

TÍNH TOÁN TƯỜNG CHẮN ĐẤT THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN VỚI SỰ HỖ TRỢ CỦA PHẦN MỀM ĐỊA KỸ THUẬT CHUYÊN DỤNG

GS. Nguyễn Công Mẫn, KS. Trần Thế Việt

Đại học Thủy lợi

Tóm tắt

Bài báo so sánh cách tính toán một bài tập về tường chắn đất cho học sinh thuộc môn Cơ học đất theo truyền thống từ 50 năm nay với cách tính có sự hỗ trợ của phần mềm chuyên dùng SIGMA/W và SLOPE /W để đánh giá sự làm việc của tường chắn theo trạng thái giới hạn theo Quy phạm hiện hành.

Từ kết quả so sánh đã chỉ ra tính ưu việt của việc dùng phần mềm về các mặt mô hình hóa bài toán sát đúng thực tế hơn, phát hiện một số điểm mới là biểu thị được nêm đàn hồi ngay sát đáy móng tường và tác dụng của nó đối với sự tập trung ứng suất tăng thêm ngay sát đáy móng. Các “output” đã cho thấy toàn cảnh phân bố áp suất - biến dạng của hệ tường - đất, giúp cho việc đánh giá đúng đắn sự làm việc của tường theo trạng thái giới hạn được thuận lợi.

Mặt khác, nhờ phân tích kết quả, học sinh có thể tiếp nhận đầy đủ hơn sự làm việc tổng thể của hệ tường - đất và có thể nhanh chóng chọn được phương án tối ưu khi thiết kế một tường chắn đất. Điều này cũng rất cần thiết cho công tác thiết kế tường chắn trong thực tế.

Mở đầu

Trong thiết kế tường chắn đất, cần chọn mặt cắt hợp lý của tường. Mặt cắt hợp lý cần bảo đảm điều kiện hợp lý về kỹ thuật và kinh tế.

Theo H.D.T.L – C – 4 – 76 [1], điều kiện hợp lý về kỹ thuật được kiểm soát theo trạng thái giới hạn. Hiện nay, ở nước ngoài có hai hệ Tiêu chuẩn Xây dựng chính thức đánh giá điều kiện làm việc của tường chắn theo TTGH là hệ của Liên bang Nga [2] và của Euro Code 7- Geotechnical design Cộng đồng Châu Âu [3].

Nội dung thiết kế tường chắn được thực hiện tại các nước khác, trên thực tế cũng được thực hiện theo phương pháp luận trạng thái giới hạn [4], [5], [6]...

Từ những năm 60 - 70 của thế kỷ trước và hiện nay, bài tập thiết kế tường chắn của sinh viên Đại học thủy lợi ngành công trình cũng đã được đánh giá theo TTGH [7] [8]. Tuy nhiên, để thực hiện việc này theo *truyền thống* mất rất nhiều thời gian.

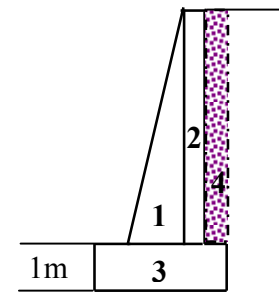
Bài báo này trao đổi việc dùng SIGMA/W và SLOPE/W để thực hiện bài tập thiết kế tường chắn đất theo TTGH nhằm giúp sinh viên khỏi mất nhiều thời gian vào *sự vụ* tính toán để giành nhiều thời gian khai thác nội dung cơ bản của bài tập để có thêm kiến thức mới.

1. Thực hiện tính toán theo truyền thống

Đề bài: Cần xây một tường chắn trọng lực có mặt cắt ngang như Hình 1. Tường đặt ở độ sâu $h = 1\text{m}$ ngang mực nước ngầm, trong nền có các lớp đất như sau:

Lớp trên là mùn hữu cơ dày 1m , $\gamma_d = 18\text{kN/m}^3$; $k = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

Lớp dưới đáy tường là đất á sét ở trạng thái dẻo, dày vô hạn $\gamma_{bh} = 19,5 \text{ kN/m}^3$; $\varepsilon_0 = 0,76$; $\varphi = 15^\circ$; $c = 15 \text{ kN/m}^2$; $\mu_0 = 0,4$; $k = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$



Hình 1

Thí nghiệm nén nở hông đất nền á sét có kết quả sau:

σ (kN/m ²)	0	50	100	150	200
ε	0,76	0,708	0,667	0,635	0,620

Đất đắp sau tường dùng loại đất á sét $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$; $\varphi = 24^\circ$; $c = 10 \text{ kN/m}^2$

Vật liệu xây tường là bê tông M₂₀₀; $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$, thời gian thi công tường là 6 tháng.

