

Sử dụng vật liệu tại chỗ để thi công tường chắn đất có cốt có xét đến tuổi thọ công trình

TS. CHÂU TRƯỜNG LINH

Trường Đại học Bách khoa (Đại học Đà Nẵng)

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu thí nghiệm, phân tích, so sánh các chỉ tiêu cơ - lý - hóa của các mẫu đất đắp, đá mật, cấp phối đá dăm lấy từ các mỏ đất được sử dụng phổ biến tại TP. Đà Nẵng với các tiêu chuẩn (Pháp, Mỹ) nhằm định hướng sử dụng vật liệu đắp cho tường chắn đất có cốt (tường MSE). Mô phỏng sự ăn mòn lưới cốt thép tận dụng thép xây dựng CT5 với các tỉ lệ triết giảm tiết diện 0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40% để xác định cường độ chịu kéo và độ dẫn dài còn lại tương ứng. Các kết quả trên được dùng mô phỏng tuổi thọ, sự vận động thoái hóa của ứng suất - biến dạng - chuyển vị của tường MSE thông qua phần mềm mã nguồn mở FLAC. Các số liệu tính toán có thể làm cơ sở tham khảo cho đơn vị tư vấn thiết kế khi thiết kế tường MSE trên địa bàn Đà Nẵng.

Từ khóa: Tính chất cơ - hóa học, vật liệu đắp, cốt thép, TP. Đà Nẵng, giảm tiết diện, tỉ lệ ăn mòn, thoái hóa, tuổi thọ.

Abstract: This paper presents experiments, analysis and comparison of mechanical, physical and chemical properties of the soil and graded aggregate from the common mines in Danang city. Then the paper uses the standards (France, USA) to guide the application of materials which are used for Mechanically Stabilized Earth (MSE wall). The authors also simulate the corrosion of the CT5 steel reinforcements by different reduced sections (0-5-10-15-20-25-30-35-40%) to determine the tensile strength and corresponding elongation that remain in reinforcement. The results are used in simulating the service life and the process of the degeneration of stress - strain - displacement of MSE walls through the open code software FLAC. The results of computation can be used for reference in MSE wall design and construction companies in Da Nang city.

Keywords: Mechanical-chemical properties, backfill, steel reinforcement, Danang city, reduced section, corrosion ratio, degeneration, service life.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay ở nước ta đã có rất nhiều công trình tường chắn đất có cốt (tường MSE) được các đơn vị đưa vào trong các dự án thiết kế, như là các nút giao của đường dẫn vào cầu Rồng, cầu vượt đường Nguyễn Tri Phương nối dài, Khu sinh thái Đảo Xanh thuộc thành phố Đà Nẵng, đường ven sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình, đường cao tốc Đà Nẵng - Quảng Ngãi, cao tốc Hà Nội - Lào Cai... Hầu như

các loại cốt được đề xuất sử dụng tại các công trình này chủ yếu là cốt sợi tổng hợp, lưới vải địa kỹ thuật hoặc cốt thép nhập ngoại (Mỹ, Pháp, Nhật, Singapore,...) với giá thành rất cao làm chi phí xây dựng công trình tăng; tuy nhiên vẫn không thể xác định được tuổi thọ của công trình, đến thời điểm nào sẽ mất ổn định hay thời điểm cần phải đại tu. Điều này không có lợi cho các nhà đầu tư, đặc biệt là các dự án công (sử dụng vốn ngân sách). Việc đưa các giải pháp thay thế các vật liệu nhập ngoại bằng các vật liệu tại chỗ nhằm giảm giá thành cũng như làm chủ được công nghệ thi công không phụ thuộc vào những chuyên gia nước ngoài là một điều hết sức cấp thiết.

2. Phân tích thí nghiệm các tính chất cơ - lý - hóa của các mẫu đất đắp

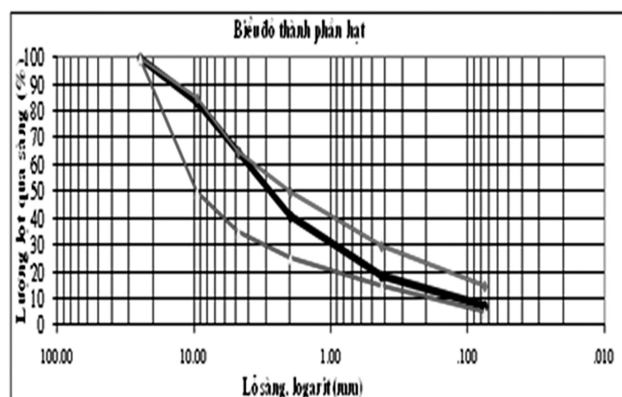
Đề xuất lấy mẫu cấp phối đất đồi tự nhiên tại 6 mỏ có trữ lượng lớn, thường xuyên được sử dụng để phục vụ xây dựng công trình tại Đà Nẵng, gồm các mỏ: Hòa Cẩm, Hòa Nhơn, Hòa Ninh, Hòa Sơn, Khánh Sơn, 532.

