thường xuyên)	0,97	1,18	– (1,00)
Ổn định ngoài của khối đất cải tạo (Phá hoại do lật: trạng thái thường xuyên)	– (1,00)	– (1,00)	1,10

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Bảng 2

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

3) Xác minh phá hoại sức chịu tải

Nền đất được cải tạo phải đảm bảo độ ổn định yêu cầu đối với hiện tượng phá hoại sức chịu tải của lớp đất nguyên thủy nằm dưới đáy của vùng đất được cải tạo. Khi xác minh sức chịu tải của nền đất được cải tạo dạng khối, cần tham khảo công thức sức chịu tải của Terzaghi áp dụng cho đất cát.

Trong trường hợp nền đất được cải tạo dạng tường có đất cát làm lớp chịu tải, sức chịu tải có thể được xác minh theo Công thức (1.9), sử dụng áp lực tại mũi tường t_1 và t_2 , đồng thời xét đến ảnh hưởng tương tác lẫn nhau giữa các tường dài. Trong công thức, chỉ số k và d lần lượt biểu thị giá trị đặc trưng và giá trị thiết kế.

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = q_{apk} + q_{ar1k} \quad (\text{trong trường hợp } \frac{1}{\eta} \geq 3)$$

$$R_k = q_{apk} + q_{ark} \quad (\text{trong trường hợp } 1 \leq \frac{1}{\eta} < 3)$$

$$S_k = t_{1k}, t_{2k}$$
(1.9)

Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(4)

Trong đó:

$$q_{apk} = \frac{1}{m_B} p_{0k} (N_{qk} - 1) + p_0$$

$$q_{ar1k} = \frac{1}{m_B} w_k \frac{L_l}{2} N_{rk}$$

$$q_{ar2k} = \frac{1}{m_B} w_k \frac{B}{2} N_{rk}$$

$$q_{ark} = q_{ar1k} + \frac{1}{2} (q_{ar2k} - q_{ar1k}) \left(3 - \frac{1}{\eta}\right)$$

$$\eta = \frac{L_l}{L_l + L_s}$$

- γ_R : hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng
- γ_S : hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : hệ số điều chỉnh
- t_1, t_2 : áp lực tại mũi (kN/m²)
- m_B : Hệ số điều chỉnh đối với sức chịu tải
- N_q, N_r : Hệ số sức chịu tải (theo công thức của Terzaghi)
- p_0 : Áp lực phủ hiệu dụng tác dụng lên lớp đất chịu tải cát

- (kN/m²)
- w : Trọng lượng đơn vị của lớp đất chịu tải (trọng lượng đơn vị bão hòa khi bị ngập nước) (kN/m³)
- L_l : Chiều dài của tường dài theo phương vuông góc (m) (xem Hình 1.10)
- L_s : Chiều dài của tường ngắn theo phương vuông góc (m) (xem Hình 1.10)
- B : Chiều rộng vùng cải tạo (m) (xem Hình 1.10)

Các hệ số thành phần được sử dụng trong xác minh sức chịu tải có thể lựa chọn từ Bảng 1.4. Nếu trong bảng có cột tương ứng ký hiệu “-”, thì giá trị trong ngoặc đơn ở cột đó có thể được sử dụng cho xác minh tính năng nhằm thuận tiện.

Các hệ số thành phần nêu trong Bảng 1.4 được xác định với tham chiếu đến mức độ an toàn trong các tiêu chuẩn trước đây.

Bảng 1.4- Các hệ số thành phần được sử dụng trong xác minh phá hoại sức chịu tải

Chế độ phá hoại	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng (γ_R)	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng (γ_S)	Hệ số điều chỉnh (m)	Hệ số điều chỉnh đối với sức chịu tải (m_B)
Ổn định ngoài của khối đất cải tạo (Phá hoại sức chịu tải: trạng thái thường xuyên)	0,49	1,15	- (1,00)	- (1,00)
Ổn định ngoài của khối đất cải tạo (Phá hoại sức chịu tải: trạng thái biến đổi/tạm thời do chuyển động nền trong động đất)	- (1,00)	- (1,00)	- (1,00)	1,50

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

4) Xác minh phá hoại trượt tròn

Độ ổn định tổng thể của nền đất được cải tạo, kết cấu phía trên và đất xung quanh cần được đánh giá bằng phân tích phá hoại trượt tròn theo Công thức (1.10). Do cường độ của đất đã cải tạo thường có giá trị rất lớn, nên trong nhiều trường hợp không cần thiết thực hiện phân tích trượt tròn đi qua vùng đất được cải tạo, như minh họa trong Hình 1.8.

Trong các trường hợp sức chịu tải của nền được đảm bảo đầy đủ, phân tích trượt tròn cũng không cần thiết trong phần lớn trường hợp. Phân tích trượt tròn trong trạng thái biến đổi/tạm thời (động đất) không được quy định trong tiêu chuẩn thiết kế.

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = r \cdot (T_c \cdot l_c + T_f \cdot l_f + T_i \cdot l_i) \quad (1.10)$$

$$S_k = W_{sp} \cdot X_{sp} + W_m \cdot X_m + W_{bf} \cdot X_{bf} + W_f \cdot X_f + W_c \cdot X_c + W_i \cdot X_i + W_{su} \cdot X_{su} + W_{Rw} \cdot X_{Rw}$$

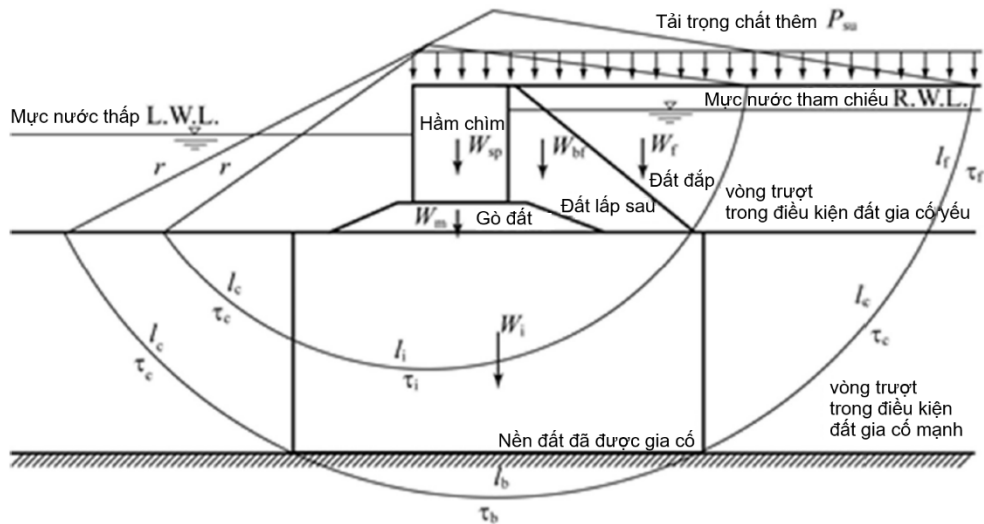
Trong đó:

γ_R : Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Bảng 3

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(13)

- y_s : Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : Hệ số điều chỉnh
- l_c : Chiều dài cung trượt trong vùng đất xung quanh (m)
- l_f : Chiều dài cung trượt trong vùng đất đắp (m)
- l_i : Chiều dài cung trượt trong vùng đất được cải tạo (m)
- r : Bán kính cung trượt (m)
- x_{bf} : Khoảng cách nằm ngang từ trọng tâm khối đất lấp phía sau đến tâm cung trượt (m)
- x_c : Khoảng cách nằm ngang từ trọng tâm khối đất xung quanh đến tâm cung trượt (m)
- x_f : Khoảng cách nằm ngang từ trọng tâm khối đất đắp đến tâm cung trượt (m)
- x_i : Khoảng cách nằm ngang từ trọng tâm khối đất được cải tạo đến tâm cung trượt (m)
- x_m : Khoảng cách nằm ngang từ trọng tâm khối đất đắp móng đến tâm cung trượt (m)
- x_{sp} : Khoảng cách nằm ngang từ trọng tâm kết cấu phía trên đến tâm cung trượt (m)
- x_{su} : Khoảng cách nằm ngang từ lực tải trọng đắp tổng cộng đến tâm cung trượt (m)
- y_{Rw} : Khoảng cách thẳng đứng từ lực nước dư tổng cộng đến tâm cung trượt (m)
- T_c : Lực cắt của đất xung quanh (kN/m^2)
- T_i : Lực cắt trung bình của đất được cải tạo (kN/m^2)
- T_f : Lực cắt của đất đắp (kN/m^2)



Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.8- Phân tích phá hoại trượt tròn

Bảng 1.5- Các hệ số thành phần sử dụng trong xác minh phá hoại trượt tròn

Trạng thái	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng (γ_R)	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng (γ_s)	Hệ số điều chỉnh (m)
Trạng thái thường xuyên	1,00	1,00	1,30

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Hình 12

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Bảng 8

Trạng thái động đất	-	-	-
---------------------	---	---	---

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

(2) Ổn định bên trong của nền đất được cải tạo

Độ ổn định bên trong của nền đất được cải tạo dạng khối và dạng tường có thể được xác minh bằng phương pháp nêu dưới đây. Tuy nhiên, trong các trường hợp hình dạng khối cải tạo phức tạp hoặc chiều sâu lớn so với chiều rộng, nên ưu tiên phân tích bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM).

1) Xác minh áp lực tại mũi

Việc xác minh ổn định bên trong đối với áp lực tại mũi ở đáy khối đất cải tạo có thể được thực hiện theo Công thức (1.11), đồng thời xem xét ảnh hưởng của áp lực bao quanh tác dụng lên nền đất được cải tạo. Trong công thức, các chỉ số k và d lần lượt biểu thị giá trị đặc trưng và giá trị thiết kế.

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k \quad (1.11)$$

$$R_k = f_{ck}, S_k = t_{1,2k} - K \sum (w_{ik}, h_i)$$

Trong đó:

- R_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần sức kháng (kN/m)
- S_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần tải trọng (kN/m)
- f_c : cường độ nén thiết kế (kN/m²)
- $t_{1,2}$: áp lực tại mũi (kN/m²)
- K : hệ số áp lực đất
- w_i : trọng lượng đơn vị của đất chưa cải tạo (trọng lượng đơn vị bão hòa khi ngập nước) (kN/m³)
- h_i : bề dày lớp đất chưa cải tạo (m)
- γ_R : hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng
- γ_S : hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : hệ số điều chỉnh

Tuy nhiên, cần xác định giá trị áp lực bao quanh $K \sum (w_{ik}, h_i)$ của đất chưa cải tạo tác dụng lên mép đáy của khối đất cải tạo, có xét đến dạng bố trí cải tạo và ổn định tổng thể của nền đất được cải tạo.

Các hệ số thành phần sử dụng trong xác minh áp lực tại mũi có thể được lựa chọn từ Bảng 1.6. Nếu trong bảng có cột tương ứng ký hiệu “-”, thì giá trị trong ngoặc đơn có thể được sử dụng cho Xác minh tính năng nhằm thuận tiện.

Bảng 1.6- Các hệ số thành phần sử dụng trong xác minh áp lực tại mũi

Chế độ phá hoại	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng (γ_R)	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng (γ_S)	Hệ số điều chỉnh (m)
Ổn định bên trong của khối đất cải tạo (Áp lực tại mũi: trạng thái thường xuyên)	0,72	1,33	- (1,00)
Ổn định bên trong của khối đất cải tạo (Áp lực tại mũi: trạng thái biến đổi/tạm)	- (1,00)	- (1,00)	1,50

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(6)

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Bảng 4

thời do chuyển động nền trong động đất)			
---	--	--	--

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

2) Xác minh phá hoại cốt theo mặt phẳng đứng

Việc xác minh ổn định bên trong đối với ứng suất cốt dọc theo các mặt phẳng thẳng đứng (xem Hình 1.8) được thực hiện cho tường dài và tường ngắn, lần lượt theo các Công thức (1.12) và (1.13). Trong các công thức này, chỉ số k và d lần lượt biểu thị giá trị đặc trưng và giá trị thiết kế.

i) Tường dài

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = \frac{1}{2} \alpha \beta q_{uck}, S_k = (T_{lk} - W_{lk}) / A \quad (1.12)$$

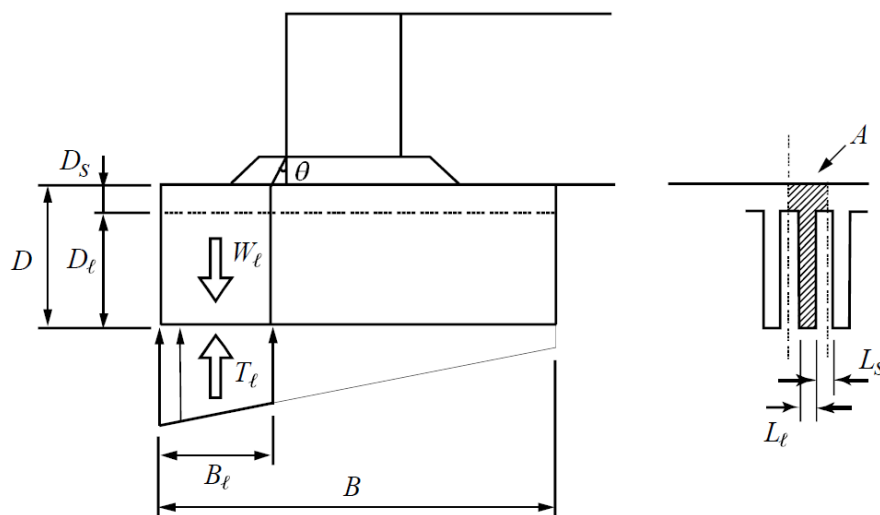
Trong đó:

- R_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần sức kháng (kN/m)
- S_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần tải trọng (kN/m)
- α : hệ số xét đến diện tích tiết diện hiệu dụng
- β : chỉ số tin cậy xét đến phần chồng lán giữa các cọc cải tạo
- T_l : phản lực nền tác dụng lên diện tích từ mũi trước của nền đất cải tạo đến vị trí B_l (kN)
- q_{uc} : cường độ thiết kế tiêu chuẩn (kN/m²)
- W_l : trọng lượng riêng (trạng thái bão hòa) của phần thân cải tạo từ mũi trước đến B_l (kN)
- A : diện tích tiết diện của thân cải tạo; đối với tường dài, $A = DL_l + D_s L_s$ (m²) (tham khảo Hình 1.8)
- D_l, D_s : chiều sâu cải tạo (theo phương thẳng đứng) của tường dài và tường ngắn (m)
- L_l, L_s : chiều dài của tường dài và tường ngắn theo phương vuông góc (m)
- γ_R : hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng
- γ_S : hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : hệ số điều chỉnh

Khi tồn tại lớp móng đệm giữa khối đất cải tạo và kết cấu phía trên, việc xác minh ứng suất cốt có thể được thực hiện theo mặt phẳng xét đến sự phân tán tải trọng bên trong lớp móng đệm, bắt đầu từ vị trí mép ngoài của kết cấu phía trên (xem Hình 1.8, trong đó thể hiện góc phân tán tải trọng bên trong lớp móng đệm).

Các hệ số thành phần được sử dụng trong xác minh phá hoại cốt theo phương thẳng đứng của tường dài có thể được lựa chọn từ Bảng 1.7. Nếu trong bảng có cột tương ứng mang ký hiệu “—”, thì giá trị trong ngoặc đơn có thể được sử dụng cho Xác minh tính năng nhằm thuận tiện.

