

PHÂN TÍCH CÁC THÔNG SỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ỨNG XỬ CỦA TƯỜNG CHẮN ĐẤT CÓ CỐT

ThS. NGUYỄN THỊ NGÂN
Trường Đại học Đại Nam
TS. PHẠM QUYẾT THẮNG
University of Texas-RGV

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu nhằm: Phân tích sự ứng xử cơ học của đất và cốt trong khối đất gia cố; phân tích các yếu tố ảnh hưởng để kiến nghị phương pháp tính toán tường (giải tích và thực nghiệm) nhằm phục vụ cho công tác thiết kế; phân tích một số tồn tại trong tính toán tường chắn đất có cốt hiện nay. Phần mềm Phase2 được sử dụng trong nghiên cứu để xem xét, đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố: khoảng cách giữa các lớp vải địa kỹ thuật S_v , chiều dài gia cố L , lực kéo cho phép của vải địa kỹ thuật T_a . Một số kiến nghị sử dụng cho thiết kế và thi công tường đất có cốt đã được đề cập.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, trên thế giới, việc sử dụng tường chắn đất có cốt trong xây dựng đã trở nên phổ biến. Sở dĩ có thể trở nên phổ biến là vì tính ưu việt của nó như: giá thành thấp, thi công đơn giản, thời gian thi công nhanh hơn nhiều so với kết cấu tường bê tông truyền thống mà vẫn đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật và tuổi thọ của công trình.

Tường chắn đất có cốt là vải hoặc lưới địa kỹ thuật thường được sử dụng rộng rãi cho tường chắn và đường dẫn của các đường cao tốc... Trên thế giới, đặc biệt tại Mỹ và Nhật Bản, loại tường này đã được ứng dụng rất thành công; nhưng tại Việt Nam hiện chưa phổ biến. Hy vọng trong tương lai gần, loại kết cấu này sẽ được áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực giao thông, xây dựng, thủy lợi để đem lại hiệu quả kinh tế và kỹ thuật đích thực cho chủ đầu tư.

Xuất phát từ những vấn đề nêu trên, bài báo này mong muốn sẽ góp phần giải thích, làm rõ một số vấn đề về lý luận và thực tiễn khi đưa loại tường này vào công trình xây dựng tại Việt Nam.

2. Tường chắn đất có cốt

2.1 Đất có cốt và lịch sử phát triển

Kết cấu đất có cốt là loại kết cấu bao gồm đất đầm chặt kết hợp với các lớp gia cố (tre, gỗ, cao su, kim loại, vải, lưới địa kỹ thuật,...) có kích thước và

mật độ nhất định, đặt theo những hướng có tính toán trước để tăng khả năng chịu lực của kết cấu. Sự làm việc đồng thời giữa đất và cốt thông qua ma sát có thể đem lại hiệu quả vì đã phát huy sức chịu nén, chịu cắt vốn có của đất và sức chịu kéo cao của cốt.

Người đầu tiên chính thức đưa ra việc thiết kế hợp lý đất gia cố bằng cốt trong công trình là kỹ sư người Pháp Henry Vidal. Ý tưởng của ông đã được cấp bằng sáng chế gọi là “đất được gia cố” [1], trong đó cốt là dải kim loại thép không gỉ được đặt trong cát và cuội. Từ năm 1967, các công trình nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm về đất có cốt phần lớn tập trung theo các hướng cơ bản sau:

- Nghiên cứu tiêu chuẩn của đất đắp và sự ăn mòn cốt kim loại;
- Nghiên cứu các đặc trưng cơ lý của đất có cốt bằng thí nghiệm nén ba trục;
- Nghiên cứu tường chắn bằng đất có cốt trên mô hình quang đàn hồi nhằm xác định sự phân bố ứng suất trong tường có cốt và tường không có cốt khi chịu tải trọng bản thân, tải trọng ngoài phân bố đều hoặc phân bố cục bộ trên tường;
- Nghiên cứu tường chắn có cốt trên mô hình tương tự thu nhỏ hai chiều, nhằm xác định:
 - + Áp lực lớn nhất ở đáy công trình đất có cốt trên cơ sở của hai giả thiết về sự phân bố ứng suất do Meyerhoff đề xuất;
 - + Hai trạng thái phá hoại thuộc phạm vi ổn định nội bộ của công trình đất có cốt;
 - + Lực kéo T_{max} trong cốt và chiều dài dính bám giới hạn của cốt;
 - + Chiều cao giới hạn của công trình đất có cốt phụ thuộc vào chiều dài cốt, cường độ cốt và trọng lượng riêng của đất đắp.

Trải qua thực tế nghiên cứu và sử dụng đất có cốt đã cho thấy nhiều ưu điểm nổi bật:

- Thi công công trình đất có cốt đơn giản, nhanh, có khả năng cơ giới hóa thi công cao;

- Cốt sử dụng thường là loại vật liệu có khả năng chịu kéo, nếu dùng loại vật liệu có độ dẫn dài lớn, kết cấu đất có cốt sẽ không bị phá hoại đột ngột, cho phép biến dạng tổng thể lớn mà vẫn đảm bảo ổn định cho công trình;

- Tăng cường độ của nền đường đáng kể (trung bình khoảng ba lần).

Với những ưu điểm nổi trội, kết cấu đất có cốt ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng, giao thông, thủy lợi, đem lại lợi ích kinh tế, kỹ thuật cao.

2.2 Nguyên lý cơ bản của đất có cốt

Đất có cốt hoạt động theo nguyên lý của vật liệu composite, gồm hai thành phần là đất và cốt. Bởi vậy, nguyên lý cơ bản của đất có cốt liên quan mật thiết đến tính chất của đất và cốt. Đất có độ bền nén tương đối cao, trong khi đó cốt thường là vật liệu chịu kéo tốt và được bố trí nằm ngang để hạn chế

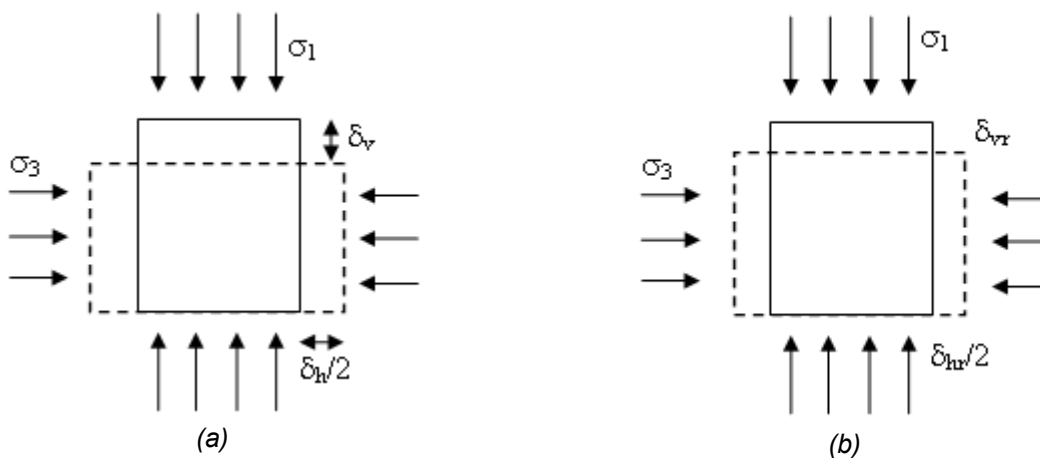
chuyển vị ngang của khối, do đó làm giảm chuyển vị ngang, dẫn đến tăng khả năng chịu lực của khối.