Dưới đây là kết quả các thí nghiệm tiêu biểu xác định các tính chất cơ - lý - hóa của một số mẫu đất cấp phối:

2.1. Thành phần hạt

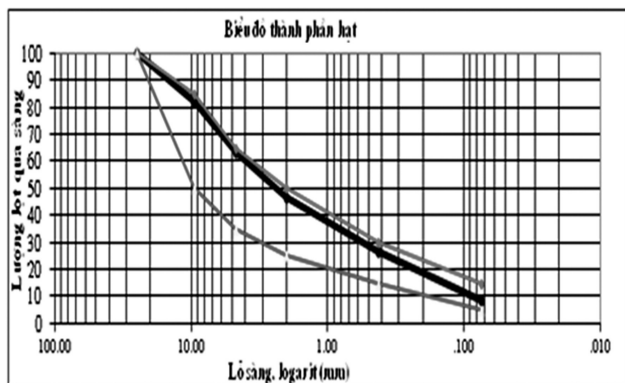
Trong cơ học đất, các tính chất của đất có liên quan chặt chẽ với thành phần hạt, nên thành phần hạt thường được dùng làm căn cứ để phân loại đất. Mặt khác, thành phần hạt thường dùng để đánh giá mức độ đồng nhất, tính thấm nước, chọn vật liệu xây dựng, dự đoán sự biến đổi tính chất cơ lý trong quá trình sử dụng...

- Đất tại mỏ Hòa Cẩm:



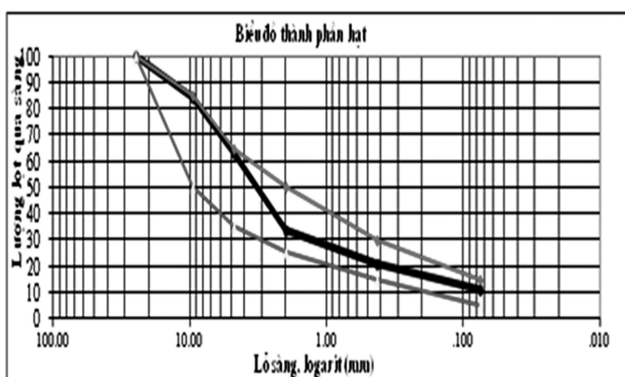
Hình 1: Biểu đồ thành phần hạt mẫu đất Hòa Cẩm

- Đất tại mỏ Hòa Ninh:



Hình 2: Biểu đồ thành phần hạt mẫu đất Hòa Ninh

- Đất tại mỏ 532:



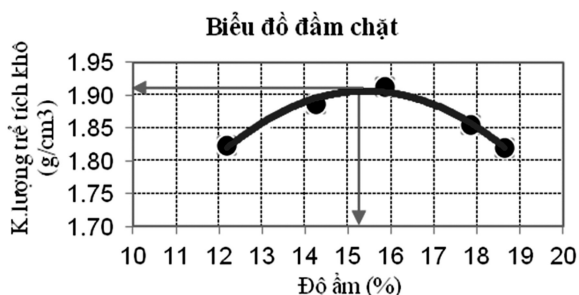
Hình 3: Biểu đồ thành phần hạt mẫu đất 532

2.2. Đầm nén tiêu chuẩn

Qua thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn ta vẽ được các biểu đồ độ chặt (quan hệ giữa độ ẩm % và khối lượng thể tích khô g/cm^3).

Từ biểu đồ ta xác định được độ ẩm tốt nhất và khối lượng thể tích khô lớn nhất theo 22TCN 333-2006.

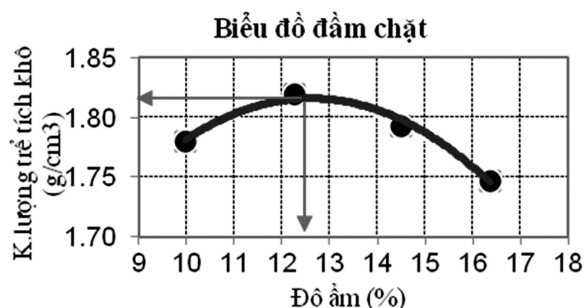
- Đất tại mỏ Hòa Cẩm:



Hình 4: Biểu đồ đầm chặt mẫu đất Hòa Cẩm

Khối lượng thể tích khô lớn nhất: $1,91 g/cm^3$
Độ ẩm tốt nhất: 15,18%

- Đất tại mỏ Hòa Ninh:

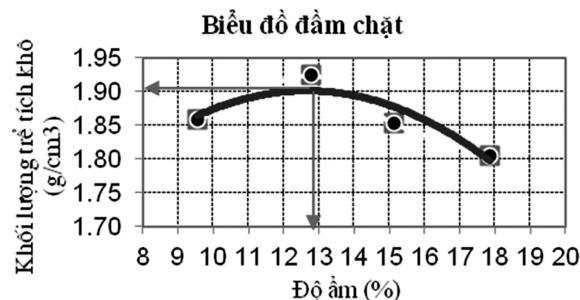


Hình 5: Biểu đồ đầm chặt mẫu đất Hòa Ninh

Khối lượng thể tích khô lớn nhất: $1,81 g/cm^3$

Độ ẩm tốt nhất: 12,64 %

- Đất mỏ 532:



Hình 6: Biểu đồ đầm chặt mẫu đất 532

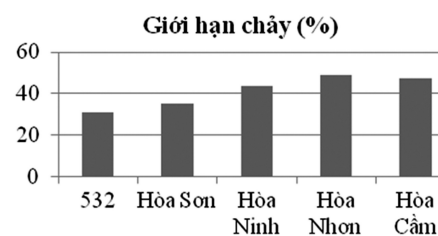
Khối lượng thể tích khô lớn nhất: $1,90 g/cm^3$

Độ ẩm tốt nhất: 12,75%

Nhận xét: Trong 6 mẫu đất của 6 mỏ được đầm nén tiêu chuẩn ta nhận thấy khối lượng thể tích khô lớn nhất của mỏ Hòa Cẩm và Hòa Sơn là lớn nhất $1,91 g/cm^3$; khối lượng thể tích khô của mỏ đất Hòa Ninh là nhỏ nhất $1,814 g/cm^3$.

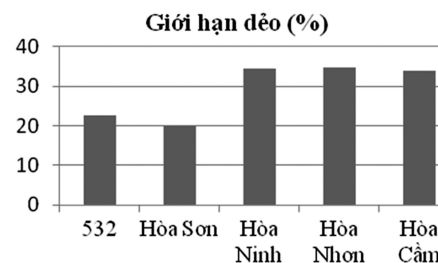
Độ ẩm tốt nhất của 6 mỏ dao động từ $12,5 \div 15\%$.

2.3. Thí nghiệm giới hạn chảy, giới hạn dẻo



Hình 7: Biểu đồ giới hạn chảy

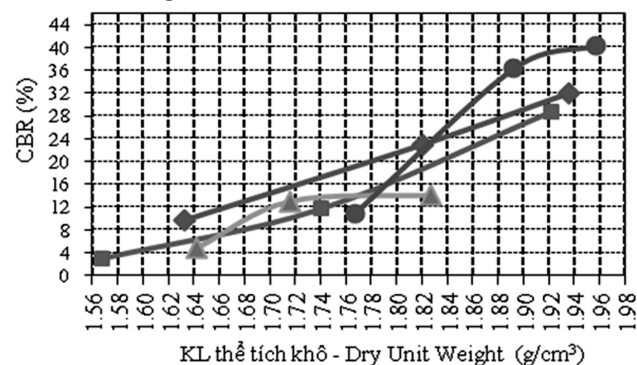
Qua 5 mẫu đất thí nghiệm giới hạn chảy, ta thấy 3 mẫu Hòa Ninh, Hòa Nhon và Hòa Cẩm là có giới hạn chảy lớn hơn so với 2 mẫu đất 532 và Hòa Sơn.



Hình 8: Biểu đồ giới hạn dẻo

Qua 5 mẫu đất thí nghiệm giới hạn dẻo, ta thấy 3 mẫu Hòa Ninh, Hòa Nhon và Hòa Cẩm là có giới hạn dẻo lớn hơn so với 2 mẫu đất 532 và Hòa Sơn.

2.4. Thí nghiệm CBR



Hình 9: Biểu đồ quan hệ giữa dung trọng khô và %CBR

Dựa vào *Hình 11* của 4 mẫu đất ta thấy: %CBR của mỏ Hòa Sơn và Hòa Cẩm thay đổi khá đều theo dung trọng khô; đất mỏ 532 có CBR thay đổi khá lớn khi dung trọng khô thay đổi ít; đất mỏ Hòa Ninh có CBR ít thay đổi khi thay đổi dung trọng khô.

2.5. Thí nghiệm hóa học

Mỏ đất	Trở kháng (Ω.cm)	pH	Cl ⁻ (mg/kg)	SO ₄ ²⁻ (mg/kg)
Hòa Cẩm	12132,2	6,3	60,31	150,45
Hòa Sơn	11354,1	7,2	63,79	312,55
Hòa Ninh	5679,6	5,6	112,74	613,52
Hòa Nhơn	6795,1	5,4	131,45	764,83
532	3469,6	5,1	102,85	495,34
Khánh Sơn	2649,1	4,9	126,84	679,53

Các thành phần hóa học của các mỏ đất được so sánh đối chiếu với các tiêu chuẩn NF A05-252: Ăn mòn thép mạ kẽm trong đất (Pháp); DVGW-GW-9: Đánh giá sự ăn mòn của thép trong đất (Đức); C105/A21.5-72: Ăn mòn của thép trong đất (Mỹ); FHWA-RD-89-186: Tuổi thọ/ứng suất và tỷ lệ tổn thất của thép sử dụng trong kết cấu tường MSE (Mỹ) và một nghiên cứu của Murray et al.(1993). Qua các đánh giá so sánh với các tiêu chuẩn về đất đắp tường chắn đất có cốt của các nước trên thế giới ta thấy các mẫu đất đắp tại các mỏ đất ở Đà Nẵng có thể sử dụng cho tường chắn đất có cốt.