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(7)



Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.8- Sơ đồ tính toán minh họa ứng suất cắt theo phương đứng (Tường dài)

Bảng 1.7- Các hệ số thành phần sử dụng trong xác minh phá hoại cắt theo phương đứng của tường dài

Chế độ phá hoại	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng (γ_R)	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng (γ_S)	Hệ số điều chỉnh (m)
Ổn định bên trong của khối đất cải tạo (phá hoại cắt theo phương đứng của tường dài ở trạng thái thường xuyên)	— (1,00)	— (1,00)	1,80
Ổn định bên trong của khối đất cải tạo (phá hoại cắt theo phương đứng của tường dài ở trạng thái biến đổi tạm thời do chuyển động nền trong động đất)	— (1,00)	— (1,00)	1,50

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

ii) Tường ngắn

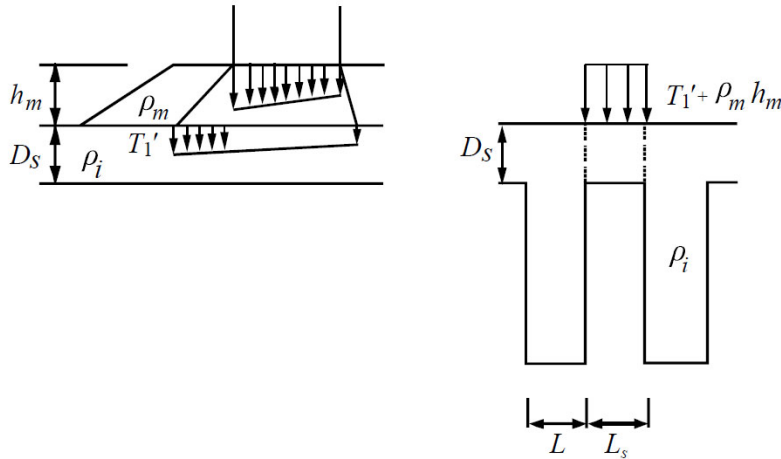
$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = \frac{1}{2} \alpha \beta q_{uc}; S_k = (T'_{1k} + w_{mk} h_m + w_{ik} D_s) L_s / (2 D_s) \quad (1.13)$$

Trong đó:

- R_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần sức kháng (kN/m)
- S_k : giá trị đặc trưng liên quan đến thành phần tải trọng (kN/m)
- α : hệ số xét đến diện tích tiết diện hiệu dụng
- β : chỉ số tin cậy của phần chông lán giữa các cọc cải tạo
- T'_1 : áp lực tại mũi sau khi phân tán trong lớp móng (không bao gồm trọng lượng bản thân của lớp móng) (kN/m²) (refer to Hình 1.9)
- q_{uc} : cường độ thiết kế tiêu chuẩn (kN/m²)
- w_m : trọng lượng đơn vị của lớp móng (trọng lượng đơn vị bão hòa khi ngập nước) (kN/m³)

- h_m : bề dày của lớp móng (m)
- w_i : trọng lượng đơn vị của thân cải tạo (trọng lượng đơn vị bão hòa khi ngập nước) (kN/m^3)
- D_s : chiều sâu của tường ngăn (m)
- L_s : chiều dài của tường ngăn theo phương vuông góc (m)
- γ_R : hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng
- γ_S : hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : hệ số điều chỉnh



TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Hình 7

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.9- Sơ đồ tính toán minh họa ứng suất cắt theo phương đứng (Tường ngăn)

Các hệ số thành phần được sử dụng trong xác minh phá hoại cắt theo phương thẳng đứng của tường ngăn có thể được lựa chọn từ Bảng 1.8. Nếu trong bảng có cột tương ứng mang ký hiệu “-”, thì giá trị trong ngoặc đơn có thể được sử dụng cho Xác minh tính năng nhằm thuận tiện.

Bảng 1.8- Hệ số thành phần và hệ số điều chỉnh để xác minh phá hoại chịu cắt đứng của tường ngăn

Chế độ phá hoại	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng (γ_R)	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng (γ_S)	Hệ số điều chỉnh (m)
Ổn định bên trong của khối đất cải tạo (phá hoại cắt theo phương đứng của tường ngăn ở trạng thái thường xuyên)	- (1,00)	- (1,00)	1,80
Ổn định bên trong của khối đất cải tạo (phá hoại cắt theo phương đứng của tường ngăn ở trạng thái biến đổi/ tạm thời do chuyển động nền trong động đất)	- (1,00)	- (1,00)	1,50

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Bảng 6

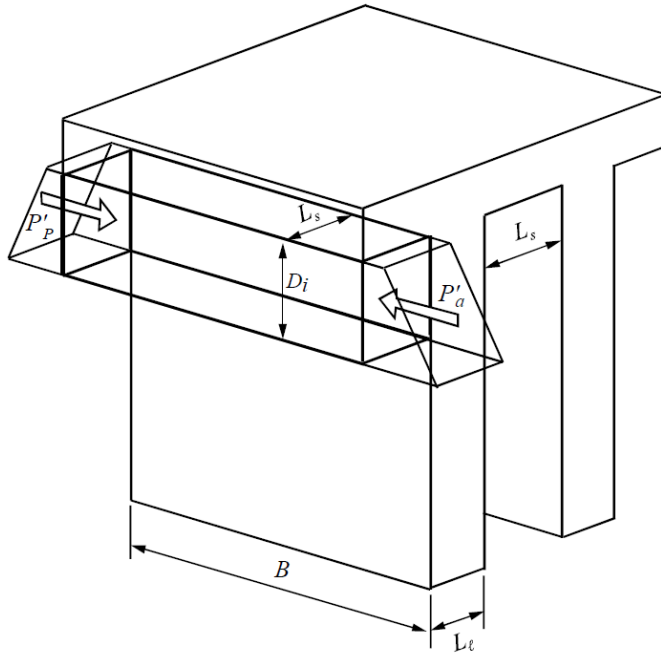
Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

3) Xác minh phá hoại do ép chặt

Do đất cải tạo kiểu tường (wall-type improved ground) bao gồm nhiều tường dài được liên kết với nhau thông qua các tường ngăn, và phần đất giữa các tường dài vẫn chưa được xử lý, nên có thể xảy ra nguy cơ phá hoại do ép chặt (extrusion failure) của

lớp đất chưa xử lý nằm giữa các tường dài. Mức độ rủi ro này phụ thuộc vào khoảng cách giữa các tường, cường độ của đất chưa xử lý, cũng như chiều dày của lớp đất đắp phía trên. Vì vậy, cần phải tiến hành xác minh khả năng xảy ra phá hoại do đùn ép của đất chưa xử lý nằm giữa các tường dài.

Hình 1.10 là sơ đồ minh họa hiện tượng phá hoại do đùn ép của đất chưa xử lý từ khối cải tạo kiểu tường.



Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

Hình 1.10- Sơ đồ khái niệm ép chặt của đất không cải tạo

Hiện tượng đùn ép của đất chưa xử lý giữa các tường dài có thể được xác minh thông qua các phép tính lặp lại sử dụng Công thức (1.14), bằng cách thay đổi các giá trị của D_i .

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = 2(L_s + D_i) C_{uk} B + P'_{phk} \quad (1.14)$$

$$S_k = P'_{ahk} + k_{h2k} w_{ik} B D_i L_s + h_w \rho_w g D_i L_s$$

Trong đó:

- R_k : giá trị đặc trưng của sức kháng (kN/m)
- S_k : giá trị đặc trưng của tác động (kN/m)
- L_s : chiều dài tường ngăn trong phương tuyến bề mặt (m)
- D_i : chiều sâu từ mép đáy của tường ngăn đến mặt cắt ngang cần xác minh (m)
- C_u : cường độ chịu cắt trung bình của đất không cải tạo tại chiều sâu ở giữa mép đáy của tường ngăn và mặt cắt ngang cần xác minh (kN/m²)
- B : chiều rộng của khối cải tạo (m)
- P'_{ah}, P'_{ph} : thành phần ngang tương ứng của tổng áp lực đất chủ động và tổng áp lực đất bị động tác động lên đất không cải tạo giữa các tường dài, xuống đến chiều sâu của D_i kể từ đáy

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Hình 11

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(12)

- của tường ngăn (kN)
- k_{h2} : hệ số động đất để xác minh khi tính lực thể năng do động đất tác động lên đất cải tạo
- h_w : độ chênh giữa mực nước dư và mực nước phía trước công trình (m)
- w_i : trọng lượng trên đơn vị chiều dài trong không khí của đất không cải tạo khi bão hòa nước (kN/m³)
- $\rho_w g$: trọng lượng đơn vị của nước biển (kN/m³)
- γ_R : hệ số thành phần của sức kháng
- γ_S : hệ số thành phần của tác động
- m : hệ số điều chỉnh

Các hệ số thành phần được sử dụng trong việc xác minh hiện tượng đùn ép của đất chưa xử lý giữa các tường dài có thể được lựa chọn từ Bảng 1.9. Nếu cột tương ứng trong bảng có ký hiệu “—”, thì giá trị nằm trong dấu ngoặc đơn ở cột đó có thể được sử dụng để xác minh tính năng nhằm thuận tiện trong tính toán.

Các hệ số thành phần liệt kê trong Bảng 1.9 được thiết lập dựa trên mức độ an toàn theo các tiêu chuẩn trước đây.

Bảng 1.9- Các hệ số thành phần và hệ số điều chỉnh để xác minh phá hoại ổn định

Trường hợp	Hệ số thành phần của sức kháng, γ_R	Hệ số thành phần của tác động, γ_S	Hệ số điều chỉnh, m
Trường hợp thường xuyên	0,81	1,04	1,00
Trường hợp động đất	1,00	1,00	1,50

Nguồn: TCVN 11820-4-2-2020

TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Bảng 7

1-6. Xác minh cải tạo nền kiểu cọc (nền hỗn hợp) (Composite Ground)

Khi nền móng của các công trình có tải trọng tương đối nhẹ như đắp đất hoặc tường chắn là nền đất yếu, phương pháp cải tạo nền kiểu cọc (nền tổ hợp – composite ground) thường được áp dụng nhằm ngăn ngừa hiện tượng trượt tròn, giảm lún, tăng khả năng chịu tải và giảm chuyển vị ngang. Các phương pháp thiết kế hiện nay đối với nền đã cải tạo chủ yếu bao gồm phân tích ổn định bằng tính toán trượt tròn và phân tích lún có xét đến tỷ lệ phân bố ứng suất. Tuy nhiên, các nghiên cứu thực nghiệm và phân tích về khả năng chịu tải của nền đã cải tạo vẫn còn hạn chế. Các phương pháp thiết kế hiện tại chưa phản ánh đầy đủ các hiện tượng thực tế, và vẫn tồn tại những vấn đề liên quan đến độ tin cậy và độ chính xác trong thiết kế, vốn chưa được thiết lập một cách hoàn chỉnh.

Các thí nghiệm tải trọng mô hình lý tâm nhằm khảo sát cơ chế phá hoại khi áp dụng phương pháp cải tạo kiểu cố định (tức là các cọc cải tạo kéo dài đến lớp đất chịu lực) cho nền móng của dề chắn sóng kiểu caisson đã ghi nhận ba dạng phá hoại sau:

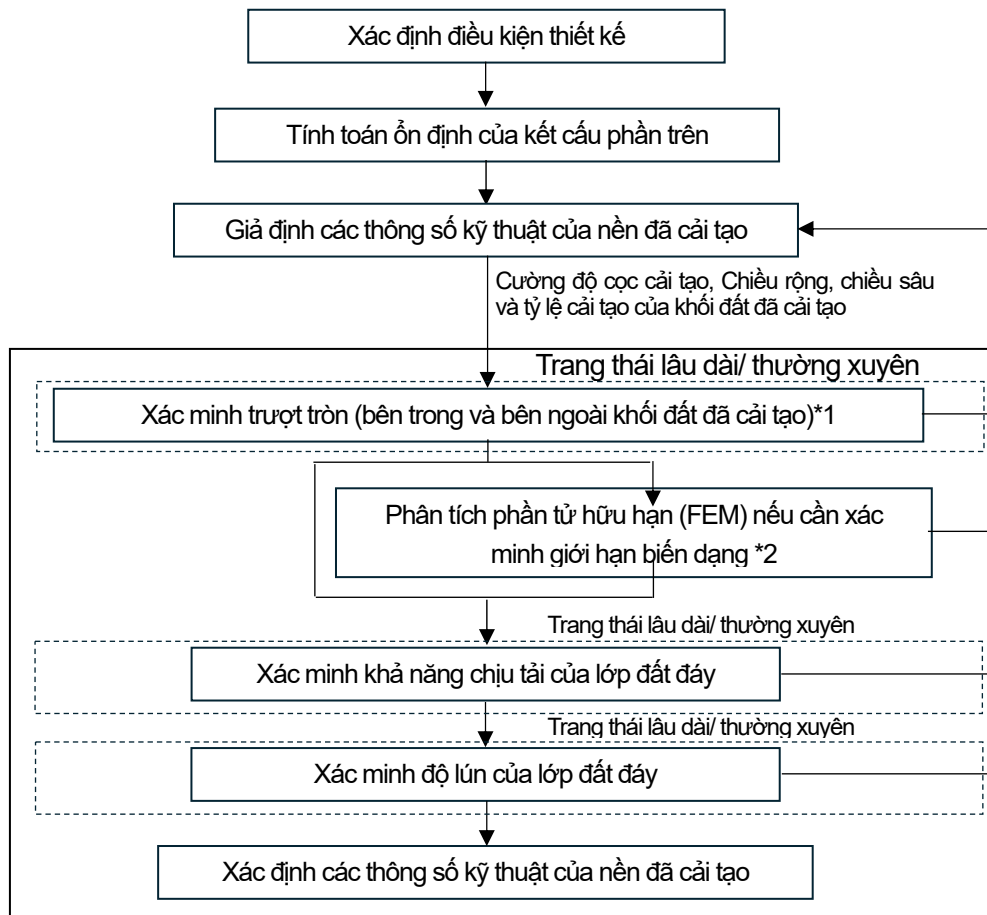
- Sự sụp đổ của cọc cải tạo (phá hoại uốn phụ thuộc vào vị trí của cọc)
- Cọc cải tạo sụp đổ theo kiểu dây chuyền (domino)
- Phá hoại trượt của khối caisson

Sự xuất hiện của các dạng phá hoại này phụ thuộc vào điều kiện địa chất và điều kiện vận hành, tuy nhiên vẫn còn nhiều yếu tố chưa được làm rõ. Các phương pháp thiết kế hiện tại đối với nền cải tạo kiểu cọc, như được đề cập ở đây, chưa xét đến các

trường hợp cọc cải tạo sụp đổ theo kiểu domino hoặc phá hoại uốn; do đó, cần hết sức thận trọng khi áp dụng các phương pháp này. Các nghiên cứu trước đây có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các trường hợp phá hoại kiểu domino hoặc phá hoại uốn.

(1) Quy trình xác minh

Quy trình tiêu chuẩn để xác minh được trình bày trong Hình 1.11. Tuy nhiên, một số hạng mục khảo sát liệt kê trong hình có thể được lược bỏ tùy theo mục tiêu cải tạo cụ thể.



Sổ tay
CDM:
2018,
Hình 3.8.1

*1: Nếu chiều rộng của khối đất đã cải tạo nhỏ so với chiều dài, cần tiến hành xác minh phá hoại trượt.

*2: Nếu có quy định hoặc yêu cầu về giới hạn biến dạng, cần thực hiện xác minh biến dạng.

Nguồn: Sổ tay CDM: 2018, Nhật Bản

Hình 1.11- Ví dụ quy trình xác minh tính năng

(2) Điều kiện thiết kế

Điều kiện thiết kế cần được xem xét một cách toàn diện, bao gồm: 1) Mục đích và chức năng của công trình, 2) Mức độ quan trọng, 3) Điều kiện tải trọng, 4) Điều kiện thi công (bao gồm môi trường xung quanh), và 5) Điều kiện địa chất nền đất.

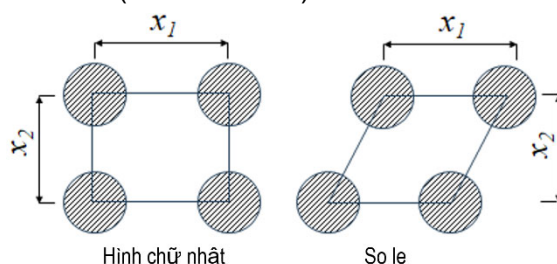
Trong quá trình thiết kế, cần đặc biệt lưu ý xác định các điều kiện giới hạn biến dạng cho phép hoặc biến dạng tiêu chuẩn, cũng như độ lún cho phép, dựa trên các yếu tố nêu trên. Từ đó, xác định các thông số kỹ thuật phù hợp với mục tiêu cải tạo nền đất.

(3) Giả định các thông số kỹ thuật của nền đã cải tạo

Các giả định về thông số kỹ thuật được thiết lập liên quan đến chiều rộng, chiều sâu, tỷ lệ cải tạo, và cường độ của khối đất đã cải tạo (cường độ thiết kế tiêu chuẩn). Những thông số này cần được xác định dựa trên hiệu quả thi công thực tế.