Trong trường hợp, khối đất có cốt được xem như là mẫu nén 3 trục với trị số áp lực hông σ_3 :

$$\sigma_3 = K \cdot \sigma_1 \quad (1)$$

trong đó: K là hệ số áp lực ngang của đất, nếu ở trạng thái tĩnh có thể sử dụng công thức $K=K_0=1-\sin\varphi$ (Jaky, 1944) cho đất cát.

Trong thí nghiệm nén 3 trục, dưới tác dụng của tải trọng nén thẳng đứng ($\sigma_1 - \sigma_3$) (hình 1), mẫu đất sẽ bị biến dạng nở hông. Ở chế độ tải trọng này, mẫu đất không có cốt sẽ có biến dạng thẳng đứng là δ_v và biến dạng nở hông là $\delta_h/2$ (hình 1a); mẫu đất có lớp cốt nằm ngang có biến dạng thẳng đứng là δ_{vr} và biến dạng nở hông $\delta_{hr}/2$ (hình 1b), trong đó: $\delta_{vr} < \delta_v$ và $\delta_{hr} < \delta_h$. Mức giảm biến dạng này là do tác dụng của lớp cốt chịu kéo làm hạn chế nở hông dẫn đến hạn chế chuyển vị đứng. Cơ chế này tương ứng với việc tăng áp lực hông và đây là nguyên lý làm việc cơ bản của cốt trong khối đất gia cố.



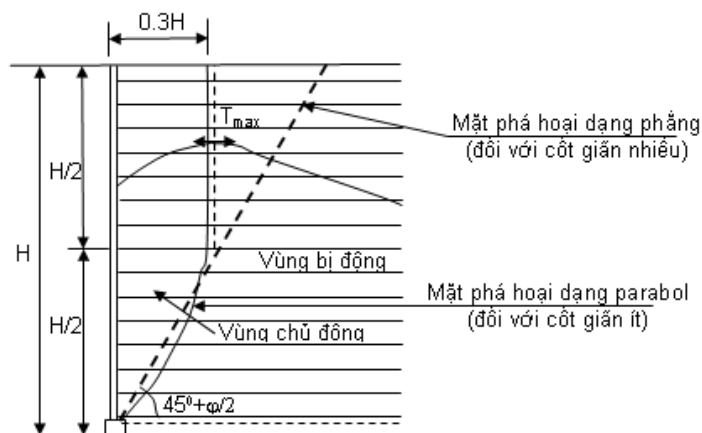
Hình 1. Biến dạng nén 3 trục của mẫu đất không có cốt (a) và có cốt (b)

Như vậy, việc bổ sung cốt đã làm giảm biến dạng của đất, cải thiện độ bền của đất. Giới hạn về độ bền của đất có cốt thể hiện qua sự kéo đứt cốt hoặc do trượt ở trên bề mặt tiếp xúc đất – cốt.

2.3 Ứng suất trong cốt gia cố

Nhiều kết quả thực nghiệm cho thấy, ứng suất kéo của các lớp cốt tại chỗ tiếp cận với mặt tường bao là tương đối nhỏ, nhưng càng về phía lưng tường lại tăng lên trị số lớn nhất rồi sau đó lại dần dần giảm nhỏ như thể hiện trên hình 2. Kết quả này rất phù hợp với kết quả phân tích lý thuyết

bằng phương pháp phần tử hữu hạn của Rankine [2]. Nổi lên các điểm có ứng suất kéo lớn nhất của các cốt chịu kéo sẽ tìm được đường ứng suất kéo lớn nhất thay đổi theo độ sâu. Đường này trùng với mặt phá hoại khi kết cấu đất có cốt được gia tải đến lúc phá hoại. Với cốt thuộc loại cốt ít giãn, mặt phá hoại dạng parabol được xem là gần đúng như một mặt gãy khúc gồm hai mặt phẳng: một mặt phẳng nghiêng so với phương nằm ngang một góc $(45^\circ + \varphi/2)$ và một mặt phẳng đứng song song với mặt tường bao và cách mép đỉnh mặt tường bao $0.3H$.



Hình 2. Mặt phẳng phá hoại của tường chắn đất có cốt là vải địa kỹ thuật

Nếu không bố trí cốt, mặt tường bao sẽ phải chịu áp lực đẩy của khối đất nằm ngoài mặt phá hoại gây ra. Theo nguyên lý đất có cốt thì chính cốt sẽ thu nhận phần lớn hoặc toàn bộ áp lực này (giá trị phụ thuộc vào độ cứng của kết cấu mặt tường), dẫn đến phát sinh trong cốt ứng suất kéo và giảm áp lực ngang lên mặt tường. Để xác định ứng suất kéo trong cốt, cần xác định áp lực ngang do khối đất thuộc khu vực chủ động gây ra ở mỗi độ sâu Z kể từ đỉnh tường. Áp lực đẩy ngang này có thể xác định theo quan hệ sau:

$$\sigma_h = K \cdot \sigma_v \quad (2)$$

$$\sigma_v = \gamma \cdot Z \quad (3)$$

trong đó: σ_h - áp lực ngang mà cốt phải thu nhận, ở đây σ_h đóng vai σ_3 trong công thức (1); σ_v - áp lực thẳng đứng tại độ sâu Z kể từ đỉnh tường, ở đây σ_v đóng vai như σ_1 trong công thức (1); γ - dung trọng của đất đắp tường.

