

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ ĐẾN ỨNG XỬ CỦA TƯỜNG CÓ CỐT

ThS. PHAN TRẦN THANH TRÚC

Trường Cao đẳng Đức trí Đà Nẵng

TS. LÊ BÁ KHÁNH

Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh

**Tóm tắt:** Nếu áp dụng theo các yêu cầu về vật liệu đắp cho kết cấu tường có cốt theo tiêu chuẩn thiết kế tường chắn có cốt, thì có thể làm tăng giá thành công trình so với việc tận dụng vật liệu đắp tại chỗ. Với sự trợ giúp của phần mềm Plaxis 2D, nhóm tác giả đã tiến hành phân tích ảnh hưởng của vật liệu đắp, cường độ đất nền đến ứng xử của tường chắn có cốt sử dụng vật liệu địa kỹ thuật. Bài báo đã tiến hành khảo sát ứng xử của kết cấu tường có cốt dưới tác dụng tĩnh tải và điều kiện địa chất, địa hình của bán đảo Sơn Trà - Tp. Đà Nẵng. Kết quả nghiên cứu đã phân tích và dự đoán được ứng xử của tường chắn có cốt khi xem xét ảnh hưởng của cường độ vật liệu đắp có tính dính và nền móng.

### 1. Đặt vấn đề

Trong điều kiện Việt Nam chúng ta chưa có tiêu chuẩn về thiết kế tường chắn có cốt, thì hầu hết các nhà thầu tư vấn thiết kế, thi công đều dựa vào tiêu chuẩn của Anh và Mỹ để thiết kế, thi công và nghiệm thu tường chắn có cốt.

Các quy trình thiết kế của Anh và Mỹ là BS8006: 1995 [2] và FHWA-NHI-00-043 [11] đều quy định về vật liệu đắp sau lưng tường thường là vật liệu rời, ít dính có góc nội ma sát cao ( $\varphi \geq 34^\circ$ ). Với yêu cầu này chỉ có cát hạt thô tại các mỏ vật liệu mới đáp ứng. Tuy nhiên với tình hình khan hiếm cát và giá thành ngày càng cao như hiện nay thì yêu cầu nghiên cứu các vật liệu đắp khác nhau, nhất là vật liệu có tính dính nhằm tận dụng vật liệu đắp tại chỗ, giảm chi phí xây dựng là yêu cầu cấp bách đặt ra. Ngoài ra, BS8006: 1995 [2], FHWA-NHI-00-043 [11] và rất nhiều nghiên cứu khác đã không xem xét đến ảnh hưởng của điều kiện nền móng tới ứng xử của tường chắn có cốt, do đó xem xét ảnh hưởng của điều kiện nền móng tới ứng xử tường chắn có cốt cũng là yêu cầu đặt ra.

### 2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu của Ling và những người khác đã cho thấy hoàn toàn có thể ứng dụng mô hình phần tử hữu hạn để mô hình hoá ứng xử của tường có cốt [6].

Trên cơ sở mô hình hoá bằng phần tử hữu hạn, Leshchinsky và Vulova đã ứng dụng phần mềm FLAC để khảo sát cơ chế phá hoại của tường có cốt theo các biến số sau: khoảng cách giữa các cốt, chiều dài cốt, độ cứng của nền đối với loại vật liệu đắp có tính rời, ít dính có góc nội ma sát cao [3].

Dựa vào kinh nghiệm và kết quả của các nghiên cứu trước đây, trong bài báo này các tác giả cũng dùng công cụ phần tử hữu hạn để nghiên cứu ứng xử tường có cốt khi tận dụng vật liệu địa phương để làm vật liệu đắp sau lưng tường.

Nội dung nghiên cứu được chia làm hai phân tích nghiên cứu sau:

Phân tích 1: Phân tích ảnh hưởng độ cứng của nền móng tường chắn đến ứng xử của tường chắn có cốt;

Phân tích 2: Phân tích ảnh hưởng sự thay đổi cường độ đất nền ( $c$ ,  $\varphi$ ) tới ứng xử của tường chắn có cốt.

### 3. Mô phỏng bằng phương pháp phần tử hữu hạn

#### 3.1 Mô hình nghiên cứu

Dựa trên cơ sở lý thuyết là các kết quả nghiên cứu Tatsuoka (1993) [10]; BS8006:1995 [2]; S.K. Ho & Kerry Rower (1996) [7] [8] [9]; Elias & Christopher (AASHTO 1998) [11]; Ling (2000) [6]; Vieira (2011) [4].