Tương tác cơ học giữa các khối đất đã cải tạo và phần đất chưa xử lý nằm giữa chúng – đặc biệt là ứng xử dưới tác động của lực ngang như áp lực đất chủ động lên nền đã cải tạo – vẫn còn nhiều điểm chưa rõ ràng, gây ra những thách thức chưa được giải quyết trong thiết kế. Do đó, khi xác định thông số kỹ thuật của nền cải tạo, cần đặc biệt lưu ý đến hiệu quả thi công trong các dự án trước đây.

Tỷ lệ cải tạo (a_p) được biểu thị bằng phần trăm diện tích đã cải tạo so với diện tích mục tiêu cần cải tạo. Thông thường, các khối đất cải tạo được bố trí theo mô hình hình chữ nhật hoặc mô hình so le (xem Hình 1.12).



Nguồn: Sổ tay CDM: 2018, Nhật Bản

Hình 1.12- Bố trí các khối đất cải tạo

$$a_p = \frac{A_p}{x_1 \times x_2} \times 100 \quad (1.15)$$

Trong đó:

- a_p : Tỷ lệ cải tạo (%)
- A_p : Diện tích cải tạo tương ứng cho mỗi cọc (m^2)
- $x_1 x_2$: Diện tích phân bổ cho mỗi cọc (m^2)

Do khối cải tạo không phải là một hệ cọc đồng nhất có cường độ cao, nên chiều rộng cải tạo tổng thể (B) của khối cải tạo cần được thiết lập một cách hợp lý, dựa trên hiệu quả tương ứng với chiều sâu cải tạo (D), sao cho toàn bộ nền đất đã cải tạo có thể chống lại các lực tác động bên ngoài mà không phát sinh ứng suất uốn quá lớn.

Cường độ thiết kế của khối cải tạo (cường độ thiết kế tiêu chuẩn) và tỷ lệ cải tạo sẽ thay đổi tùy theo mục đích cải tạo và điều kiện đất nền mục tiêu. Tuy nhiên, dựa trên hiệu quả thi công trong quá khứ, các giá trị thường được sử dụng là, cường độ thiết kế: từ 100 đến 600 kN/m^2 , tỷ lệ cải tạo: từ 30–50% trở lên.

Giá trị cường độ thiết kế tiêu chuẩn của khối cải tạo cần được xác định dựa trên kết quả thi công thực tế và cường độ chịu nén yêu cầu của vật liệu cải tạo. Nói cách khác, cường độ thiết kế được giả định dựa trên tải trọng tập trung tác dụng lên khối cải tạo, đồng thời xem xét hệ số an toàn khoảng 1,0–1,2 trong quá trình tính toán theo công thức sau:

$$q_{uck} = F_s W / a_p \quad (1.16)$$

Trong đó:

- q_{uck} : Giá trị đặc trưng của cường độ thiết kế tiêu chuẩn của khối cải tạo
- a_p : Tỷ lệ cải tạo (%)

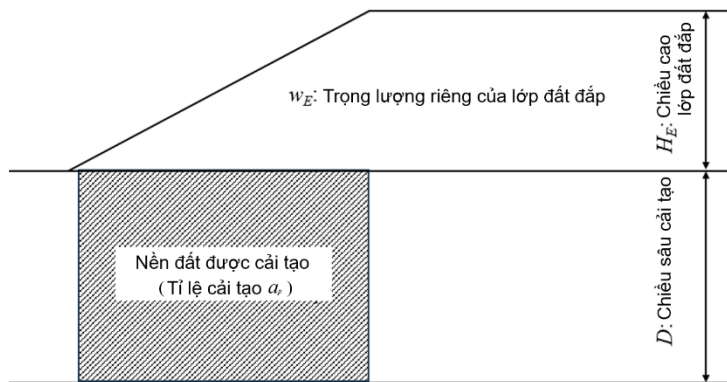
Sổ tay
CDM:
2018,
Hình 3.8.2

Sổ tay
CDM:
2018,
Công thức
(3.8.1)

Sổ tay
CDM:
2018,
Công thức
(3.8.2)

W : Tải trọng chất thêm = $H_E \times w_E$ (xem Hình 1.13)

F_s : Hệ số an toàn (1,0-1,2)



Nguồn: Sổ tay CDM: 2018, Nhật Bản

Hình 1.13- Mối quan hệ giữa cường độ thiết kế tiêu chuẩn và chiều cao đắp đất

(4) Xác minh phá hoại trượt tròn

Việc xác minh phá hoại trượt tròn được thực hiện để đánh giá nguy cơ trượt xảy ra bên trong khối đất đã cải tạo và bên ngoài khối đất đã cải tạo. Phương pháp xác minh được trình bày trong Công thức (1.17) và Bảng 1.10.

Trong Công thức này, các chỉ số k và d lần lượt biểu thị giá trị đặc trưng và giá trị thiết kế. Ngoài ra, các hệ số thành phần sử dụng trong Công thức này có thể được tra cứu trong Bảng 1.10. Đối với các phần trong bảng có ký hiệu “-”, có thể sử dụng giá trị nằm trong dấu ngoặc đơn để thuận tiện khi thực hiện xác minh.

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1,0; R_d = \gamma_R R_k; S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = \sum [\{ c'_k \cdot s + (w'_k + q_k) \cos^2 \theta \tan \varphi'_k \} \sec \theta] \quad (1.17)$$

$$S_k = \sum [(w_k + q_k) \sin \theta]$$

Trong đó:

- c' : Cường độ cắt không thoát nước của đất dính hoặc lực dính biểu kiến trong điều kiện thoát nước của nền đất cát (kN/m²)
- s : Chiều rộng của đoạn cắt (m)
- w' : Trọng lượng hữu hiệu của đoạn cắt (kN/m)
- w : Tổng trọng lượng của đoạn cắt (kN/m)
- q : Tải trọng chất thêm tác dụng lên đoạn cắt (kN/m)
- φ' : Góc kháng cắt biểu kiến dựa trên ứng suất hữu hiệu (°)
- θ : Góc đáy của đoạn cắt so với phương ngang (°)
- R : Thành phần kháng lực (kN/m)
- S : Thành phần tải trọng (kN/m)
- γ_R : Hệ số thành phần nhân với thành phần kháng lực
- γ_S : Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng
- m : Hệ số điều chỉnh

Sổ tay
CDM:
2018,
Hình 3.8.3

Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 1:
2025,
Công thức
(I.102)
(I.103)

Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 4-1:
2020,
Công thức
(F.1)

Bảng 1.10- Các hệ số thành phần sử dụng để xác minh tính năng phá hoại trượt tròn của nền móng

TCVN
11820
Phần 6:
2023,
Bảng 6

Đối tượng xác minh	Hệ số biến động của đất dính trong lớp đất đại diện C_v	Hệ số thành phần nhân với sức kháng γ_R	Hệ số thành phần nhân với tải trọng γ_s	Hệ số điều chỉnh m
Phá hoại trượt tròn của đất nền móng (trường hợp thường xuyên)	Trường hợp không có đất dính trong lớp mà cung tròn đi qua	0,83	1,01	(1,00)
	Nhỏ hơn 0,10	0,86	1,05	(1,00)
	Không nhỏ hơn 0,10 và nhỏ hơn 0,15	0,85	1,04	(1,00)
	Không nhỏ hơn 0,15 và nhỏ hơn 0,25	0,80	1,02	(1,00)
	Không nhỏ hơn 0,25	(1,00)	(1,00)	1,30

Nguồn: Chính sửa từ TCVN 11820-6-2023

Cường độ cắt trung bình của nền đất đã cải tạo được biểu thị bằng Công thức (1.18). Trong Công thức này, thành phần thứ hai ở vế phải, biểu thị cường độ của đất chưa xử lý, thường rất nhỏ nên thường được bỏ qua trong tính toán. Tại đây, hệ số giảm κ là một hệ số được đưa vào để xét đến sự khác biệt về độ biến dạng phá hoại giữa khối đất đã cải tạo và đất tự nhiên ban đầu.

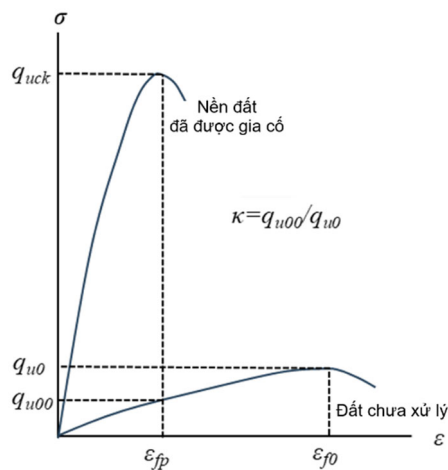
Hệ số này được xác định dựa trên kết quả thí nghiệm nén đơn trục của khối cải tạo và đất nguyên trạng, nhưng cũng có thể tương ứng với giá trị biến dạng trục từ 1% đến 2% theo các dữ liệu thực nghiệm trước đây.

$$T_{avg} = C_p a_p + \kappa C_0 (1 - a_p) \quad (1.18)$$

Trong đó:

- T_{avg} : sức kháng cắt trung bình của nền đất đã được cải tạo (kN/m²)
- C_p : Sức kháng cắt của khối cải tạo = $q_{uck} / 2$ (kN/m²)
- a_p : Tỷ lệ cải tạo (%)
- κ : Hệ số giảm
- C_0 : Cường độ kháng cắt của đất chưa xử lý (kN/m²)

Sổ tay
CDM:
2018,
Công thức
(3.8.3)



Nguồn: Sổ tay CDM: 2018, Nhật Bản

Hình 1.14- Quan hệ giữa ứng suất σ và biến dạng ε của nền đất đã cải tạo và đất chưa cải tạo

Trong các trường hợp áp dụng thông số kỹ thuật cải tạo nền kiểu hỗn hợp, thông thường không dự kiến các biến dạng hoặc dạng phá hoại như trượt tròn. Tuy nhiên, việc xác minh phá hoại trượt tròn vẫn được thực hiện để xác nhận tính ổn định của nền đã cải tạo, đặc biệt trong các trường hợp sau:

- Lớp đất chịu tải là đất yếu.
- Áp lực đất ngang tác dụng lên nền cải tạo là đáng kể.
- Chiều rộng cải tạo nhỏ so với chiều sâu, và mức độ chôn sâu vào lớp đất chịu tải không đủ.

(5) Xác minh phá hoại khả năng chịu tải

Trong trường hợp cải tạo nền dạng cọc, do tải trọng chất thêm (surcharge load) tập trung lên khối cải tạo, cần tiến hành xác minh khả năng chịu tải của lớp đất chịu tải bên dưới. Nếu lớp đất chịu tải không đủ cứng, hiện tượng lún cũng có thể xảy ra. Do đó, với giả định rằng tải trọng chất thêm tập trung lên khối cải tạo, cần tính toán và xác minh khả năng chịu tải cho phép của lớp đất chịu tải để đảm bảo nền móng không bị phá hoại.

(6) Tính toán độ lún cố kết của nền đã cải tạo

Việc tính toán độ lún cố kết được ước tính dựa trên các yếu tố sau: độ lún của nền đất chưa xử lý (S_0), tỷ lệ cải tạo nền (a_p) và tỷ lệ phân bố ứng suất ($n = \sigma_p / \sigma_c$).

$$S = \beta' S_0$$

$$\beta' = \frac{\sigma_c}{\sigma} = \frac{1}{(n-1)a_p + 1} \quad (1.19)$$

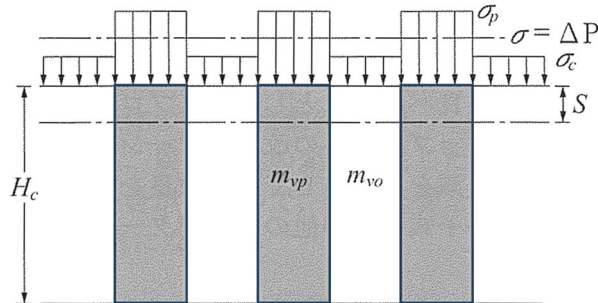
$$S_0 = m_{v0} H_c \sigma$$

Sổ tay
CDM:
2018,
Công thức
(3.8.4)

Trong đó:

- S : Độ lún của nền đất đã cải tạo, nền hỗn hợp (m)
- S_0 : Độ lún của nền đất chưa xử lý (m)
- β' : Tỷ lệ giảm độ lún (tỷ số giữa độ lún của nền tổ hợp và nền chưa xử lý)
- a_p : Tỷ lệ cải tạo (%)
- σ : $=\Delta P$, ứng suất tăng thêm (kN/m^2)
- H_c : Chiều dày lớp đất cải tạo, lớp cố kết (m)

- n : Tỷ lệ phân bố ứng suất $=\sigma_p/\sigma_c (=m_{vo}/m_{vp})$
- σ_p : Ứng suất tác dụng lên khối cải tạo (kN/m^2)
- σ_c : Ứng suất tác dụng lên đất chưa xử lý (kN/m^2)
- m_{vp} : Hệ số nén thể tích của nền đất đã cải tạo (m^2/kN)
- m_{vo} : Hệ số nén thể tích của nền đất chưa xử lý (m^2/kN)



Nguồn: Sổ tay CDM: 2018, Nhật Bản

Hình 1.15- Độ lún của nền đất đã cải tạo (nền hỗn hợp)

Sổ tay
CDM:
2018,
Hình 3.8.5

Khi khối cải tạo đã chạm tới lớp đất chịu tải, mặc dù còn phụ thuộc vào cường độ thiết kế và tải trọng đắp đất tác dụng lên khối cải tạo, thì độ lún cố kết do tải trọng chất thêm lên khối cải tạo thường ít xảy ra. Tuy nhiên, nếu lớp đất cố kết vẫn tồn tại bên dưới khối cải tạo, thì độ lún cần được xem xét.

Trong trường hợp tỷ lệ cải tạo nhỏ và đang đánh giá độ lún cố kết do đắp đất và các tải trọng chất thêm khác, thì tỷ lệ phân bố ứng suất (n) thường được lấy trong khoảng từ 10 đến 20.

Các tính toán này giả định độ lún giữa phần đất cải tạo và phần đất chưa xử lý là đồng đều. Lưu ý rằng nếu lớp cải tạo có bề dày lớn và tỷ lệ cải tạo cao, thì độ lún tính toán có thể bị ước tính cao hơn so với thực tế.

(7) Xác minh chuyển vị ngang

Khi thực hiện cải tạo nền dạng cọc nhằm hạn chế chuyển vị ngang, các thông số cải tạo được xác định dựa trên phân tích phá hoại trượt tròn theo mô hình nền tổ hợp có thể chưa đủ để đảm bảo hiệu quả. Do đó, cần ước lượng chuyển vị ngang gây ra bởi tải trọng lệch tâm và tải trọng chất thêm, đồng thời thiết lập thông số cải tạo sao cho chuyển vị này không vượt quá giá trị cho phép (giá trị mục tiêu).

Việc ước lượng chuyển vị thường sử dụng phân tích phần tử hữu hạn (FEM). Ngoài ra, trong quá trình thi công, chuyển vị ngang có thể được kiểm soát (thiết lập giá trị cho phép hoặc giá trị mục tiêu) tùy theo điều kiện thực tế của khu vực thi công.

1-7. Xác minh tính năng của nền đất đã cải tạo nhằm giảm áp lực đất

Phần này trình bày các phương pháp áp dụng nhằm giảm áp lực đất do động đất thông qua việc cải tạo nền đất phía sau các kết cấu tường bên hiện hữu, từ đó nâng cao khả năng chống động đất. Nền đất được cải tạo bằng phương pháp trộn sâu (DMM – Deep Mixing Method) được xem là vật liệu có lực dính (c) vượt trội hơn so với góc ma sát trong (φ), do đó trong thiết kế xác minh giảm áp lực đất động, nền cải tạo này được đánh giá là vật liệu "c".