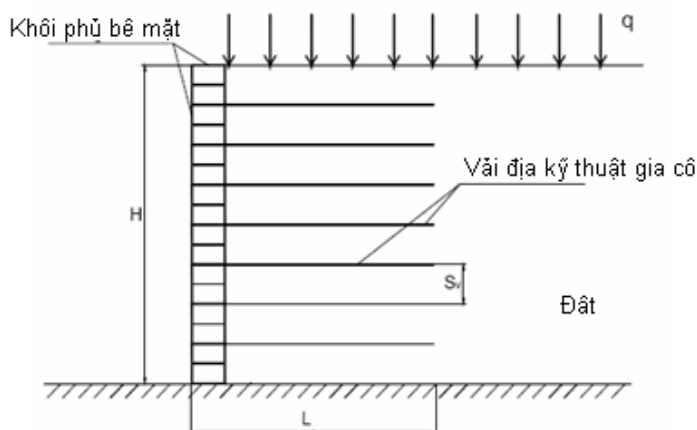
Vấn đề đặt ra ở đây là xác định hệ số áp lực K. Kết quả thực nghiệm cho thấy: hệ số này ở vùng đỉnh tường có trị số lớn hơn một ít so với áp lực đất

ở trạng thái tĩnh K_0 , nhưng càng xuống phía đáy tường càng gần với trị số $\square = 1 - \sin$ của áp lực đất chủ động $K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2)$.

2.4 Chuyển vị ngang của tường chắn đất có cốt

Tiêu chuẩn thiết kế tường chắn đất có cốt hiện hành chỉ xem xét ứng suất và lực tác dụng lên bản thân tường. Một số phương pháp kinh nghiệm, phương pháp giải tích và phương pháp số đã được đề xuất để đánh giá sự dịch chuyển ngang của tường. Các phương pháp này cùng với nhiều thí nghiệm được tiến hành đã chỉ ra tầm quan trọng của độ cứng trong sự dịch chuyển của tường.

Phương pháp phổ biến để đánh giá độ dịch chuyển ngang lớn nhất của tường khi cốt gia cố bao gồm: phương pháp của Mỹ FHWA (Christopher và cộng sự, 1989) [3], phương pháp Geoservices (Giroud, 1989) [4], phương pháp CTI (Wu, 1994) [5] và phương pháp của Jewell-Miligan (1989). Các phương pháp trên đã bỏ qua ảnh hưởng của độ cứng tường. Nói cách khác, phương pháp này chỉ phù hợp với tường mềm.



Hình 3. Sơ đồ điển hình của tường đất gia cố dạng với bề mặt tường bằng gạch bê tông

Pham (2009) đã đưa ra công thức tính chuyển vị ngang của tường (hình 3) có xét đến độ cứng của bề mặt tường bằng khối gạch bê tông (modular block facing) [6], [9]. Chuyển vị ngang của tường tại độ sâu z_i được xác định như sau:

$$\Delta_i = 0.5 \left(\frac{K_h (\gamma_s z_i + q) S_v - \gamma_b b S_v \tan \delta (1 + \tan \delta \tan \beta)}{K_{reinf}} \right) (H - z_i) \left[\tan \left(45^\circ - \frac{\psi}{2} \right) + \tan(90^\circ - \phi_{ds}) \right] \quad (4)$$

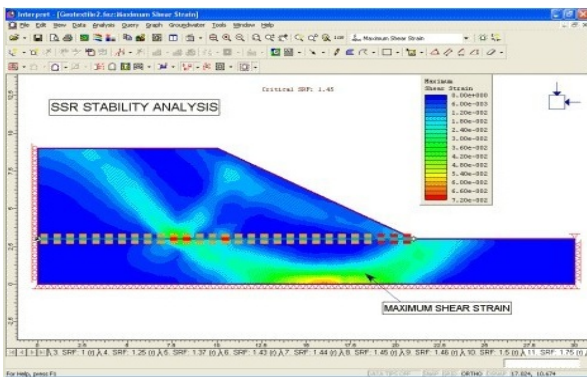
trong đó: H - chiều cao tường; K_h - hệ số áp lực ngang của đất; K_{reinf} - độ cứng của lớp gia cố; γ_s - trọng lượng riêng của đất; γ_b - trọng lượng riêng của tấm tường (gạch hoặc bê tông); δ - góc ma sát tại bề mặt tấm tường (gạch với gạch hoặc bê tông với bê tông); β - góc ma sát của đất với lưng tường; ψ - góc giãn; ϕ_{ds} - góc ma sát hữu hiệu của đất theo thí nghiệm cắt trực tiếp.

Trong bài báo này, để đánh giá ảnh hưởng của các thông số của cốt gia cố đến ứng xử của tường chắn đất có cốt, phần mềm Phase2 đã được sử dụng.

3. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới ứng suất và biến dạng của tường chắn đất có cốt

3.1 Giới thiệu về phần mềm Phase2

Phase2 7.0 là một chương trình phân tích ứng suất theo phương pháp phần tử hữu hạn 2 chiều, đã được sử dụng hiệu quả cho nhiều bài toán địa kỹ thuật trong nền đất hoặc đá. Chương trình này đã được sử dụng rộng rãi để hỗ trợ thiết kế và phân tích ổn định mái dốc, tường chắn, phân tích thấm,...



Hình 4. Giao diện của phần mềm Phase2

Phase2 có nhiều tính năng hỗ trợ việc mô hình hóa. Một tính năng chính của Phase2 là phân tích ổn định mái dốc, tường chắn theo phương pháp phần tử hữu hạn bằng cách sử dụng phương pháp “Hệ số giảm cường độ” (SRF). Tính năng này hoàn

toàn tự động và được sử dụng cùng với các thông số độ bền theo lý thuyết Mohr-Coulomb hoặc Hoek-Brown. Trong bài báo này, phân tích các thông số ảnh hưởng đến ứng xử của tường chắn đất có cốt dựa vào phần mềm Phase2. Các đại lượng trong hình dưới đây sử dụng đơn vị theo hệ thống SI.

3.2 Dữ liệu bài toán

- Đất gia cố có chỉ tiêu: đất cát $\gamma_r = 19.6 \text{ kN/m}^3$, $\phi_r = 34^\circ$, $C_r = 0 \text{ kN/m}^2$;
- Đất sau tường có chỉ tiêu: đất cát $\gamma_b = 19.6 \text{ kN/m}^3$, $\phi_b = 34^\circ$, $C_b = 0 \text{ kN/m}^2$;
- Đất nền: đất cát $\gamma_f = 19 \text{ kN/m}^3$, $\phi_f = 30^\circ$, $C_f = 100 \text{ kN/m}^2$;
- Giả thiết nền đất dưới tường là tuyệt đối cứng;
- Cốt gia cố được sử dụng loại có lực kéo cho phép T_a , khoảng cách giữa các lớp cốt gia cố là S_v , chiều dài L ;
- Chiều cao hình học của tường: $H = 6\text{m}$.