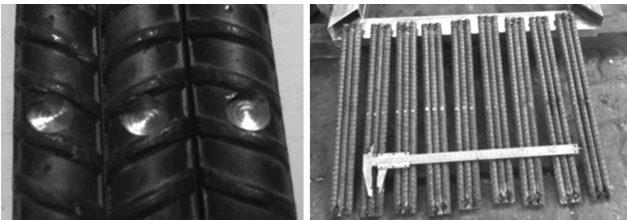
3. Phân tích thí nghiệm cường độ chịu kéo, độ giãn dài cốt thép với các tỉ lệ ăn mòn 0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40% tiết diện cốt

Tường chắn đất gia cường bằng lưới thép, kỹ thuật này dựa vào ứng suất kéo huy động trong các thanh cốt thép để tăng khả năng kháng kéo của khối đất đắp và đảm bảo ổn định nội bộ của tường. Tuy nhiên, đối với các thanh cốt thép thì sự ăn mòn điện hóa sẽ diễn ra theo thời gian sau khi công trình xây dựng hoàn thành. Tác giả đề nghị sử dụng mô hình tính toán ăn mòn theo thời gian của Romanoff

3.1. Thí nghiệm

Thực tế khảo sát trên tường chắn MSE cho thấy quá trình ăn mòn cốt thép diễn ra trên toàn bộ cốt, chủ yếu là sự ăn mòn cục bộ, một số tiết diện sẽ chịu sự ăn mòn cao hơn trung bình.

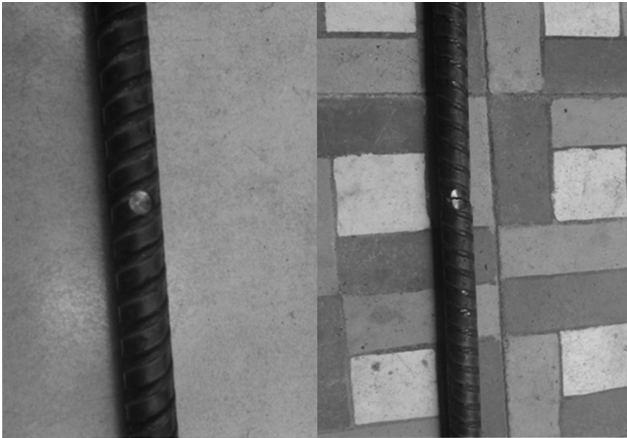
Cấu tạo các lớp cốt là các tấm lưới thép gồm 3 thanh thép Ø14 với chiều dài mỗi thanh 8m được liên kết lại với nhau thành dạng lưới nhằm tăng sự ma sát giữa đất với cốt.



Hình 10: Các thanh thép bị giảm tiết diện theo các tỉ lệ 0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40%

Trong giới hạn nghiên cứu, tiến hành mô phỏng các lớp cốt thép chịu các điều kiện tác động và bị ăn

mòn giảm tiết diện theo các tỉ lệ 0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40%. Đối chiếu các loại đất và cốt đã thí nghiệm với với cơ sở dữ liệu của Chau et al. (2010), quy luật ăn mòn theo thời gian của cốt lựa chọn sẽ được xác định, theo công thức của Romanoff (1957).



Hình 11: Thanh thép trước và sau quá trình thí nghiệm kéo thép

3.2. Kết quả kéo thép

% ăn mòn	Môđun đàn hồi (N/mm ²)	Cường độ chịu kéo (kN)	Độ giãn dài (%)
0	200000	216	27
5	200000	205	25
10	200000	195	22
15	200000	184	20
20	200000	173	18
25	200000	162	16
30	200000	152	15
35	200000	140	13,5
40	200000	130	12

Từ các kết quả thí nghiệm kết hợp với sử dụng công thức ăn mòn của Romanoff [1].

Δe = P = Atⁿ (μm)

Trong đó:

Δe - Tổng mất mát trên một mặt

A - Sự mất mát trong năm đầu tiên

t - Thời gian, tính bằng năm

n - Một tham số nhỏ hơn 1 đại diện cho sự giảm tốc độ ăn mòn của vật liệu theo thời gian.

Công thức Darbin, Jailloux et al. (1988); Haiun, Jailloux et al. (2007):

ΔR / R₀ = K . Δm₁ / m₀

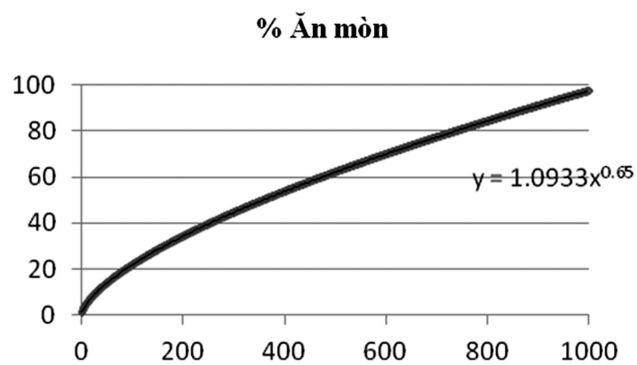
Trong đó:

ΔR, R₀ - tổn thất cường độ và cường độ ban đầu của cốt thép

Δm, m₀ - tổn thất khối lượng và khối lượng ban đầu của cốt thép

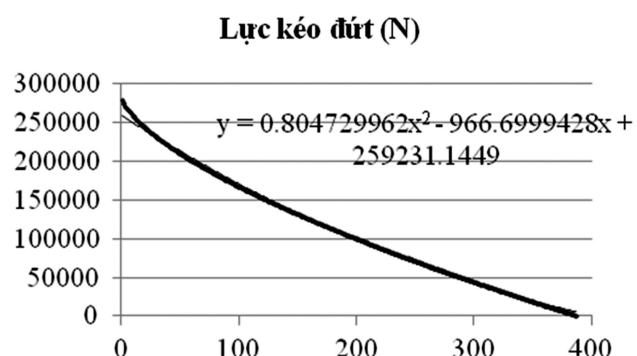
K - hệ số phản ánh tính không đồng nhất của sự ăn mòn. K= 1,9

Ta có biểu đồ quan hệ % tổn thất do ăn mòn theo các năm:



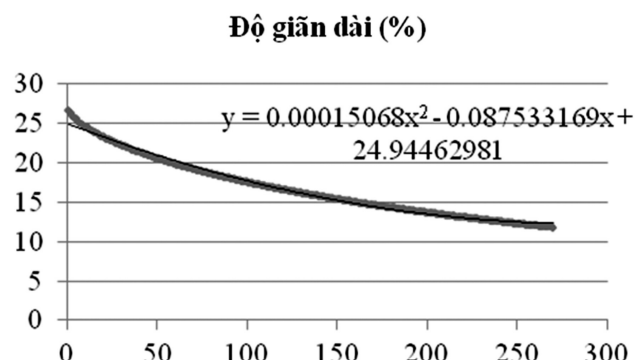
Hình 12: Quan hệ % mất mát ăn mòn theo các năm

Biểu đồ quan hệ giữa lực kéo đứt của thép qua các năm:



Hình 13: Quan hệ giữa lực kéo đứt của thép theo các năm

Biểu đồ quan hệ giữa % độ giãn dài khi đứt của thép qua các năm.



Hình 14: Quan hệ giữa % độ giãn dài khi đứt của thép qua các năm

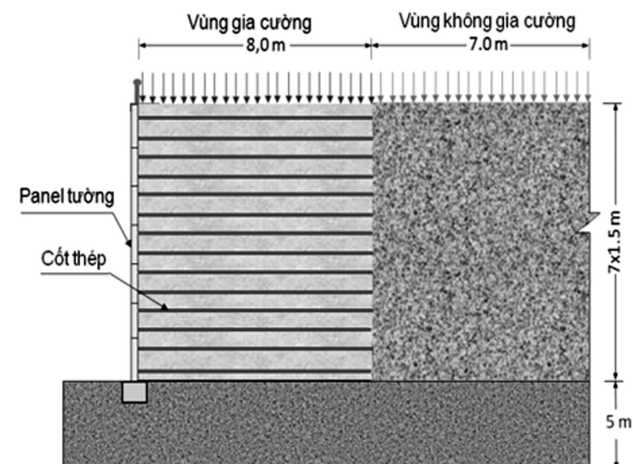
Các dữ liệu thí nghiệm trên được lập trình bổ sung để tính toán cường độ và mô phỏng dự báo tuổi thọ trên phần mềm FLAC (Mỹ).

4. Mô phỏng số trên phần mềm FLAC

Mô hình tường chắn có cốt cao 10.5m; với khối đất 15m sau tường; lớp vỏ tường gồm các tấm panel 1,5x1,5x0,2m; sử dụng CP đối Hòa Cẩm với $K_{yc} = 0,98$, $\varphi = 32^\circ$, $c = 15 \text{ kPa}$, $\psi = 6^\circ$; lớp đáy móng với dải có chiều rộng 0,5m cao 0,5m; mô hình hóa các lớp cốt thép, mỗi panel có 2 lớp cốt cách nhau 0,75m mỗi lớp có 2 dải cốt được quy đổi từ 3 thanh thép CT5 thành hình chữ nhật kích thước 8x60(mm) trên phần mềm PLAC 5.0.

Chạy phần mềm FLAC 5.0 với các số liệu thực tế

nêu trên và xuất các kết quả tính toán về ứng suất, chuyển vị, biến dạng... của tường MSE; mô phỏng quá trình ăn mòn cốt thép theo thời gian.