(1) Các kiểu cải tạo nền đất

Các kiểu cải tạo nền đất bằng phương pháp trộn sâu (DMM) bao gồm dạng khối

(block-type), dạng tường (wall-type), và dạng lưới (grid-type), vv. Tuy nhiên, đối với các dạng bố trí khác ngoài dạng khối và dạng cột chồng lấn (overlapping column-type), phương pháp tính toán áp lực đất vẫn còn nhiều điểm chưa được làm rõ. Do đó, khi thực hiện cải tạo nền nhằm mục đích giảm áp lực đất, nguyên tắc thiết kế nên ưu tiên sử dụng kiểu cải tạo dạng khối hoặc dạng cột chồng lấn. Đối với các dạng cải tạo khác như dạng lưới (grid-type) hoặc dạng cọc (pile-type), cần thận trọng vì hầu như chưa có ví dụ thực tế nào được áp dụng.

Cách bố trí nền cải tạo dạng cột chồng lấn phải được sắp xếp theo hướng truyền áp lực đất chủ động chính, từ nền cải tạo về phía kết cấu, như được thể hiện trong Hình 1.16.

(2) Thiết kế nhằm giảm áp lực đất

Mặc dù vẫn còn một số vấn đề chưa được làm rõ liên quan đến áp lực đất chủ động chính của nền cải tạo bằng phương pháp trộn sâu (DMM), song nhìn chung, nền cải tạo dạng khối (block-type) và dạng cột chồng lấn (overlapping column-type) được xem là có mức độ cải tạo gần như 100%, nhờ đặc tính hình học của chúng.

Do đó, khi thiết kế nền đất đã cải tạo bằng phương pháp DMM với mục tiêu giảm áp lực đất, nên tham khảo các phương pháp thiết kế liên quan được trình bày trong “Sổ tay kỹ thuật xử lý trộn trước” (Pre-mixing Treatment Technique Manual) hoặc “Sổ tay kỹ thuật phương pháp xử lý đất trộn nhẹ cho cảng và sân bay Nhật Bản” (Lightweight Mixed Treatment Soil Method Technical Manual for Ports and Airports, Nhật Bản).

Khi tính toán áp lực đất chủ động chính mà nền cải tạo tác dụng lên kết cấu, nền cải tạo được xem là vật liệu loại “c”, nghĩa là chỉ xét đến lực dính kết (c) và bỏ qua các thành phần khác như góc ma sát trong (ϕ). Giá trị lực dính c của nền cải tạo dạng khối (block-type) được xác định theo Công thức (1.20).

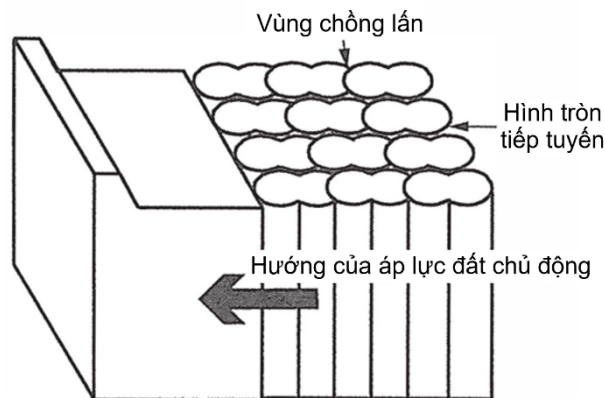
Đối với nền cải tạo kiểu cột chồng lấn, do còn tồn tại những điểm chưa rõ ràng trong cơ chế tác dụng áp lực đất giữa đất chưa xử lý và đất đã cải tạo, nên việc thiết kế cần được thực hiện với đánh giá kỹ thuật đầy đủ, có thể tham khảo thêm tài liệu như Thiết kế nền cải tạo dạng cọc – Mô hình nền hỗn hợp (Mục 1-5) và các tài liệu chuyên ngành khác.

$$c = \frac{1}{2} q_{uck} \quad (1.20)$$

Trong đó:

- c : Cường độ kháng cắt của nền đã cải tạo (kN/m²)
- q_{uck} : Cường độ thiết kế tiêu chuẩn (kN/m²)

Sổ tay
CDM:
2018,
Công thức
(3.8.5)



Sổ tay
CDM:
2018,
Hình 3.8.6

Nguồn: Sổ tay CDM: 2018, Nhật Bản

Hình 1.16- Nền đất cải tạo dạng cột chồng lấn nhằm giảm áp lực đất

Xác định chiều rộng cải tạo nền bằng phương pháp DMM nhằm giảm áp lực đất cần được thực hiện theo các bước sau:

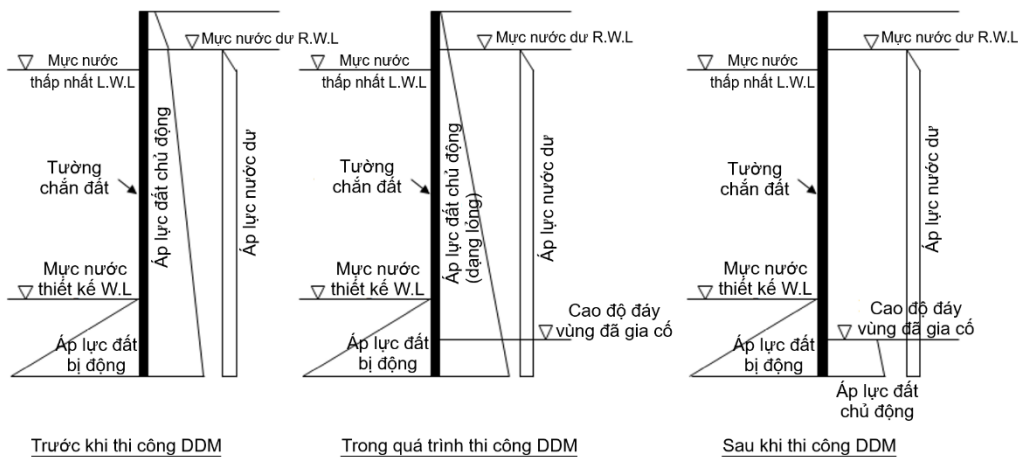
- 1) Tập trung vào các công trình hiện hữu và xác minh tính ổn định của kết cấu tường bên (bao gồm trượt, lật, và khả năng chịu tải) dưới tác động của áp lực đất và áp lực nước tĩnh do khối đất đã cải tạo gây ra.
- 2) Xác định mặt trượt chủ động chính có thể xâm nhập vào trong khối đất đã cải tạo.
- 3) Xác minh ổn định tổng thể (bao gồm cả phá hoại trượt) của toàn bộ kết cấu, bao gồm công trình và nền đất đã cải tạo.

Trong các trường hợp có tác động của lực động đất hoặc khi xảy ra biến dạng của đất xung quanh, nền đã cải tạo có thể không tương thích với biến dạng tổng thể, dẫn đến nứt gãy. Vì vậy, cần nghiên cứu kỹ lưỡng ảnh hưởng của các yếu tố này trong quá trình thiết kế và thi công.

(3) Xác minh kết cấu tường chắn đất

Việc xác minh kết cấu của tường cừ (sheet pile wall) cần được thực hiện qua ba giai đoạn thi công riêng biệt như sau:

- Trước khi thi công DMM: xác minh dựa trên áp lực đất từ nền đất tự nhiên (chưa trộn).
- Trong quá trình thi công DMM: xem xét áp lực thủy tĩnh do trạng thái bùn lỏng của đất trộn từ phía đất liền tác dụng lên tường và
- Ngay sau khi thi công DMM: tính đến áp lực đất từ vật liệu DMM ở trạng thái bán rắn tác dụng lên tường.



Hình 1.17- Tác động ngoại lực lên tường cừ

Trong giai đoạn sau khi vật liệu DMM đã hóa rắn, giả định rằng không còn áp lực đất tác dụng lên tường cừ từ phía khối đất đã cải tạo bằng DMM. Do đó, chỉ còn áp lực nước dư được xem là ngoại lực tác dụng lên kết cấu.

Chiều dài chôn sâu của tường cừ được xác định dựa trên phương pháp thiết kế tường cừ có neo, và tiết diện kết cấu của tường được thiết kế theo ứng suất phát sinh trong thân tường cừ.

1-8. Phương pháp xử lý đất nhẹ (Vật liệu địa kỹ thuật siêu nhẹ – SGM)

(1) Tổng quan và đặc điểm

Phương pháp này được sử dụng để tạo ra vật liệu nền móng hoặc vật liệu lấp sau rất nhẹ, bằng cách tái chế đất nạo vét hoặc đất dư thừa từ công trình xây dựng làm đất nguồn, sau đó trộn với nước, bọt khí, hạt EPS (polystyrene giãn nở) và các chất kết dính khác.

Vật liệu SGM tạo thành một khối đất cải tạo tương tự như phương pháp CDM, nhưng có các đặc điểm riêng biệt như trình bày trong Bảng 1.11.

(2) Phạm vi áp dụng và hiệu quả kỳ vọng

Ứng dụng làm vật liệu đắp sau tường bên và đê mới xây dựng:

- Giảm áp lực đất, cho phép giảm kích thước tiết diện của tường chắn và tường cừ, từ đó giảm chi phí và thời gian thi công.
- Trọng lượng thể tích nhỏ, giúp giảm độ lún cố kết, tạo điều kiện thi công hiệu quả trên nền đất yếu.

Ứng dụng để gia cường và nâng cao hiệu quả sử dụng của các tường bên và đê hiện hữu:

- Do giảm áp lực đất, cho phép thực hiện gia cường chống động đất, nâng cao đê, tăng tải trọng phủ, và tăng độ sâu phía trước công trình với ít thay đổi kết cấu.
- Nhờ có độ cứng đủ lớn và trọng lượng nhẹ, SGM có thể hạn chế chuyển vị ngang và nâng cao khả năng sử dụng của tường bên.

Ứng dụng trong đắp nền gần khu vực thi công:

- Vật liệu đắp nền nhẹ giúp giảm thiểu tác động lên các nền đắp hiện hữu, công trình lân cận, đường ống chôn ngầm, v.v.
- Tải trọng phủ hiệu dụng có thể được giảm xuống còn khoảng một nửa so với đất thông thường trong điều kiện khô, và giảm đáng kể trong phần ngập nước, do đó rất thích hợp làm vật liệu đắp tại các khu vực có sự thay đổi đột ngột về tải trọng, giúp hạn chế hình thành bậc hoặc lún không đều.

Ứng dụng trong lấp nền ngập nước và đắp nền trên đất yếu:

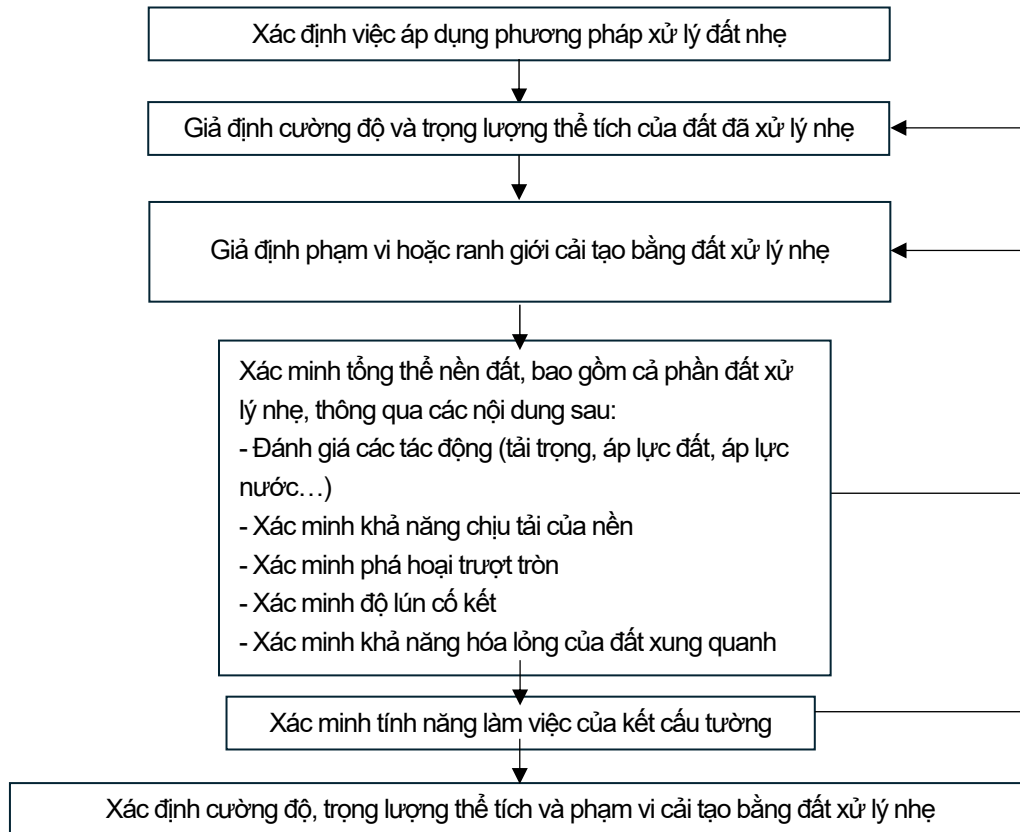
- Nhờ khả năng chống phân tầng dưới nước, vật liệu này có thể được sử dụng làm vật liệu lấp nền trong môi trường ngập nước.
- Với đặc tính cứng đủ và trọng lượng nhẹ, việc sử dụng trong đắp nền trên đất yếu giúp ngăn ngừa lún sụt và nâng cao độ an toàn cho công trình.

Bảng 1.11- Đặc điểm của phương pháp xử lý đất nhẹ / SGM

Đặc tính	Đất xử lý bằng bọt khí (Air foam treated soil)	Đất xử lý bằng hạt EPS (EPS beads treated soil)
Trọng lượng đơn vị thể tích	Điều chỉnh bằng cách thay đổi lượng vật liệu nhẹ được trộn vào	
	Trọng lượng thể tích có xu hướng tăng do mất bọt trước khi hóa rắn và áp lực nước trong quá trình dưỡng hộ dưới nước, nhưng có thể khắc phục bằng cách tăng lượng bọt khí.	Trong phạm vi ứng dụng thông thường, trọng lượng đơn vị thể tích khi trộn và sau khi dưỡng hộ dưới nước gần như không thay đổi.
	Về lâu dài, có thể xảy ra hiện tượng hấp thụ nước từ bề mặt đất đã xử lý.	Hầu như không thay đổi do hấp thụ nước.
Cường độ	Càng tăng lượng chất kết dính, cường độ nén đơn trục (q_u) càng lớn.	
	Khi chịu áp lực trong quá trình dưỡng hộ, trọng lượng đơn vị thể tích tăng, kéo theo q_u tăng nhẹ	Trong điều kiện thông thường, ngay cả khi có áp lực như áp lực nước trong quá trình dưỡng hộ, ảnh hưởng đến q_u là rất nhỏ (không đáng kể).
	Thông thường, kết cấu có thể chịu được tải trọng lặp lại nếu tải $\leq 60-70\% q_u$.	Thông thường, kết cấu có thể chịu được tải trọng lặp lại nếu tải $\leq 60\% q_u$.
	Mô đun biến dạng E_{50} có xu hướng giảm khi áp lực bao quanh tổng cộng tăng lên. Vật liệu này có đặc tính cường độ tương tự đất sét cứng, nhưng hệ số áp lực đất tại trạng thái nghỉ (K_0) nhỏ, khoảng $K_0 = 0,2$.	
Độ thấm (Permeability)	Gần giống với hệ số thấm của đất nạo vét đã hóa rắn bằng chất kết dính.	
	Khi tỷ lệ thể tích bọt khí vượt quá 30%, độ thấm có xu hướng tăng.	Độ thấm hầu như không thay đổi ngay cả khi tăng tỷ lệ trộn hạt EPS.
Độ bền (Durability)	Có nguy cơ giảm cường độ khi bị khô, do đó nếu sử dụng trong điều kiện không ngập nước, cần phủ đất hoặc có biện pháp bảo vệ bề mặt.	
Đặc tính lưu động (đặc tính chảy)	Độ chảy phụ thuộc vào độ ẩm của bùn đã điều chỉnh, độ ẩm càng cao thì độ chảy càng lớn.	
	Độ chảy trong nước thấp hơn trong không khí do ảnh hưởng của lực nổi và áp lực nước.	
Đặc tính chống rửa trôi	Khả năng chống phân tách phụ thuộc vào độ ẩm của bùn đã điều chỉnh, độ ẩm càng thấp, khả năng chống phân tách càng cao. Ngoài ra, còn phụ thuộc vào loại đất, lượng vật liệu nhẹ và chất kết dính, cũng như phương pháp thi công.	
	Phụ thuộc vào loại chất tạo bọt và nước pha loãng.	Kích thước hạt EPS càng lớn, ảnh hưởng càng rõ rệt
Khả năng thi công	Cần chú ý ngăn ngừa hiện tượng vỡ bọt trong quá trình đổ và hiện tượng co rút bọt do áp lực nước.	Cần tránh làm phân tán hạt xốp EPS và thu hồi các hạt nổi trên mặt nước sau khi tách.