Trong bài báo này, để khảo sát ảnh hưởng của một thông số đến ứng xử của tường, thì thay đổi giá trị của thông số đó, các thông số khác được giữ cố định.

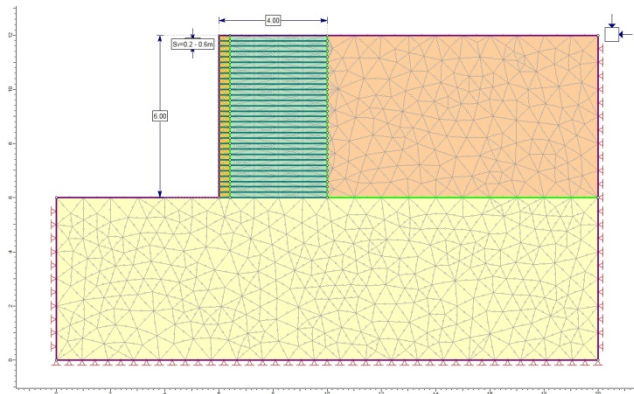
3.3 Ảnh hưởng của khoảng cách lớp gia cố S_v

Cố định các dữ liệu bài toán, cho S_v thay đổi từ 0.2m đến 0.6m để quan sát ứng xử của tường.

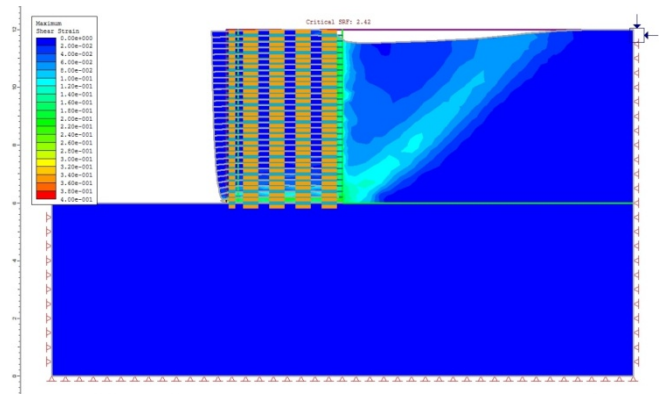
3.3.1 Ảnh hưởng của S_v tới dạng phá hoại của tường

Phân tích này cho phép kết luận rằng, khi khoảng cách S_v tăng lên thì mặt phá hoại của tường thay đổi từ nằm ngoài vùng gia cố (hình 6, 7) đến cắt qua các lớp vải địa kỹ thuật (hình 8, 9 và 10).

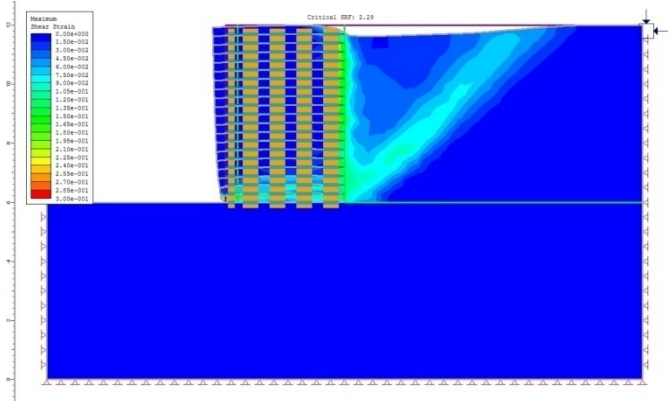
Kết quả tính toán cho thấy, dạng của mặt trượt phụ thuộc vào khoảng cách của cốt gia cố. Khi khoảng cách càng lớn, mặt trượt sẽ qua lớp gia cố và dạng của mặt trượt sẽ gần với lý thuyết Rankine.



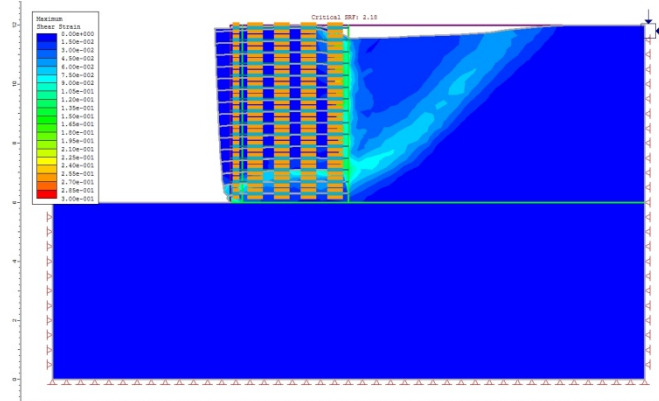
Hình 5. Sơ đồ bài toán khi thay đổi S_v



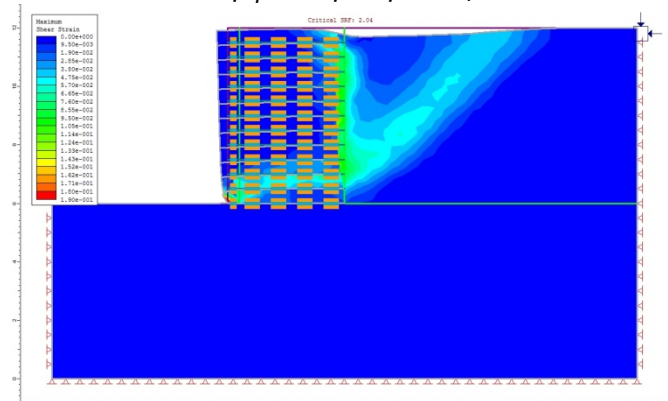
Hình 6. Mặt phá hoại trượt khi $S_v = 0.2m$



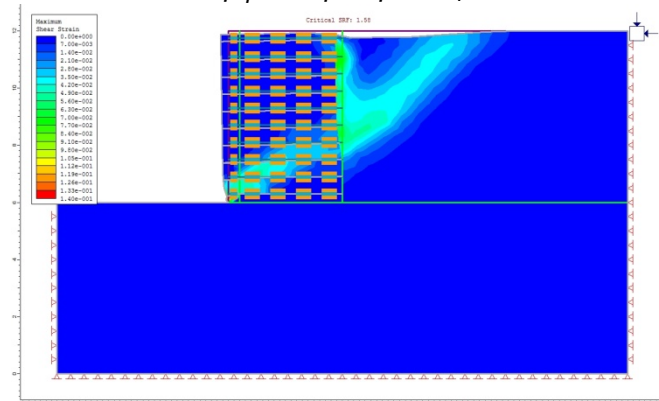
Hình 7. Mặt phá hoại trượt khi $S_v = 0.3m$