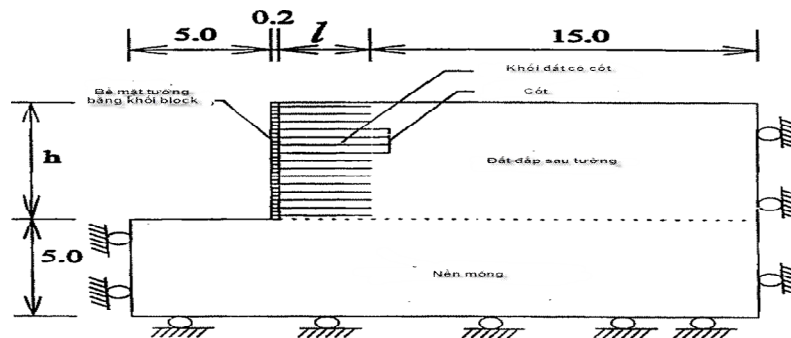
Các tác giả đã mô phỏng bài toán nghiên cứu bằng phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 8.5 với địa chất ở vùng bán đảo Sơn Trà, Tp. Đà Nẵng.

Việc chọn các thông số mô hình nghiên cứu, và các điều kiện biên của bài toán nghiên cứu trong Plaxis, các tác giả dựa vào mô hình của Dov Leschinsky [3] thể hiện ở hình 1.

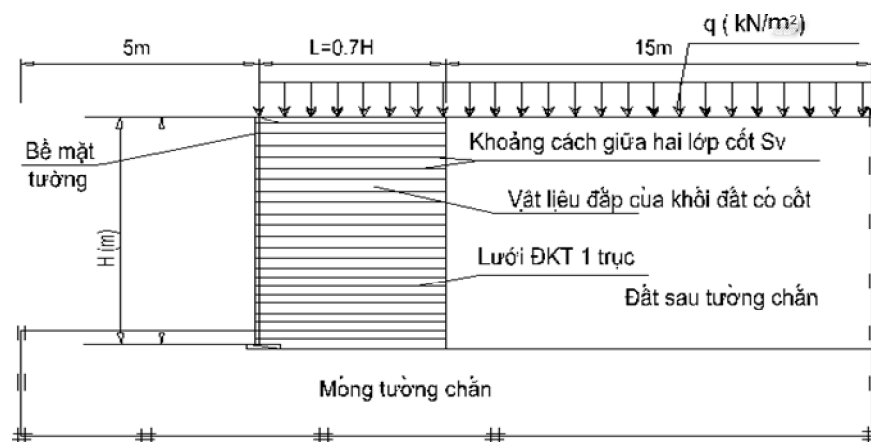
Việc nghiên cứu được thực hiện trên mô hình tường chắn đất có cốt mềm (lưới địa kỹ thuật) với chiều cao  $H$  (m) (hình 2). Dựa trên số liệu địa chất tại

bán đảo Sơn Trà [2], các tác giả tiến hành đề xuất nghiên cứu ứng xử tường chắn có cốt với bốn vật liệu đắp như sau: cát hạt thô (lấy từ các mỏ vật liệu Cẩm

Lệ, Tp. Đà Nẵng), cát hạt mịn (cát tận dụng tại chỗ, công trường tại Sơn Trà), cát pha sét hoặc sét pha cát (tận dụng tại chỗ, công trường tại Sơn Trà).



Hình 1. Mô hình nghiên cứu của Leschinsky [3]

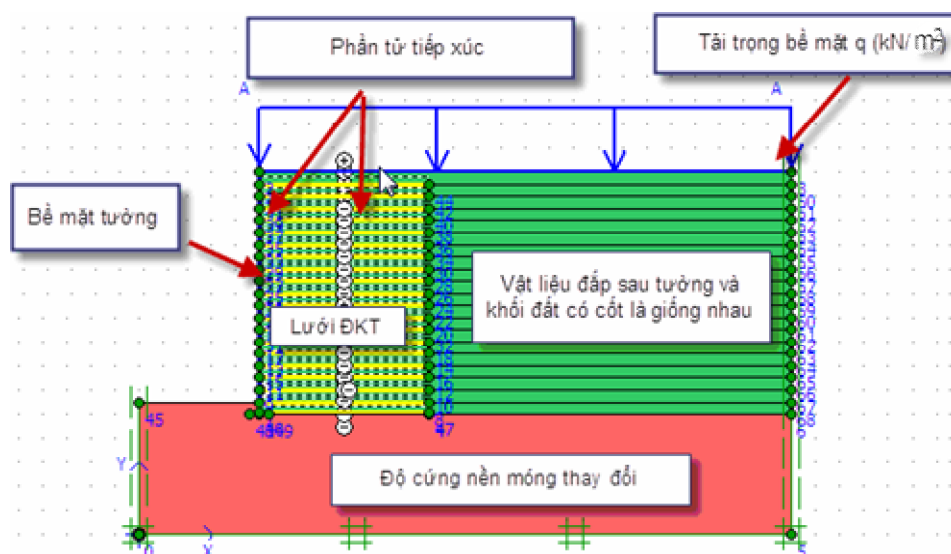


Hình 2. Mô hình nghiên cứu tổng quát tường có cốt

## a. Thông số và mô hình bài toán phân tích 1

Phân tích ảnh hưởng độ cứng của móng tường chắn EA từ trạng thái rất cứng (Móng đá gốc), cứng vừa (Cát hạt mịn) đến mềm (Cát pha sét) đến ứng xử của tường chắn có cốt với vật liệu đắp là cát hạt trung và chiều cao tường chắn  $H = 10$  m, vì vỏ tường chỉ có