Viện Công nghệ Phát triển Ven biển (CDIT): Sổ tay Kỹ thuật Siêu Vật liệu Địa chất

(3) Xác minh tính năng



OCDI
2020,
Phần III
Chương 2
Hình
5.6.1

Nguồn: OCDI 2020

Hình 1.18- Ví dụ về quy trình xác minh hiệu quả thi công

Phương pháp xử lý đất nhẹ / SGM là một phương pháp cải tạo nền đất, trong đó đất nguyên liệu như đất nạo vét hoặc đất thải từ công trình xây dựng được điều chỉnh độ ẩm vượt quá giới hạn chảy, sau đó được chuyển thành dạng bùn lỏng, rồi trộn với chất kết dính và vật liệu làm nhẹ để sử dụng làm vật liệu nền cho đắp nền hoặc lấp sau, tạo nên một nền móng nhẹ và ổn định. Loại đất xử lý sử dụng bọt khí làm vật liệu làm nhẹ được gọi là đất xử lý bằng bọt khí (air-foam treated soil). Loại đất xử lý sử dụng hạt EPS (polystyrene giãn nở) làm vật liệu làm nhẹ được gọi là đất xử lý bằng hạt EPS (foam bead treated soil). Phương pháp đất xử lý nhẹ có các đặc điểm nổi bật sau:

- So với cát thông thường, vật liệu này có khối lượng thể tích trong không khí chỉ khoảng một nửa, và trong nước chỉ khoảng 1/5, giúp giảm nguy cơ lún nền trong quá trình đắp và san lấp.
- Nhờ trọng lượng nhẹ và độ bền cao, vật liệu này tạo ra áp lực đất nhỏ cả trong điều kiện bình thường lẫn khi có động đất, do đó rất thích hợp cho các công trình có yêu cầu cao về khả năng kháng chấn hoặc khu vực bồi đắp mới.
- Vì sử dụng vật liệu tái chế như cát nạo vét và đất thải từ cảng, lượng chất thải cần xử lý được giảm đáng kể, góp phần bảo vệ môi trường.

Các đặc tính của đất xử lý nhẹ / SGM tương tự như đất sét cứng, ngoại trừ trọng lượng nhẹ, do đó trong thiết kế có thể xem như đất sét.

Đất xử lý nhẹ (SGM) là một vật liệu địa kỹ thuật nhẹ, phương pháp xác minh hiệu quả của SGM cơ bản giống với các công trình đất thông thường, ngoại trừ phần xác minh thành phần trộn.

Nhìn chung, có thể áp dụng quy trình thiết kế tương tự phương pháp CDM (Cement Deep Mixing), tuy nhiên cần xem xét đến các đặc tính riêng biệt của đất xử lý nhẹ (SGM) được trình bày ở phần dưới.

(4) Đặc tính của đất xử lý

1) Trọng lượng đơn vị thể tích

Trọng lượng đơn vị thể tích của đất xử lý nhẹ có thể được điều chỉnh trong khoảng $\gamma_t = 8$ đến 13 kN/m^3 bằng cách thay đổi lượng vật liệu nhẹ (bọt khí hoặc hạt EPS) và lượng nước bổ sung trong quá trình trộn. Khi sử dụng trong các công trình cảng biển, nếu trọng lượng thể tích nhỏ hơn trọng lượng thể tích của nước biển, có thể xảy ra hiện tượng nổi của khối đất xử lý khi mực nước dâng cao. Đặc biệt cần lưu ý đến hiện tượng nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu.

Do đó, các giá trị đặc trưng thường được sử dụng cho trọng lượng thể tích như sau:

- Dưới mực nước ngầm / khu vực ngập nước: $\gamma_k = 11,5 - 12,0 \text{ kN/m}^3$
- Trọng lượng đơn vị thể tích trong nước: $\gamma_k' = 1,5 - 2,0 \text{ kN/m}^3$
- Trên mực nước ngầm: $\gamma_k = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Ngoài ra, vì trọng lượng đơn vị thể tích của đất xử lý có thể thay đổi tùy theo điều kiện môi trường trong và sau khi đổ vật liệu, đặc biệt là áp lực nước (áp lực bao), cần lưu ý các điểm sau trong quá trình trộn.

2) Ảnh hưởng của áp lực nước trong quá trình đổ vật liệu (thi công)

Thể tích của bọt khí trong đất xử lý sẽ bị nén lại bởi áp lực nước trong quá trình đổ vật liệu. Lượng nén này có thể tính toán theo định luật Boyle. Đối với hạt EPS, sự thay đổi thể tích phụ thuộc vào tỷ lệ giãn nở, do đó cần xác định mối quan hệ giữa áp lực nước và sự thay đổi thể tích một cách hợp lý, và điều chỉnh lại trọng lượng đơn vị thể tích tương ứng.

3) Ảnh hưởng của thời gian sau khi thi công

Khi đất xử lý được sử dụng trong môi trường ngập nước, trọng lượng đơn vị thể tích có thể tăng theo thời gian do hiện tượng hấp thụ nước. Vì vậy, trong thiết kế thành phần trộn, cần tính thêm khoảng tăng $0,5 \text{ kN/m}^3$. Sự tăng trọng lượng này chủ yếu do nước từ bên ngoài khối đất xử lý dần thay thế bọt khí bên trong. Tốc độ thay đổi trọng lượng đơn vị thể tích phụ thuộc vào hàm lượng lỗ rỗng khí trong đất xử lý và điều kiện môi trường nơi đặt vật liệu. Trong mọi trường hợp, có thể giả định là tăng khoảng $0,5 \text{ kN/m}^3$. Tuy nhiên, nếu đất xử lý được sử dụng trên mực nước, thì không cần xét đến sự thay đổi trọng lượng đơn vị thể tích theo thời gian.

4) Ảnh hưởng của sự co ngót trong quá trình hóa rắn

Phương pháp xử lý đất nhẹ / SGM hóa rắn thông qua các phản ứng đông kết và thủy hóa nhờ vào các vật liệu kết dính được trộn vào, dẫn đến hiện tượng co ngót thể tích. Nếu cần xem xét sự thay đổi trọng lượng đơn vị thể tích do co ngót, các biến dạng co ngót theo phương dọc (ϵ_h) và phương ngang (ϵ_r) có thể được xác định thông qua thí nghiệm trong phòng, và biến dạng thể tích (ϵ_v) có thể được tính toán theo Công thức sau:

$$\epsilon_v = \epsilon_h + 2\epsilon_r \quad (1.21)$$

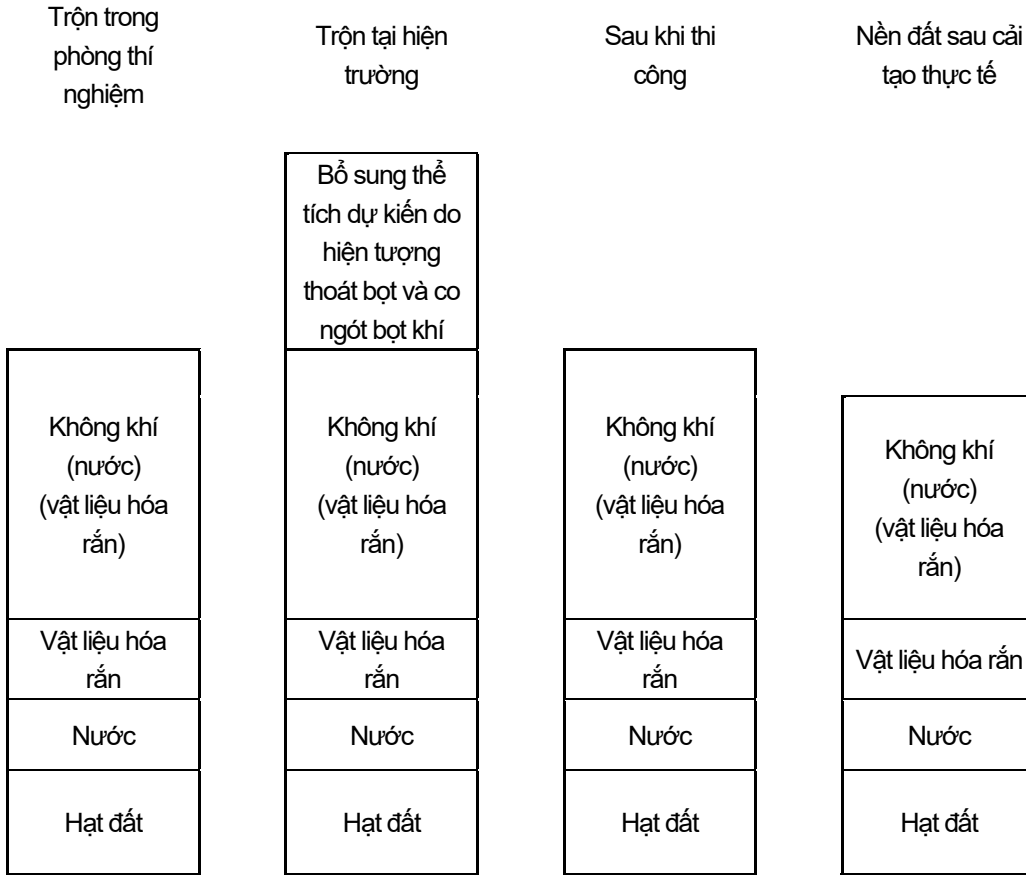
Trong đó:

- ϵ_v : Biến dạng thể tích
- ϵ_h : Biến dạng co ngót theo phương dọc

Viện Công
nghệ Phát
triển Ven
biển
(CDIT): SỔ

ϵ_r : Biến dạng cơ ngót theo phương ngang

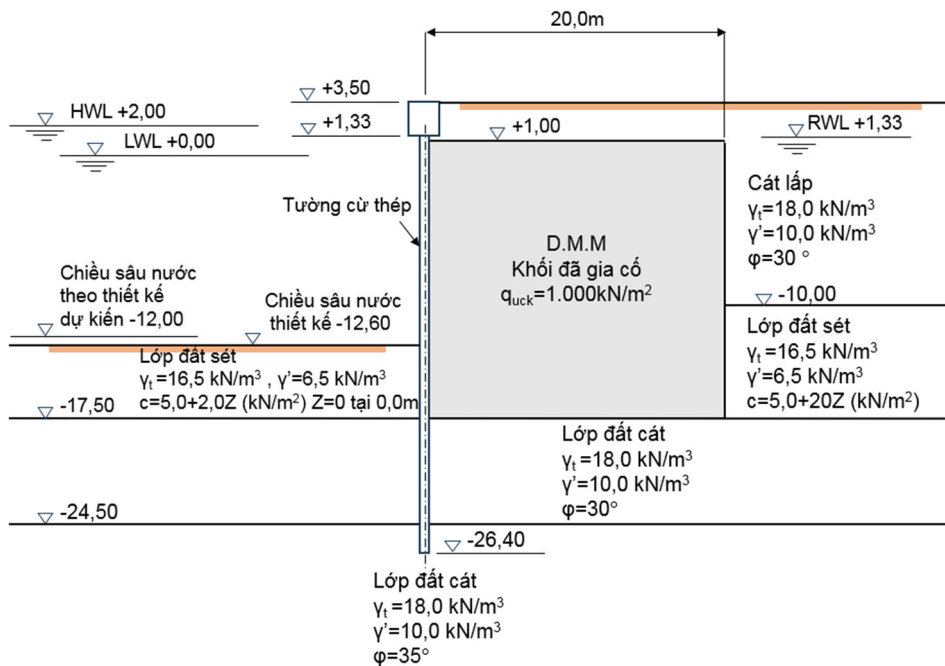
Khái niệm tổng thể về sự thay đổi thể tích được minh họa trong Hình sau.



tay Kỹ thuật Siêu Vật liệu Địa chất Công thức (3.3) Bảng 4.1

Hình 1.19- Sơ đồ khái niệm về sự thay đổi thể tích của SGM

2. Ví dụ thiết kế



Hình 2.1- Mặt cắt điển hình để xác minh

2-1. Điều kiện thiết kế

(1) Mục nước thủy triều

Mức nước triều cao H.W.L. + 2,00 m

Mức nước triều thấp L.W.L. ±0,00 m

Mức nước dư (R.W.L.): +1,33 m, $[2/3 (H.W.L. - L.W.L.)] + L.W.L.$

(2) Điều kiện địa chất

Cao độ mặt đất tự nhiên +3.50m

Lớp đất đắp $\varphi = 30^\circ$
 $\gamma_t = 18,0 \text{ kN/m}^3, \gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3, \gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Nền đất nguyên trạng -10,00m

Lớp đất dính (đất sét) $c = 5,0 + 2,0Z \text{ (kN/m}^2)$ $Z = 0$ tại 0,0m
 $\gamma_t = 16,5 \text{ kN/m}^3, \gamma = 16,5 \text{ kN/m}^3, \gamma' = 6,5 \text{ kN/m}^3$
-17,50m

Lớp cát $\varphi = 30^\circ$
 $\gamma_t = 18,0 \text{ kN/m}^3, \gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3, \gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
-24,50m

Lớp cát $\varphi = 35^\circ$
 $\gamma_t = 18,0 \text{ kN/m}^3, \gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3, \gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$

(3) Độ sâu mực nước tại tường bên

Mức nước quy hoạch: -12,00 m

Mức nước thiết kế: -12,60 m

(4) Tải trọng chất thêm

Trạng thái lâu dài/ thường xuyên: 30 kN/m^2

Trạng thái động đất: 15 kN/m^2

(5) Hệ số động đất dùng để xác minh

Hệ số động đất vùng giả định là 0,08. Hệ số điều kiện đất nền là 1,2 đối với nền loại C, và hệ số tầm quan trọng công trình là 1,0 đối với kết cấu tường bên.

Hệ số động đất (k_n) = hệ số động đất vùng (k_{n1}) \times hệ số điều kiện đất nền (γ_s) \times hệ số tầm quan trọng (γ_i) = $0,08 \times 1,2 \times 1,0 = 0,096$

Giá trị 0,10 của hệ số động đất được áp dụng để xác minh ổn định của tường bên.

Theo TCVN 11820-4.2-2020, hệ số động đất dùng để tính lực động tác dụng lên nền đất đã cải tạo có thể lấy bằng 0,65 lần hệ số động đất của kết cấu phía trên. Tuy nhiên, đối với giá trị đặc trưng của hệ số động đất dùng để tính áp lực đất trong động đất đối với hệ thống nền đất cải tạo, giá trị gia tốc điều chỉnh lớn nhất không được nhân với hệ số giảm.

(6) Giả định về khối đất đã cải tạo

1) Cường độ thiết kế tiêu chuẩn

Giá trị trung bình của cường độ nén không giới hạn $\overline{q_{uf}}$ của đất đã cải tạo tại hiện trường được giả định là $1.667 \text{ (kN/m}^2)$. Đây là giá trị cường độ mục tiêu điển hình đối với phương pháp DMM trong môi trường biển.

$$\begin{aligned}
 q_{uck} &= \bar{q}_{uf} \times (1-KV/100) \\
 &= 1.667 \times (1-1,0 \times 40/100) \\
 &= 1.000 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Trong đó:

- q_{uck} : Cường độ thiết kế tiêu chuẩn (kN/m²)
- \bar{q}_{uf} : Giá trị trung bình của cường độ nén không nở hông của đất cải tạo tại hiện trường (kN/m²)
- K : Hệ số điều chỉnh (=1,0)
- V : Hệ số biến thiên của cường độ nén không nở hông của đất cải tạo tại hiện trường q_{uf} (thường lấy $V = 40$ (%)).