Hình 8. Mặt phá hoại trượt khi $S_v = 0.4m$

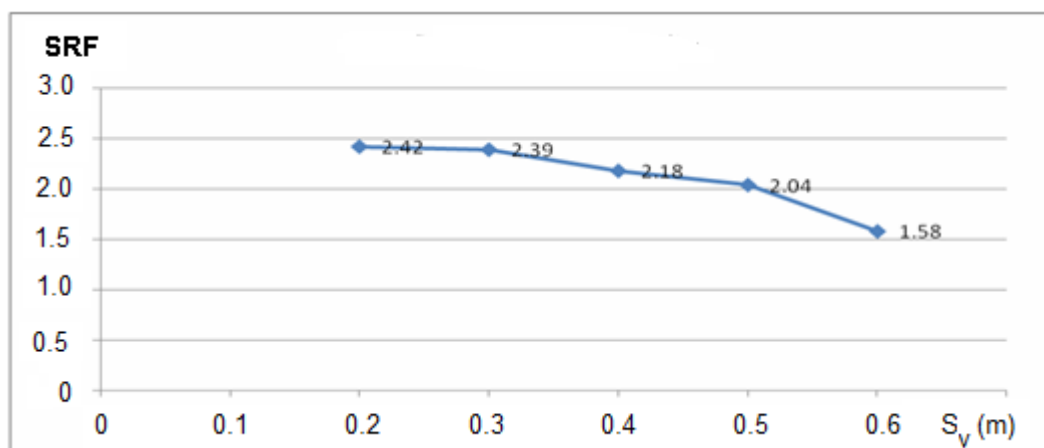


Hình 9. Mặt phá hoại trượt khi $S_v = 0.5m$



Hình 10. Mặt phá hoại trượt khi $S_v = 0.6m$

3.3.2 Ảnh hưởng của S_v tới hệ số an toàn



Hình 11. Biểu đồ SRF theo S_v

Kết quả phân tích thể hiện dưới đây cho thấy, khi S_v tăng lên thì hệ số an toàn của tường giảm đi. Độ dốc của đồ thị SRF theo S_v (hình 11) tăng dần khi S_v tăng chứng tỏ khi S_v càng lớn thì sự giảm đi của hệ số an toàn càng nhanh. Đồng thời hình 11 cũng cho thấy khoảng cách hợp lý của các lớp cốt gia cố là ($S_v=0.3\text{m}-0.4\text{m}$) ứng với các thông số tường đã lựa chọn.

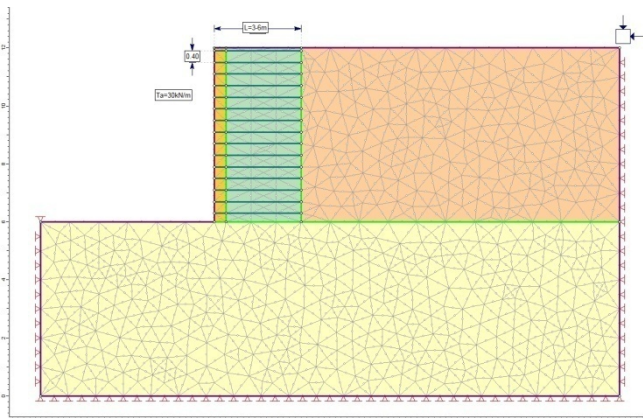
3.4 Ảnh hưởng của chiều dài gia cố L

Để khảo sát sự ảnh hưởng của L tới ứng xử của tường, ta tiến hành phân tích bài toán với dữ

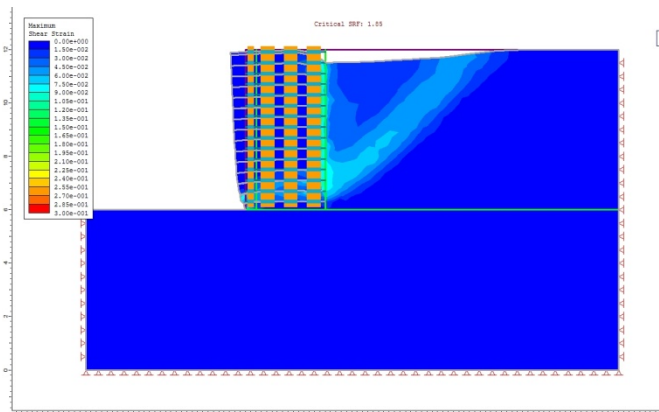
liệu như ở mục 3.2, cố định giá trị $S_v=0.4\text{m}$ và cho L thay đổi từ 3m-10m (tương đương 0.5H-1.7H). Sơ đồ bài toán thể hiện ở hình 12.

3.4.1 Ảnh hưởng của L tới dạng phá hoại của tường

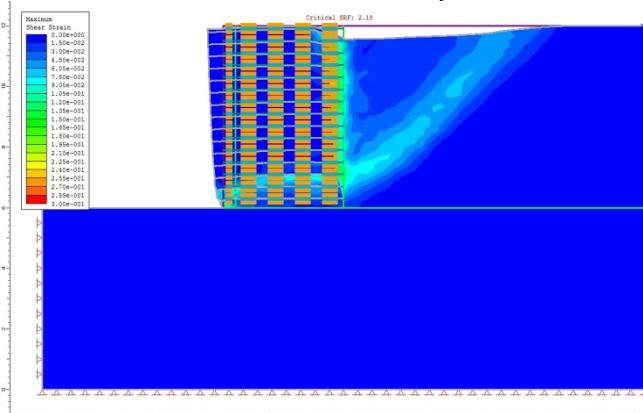
Những phân tích dưới đây cho thấy, khi L nhỏ, vùng gia cố ít ảnh hưởng đến mặt trượt và do đó mặt phá hoại gần với lý thuyết Rankine. Khi L tăng dần lên, diện tích mặt phá hoại lớn hơn và phức tạp hơn (hình 16, 17).