ý nghĩa bảo vệ mà không chịu lực nên tường chắn có thể dùng là tường bê tông cốt thép chiều dày mỏng  $d = 0,05$  m, độ cứng dọc trục lưới địa kỹ thuật  $EA = 2500$  kN/m<sup>2</sup>, chiều dài mỗi lớp cốt  $L = 0.7H = 7$  m, khoảng cách giữa các lớp cốt  $S_v = 0.5$  m là không thay đổi trong 3 trường hợp nghiên cứu.



Hình 3. Mô hình bài toán phân tích 1

**Bảng 1. Thông số các loại vật liệu làm móng tường chắn**

| Mô hình đất:<br>Morh- Coulomb |                   | Lớp 1:<br>Lớp móng<br>đá gốc | Lớp 2:<br>Cát hạt mịn có lẫn bột,<br>tận dụng tại chỗ | Lớp 3:<br>Cát pha sét,<br>tận dụng tại chỗ |
|-------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Type                          |                   | Drained                      | Drained                                               | Drained                                    |
| $\gamma_{unsat}$              | kN/m <sup>3</sup> | 26.2                         | 18.5                                                  | 19.5                                       |
| $\gamma_{sat}$                | kN/m <sup>3</sup> | 27.2                         | 19.5                                                  | 20.5                                       |
| $k_x = k_y$                   | m/day             | 1                            | 8.64E-2                                               | 8.64E-3                                    |
| $E_{ref}$                     | kN/m <sup>2</sup> | 100000                       | 15000                                                 | 13100                                      |
| $\nu$                         | -                 | 0.13                         | 0.28                                                  | 0.30                                       |
| $c_{ref}$                     | kN/m <sup>3</sup> | 17600                        | 0                                                     | 14                                         |
| $\phi$                        | °                 | 35                           | 30                                                    | 25                                         |
| $\psi$                        | °                 | 5                            | 0                                                     | 0                                          |
| $R_{inter}$                   | -                 | 1                            | 0.8                                                   | 0.7                                        |

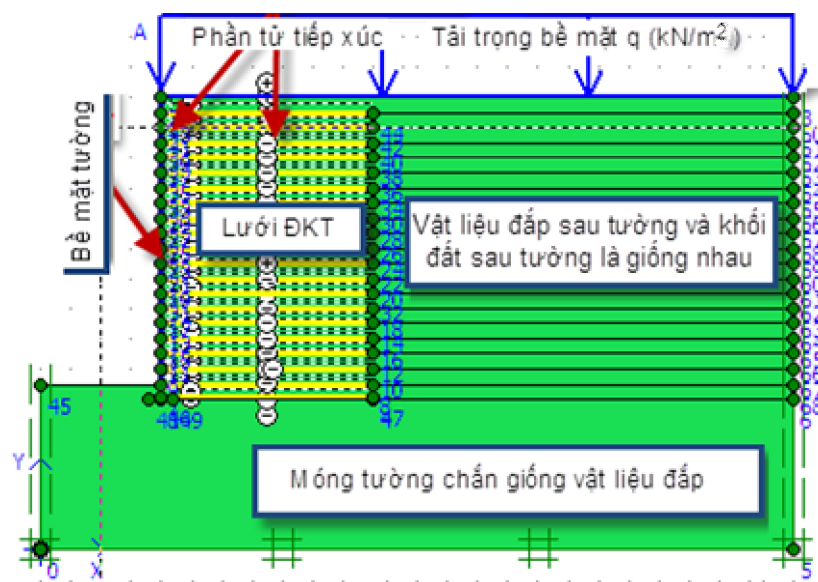
**Bảng 2. Thông số bề mặt tường và chân tường**

| Parameter         | Name  | Chân tường 0.3x0.8m | Mặt tường | Unit                 |
|-------------------|-------|---------------------|-----------|----------------------|
| Độ cứng dọc trục  | EA    | 6.3E+6              | 4.20E+6   | kN/ m                |
| Độ cứng chống uốn | E     | 4.73E+4             | 1.40E+4   | kN/m <sup>2</sup> /m |
| Bề dày            | D     | 0.3                 | 0.05      | m                    |
| Hệ số Poisson     | $\nu$ | 0.17                | 0.17      | -                    |