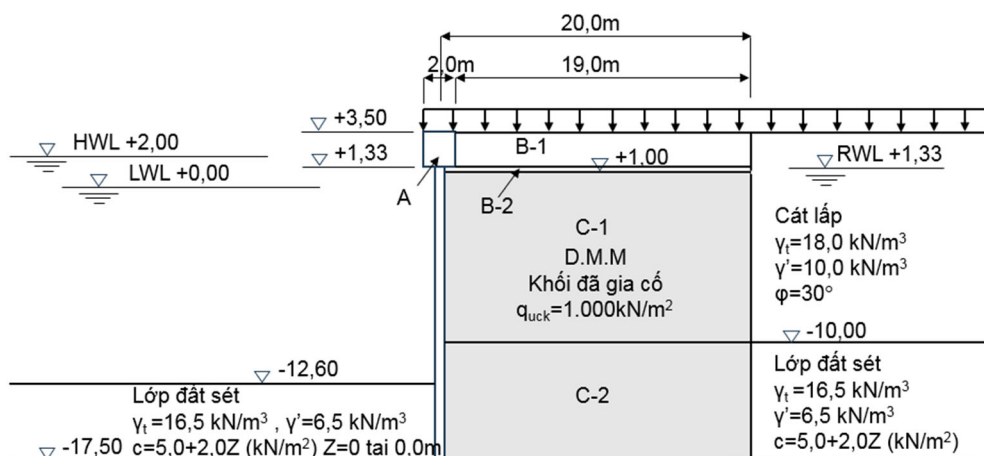
Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 4-2:
2020,
Công thức
(9)

2) Mô hình cải tạo

Trong ví dụ thiết kế này, vì phương pháp DMM đóng vai trò như một kết cấu giữ đất lấp sau, nên mô hình cải tạo dạng khối (block-type improvement) được giả định làm cơ sở thiết kế.

2-1. Xác minh tính năng

(1) Trọng lượng và mô men



Hình 2.2- Mô hình tính toán

1) Tự trọng và mô men

Các giá trị đặc trưng của tự trọng và mô men được trình bày trong Bảng 2.1.

Bảng 2.1- Giá trị đặc trưng của tự trọng và mô men

STT	Tên	Chiều rộng × Chiều cao × Trọng lượng đơn vị	W (kN)	x (m)	W·x (kN·m)
A	Kết cấu phía trên	2,000×2,170×24,000	104,160	0,000	0,000
B-1	Vật liệu đắp Phía trên RWL	19,000×2,170×18,000	742,140	10,500	7.792,470
B-2	Vật liệu đắp Phía dưới RWL	20,000× 0,330×10,000	66,000	10,000	660,000
C-1	Khối DMM	20,000×11,000×10,000	2.200,000	10,000	22.000,000
C-2	Khối DMM	20,000×7,500×6,500	975,000	10,000	9.750,000
	Tổng		4.087,300		40.202,470

2) Lực quán tính và mô men trong động đất

Các giá trị đặc trưng của lực quán tính và mô men được trình bày trong Bảng 2.2.

Bảng 2.2- Các giá trị đặc trưng của lực quán tính và mô men trong động đất

STT	Tên	W (kN/m)	k_h	P_E (kN/m)	y (m)	$P_E \cdot y$ (kN·m/m)
A	Kết cấu phía trên	104,160	0,100	10,416	19,915	207.435
B-1	Vật liệu đắp	742,140	0,100	74,214	19,915	1,477.972
B-2	Vật liệu đắp	66,000	0,100	6,600	18,665	123.189
C-1	Khối DMM	2.200,000	0,100	220,000	13,000	2,860.000
C-2	Khối DMM	975,000	0,100	97,500	3,750	365.625
Điểm a (-17.500m)				408,730		5.034,221

3) Tải trọng hàng hóa chất thêm và mô men

Giá trị đặc trưng của tải trọng hàng hóa chất thêm và mô men được thể hiện trong Bảng 2.3.

Bảng 2.3- Giá trị đặc trưng của tải trọng hàng hóa chất thêm và mô men

Trạng thái thường xuyên

	STT	Tải trọng × Chiều rộng tác dụng w (kN/m ²) ×	V _j (kN/m)	x (m)	V _j ·x (kN·m/m)
Điểm a (-17,500m)	1	30,000 × 21,000	630,000	10,000	6.300,000

Trường hợp ngắn hạn: Chuyển động đất do động đất – Lực theo phương thẳng đứng

	STT	Tải trọng × Chiều rộng tác dụng w (kN/m ²) ×	V _j (kN/m)	x (m)	V _j ·x (kN·m/m)
Điểm a (-17,500m)	1	15,000 × 21,000	315,000	10,000	3.150,000

Trường hợp ngắn hạn: Chuyển động đất do động đất – Lực quán tính

	STT	V _j k _h (kN/m)	H _j (kN/m)	y (m)	H _j ·y (kN·m/m)
Điểm a (-17,500m)	1	315,000 × 0,100	31,500	21,000	661,500

(2) Áp lực đất và mô men

1) Áp lực đất trong trạng thái thường xuyên

Áp lực đất được tính theo Công thức sau.

i) Áp lực đất đối với đất cát

Áp lực đất đối với đất cát trong trạng thái thường xuyên có thể được tính bằng các Công thức sau:

✓ Áp lực đất chủ động

$$p_{ai} = K_{ai} \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{w \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cos \psi \quad (2.2)$$

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\varphi_i - \psi)}{\cos^2 \psi \cos(\delta + \psi) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i + \delta) \sin(\varphi_i - \beta)}{\cos(\delta + \psi) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2} \quad (2.3)$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = -\tan(\varphi_i + \delta + \psi - \beta) + \sec(\varphi_i + \delta + \psi - \beta) \sqrt{\frac{\cos(\delta + \psi) \sin(\varphi_i + \delta)}{\cos(\psi - \beta) \cos(\varphi_i - \beta)}} \quad (2.4)$$

TCVN
11820
Phần 4-1:
2020,
Công thức
(18)(19)

✓ Áp lực đất bị động

$$p_{pi} = K_{pi} \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{\omega \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cos \psi \quad (2.5)$$

$$K_{pi} = \frac{\cos^2(\varphi_i + \psi)}{\cos^2 \psi \cos(\delta + \psi) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i - \delta) \sin(\varphi_i + \beta)}{\cos(\delta + \psi) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2} \quad (2.6)$$

$$\cot(\zeta_i - \beta) = \tan(\varphi_i - \delta - \psi + \beta) + \sec(\varphi_i - \delta - \psi + \beta) \sqrt{\frac{\cos(\delta + \psi) \sin(\varphi_i - \delta)}{\cos(\psi - \beta) \cos(\varphi_i + \beta)}} \quad (2.7)$$

ii) Áp lực đất đối với đất dính

Việc tính toán áp lực đất đối với đất dính trong trạng thái thường xuyên có thể được thực hiện theo các Công thức sau:

✓ Áp lực đất chủ động

$$p_{ai} = \sum \gamma_i h_i + \omega - 2c_i \quad (2.8)$$

✓ Áp lực đất bị động

$$p_{pi} = \sum \gamma_i h_i + \omega + 2c_i \quad (2.9)$$

Trong đó:

- p_{ai}, p_{pi} : Áp lực đất chủ động (hoặc bị động) tác dụng lên tường chắn tại lớp đất thứ i (kN/m^2)
- φ_i : Góc ma sát trong của lớp đất thứ i (độ)
- γ_i : Trọng lượng đơn vị thể tích của lớp đất thứ i (kN/m^3)
- h_i : Chiều dày của lớp đất thứ i (m)
- K_{ai}, K_{pi} : Hệ số áp lực đất chủ động (hoặc bị động) của lớp đất thứ i
- ψ : Góc nghiêng của tường chắn so với phương thẳng đứng (độ)
- β : Góc nghiêng của bề mặt đất phía sau so với phương ngang (độ)
- δ : Góc ma sát (độ).
(Chủ động = $+15^\circ$, Bị động = -15°)
- ζ_i : Góc nghiêng của mặt phá hoại của lớp đất thứ i so với phương ngang (độ)
- ω : Tải trọng chất thêm phân bổ đều trên bề mặt đất (kN/m^2)
- c_i : Cường độ kháng cắt không thoát nước của lớp đất dính thứ i (kN/m^2)

2) Áp lực đất trong trạng thái ngắn hạn (chuyển động do động đất)

i) Áp lực đất đối với đất cát

Việc tính toán áp lực đất đối với đất cát trong trạng thái ngắn hạn (chuyển động do động đất) có thể được thực hiện theo Công thức sau:

✓ Áp lực đất chủ động

$$p_{ai} = K_{ai} \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{\omega \cos \psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cos \psi \quad (2.10)$$

TCVN
11820
Phần 4-1:
2020,
Công thức
(20)(21)

TCVN
11820
Phần 4-1:
2020,
Công thức
(27)(28)

TCVN
11820
Phần 4-1:

$$K_{ai} = \frac{\cos^2(\varphi_i - \psi - \theta)}{\cos\theta \cos^2\psi \cos(\delta + \psi + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i + \delta) \sin(\varphi_i - \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi + \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2} \quad (2.11)$$

2020,
Công thức
(30)(31)

$$\cot(\zeta_i - \beta) = -\tan(\varphi_i + \delta + \psi - \beta) + \sec(\varphi_i + \delta + \psi - \beta) \sqrt{\frac{\cos(\delta + \psi + \theta) \sin(\varphi_i + \delta)}{\cos(\psi - \beta) \cos(\varphi_i - \beta - \theta)}} \quad (2.12)$$

✓ Áp lực đất bị động

$$p_{pi} = K_{pi} \left[\sum \gamma_i h_i + \frac{\omega \cos\psi}{\cos(\psi - \beta)} \right] \cos\psi \quad (2.13)$$

TCVN
11820

$$K_{pi} = \frac{\cos^2(\varphi_i + \psi - \theta)}{\cos\theta \cos^2\psi \cos(\delta + \psi - \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i - \delta) \sin(\varphi_i + \beta - \theta)}{\cos(\delta + \psi - \theta) \cos(\psi - \beta)}} \right]^2} \quad (2.14)$$

Phần 4-1:
2020,
Công thức
(32)(33)

$$\cot(\zeta_i - \beta) = \tan(\varphi_i - \delta - \psi + \beta) + \sec(\varphi_i - \delta - \psi + \beta) \sqrt{\frac{\cos(\delta + \psi - \theta) \sin(\varphi_i - \delta)}{\cos(\psi - \beta) \cos(\varphi_i + \beta - \theta)}} \quad (2.15)$$

Trong đó:

θ : Góc động đất tổ hợp (°)

$\theta = \tan^{-1}(k)$ (bên trên mực nước dư)

$\theta = \tan^{-1}(k')$ (bên dưới mực nước dư)

k : Hệ số động đất

k' : Hệ số động đất biểu kiến

ii) Áp lực đất đối với đất dính

Việc tính toán áp lực đất đối với đất dính trong trạng thái ngắn hạn (chuyển động do động đất) có thể được thực hiện theo công thức sau:

✓ Áp lực đất chủ động

$$p_{ai} = \frac{(\sum \gamma_i h_i + \omega) \sin(\zeta_i + \theta)}{\cos\theta \sin\zeta_i} - \frac{c_i}{\cos\zeta_i \sin\zeta_i} \quad (2.16)$$

TCVN
11820

$$\zeta_i = \tan^{-1} \sqrt{1 - \frac{\sum \gamma_i h_i + 2\omega}{2c} \tan\theta} \quad (2.17)$$

Phần 4-1:
2020,
Công thức
(34)(35)

✓ Áp lực đất bị động

$$p_{pi} = \sum \gamma_i h_i + \omega + 2c_i \quad (2.18)$$

iii) Công thức tính hệ số động đất biểu kiến

Trong trạng thái ngắn hạn liên quan đến chuyển động đất do động đất đối với đất nằm dưới mực nước, áp lực đất thường được tính bằng hệ số động đất biểu kiến theo công thức sau:

$$k' = \frac{2 \left(\sum \gamma_{ti} h_i + \sum \gamma_{satj} h_j + \omega \right) + \gamma_{sat} h}{2 \left\{ \sum \gamma_{ti} h_i + \sum (\gamma_{satj} - 10) h_j + \omega \right\} + (\gamma_{sat} - 10) h} k \quad (2.19)$$

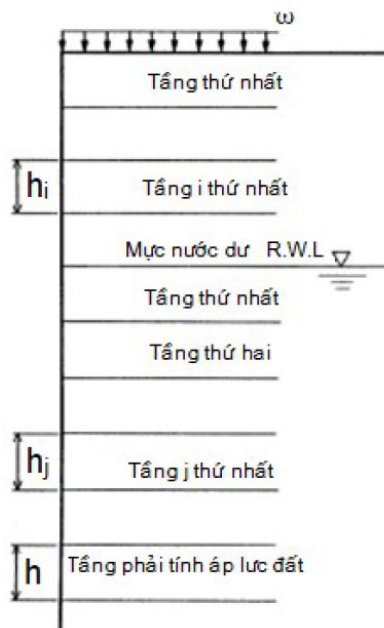
TCVN
11820

Phần 4-1:
2020,

Trong đó:

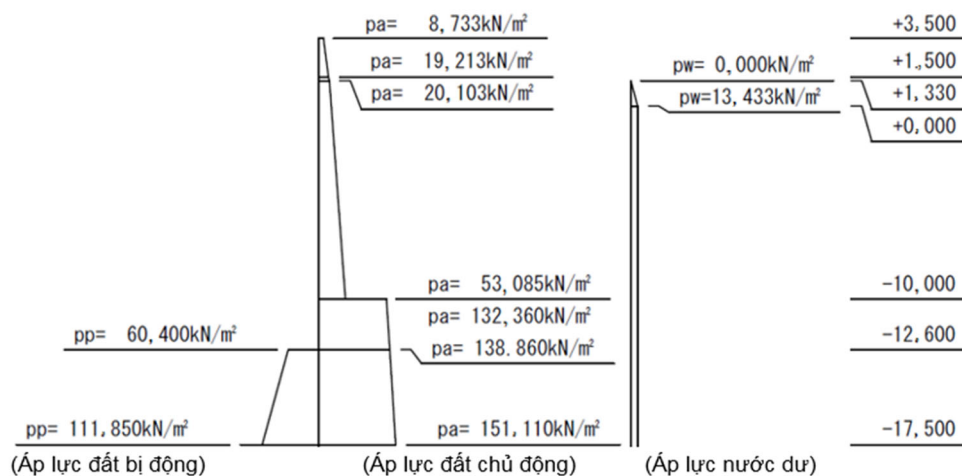
- h_i : Chiều dày của lớp đất thứ i nằm trên mực nước dư (m)
- h_j : Chiều dày của lớp đất thứ j nằm trên lớp đất đang được tính áp lực dưới mực nước dư (m)
- h : Chiều dày của lớp đất đang được tính áp lực dưới mực nước dư (m)
- γ_{ti} : Trọng lượng đơn vị của lớp đất thứ i nằm trên mực nước dư (kN/m^3)
- γ_{satj} : Trọng lượng đơn vị bão hòa của lớp đất thứ j nằm trên lớp đất đang được tính áp lực dưới mực nước dư (kN/m^3)
- ω : Tải trọng chất thêm phân bổ đều trên bề mặt đất (kN/m^2)
- k : Hệ số động đất
- k' : Hệ số động đất biểu kiến

Công thức
(36)



Hình 2.3- Ký hiệu để tính hệ số động đất biểu kiến

- 4) Giá trị đặc trưng của áp lực đất và mô men (trạng thái thường xuyên)
- 5)



Hình 2.4- Áp lực đất (trạng thái thường xuyên)

Bảng 2.4- Giá trị đặc trưng của Áp lực đất chủ động (trạng thái thường xuyên)

Độ cao (m)	h (m)	γ (kN/m ³)	γh (kN/m ²)	$\Sigma \gamma h$ (kN/m ²)	c (kN/m)	$w \cos \psi / \cos(\psi - \beta)$	$K \cos(\delta + \psi)$	P_a (kN/m ²)
3,500	0,000	18,000	0,000	0,000	0,0	30,000	0,2911	8,733
1,330	2,170	18,000	39,060	39,060	0,0	30,000	0,2911	20,103
1,330				39,060	0,0	30,000	0,2911	20,103
1,000	0,330	10,000	3,300	42,360	0,0	30,000	0,2911	21,064
1,000				42,360	0,0	30,000	0,2911	21,064
-10,000	11,000	10,000	110,000	152,360	0,0	30,000	0,2911	53,085
-10,000				152,360	25,000	30,000	-	132,360
-12,600	2,600	6,500	16,900	169,260	30,200	30,000	-	138,860
-12,600				169,260	30,200	30,000	-	138,860
-17,500	4,900	6,500	31,850	201,110	40,000	30,000	-	151,110