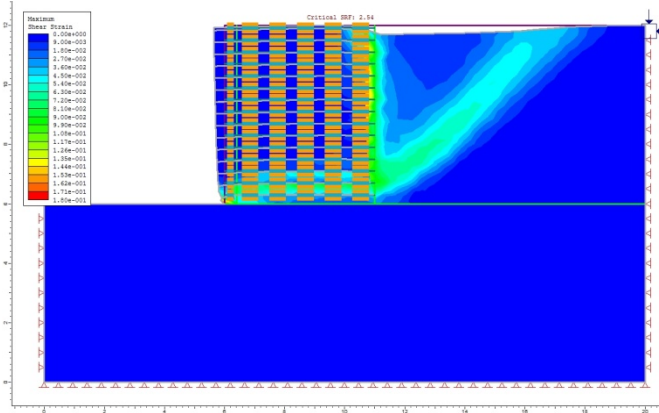
Hình 12. Sơ đồ bài toán khi thay đổi L



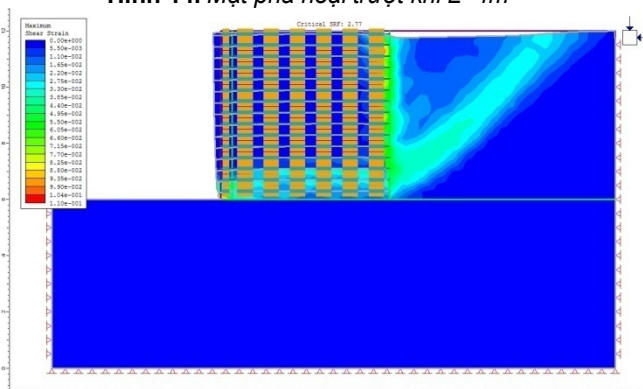
Hình 13. Mặt phá hoại trượt khi L=3m



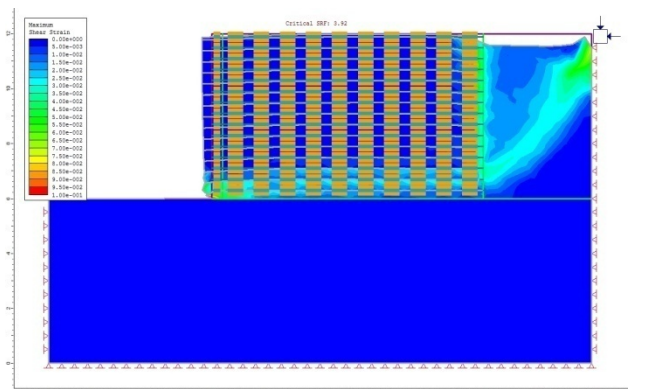
Hình 14. Mặt phá hoại trượt khi L=4m



Hình 15. Mặt phá hoại trượt khi L=5m



Hình 16. Mặt phá hoại trượt khi L=6m

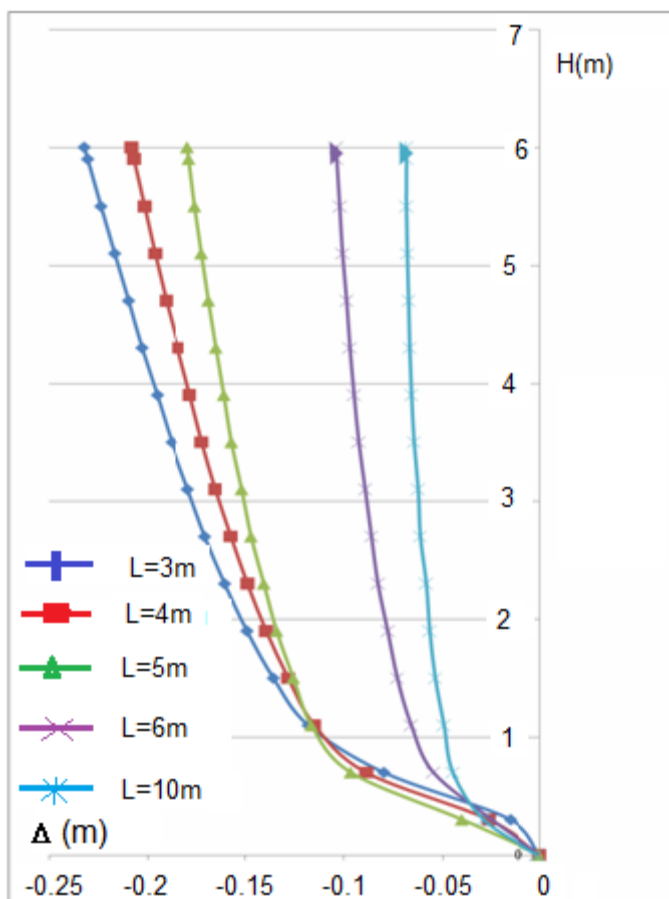


Hình 17. Mặt phá hoại trượt khi L=10m

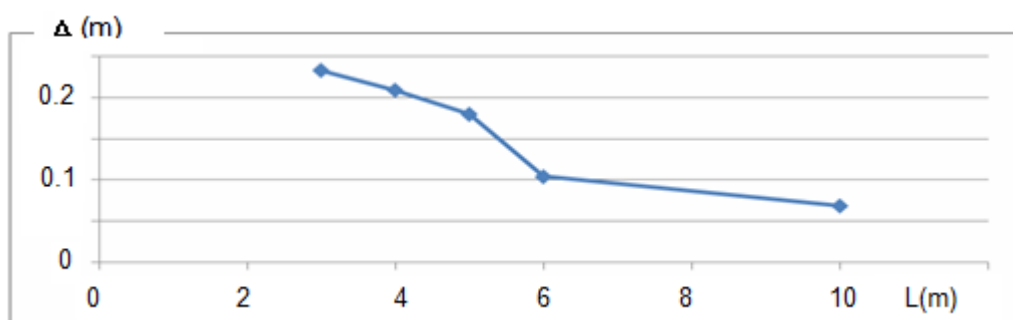
3.4.2 Ảnh hưởng của L tới chuyển vị ngang cực hạn của tường

Kết quả phân tích chuyển vị ngang cực hạn cho thấy, khi L tăng lên, chuyển vị ngang cực hạn của tường giảm đi (hình 18). Độ dốc của đồ thị quan hệ giữa chuyển vị ngang cực hạn tại đỉnh tường với L (hình 19) đoạn $L=6\text{m}-10\text{m}$ là nhỏ, cho phép kết

luận: khi L cao hơn một giá trị nhất định thì ảnh hưởng của việc tăng L tới sự giảm chuyển vị ngang cực hạn là nhỏ. Khi tăng chiều dài của cốt lên $L>0,7H$ thì hiệu quả sử dụng tăng lên không đáng kể. Từ phân tích này cho thấy chiều dài hợp lý của cốt nên thiết kế khoảng $L=(0,6-0,7)H$, và điều này phù hợp với tiêu chuẩn thiết kế của Mỹ, Nhật.