**b. Thông số và mô hình bài toán phân tích 2**

Phân tích ảnh hưởng của cường độ vật liệu đắp (c,  $\phi$ ) tới chuyển vị và biến dạng của tường chắn có cốt trong điều kiện chịu tải tác dụng là  $q = 30 \text{ kN/m}^2$ , chiều cao tường chắn  $H = 10\text{m}$ , bề

mặt tường bằng bê tông cốt thép có bề dày  $0.05\text{m}$ , vật liệu đắp là cát hạt thô, độ cứng dọc trục lưới địa kỹ thuật  $EA = 2500 \text{ kN/m}^2$ , chiều dài mỗi lớp cốt  $L = 0.7H = 7\text{m}$ , khoảng cách giữa các cốt  $S_v = 0.5\text{m}$ .



**Hình 4. Mô hình bài toán phân tích 2**

Các trường hợp khảo sát khi thay đổi cường độ vật liệu đắp:

-  $c = 14 \text{ kN/m}^2$ ;  $\phi$  thay đổi

|        |            |             |        |             |            |
|--------|------------|-------------|--------|-------------|------------|
| $\phi$ | 0.9 $\phi$ | 0.95 $\phi$ | $\phi$ | 1.05 $\phi$ | 1.1 $\phi$ |
|--------|------------|-------------|--------|-------------|------------|

-  $c$  thay đổi,  $\phi = 25^\circ$

|     |         |          |     |          |         |
|-----|---------|----------|-----|----------|---------|
| $c$ | 0.9 $c$ | 0.95 $c$ | $c$ | 1.05 $c$ | 1.1 $c$ |
|-----|---------|----------|-----|----------|---------|