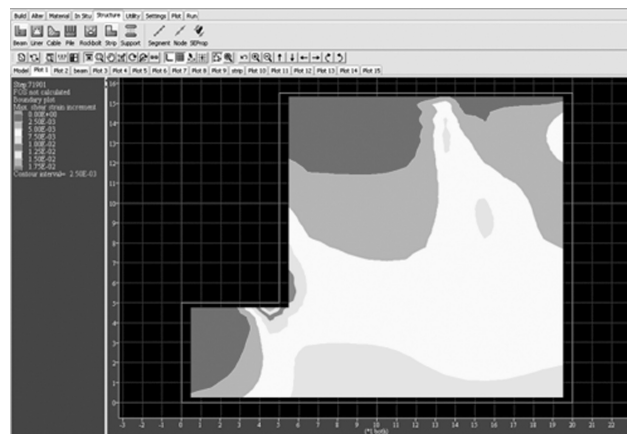


Hình 15: Mô hình tính toán

5. Vận động ứng suất - biến dạng của tường theo thời gian

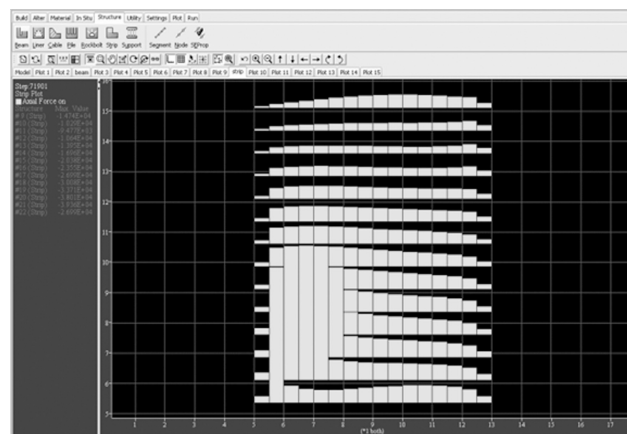
5.1. Các biểu đồ ứng suất, biến dạng, chuyển vị sau khi xây dựng

Tăng trưởng vùng biến dạng dẻo của đất.



Hình 16: Biểu đồ tăng trưởng biến dạng dẻo của đất

Ứng lực trong các lớp cốt



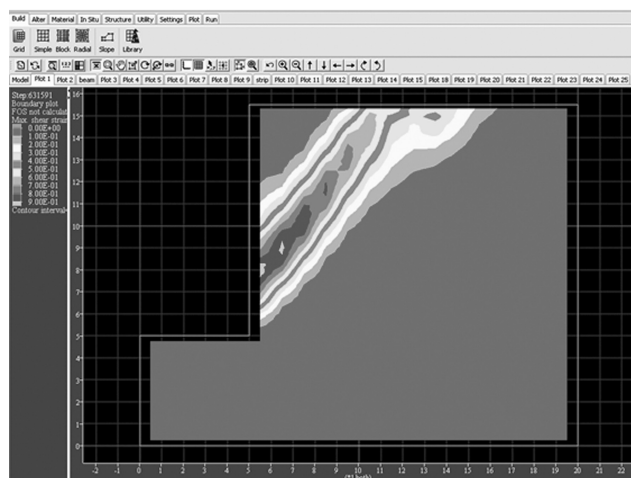
Hình 17: Biểu đồ lực kéo trong các lớp cốt

5.2. Các biểu đồ ứng suất - biến dạng, chuyển vị khi tường ở giai đoạn phá hoại

Dưới đây là các biểu đồ ứng suất, biến dạng

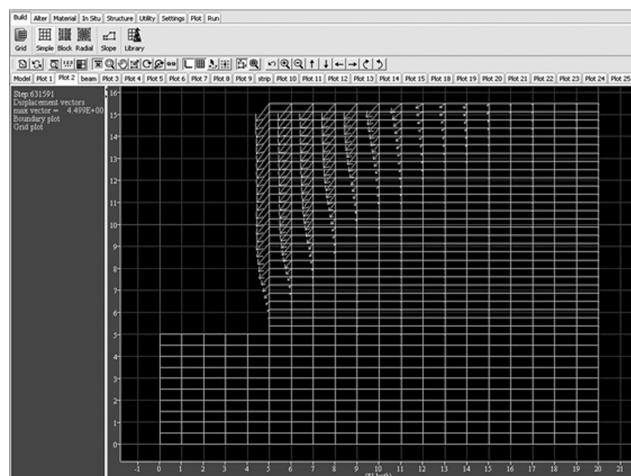
chuyển vị của tường chắn tại thời điểm năm thứ 220 cốt thép bị giảm yếu tiết diện và cường độ xuống dưới mức cho phép xem như tường mất khả năng chịu tải và sụp đổ.

Tăng trưởng vùng biến dạng dẻo của đất.