Hình 18. Đồ thị chuyển vị ngang cực hạn Δ của tường ứng với từng giá trị L



Hình 19. Đồ thị chuyển vị ngang cực hạn đỉnh tường Δ_d theo L

3.5 Ảnh hưởng của cường độ kéo cho phép T_a

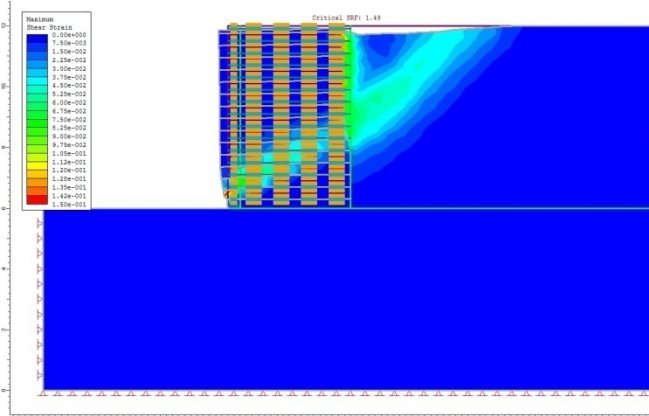
Việc lựa chọn giá trị cường độ kéo cho phép (T_a) của cốt gia cố là một bước quan trọng trong bài toán thiết kế. Vấn đề đặt ra là có phải giá trị cường độ kéo này càng lớn thì sẽ càng tốt? Đặc trưng này

ảnh hưởng như thế nào tới ứng xử của tường đất gia cố? Những phân tích dưới đây với dữ liệu bài toán ở mục 3.2: $S_v=0.4\text{m}$, $L=4\text{m}$ và T_a thay đổi từ $10\text{kN/m} - 70\text{kN/m}$ sẽ phần nào làm rõ ảnh hưởng của T_a .

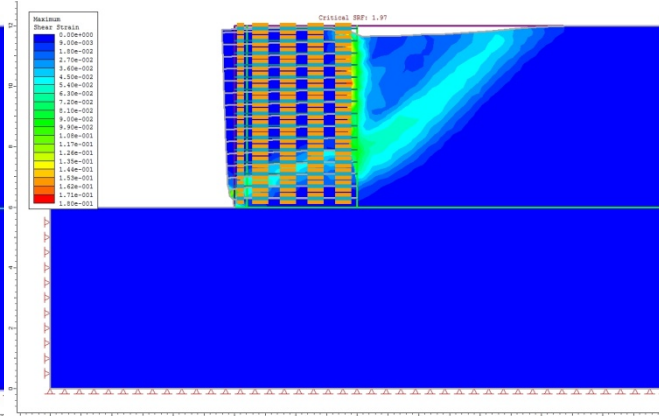
3.5.1 Ảnh hưởng của T_a tới dạng phá hoại của tường

Giá trị lực kéo cho phép của cốt có ảnh hưởng lớn tới dạng mặt trượt xuất hiện trong tường gia cố. Khi T_a nhỏ, mặt phá hoại cắt qua các lớp cốt (từ

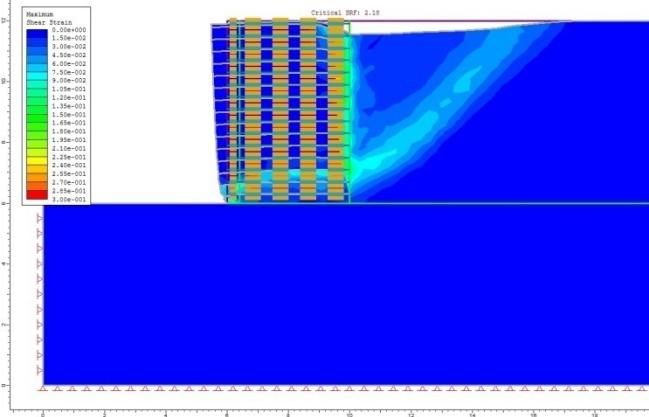
hình 20 đến 22). Khi T_a tăng lên, mặt phá hoại trượt dịch chuyển dần xuống đáy tường, không cắt qua các lớp cốt (từ hình 23 đến 26), làm hạn chế hiệu quả sử dụng cốt gia cố.



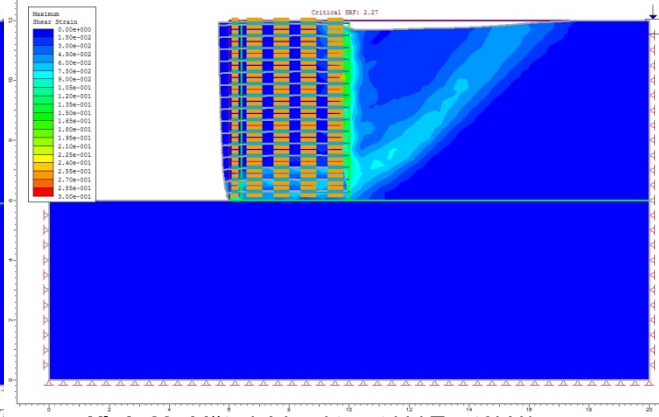
Hình 20. Mặt phá hoại trượt khi $T_a=10\text{kN/m}$



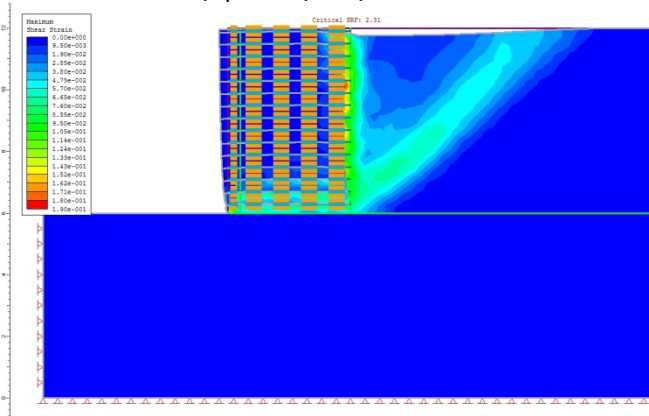
Hình 21. Mặt phá hoại trượt khi $T_a=20\text{kN/m}$



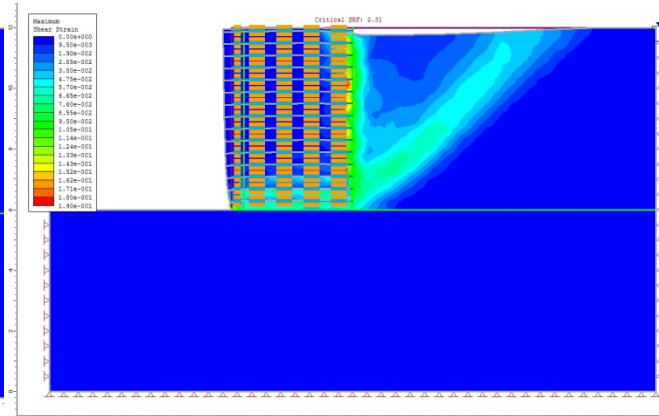
Hình 22. Mặt phá hoại trượt khi $T_a=30\text{kN/m}$