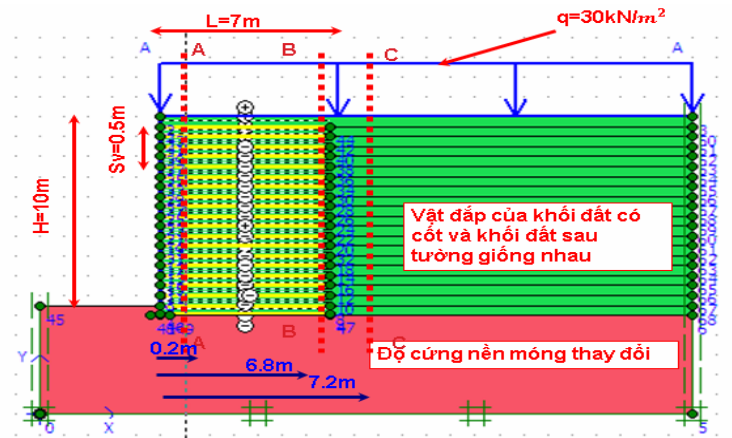
### 3.2 Kết quả và thảo luận

#### 3.2.1 Kết quả và thảo luận phân tích 1

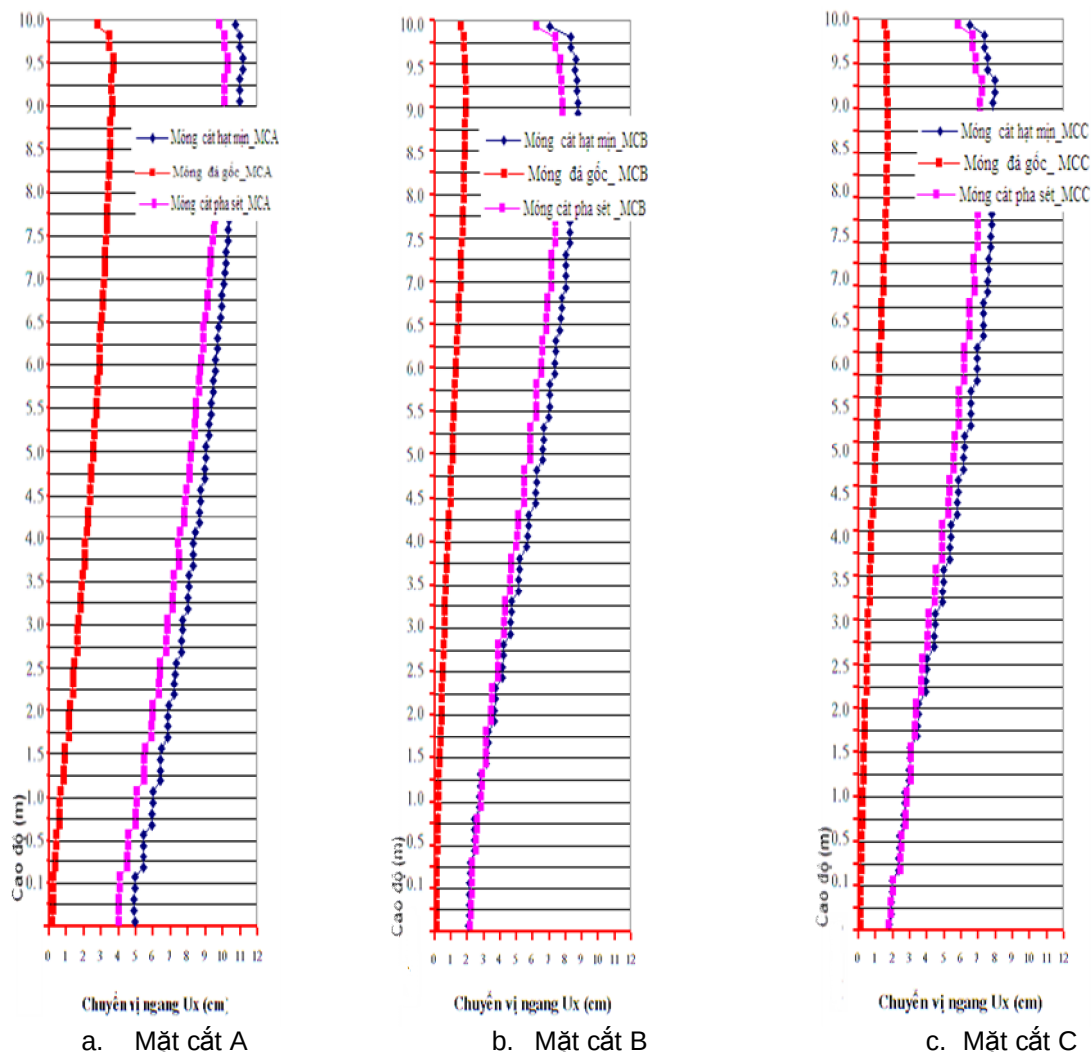
##### a. Kết quả phân tích 1

Phân tích ảnh hưởng độ cứng của móng tường chắn từ trạng thái rất cứng (Móng đá gốc), cứng vừa (Cát hạt mịn), đến mềm (Cát pha sét) đến ứng xử của tường chắn có cốt với vật liệu đắp là cát hạt.

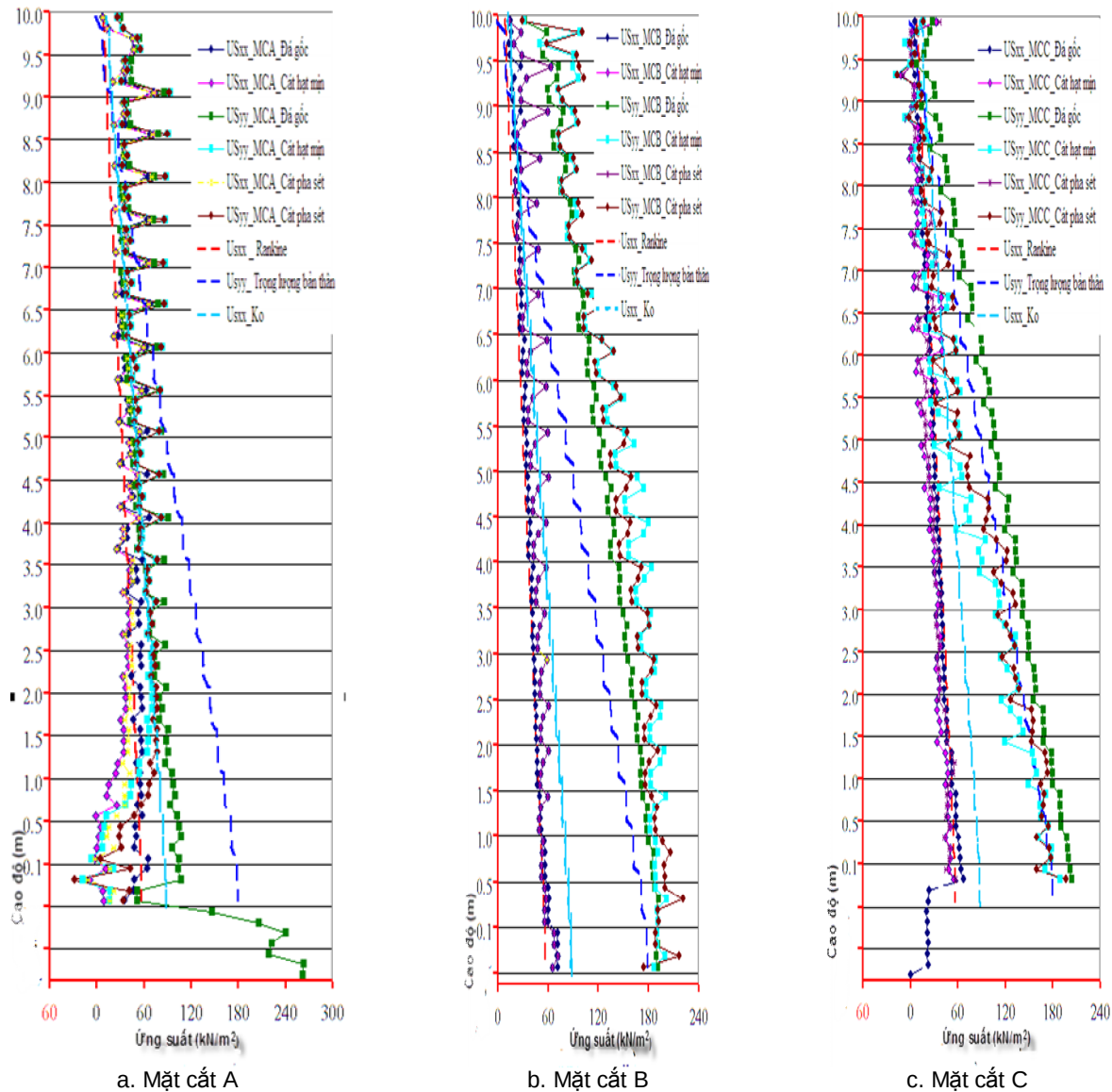
Ứng với mỗi trường hợp nghiên cứu ta đều có kết quả đồ thị lực dọc lớn nhất  $F_{max}$  trong mỗi lớp cốt, chuyển vị ngang  $U_x$ , đồ thị ứng suất  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  theo chiều cao tường chắn  $H$  (m). Mỗi trường hợp nghiên cứu, khảo sát tại 3 vị trí mặt cắt là A, B, C. Mặt cắt A, B, C lần lượt cách mặt tường bao 0.2m, 6.8m, 7.2m thể hiện ở hình 5.