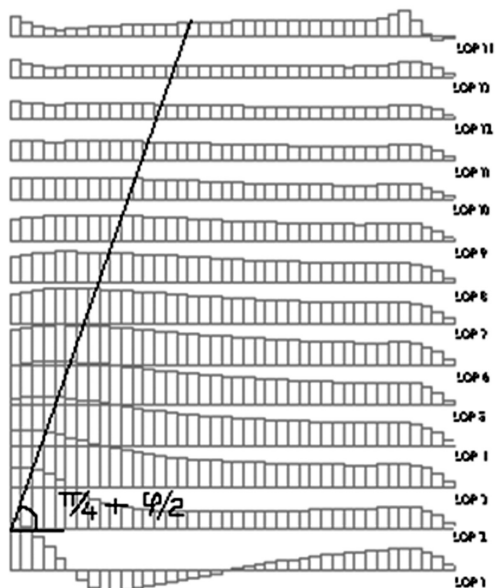


Hình 18: Biểu đồ tăng trưởng biến dạng cắt của đất

Chuyển vị của toàn bộ tường chắn

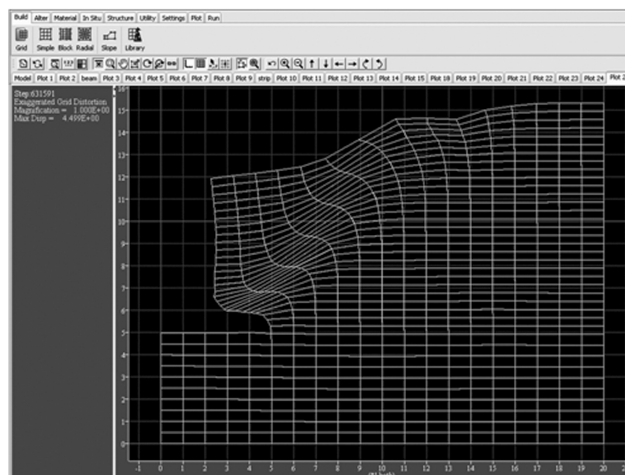


Hình 19: Biểu đồ vector chuyển vị



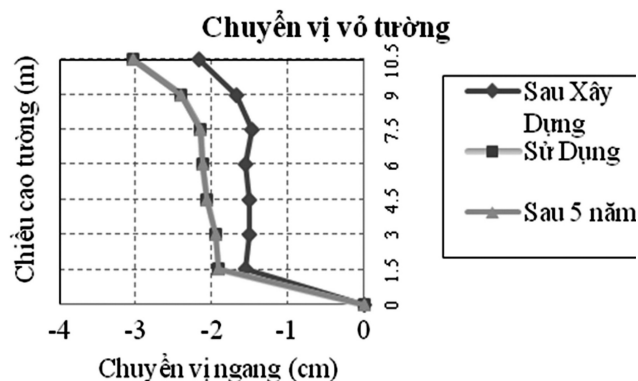
Hình 20: Biểu đồ lực kéo trong các lớp cốt

Chuyển vị toàn bộ của tường chắn

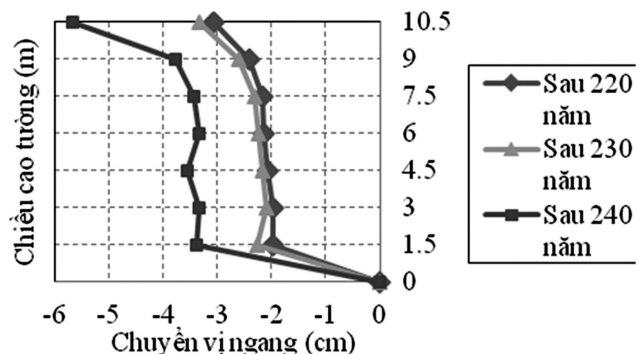


Hình 21: Biểu đồ chuyển vị các phần tử tường chắn

Tổng hợp chuyển vị ngang vỏ thường các năm từ sau khi đưa vào sử dụng:



Hình 22: Biểu đồ chuyển vị vỏ tường



Hình 23: Biểu đồ chuyển vị ngang của vỏ tường

6. Bàn luận

Qua khảo sát, thí nghiệm, so sánh với các tiêu chuẩn Pháp, Đức, Mỹ cho thấy các mẫu đất đắp, vật liệu thép trên địa bàn Đà Nẵng đều có thể sử dụng để làm tường MSE. Nên quan tâm nhiều đến chỉ tiêu hóa học, đặc biệt trở kháng của đất.

Sau quá trình xây dựng và đưa vào sử dụng là điểm thời gian chuyển vị của tường chắn lớn nhất trước khi đến giai đoạn phá hủy. Nhằm đảm bảo tường thẳng đứng sau khi thi công, nên tạo độ nghiêng trước vào trong so với phương đứng từ chân móng 3cm.

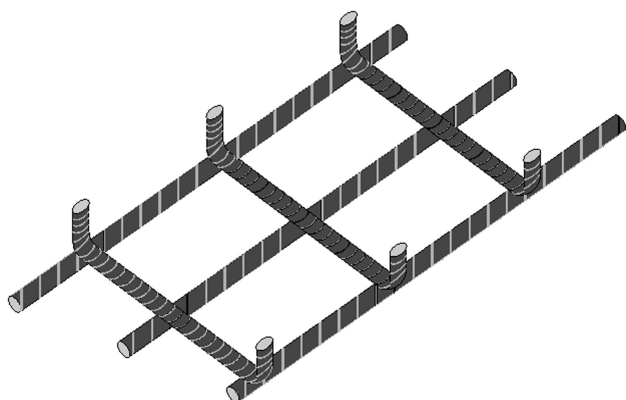
Chuyển vị của tường cho đến khi phá hoại đạt 6cm. Tuy rằng, có thể đo bằng các thiết bị quang học bình thường, nhưng thực tế rất dễ bị ảnh hưởng bởi

các nhân tố khác, như tác dụng động của xe chạy trên đường, biến dạng của tấm bê tông tường do nhiệt độ.

Bên cạnh, việc đo đạc thường xuyên biến dạng của tường, cần phải đặt ra chế độ thăm khám định kỳ, nhất là việc trích xuất mẫu ăn mòn tại công trình.

Với các vật liệu đã sử dụng với các tính toán mô phỏng trong mô hình số đến năm 220 tường sẽ bị phá hủy lớn hơn so với tính toán theo tiêu chuẩn Châu Âu EN P94-270, đạt 173 năm tuy nhiên ở đây nhóm sử dụng vật liệu tại thành phố Đà Nẵng với thép $\varnothing 14$, để tiết kiệm vật liệu và tùy vào tầm quan trọng của công trình chúng ta có thể thay đổi phù hợp.