* $\psi=0$ **Bảng 2.5- Giá trị đặc trưng của Tổng áp lực đất chủ động và mô men (trạng thái thường xuyên)**

Lực và mô men theo phương ngang

STT	Công thức tính P_a (kN/m ²) h (m)	P_H (kN/m)	Chiều dài cánh tay đòn y (m)	Mô men M_{PH} (kN·m/m)
1	$1/2 \times 8,733 \times 2,170$	9,475	20,277	192,125
2	$1/2 \times 20,103 \times 2,170$	21,812	19,553	426,490
3	$1/2 \times 20,103 \times 0,330$	3,317	18,720	62,094
4	$1/2 \times 21,064 \times 0,330$	3,476	18,610	64,688
5	$1/2 \times 21,064 \times 11,000$	115,852	14,833	1.718,433
6	$1/2 \times 53,085 \times 11,000$	291,968	11,167	3.260,407
7	$1/2 \times 132,360 \times 2,600$	172,068	6,633	1.141,327
8	$1/2 \times 138,860 \times 2,600$	180,518	5,767	1.041,047
9	$1/2 \times 138,860 \times 4,900$	340,207	3,267	1.111,456
10	$1/2 \times 151,110 \times 4,900$	370,220	1,633	604,569
Tổng		1.508,913		9.622,636

Lực và mô men theo phương thẳng đứng

STT	Lực ngang P_H (kN/m)	$\tan(\psi + \delta)$	Lực dọc P_V (kN/m)	Chiều dài cánh tay đòn x (m)	Mô men M_{PV} (kN·m/m)
1	9,475	0,268	2,540	20,000	50,800
2	21,812	0,268	5,846	20,000	116,920
3	3,317	0,268	0,889	20,000	17,780
4	3,476	0,268	0,932	20,000	18,640
5	115,852	0,268	31,048	20,000	620,960
6	291,968	0,268	78,247	20,000	1.564,940
7	172,068	-	-	-	-
8	180,518	-	-	-	-
9	340,207	-	-	-	-
10	370,220	-	-	-	-
Tổng			119,502		2.390,040

Bảng 2.6- Giá trị đặc trưng của Áp lực đất bị động (trạng thái thường xuyên)

Độ cao (m)	h (m)	γ (kN/m ³)	γh (kN/m ²)	$\Sigma \gamma h$ (kN/m ²)	c (kN/m ²)	$w \cos \psi / \cos(\psi - \beta)$	$K_p \cos(\delta + \psi)$	P_p (kN/m ²)
-12,600	0,000	6,500	0,000	0,000	30,200	0,000	-	60,400
-17,500	4,900	6,500	31,850	31,850	40,000	0,000	-	111,850

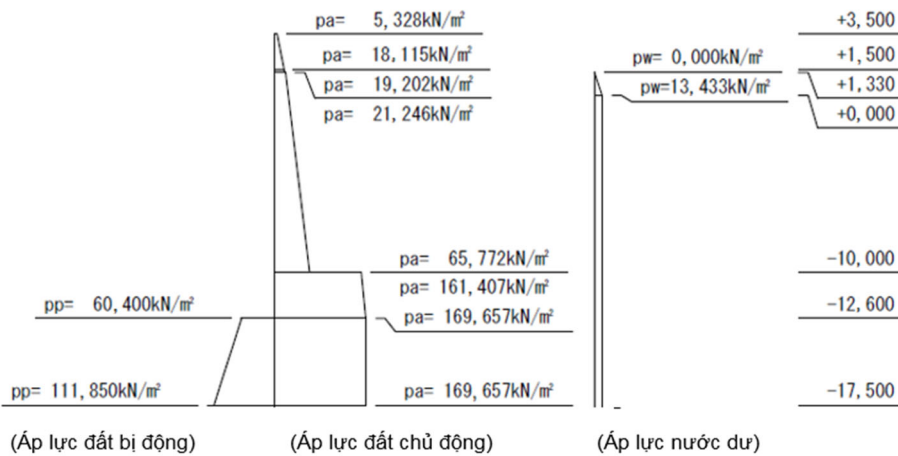
* $\psi=0$

Bảng 2.7- Giá trị đặc trưng của Tổng áp lực đất bị động và mô men (trạng thái thường xuyên)

Lực và mô men theo phương ngang

STT	Công thức tính P_p (kN/m ²) h (m)	P_H (kN/m)	Chiều dài cánh tay đòn y (m)	Mô men M_{PH} (kN·m/m)
1	$1/2 \times 60,400 \times 4,900$	147,980	3,267	483,451
2	$1/2 \times 111,850 \times 4,900$	274,033	1,633	447,496
Tổng		422,013		930,947

4) Giá trị đặc trưng của Áp lực đất chủ động (Trạng thái ngắn hạn: chuyển động do động đất)



Hình 2.5- Áp lực đất chủ động (Trạng thái ngắn hạn: chuyển động do động đất)

Bảng 2.8- Giá trị đặc trưng của Áp lực đất chủ động (Trạng thái ngắn hạn: chuyển động do động đất)

Hệ số áp lực đất

Cao trình áp lực đất (m)	β (độ)	φ (độ)	δ (độ)	ψ (độ)	k or k'	θ (độ)	K_a
3,500 đến 1,000	0,0	30,0	15,0	0,0	0,10	5,7	0,3677
1,000 đến -10,000	0,0	30,0	15,0	0,0	0,15	8,5	0,4069
-10,000 đến -17,500	-	-	-	-	0,18	10,2	-

Áp lực đất

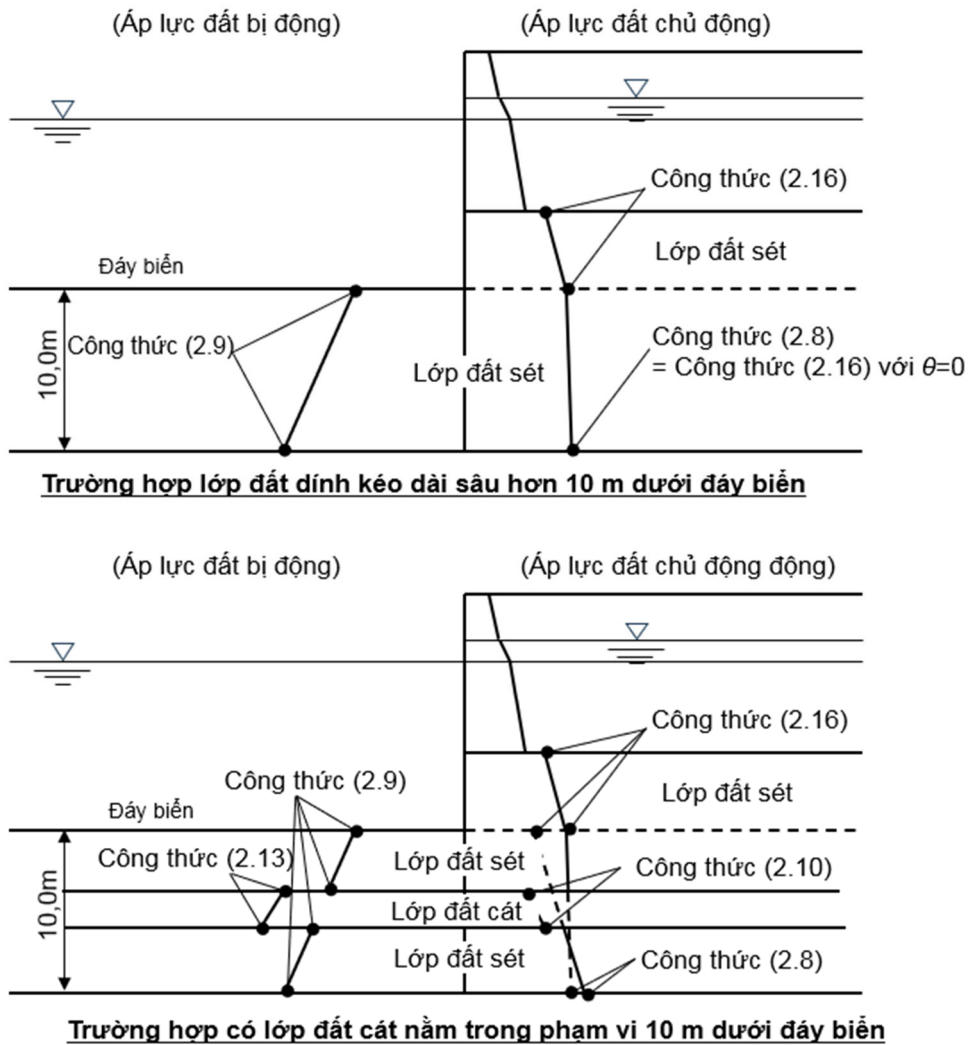
Cao trình (m)	h (m)	γ (kN/m ³)	$\Sigma \gamma h$ (kN/m)	ζ (độ)	c (kN/m ²)	$w \cos \psi / \cos(\psi - \beta)$	$K \cos(\delta + \psi)$	P_a (kN/m ²)
3,500	0,000	18,000	0,000	51,6	0,0	15,000	0,3552	5,328
1,330	2,170	18,000	39,060	51,6	0,0	15,000	0,3552	19,202
1,330			39,060	48,6	0,0	15,000	0,3930	21,246
1,000	0,330	10,000	42,360	48,6	0,0	15,000	0,3930	22,542
1,000			42,360	48,6	0,0	15,000	0,3930	22,542
-10,000	11,000	10,000	152,36	48,6	0,0	15,000	0,3930	65,772
-10,000			152,36	30,4	25,000	15,000	-	161,407
-12,600	2,600	6,500	169,26	32,5	30,200	15,000	-	169,657
-12,600			169,26	32,5	30,200	15,000	-	169,657*1
-17,500	4,900	6,500	201,110	45,0	40,000	15,000	-	169,657*1

* $\psi=0$

Chú thích *1: Áp dụng các công thức tính áp lực đất đối với đất dính dưới đáy biển

Khi tính toán áp lực đất do động đất tác dụng lên các lớp đất dính (đất sét) nằm dưới đáy biển, cần áp dụng các quy trình sau:

- 1) Trường hợp lớp đất dính kéo dài sâu hơn 10 m dưới đáy biển
- Tại mặt đáy biển và phía trên:
Áp lực đất do động đất được tính bằng hệ số động đất biểu kiến, sử dụng Công thức (2.16).
 - Tại độ sâu 10 m dưới đáy biển:
Hệ số động đất được đặt bằng 0, và áp lực đất vẫn được tính theo Công thức (2.16).
Nếu giá trị áp lực đất tính được tại độ sâu này nhỏ hơn giá trị tại mặt đáy biển, thì áp dụng giá trị tại mặt đáy biển.
 - Trong khoảng từ mặt đáy biển đến độ sâu 10 m:
Cường độ áp lực đất được giả định biến thiên tuyến tính (đường thẳng) giữa hai giá trị tại mặt đáy biển và độ sâu 10 m
- 2) Trường hợp có lớp đất cát nằm trong phạm vi 10 m dưới đáy biển
- Đối với lớp đất dính nằm phía trên lớp cát:
Áp lực đất được tính theo Công thức (2.16), tương tự như Trường hợp 1.
 - Đối với lớp đất cát:
Áp lực đất tại ranh giới trên và dưới của lớp cát được tính lần lượt theo Công thức (2.10) và Công thức (2.13). Sự biến thiên áp lực đất trong lớp cát được biểu diễn bằng đường thẳng nối hai giá trị tại ranh giới trên và dưới.
 - Đối với lớp đất dính nằm dưới lớp cát:
Áp lực đất được tính theo Công thức áp lực đất trong trạng thái thường xuyên, tức là Công thức (2.8), với giả định rằng lớp đất dính phân bố đều bên dưới lớp cát.



Hình 2.6- Áp lực đất đối với đất dính (Trạng thái ngắn hạn: chuyển động do động đất)

Bảng 2.9- Giá trị đặc trưng của tổng áp lực đất chủ động và mô men (Trạng thái ngắn hạn: chuyển động do động đất)

Lực và mô men theo phương ngang

STT	Công thức tính Pa (kN/m ²) h (m)	P_H (kN/m)	Chiều dài cánh tay đòn y (m)	Mô men M_{PH} (kN·m/m)
1	$1/2 \times 5,328 \times 2,170$	5,781	20,277	117,221
2	$1/2 \times 19,202 \times 2,170$	20,834	19,553	407,367
3	$1/2 \times 21,246 \times 0,330$	3,506	18,720	65,632
4	$1/2 \times 22,542 \times 0,330$	3,719	18,610	69,211
5	$1/2 \times 22,542 \times 11,000$	123,981	14,833	1.839,010
6	$1/2 \times 65,772 \times 11,000$	361,746	11,167	4.039,618
7	$1/2 \times 161,407 \times 2,600$	209,829	6,633	1.391,796
8	$1/2 \times 169,657 \times 2,600$	220,554	5,767	1.271,935
9	$1/2 \times 169,657 \times 4,900$	415,660	3,267	1.357,961
10	$1/2 \times 169,657 \times 4,900$	415,660	1,633	678,773
Tổng		1.781,270	7,458	11.238,524

Lực và mô men theo phương thẳng đứng

STT	Lực ngang P_H (kN/m)	$\tan(\psi+\delta)$	Lực dọc P_V (kN/m)	Chiều dài cánh tay đòn x (m)	Mô men M_{PV} (kN·m/m)
1	5,781	0,268	1,549	20,000	30,980
2	20,834	0,268	5,584	20,000	111,680
3	3,506	0,268	0,940	20,000	18,800
4	3,719	0,268	0,997	20,000	19,940
5	123,981	0,268	33,227	20,000	664,540
6	361,746	0,268	96,948	20,000	1.938,960
7	1.391,796	-	-	-	-
8	1.271,935	-	-	-	-
9	1.357,961	-	-	-	-
10	678,773	-	-	-	-
Tổng			139,245		2.784,900

**Bảng 2.10- Giá trị đặc trưng của áp lực đất bị động
(Trạng thái ngắn hạn: chuyển động do động đất)**

Độ cao (m)	h (m)	γ (kN/m ³)	γh (kN/m ²)	$\Sigma \gamma h$ (kN/m ²)	c (kN/m ²)	$\omega \cos \psi / \cos(\psi-\beta)$	$K_p \cos(\delta+\psi)$	P_p (kN/m ²)
-12,600	0,000	6,500	0,000	0,000	30,200	0,000	-	60,400
-17,500	4,900	6,500	31,850	31,850	40,000	0,000	-	111,850

**Bảng 2.11- Giá trị đặc trưng của tổng áp lực đất bị động và mô men
(Trạng thái ngắn hạn: chuyển động do động đất)**

Lực và mô men theo phương ngang

STT	Công thức tính P_p (kN/m ²) h (m)	P_H (kN/m)	Chiều dài cánh tay đòn y (m)	Mô men M_{PH} (kN·m/m)
1	$1/2 \times 60,400 \times 4,900$	147,980	3,267	483,451
2	$1/2 \times 111,850 \times 4,900$	274,033	1,633	447,496
Tổng		422,013		930,947

5) Áp lực nước dư và mô men

Áp lực nước dư xét đến áp lực nước do sự chênh lệch giữa mực nước phía trước công trình (L.W.L.) và mực nước dư phía sau công trình (R.W.L.).

$$p_w = \gamma_w h_w$$

Trong đó:

p_w : Áp lực nước dư (kN/m)

h_w : Mực nước dư (m); trong trường hợp mực nước trong vật liệu đắp hoặc đất đắp phía sau cao hơn mực nước phía trước công trình, thì sử dụng giá trị chênh lệch mực nước lớn nhất tại thời điểm đó

γ_w : Trọng lượng đơn vị thể tích của nước (kN/m³)

$$\gamma_w = \rho_w g = 10,1 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

Chênh lệch mực nước = 1,330 - 0,000 = 1,330 (m)