Hình 5. Vị trí các mặt cắt khảo sát trong bài toán phân tích 1



Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng độ cứng nền móng đến chuyển vị ngang  $U_x$  của khối đất có cốt



Hình 7. Đồ thị ảnh hưởng của độ cứng nền móng EA đến ứng suất  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  tại vị trí mặt cắt khảo sát

#### b. Thảo luận phân tích 1

Các kết quả nghiên cứu ở trên cho ta thấy sự ảnh hưởng tức thời tới chuyển vị ngang của khối đất có cốt  $U_x$ , sự phân bố ứng suất  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  trong khối đất có cốt khi thay đổi độ cứng của móng:

Với chuyển vị ngang  $U_x$ , độ cứng của móng càng lớn thì chuyển vị ngang của khối đất có cốt càng nhỏ. Tại mặt cắt A (hình 6) khi độ cứng móng EA tăng từ  $13000 \text{ kN/m}^2$  (Móng cát hạt mịn) tới  $100000 \text{ kN/m}^2$  (Móng đá gốc) thì chuyển vị ngang lớn nhất  $U_{x\max}$  giảm từ  $11.2 \text{ cm}$  đến  $3.7 \text{ cm}$ . Ta cũng thu được kết quả tương tự tại mặt cắt B, C (hình 6). Như vậy cùng với việc nâng cao tính ổn định của tường chắn, giảm chuyển vị ngang của tường bằng việc giảm bớt cốt  $S_v$  hay tăng chiều dài cốt L thì giải pháp tăng độ cứng nền móng tường chắn cũng là giải pháp nâng cao tính ổn định khi tính toán thiết kế tường chắn có cốt.

Thay đổi độ cứng của móng cũng dẫn tới sự thay đổi ứng suất  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  trong khối đất có cốt. Độ cứng của móng càng nhỏ thì  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  càng lớn. Tuy nhiên sự thay đổi ứng suất này không đáng kể. Xét tại mặt cắt B (hình 7) khi độ cứng tăng từ  $15000 \text{ kN/m}^2$  (Móng là cát hạt mịn) đến  $100000 \text{ kN/m}^2$  (Móng là đá gốc) thì  $\sigma_{xx\max}$  giảm từ  $72.7 \text{ kN/m}^2$  đến  $71.1 \text{ kN/m}^2$  và  $\sigma_{yy\max}$  giảm từ  $201.8 \text{ kN/m}^2$  đến  $190.8 \text{ kN/m}^2$ . Ngoài ra, kết quả nghiên cứu cho thấy khi móng không đủ cứng thì sự phân bố ứng suất trong khối đất có cốt theo chiều cao tường không tuân theo đúng quy luật phân bố ứng suất theo chiều cao tường của khối đất có cốt nữa. Cụ thể: Xét tại mặt cắt A, B (hình 7) với vật liệu móng là cát hạt mịn hoặc cát pha sét do móng không đủ cứng nên có sự xáo trộn trong phân bố ứng suất  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$  theo chiều cao tường.