Trong quá trình nghiên cứu nhận thấy các loại lưới cốt thép hiện nay của các nước trên thế giới đều đã đáp ứng được 2 yếu tố quan trọng nhằm tăng lực ma sát đất/cốt và áp lực bị động của đất khi thanh thép bị kéo tuy nhiên nhóm tác giả đề xuất một loại lưới cốt thép với tiêu chí nhằm tăng liên kết giữa đất/cốt, dễ gia công trong xưởng, dễ lắp đặt trong quá trình thi công và tận dụng tối đa các vật liệu cũng như khả năng của các đơn vị thi công trên địa bàn nhằm sử dụng nguồn lực tại chỗ và hạ giá thành xây dựng.



Hình 24: Lưới cốt thép đề xuất

7. Kết luận

Các kết quả của mô hình về vận động theo thời gian chuyển vị của vỏ tường, vùng biến dạng dẻo của đất, ứng lực kéo trong cốt được đối chứng với hai công trình tường MSE thực tế đã bị sụp đổ do ăn mòn cốt được theo dõi bởi SETRA (2003), với một mô hình thực nghiệm ăn mòn cơ học tỉ lệ thực do Guilloux, A. et J.M. Jailloux (1979) thực hiện và các nghiên cứu tương tự trên phần mềm CESAR-LCPC của Chau et al. (2010, 2011), cho thấy có sự tương đồng rất lớn về các kết quả.

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng với một số vật liệu đắp phổ biến tại Đà Nẵng, thép xây dựng nếu được cấu tạo, thiết kế hợp lý về hình dạng có thể đảm bảo được yêu cầu về cường độ, độ ổn định và đặc biệt là tuổi thọ của công trình (vượt xa yêu cầu thời gian phục vụ tối thiểu 70-100 năm trong các tiêu chuẩn thiết kế).

Do vậy, việc xác định loại cốt thép mạ kẽm sử dụng khi thiết kế tường chắn đất có cốt, quan tâm đến tính toán dự báo tuổi thọ của tường chắn liên quan đến vấn đề ăn mòn cốt, sẽ mở ra triển vọng sử dụng được năng lực tự cung ngay trong nước, ở ngay tại địa phương, đáp ứng được nhu cầu sử dụng ngày

càng nhiều loại tường chắn đất có cốt trong các công trình xây dựng □

Tài liệu tham khảo

- [1]. Romanoff, M. (1957), Underground corrosion, U. S. Department of Commerce, Editor, National Bureau of Standards, Circular 579, Houston, TX.
- [2]. Alban, M. (2007), *Rapport de projet de fin d'étude: Expertise non destructive des ouvrages en terre armée*, CETE de l'est, France.
- [3]. Chau, T.L. (2010), Effet de la corrosion des armatures sur le comportement des murs en remblai renforcé par des éléments métalliques, *Thèse de l'Ecole des Ponts ParisTech*.
- [4]. Guilloux, A. and J.M. Jailloux (1979), Full scale failure test on reinforced earth wall by accelerated corrosion, *Coll. Int. Renforcement des sols*, pp. 503-508.
- [5]. Chau T.L, Bourgeois E. et Corfdir A. (2012), Finite element analysis of the effect of corrosion on the behavior of reinforced earth walls, *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, Vol. 36(15): pp. 1741 - 1756.
- [6]. Chau, T.L., A. Corfdir, and E. Bourgeois (2010), Effect of corrosion on the behavior of earth walls reinforced by steel elements, *Int. Proc. CIGOS-2010: High-rise buildings and Underground structures*, Paris.
- [7]. Bourgeois, E., Corfdir, A. and Chau, T.-L. (2013), *Analysis of long-term deformations of MSE walls based on various corrosion scenarios*, Soils and Foundations, Vol. 53(2): pp. 259-271.

Ngày nhận bài: 01/12/2013

Ngày chấp nhận đăng: 02/01/2014

Người phản biện: TS. Nguyễn Đức Sỹ

ThS. Lương Nguyễn Hoàng Phương

XÁC ĐỊNH TẦM NHÌN...

(Tiếp theo trang 52)

nhệm có thể lập kế hoạch xây dựng và quản lý đường ngang phù hợp với quỹ đất, điều kiện khai thác của từng địa điểm đặt đường ngang, tiết kiệm mặt bằng mà vẫn đảm bảo an toàn giao thông □

Tài liệu tham khảo

- [1]. Luật giao thông Đường bộ, 2008.
- [2]. Luật Đường sắt, 2005.
- [3]. Điều lệ đường ngang, 2006.
- [4]. Tiêu chuẩn đường ngang của CHLB Đức, 2001.
- [5]. Marco Schieke: *Ertuchtung von Bahnübergangen aus der Sicht des Anlagenmanagements. Teil: Grundlagen für Planung von Bahnübergängen* - Ril 815, 2008.
- [6]. HSE: *Railway safety principles and guidance*, 2005.
- [7]. Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng: *Lý thuyết ô tô và máy kéo*, 2003.

Ngày nhận bài: 23/12/2013

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2013

Người phản biện: PGS. TS. Vũ Trọng Tích

PGS. TS. Lê Quân