Áp lực nước dư $p_w = 10,100 \times 1,330 = 13,433$ (kN/m²)

Bảng 2.12- Giá trị đặc trưng của Áp lực nước dư và mô men

STT	Công thức tính	P_w (kN/m)	y (m)	Mô men M_{WH} (kN·m/m)
1	$1/2 \times 13,433 \times 1,330$	8,933	18,165	162,268
2	$13,433 \times 17,500$	235,078	8,750	2.056,933
Điểm a (-17,500m)		244,011		2.219,201

6) Áp lực nước động và mô men

Trong trường hợp ngắn hạn liên quan đến chuyển động đất do động đất, áp lực nước động tại mặt trước của tường bến được hướng về phía biển. Áp lực nước động được tính theo công thức xấp xỉ của Westergaard như sau.

$$p_{dwk} = \pm \frac{7}{8} c k_{hk} \rho_w g \sqrt{Hy} \quad (2.20)$$

Trong đó:

- p_{dwk} : Áp lực nước động (kN/m²)
- k_{hk} : Hệ số động đất thiết kế
- ρ_w : Khối lượng riêng thể tích của nước (kg/m³)
- g : Gia tốc trọng trường (m/s²)
- y : Độ sâu từ mực nước tĩnh đến điểm đang xét áp lực nước động (m)
- h : Chiều sâu mực nước (m)
- c : Hệ số điều chỉnh (khi $L/H \leq 1,5$, $c = L/1,5H$; when $L/H > 1,5$, $c = 1,0$)
- L : Chiều dài không gian chứa nước theo hướng dao động (m)

Đối với tường bến, thường lấy $c = 1,0$. Hợp lực của áp lực nước động và vị trí điểm tác dụng của hợp lực được xác định theo công thức sau

$$P_{dw} = \pm \frac{7}{12} k_{hk} \rho_w g h^2, \quad h_{dw} = \frac{3}{5} h \quad (2.21)$$

Trong đó:

- P_{dw} : Hợp lực của áp lực nước động (kN/m)
- h_{dw} : Chiều sâu từ mặt nước tĩnh đến điểm đặt hợp lực của áp lực nước động (m)

$$P_{dwk} = 7 / 12 \times 0,10 \times 10,1 \times 12,60^2 = 93,536 \text{ (kN/m)}$$

$$h_{dw} = 3 / 5 \times 12,60 = 7,56 \text{ (m) (cao độ -7,560 m)}$$

$$P_{dwk} \cdot y = 93,536 \times (12,60 - 7,560 + 5,50) = 985,869 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

2-3. Xác minh tính ổn định của khối cải tạo

(1) Xác minh phá hoại trượt

Dạng sự cố		Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng γ_R	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng γ_S	Hệ số điều chỉnh m
Ổn định ngoài của khối đã cải tạo (phá hoại trượt: trạng thái thường xuyên)	Mô hình phá hoại trượt dạng 1	0,90	1,09	- (1,00)
	Mô hình phá hoại trượt dạng 2	0,91	1,10	- (1,00)
Ổn định ngoài của khối đã gia cố (phá hoại trượt: trạng thái ngắn hạn do động đất)		- (1,00)	- (1,00)	1,00

TCVN
11820
Phần 5:
2021,
Công thức
(15)

1) Trạng thái thường xuyên

Thành phần sức kháng R_d	Thành phần tải trọng S_d
$P_{phk} = 422,013$ (kN/m) $R_{1k} = \mu_k \times (\sum W_{ik} + P_{avk} - P_{pvk} + C_{uak} - C_{upk})$ $= 0,70 \times (4.087,30 + 630,0 + 119,502 - 0 + 0 - 0)$ $= 3.385,761$ (kN/m) $R_d = \gamma_R \times (P_{phk} + R_{1k})$ $= 0,90 \times (422,013 + 3.385,761)$ $= 3.426,997$ (kN/m)	$P_{ahk} = 1.508,913 + 244,011$ $= 1.752,924$ (kN/m) $S_d = \gamma_S \times P_{ahk}$ $= 1,09 \times 1.752,924$ $= 1.910,687$ (kN/m)
$m \cdot S_d / R_d = 1,0 \times (1.910,687 / 3.426,997) = 0,558 \leq 1,0$ OK	

2) Trạng thái ngắn hạn do động đất

Thành phần sức kháng R_d	Thành phần tải trọng S_d
$P_{phk} = 422,013$ (kN/m) $R_{1k} = \mu_k \times (\sum W_{ik} + P_{avk} - P_{pvk} + C_{uak} - C_{upk})$ $= 0,70 \times (4.087,300 + 315,0 + 139,245 + 0 - 0)$ $= 3.179,082$ (kN/m) $R_d = \gamma_R \times (P_{phk} + R_{1k})$ $= 1,0 \times (422,013 + 3.179,082)$ $= 3.601,095$ (kN/m)	$P_{ahk} = 1.781,270 + 244,011 + 93,536$ $= 2.118,817$ (kN/m) $\sum H_{ik} = 408,730 + 31,500$ $= 440,230$ (kN/m) $S_d = \gamma_S \times (P_{ahk} + \sum H_{ik})$ $= 1,0 \times (2.118,817 + 440,230)$ $= 2.559,047$ (kN/m)
$m \cdot S_d / R_d = 1,0 \times (2.559,047 / 3.601,095) = 0,711 \leq 1,0$ OK	

(2) Xác minh phá hoại do lật

Dạng sự cố	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng γ_R	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng γ_S	Hệ số điều chỉnh m
Ổn định ngoài của khối đã cải tạo (phá hoại do lật: trạng thái thường xuyên)	0,97	1,18	- (1,00)
Ổn định ngoài của khối đã cải tạo (phá hoại do lật: trạng thái ngắn hạn do động đất)	- (1,00)	- (1,00)	1,00

1) Trạng thái thường xuyên

Thành phần sức kháng R_d	Thành phần tải trọng S_d
$P_{phk} \cdot \gamma_p = 930,947$ (kN·m/m) $\sum (W_{ik} \cdot x_i) = 40.202,470 + 6.300,0$ $= 46.502,470$ (kN·m/m) $P_{avk} \cdot x_{av} = 2.390,040$ (kN·m/m)	$P_{ahk} \cdot \gamma_a = 9.622,636 + 2.219,201$ $= 11.841.837$ (kN·m/m)

$R_d = \gamma_R \times (P_{phk} \cdot y_p + \sum(W_{ik} \cdot x_i) + P_{avk} \cdot x_{av})$ $= 0,97 \times (930,947 + 46.502,470 + 2.390,040)$ $= 48.328,753 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$	$S_d = \gamma_S \times P_{ahk}$ $= 1,18 \times 11.841,837$ $= 13.973,368 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$
$m \cdot S_d / R_d = 1,0 \times (13.973,368 / 48.328,753) = 0,289 \leq 1,0 \quad \text{OK}$	

2) Trạng thái ngắn hạn do động đất

Thành phần sức kháng R_d	Thành phần tải trọng S_d
$P_{phk} \cdot y_p = 930,947 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$ $\sum(W_{ik} \cdot x_i) = 40.202,470 + 3.150,000$ $= 43.352,470 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$ $P_{avk} \cdot x_{av} = 2.784,900 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$	$P_{ahk} \cdot y_a = 11.238,524$ $+ 2.219,201 + 985,869$ $= 14.443,594 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$ $\sum(H_{ik} \cdot y_i) = 5.034,221 + 661,500$ $= 5.695,721$
$R_d = \gamma_R \times (P_{phk} \cdot y_p + \sum(W_{ik} \cdot x_i) + P_{avk} \cdot x_{av})$ $= 1,0 \times (930,947 + 43.352,470 + 2.784,900)$ $= 47.068,317 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$	$S_d = \gamma_S \times P_{ahk}$ $= 1,0 \times (14.443,594 + 5.695,721)$ $= 20.139,315 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)}$
$m \cdot S_d / R_d = 1,10 \times (20.139,315 / 47.068,317) = 0,471 \leq 1,0 \quad \text{OK}$	

(3) Xác minh tính ổn định sức chịu tải của nền chịu tải

Việc xác minh phá hoại sức chịu tải của lớp đất nền chịu tải được thực hiện theo phương pháp của Terzaghi.

1) Trạng thái thường xuyên

$$x = \frac{\sum M}{\sum V} = \frac{\sum M_V - \sum M_H}{\sum V} = \frac{49.823,457 - 11.841,837}{4.836,802} = 7,853 \text{ (m)}$$

$$e = B/2 - x = 20,000/2 - 7,853 = 2,147 \text{ (m)}$$

$$e < B/6 = 20,000 / 6 = 3,333 \text{ (m)}$$

$$t_{1k}, t_{2k} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B}\right) = \frac{4.836,802}{20,0} \left(1 \pm \frac{6 \cdot 2,147}{20,0}\right)$$

$$= 397,609 \cdot 86,071 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

2) Trạng thái ngắn hạn do động đất

$$x = \frac{\sum M}{\sum V} = \frac{\sum M_V - \sum M_H}{\sum V} = \frac{47.068,317 - 20.139,315}{4.541,545} = 5,929 \text{ (m)}$$

$$e = B/2 - x = 20,000/2 - 5,929 = 4,071 \text{ (m)}$$

$$e > B/6 = 20,000 / 6 = 3,333 \text{ (m)}$$

$$t_1 = \frac{2 \sum V}{3(B/2 - e)} = \frac{2 \times 4.541,545}{3 \times (20,0/2 - 4,071)}$$

$$= 510,659 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

3) Công thức sức chịu tải của nền đất theo Terzaghi

$$q_d = \frac{1}{m_B} \left(\beta \gamma_{1k} \frac{B}{2} N_{rk} + \gamma_{2k} D (N_{qk} - 1) \right) + \gamma_{2k} D \quad (2.22)$$

Trong đó:

q_d : Giá trị sức chịu tải thiết kế của móng có xét đến lực đẩy nổi của phần ngập nước (kN/m²)

Chỉnh sửa
từ
TCVN
11820
Phần 4-1:
2020,

- m_B : Hệ số điều chỉnh sức chịu tải của nền đất cát
- β : Hệ số hình dạng của móng (tham khảo Bảng 2.13)
- γ_{1k} : Giá trị đặc trưng của trọng lượng đơn vị thể tích của nền đất bên dưới đáy móng (hoặc trọng lượng đơn vị thể tích trong nước nếu ngập nước (kN/m^3))
- N_{rk}, N_{qk} : Giá trị đặc trưng của các hệ số sức chịu tải nền
- B : Bề rộng nhỏ nhất của móng (m)
- γ_{2k} : Giá trị đặc trưng của trọng lượng đơn vị thể tích của nền đất bên trên đáy móng (hoặc trọng lượng đơn vị thể tích trong nước nếu ngập nước (kN/m^3))
- D : Chiều sâu chôn móng (m)

Công thức
(B.1)

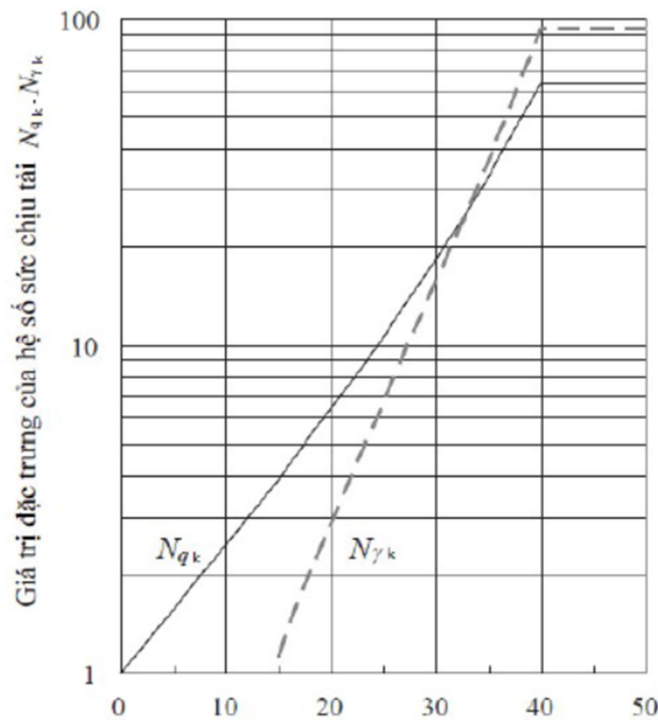
Bảng 2.13- Hệ số hình dạng (β)

Hình dạng móng	Liên tục	Hình vuông	Hình tròn	Tam giác
β	1	0,8	0,6	$1 \sim 0,2(B/L)$

TCVN
11820
Phần 4-1:
2020,
Bảng B.1

B: chiều dài cạnh ngắn của hình tam giác, L: chiều dài cạnh dài của hình tam giác.

Nguồn: TCVN 11820-4-1-2020



TCVN
11820
Phần 4-1:
2020,
Hình B.1

Nguồn: TCVN 11820-4-1-2020

Hình 2.7- Quan hệ giữa các hệ số sức chịu tải N_r và N_q với góc sức kháng cắt φ

Vì mặt trước của khối cải tạo là tường cừ thép (sheet pile wall), nên hiệu ứng chôn sâu (embedment effect) được bỏ qua. Khi xác minh sức chịu tải của nền cải tạo dạng khối (block-type improved ground), cần tham khảo công thức sức chịu tải của Terzaghi áp dụng cho nền cát.

6) Xác minh sức chịu tải ở trạng thái thường xuyên

$$q_d = \frac{1}{m_B} (\beta \gamma_{1k} \frac{B}{2} N_{rk} + \gamma_{2k} D (N_{qk} - 1)) + \gamma_{2k} D$$

$$= \frac{1}{2,5} (1,0 \times 10,0 \times \frac{20,0}{2} \times 14 + 0) + 0 = 560,00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$> 397,609 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ O.K}$$

7) Xác minh sức chịu tải ở trạng thái ngắn hạn

$$q_d = \frac{1}{m_B} (\beta \gamma_{1k} \frac{B}{2} N_{rk} + \gamma_{2k} D (N_{qk} - 1)) + \gamma_{2k} D$$

$$= \frac{1}{1,5} (1,0 \times 10,0 \times \frac{20,0}{2} \times 14 + 0) + 0 = 933,33 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$> 510,659 \text{ (kN/m}^2\text{)} \text{ O.K}$$

2-5. Khả năng ổn định bên trong của khối đã cải tạo

(1) Xác minh áp lực tại đáy móng

Dạng sự cố	Hệ số thành phần nhân với thành phần sức kháng γ_R	Hệ số thành phần nhân với thành phần tải trọng γ_S	Hệ số điều chỉnh m
Ổn định ngoài của khối đã cải tạo (áp lực tại đáy móng: trạng thái thường xuyên)	0,72	1,33	- (1,00)
Ổn định ngoài của khối đã cải tạo (áp lực tại đáy móng: trạng thái ngắn hạn do động đất)	- (1,00)	- (1,00)	1,50

1) Trạng thái thường xuyên

Thành phần sức kháng R_d	Thành phần tải trọng S_d
$R_k = f_{ck}$ $= \alpha \beta q_{uck}$ $= 0,80 \times 1.000$ $= 800 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$S_k = t_1 \cdot t_2$ $t_{1k} = 397,609 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ $t_{2k} = 86,071 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
$R_d = \gamma_R \times R_k$ $= 0,72 \times 800$ $= 576,0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$S_d = \gamma_S \times S_k$ $= 1,33 \times 397,609$ $= 528,820 \text{ (kN/m)}$
$m \cdot S_d / R_d = 1,0 \times (528,820 / 576,0) = 0,918 \leq 1,0 \text{ OK}$	

2) Trạng thái ngắn hạn do động đất

Thành phần sức kháng R_d	Thành phần tải trọng S_d
$R_k = f_{ck}$ $= \alpha \beta q_{uck}$ $= 0,80 \times 1.000$ $= 800 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$S_k = t_1$ $t_{1k} = 510,659 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
$R_d = \gamma_R \times R_k$ $= 1,0 \times 800$ $= 800,0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$S_d = \gamma_S \times S_k$ $= 1,0 \times 510,659$ $= 510,659 \text{ (kN/m)}$
$m \cdot S_d / R_d = 1,5 \times (510,659 / 800,0) = 0,957 \leq 1,0 \text{ OK}$	

- Hết -