Với móng đủ cứng (móng đá gốc) thì sự phân bố ứng suất theo phương ngang  $\sigma_{xx}$  ở khối đất có cốt tại

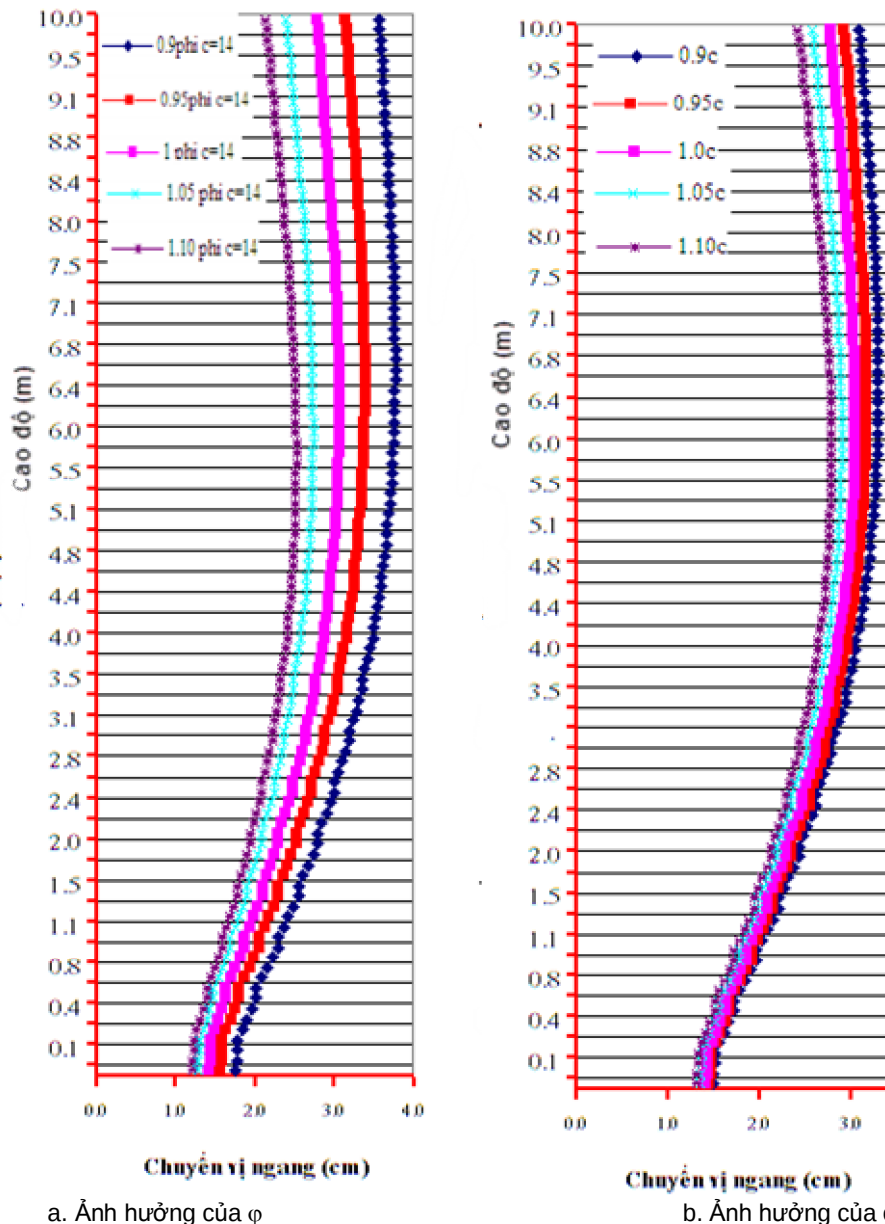


mặt cắt B (hình 7) đồ thị ứng suất ngang  $\sigma_{xx}$  luôn lớn hơn đường ứng suất ngang tính theo công thức Rankine và nhỏ hơn đường ứng suất ngang ở trạng thái tĩnh. Nghĩa là:  $K_a < K < K_0$ . Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với nhiều kết quả nghiên cứu theo BS006:1995 [2] ( $K_a$  - hệ số áp lực ngang chủ động tính theo Rankine,  $K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2)$ ;  $K$  - hệ số áp lực ngang của khối đất có cốt;  $K_0$  - hệ số áp lực ngang ở trạng thái tĩnh,  $K_0 = 1 - \sin\varphi$ ).

### 3.2.2. Kết quả và thảo luận phân tích 2

#### a. Kết quả phân tích 2

Ứng với mỗi trường hợp nghiên cứu ta lần lượt xem xét ảnh hưởng của cường độ đất đắp ( $c$ ,  $\varphi$ ) đến chuyển vị ngang bề mặt tường bao của khối tường chắn có cốt. Với góc nội ma sát  $\varphi$  và lực dính  $c$  ta lần lượt tăng hay giảm 5%  $\varphi$ , để xem xét ảnh hưởng của các yếu tố này tới chuyển vị ngang của bề mặt tường.