Hình 23. Mặt phá hoại trượt khi $T_a=40\text{kN/m}$



Hình 24. Mặt phá hoại trượt khi $T_a=50\text{kN/m}$

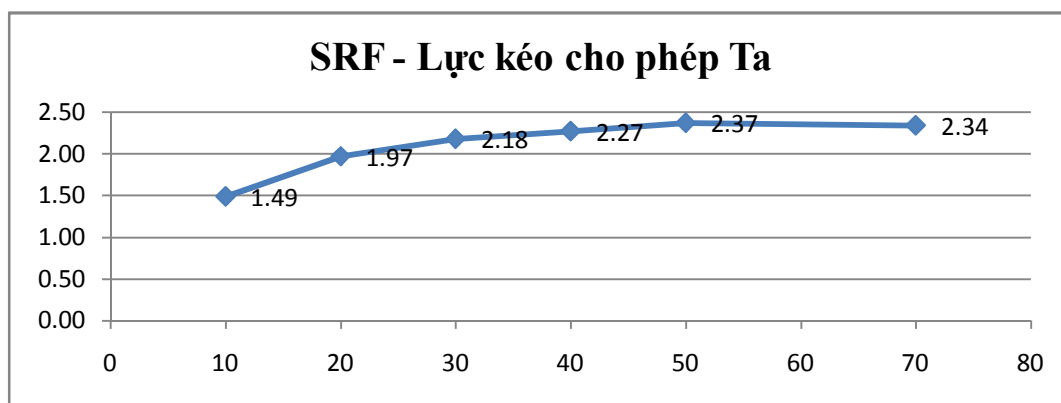


Hình 25. Mặt phá hoại trượt khi $T_a=70\text{kN/m}$

3.5.2 Ảnh hưởng của T_a tới hệ số an toàn

Khi T_a tăng, hệ số an toàn tăng nhưng độ tăng giảm dần thể hiện qua độ dốc của đồ thị hình 26. Đoạn đồ thị tương ứng với $T_a=10\text{kN/m}$ - 30kN/m có độ

dốc lớn chứng tỏ đây là giá trị hợp lý, phát huy tốt nhất hiệu quả sử dụng của cốt gia cố. Nếu sử dụng giá trị T_a lớn hiệu quả sử dụng không thay đổi, như vậy sẽ gây lãng phí (hình 26 – với $T_a > 40\text{ kN/m}$).



Hình 26. Biểu đồ SRF theo T_a (kN/m)

4. Kết luận

Sau khi khảo sát các thông số cơ học của tường chắn đất gia cố đến ứng xử của nó, một số nhận xét và kiến nghị nhằm sáng tỏ cơ chế làm việc của tường gia cố như sau:

- Dạng mặt trượt của tường gia cố thường không tuân theo lý thuyết Rankine, nó phụ thuộc nhiều vào khoảng cách (S_v), chiều dài (L), cường độ và độ cứng (T_a và E) của lớp gia cố. Tùy theo các giá trị của các thông số này mà mặt trượt có dạng: (1) nằm hoàn toàn trong lớp gia cố; (2) hỗn hợp một phần đi qua đất sau tường và một phần đi qua lớp gia cố hoặc (3) hoàn toàn phía sau lớp gia cố;

- Để tường làm việc hiệu quả, không nên dùng S_v quá lớn kết hợp với lớp gia cố có cường độ cao vì sẽ dễ gây mất ổn định cục bộ và độ an toàn của cả khối tường bị ảnh hưởng mạnh nếu 1 lớp gia cố làm việc không tốt và đồng thời cũng không nên đặt S_v quá nhỏ gây khó khăn cho việc thi công và hiệu suất làm việc của lớp gia cố thấp. Khoảng cách hợp lý khoảng 0,2 m đến 0,3 m;

- Chiều dài (L) hợp lý của lớp gia cố nên vào khoảng $(0,6 \div 0,7)H$, trong đó H là chiều cao tường, nếu L quá ngắn tường dễ bị trượt phía sau lớp gia cố nên hiệu quả kém và nếu quá dài (lực trong lớp gia cố quá nhỏ hoặc bằng 0) thì sẽ không cần thiết và gây lãng phí;

- Chỉ khi thật cần thiết mới tăng cường độ của lớp gia cố. Khối gia cố làm việc hiệu quả nhất khi cường độ thấp và khoảng cách lớp gia cố nhỏ. Lúc đó khối gia cố sẽ làm việc như là một khối (composite) và tường sẽ có độ ổn định cao.

- [1] D.T. Bergado, J.C. Chai (1996), Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng (in lần 2), Nhà Xuất bản Giáo dục.
- [2] Dương Học Hải (2009), Thiết kế và thi công tường chắn đất có cốt, Nhà Xuất bản Xây dựng.
- [3] Christopher, B. R., Gill, S. A., Giroud, J. P... (1989), Reinforced Soil Structures. Vol. 1: Design and Contruction Guidelines, FHWA-RD-89-043, *Federal Highway Adminestration, Washington, D.C.*
- [4] Giroud, J. P. (1989), Geotextile Engineering Workshop-Design Examples, *Report FHWA-HI-89-002, Federal Highway Adminestration, Washington, D.C.*
- [5] Wu, J.T.H. (1994), Design and Contruction of Simple, Easy and Low cost Retaining Walls, *Colorado Transportation Institute, Report CTI-UCD-1-94.*
- [6] Pham, Q. T. (2009), Investigating Composite Behavior of Geosynthetic Reinforced Soil Mass, *Colorado Denver University.*
- [7] Elton, D. J. and Patawaran (2005), Mechanically Stabilized Earth (MSE) Reinforcement Tensile Strength from Tests of Geotextile Reinforced Soil, *A Report to the Alabama Highway Research Center, Auburn University.*
- [8] Broms, B. (1977), Triaxial Tests with Fabric-Reinforced Soil, *Proc. of the International Conference on the use of Fabric in Geotechnics, Paris.*
- [9] Jonathan T H Wu, Thang Pham, Michael T Adams (2013), Composite Behavior of Geosynthetic Reinforced Soil Mass, *FHWA-HRT-10-077.*

Ngày nhận bài: 22/1/2017.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 14/2/2017.

TÀI LIỆU THAM KHẢO