Hình 8. Đồ thị ảnh hưởng của  $\varphi$ ,  $c$  tới chuyển vị ngang  $U_x(\text{cm})$  bề mặt tường bao

#### b. Thảo luận phân tích 2

Sự ảnh hưởng của cường độ vật liệu đắp gồm góc nội ma sát  $\varphi$  và lực dính  $c$  là rất đáng kể tới chuyển vị ngang của bề mặt tường chắn có cốt. Kết quả nghiên cứu (hình 8 a, b) cho thấy chuyển vị ngang của tường

$U_x$  giảm khi tăng  $\varphi$ , hay  $c$ . Cùng một tốc độ gia tăng như nhau nhưng sự ảnh hưởng của góc nội ma sát  $\varphi$  tới chuyển vị ngang của tường là lớn hơn so với lực dính  $c$ . Kết quả nghiên cứu còn cho thấy (hình 8 a, b) khi thay đổi cường độ đất đắp ( $\varphi$ ,  $c$ ) thì chuyển vị

ngang của bề mặt tường tại chân tường rất bé nên có thể bỏ qua và tại đỉnh tường là rất đáng kể.

#### 4. Kết luận

Sự thay đổi độ cứng của móng làm thay đổi sự phân bố ứng suất trong khối đất có cốt theo chiều cao tường. Sự phân bố ứng suất ngang trong khối đất có cốt  $\sigma_{xx}$  theo chiều cao tường chỉ thỏa mãn  $K_a < K < K_0$  khi nền móng tường chắn đủ độ cứng.

Khi tính toán ổn định của tường chắn có cốt, ngoài giải pháp giảm chuyển vị ngang của tường bằng việc giảm bước cốt  $S_v$  hay tăng chiều dài cốt  $L$  thì việc tăng độ cứng nền móng tường chắn cũng là giải pháp nâng cao tính ổn định khi tính toán thiết kế tường chắn có cốt.

Ảnh hưởng tới chuyển vị ngang bề mặt tường của góc nội ma sát  $\varphi$  là lớn hơn so với lực dính  $c$ . Ảnh hưởng cường độ vật liệu đắp ( $\varphi$ ,  $c$ ) tới chuyển vị ngang của bề mặt tường tại chân tường rất bé nên có thể bỏ qua và tại đỉnh tường là rất đáng kể.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. Công ty tư vấn Kiến trúc Dương Hồng Hiền, Báo cáo địa chất dự án Mercure Sơn Trà Resort, 2010, 20tr.
2. BS 8006:1995, Code of practice for Strengthened/reinforced soils and other fill, 1995.
3. CHRISTINA VULOVA, DOV LESHCHINSKY, Effect of Geosynthetic Reinforcement Spacing on the performance of Mechanically Stabilized Earth Wall, Report No FFHWA-RD-03-048, 2003.
4. C.S VIEIRA, M.L.LOPES, L.M.M.S CALDEIRA, Influence of Facing Panel Rigidity on Performance of Reinforced Soil Retaining Walls a Numerical Study, *EuroGeo4*, 2011, pp. 244-254.
5. ENNIO M. PALMEIRA, FUMIO. Tatsuoka, Advances in Geosynthetic Materials and Application for Soil Reinforcement and Environmental Protection Work, *EJGE Bouquet* 08, 2011.
6. H.I. LING, C.P. CARDANY, L-X. SUN, H. HASHIMOTO, Finite Element Study of Geosynthetic-Reinforced Soil Retaining Wall With Concrete-Block Facing, *Geosynthetic International*, Vol.7, No.3, 2000, pp.163-188.
7. S.K HO, R. KERRY ROWE, Finite Element Analysis of Geosynthetic Reinforced Soil Walls, *Geosynthetic 1993 Conference, Vancouver, Canada*, 1992.
8. S.K HO, R. KERRY ROWE, Effect of Wall Geometry on the Behaviour of Reinforced Soil Wall, *Geotextiles and Geomembranes* 14, 1996, pp. 521-541.
9. S.K HO, R. KERRY ROWE, Horizontal Deformation in Reinforced Soil Wall, *Canadian Geotechnical Journal* 35, 1998, pp. 312-327.
10. TATSUOKA.F, Role of Facing Rigidity in Soil Reinforcement, Theme Lecture for I.S. Kyushu, *Proc. Of the Intl. Symp. On Earth Reinforcement Practice*, 1993.
11. VICTOR ELIAS, BARRY.R. CHRISTOPHER, RYAN.R.BERG. FHWA- NHI-00-043, U.S Department of Transportation Federal Highway Administration, 2001.

**Ngày nhận bài sửa:** 10/12/2014.