Yêu cầu

1. Tính áp suất đáy móng
2. Kiểm tra ổn định về trượt của nền móng tường chắn
3. Tính độ lún của móng tường chắn.

Giải:

• Lập mô hình làm việc của tường và kiểm tra theo tính toán, gồm các nội dung sau:.

- Trong trường hợp này, xem khối đắp 4 như là một phần của tường, và trọng lượng tường bằng tổng trọng lượng các khối: 1, 2, 3, 4 (Hình 1).

- Tính môđun biến dạng trung bình của nền đất theo TCVN 4253

$$E_i = \bar{E}_i \cdot \beta_0 \cdot m_0 \quad (1)$$

$$\text{Trong đó: } \bar{E}_i = \frac{\sigma_{2i} - \sigma_{1i}}{\varepsilon_{1i} - \varepsilon_{2i}} (1 + \varepsilon_{1i}) \quad (2)$$

$$\text{Với } \begin{cases} \sigma_{2i} = 150 \text{ kN/m}^2 \Leftrightarrow \varepsilon_{2i} = 0,635 \\ \sigma_{1i} = 100 \text{ kN/m}^2 \Leftrightarrow \varepsilon_{1i} = 0,667 \end{cases}$$

Thay vào công thức (2)

$$\bar{E}_i = \frac{150 - 100}{0,667 - 0,635} (1 + 0,667) = 2604,7 \text{ kN/m}^2$$

Đất nền là á sét $\mu = 0,40$ nên $\beta_0 = 0,47$

Do không có điều kiện thí nghiệm hiện trường, nên ở đây lấy $m_0 = 1$, do vậy

$$E_i = \bar{E}_i \beta_0 = 2604,7 \times 0,47 = 1224 \text{ kN/m}^2$$

- Xác định áp suất đáy móng (đứng và ngang) theo công thức nén lệch tâm, áp lực đất theo phương pháp Rankine;

- Dùng phương pháp nêu trong TCVN 4253- 86 để dự đoán - kiểm tra dạng trượt tiềm năng theo cường độ và sức chịu tải nhờ các chỉ số mô hình, chỉ số kháng cắt và hệ số cố kết thâm. Bài tập có thể cho trượt phẳng hoặc trượt hỗn hợp.

- Kiểm tra lún tại ba điểm dưới đáy móng (tính US theo độ sâu) theo phương pháp cộng lún sau hiệu chỉnh móng cứng để xác định độ nghiêng của tường theo phương thượng hạ lưu.

• Bình luận về phương pháp truyền thống

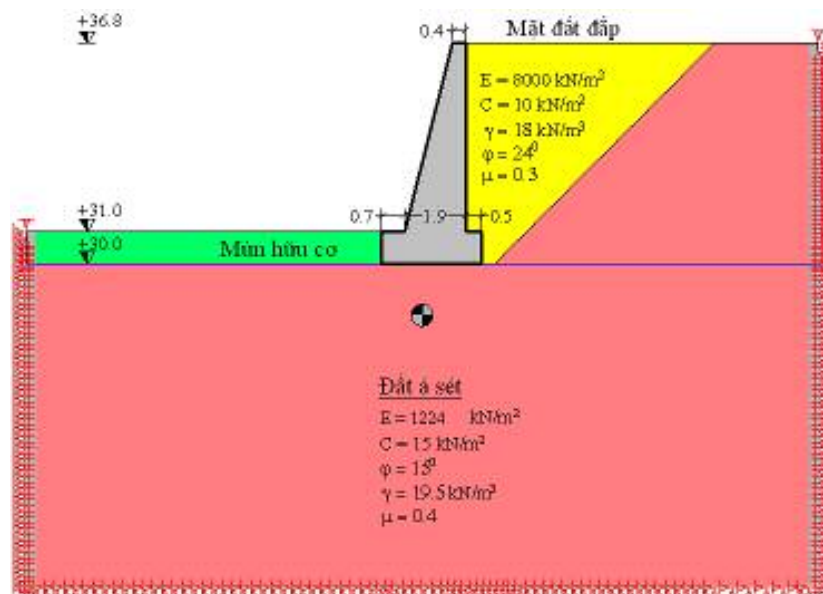
- Khi lập sơ đồ tính toán không xét tới trọng lượng bản thân đất đắp sau tường;

- Áp suất ngang đáy móng không phân bố đều mà tỷ lệ với áp suất đứng. Mặt khác khối lượng tính quá nhiều, và trong quá trình tính, sinh viên không có điều kiện phân tích đánh giá trực quan sự làm việc của tường để làm tiền đề chọn mặt cắt hợp lý.

2. Thực hiện tính toán có sự hỗ trợ của phần mềm SIGMA/W và SLOPE/W

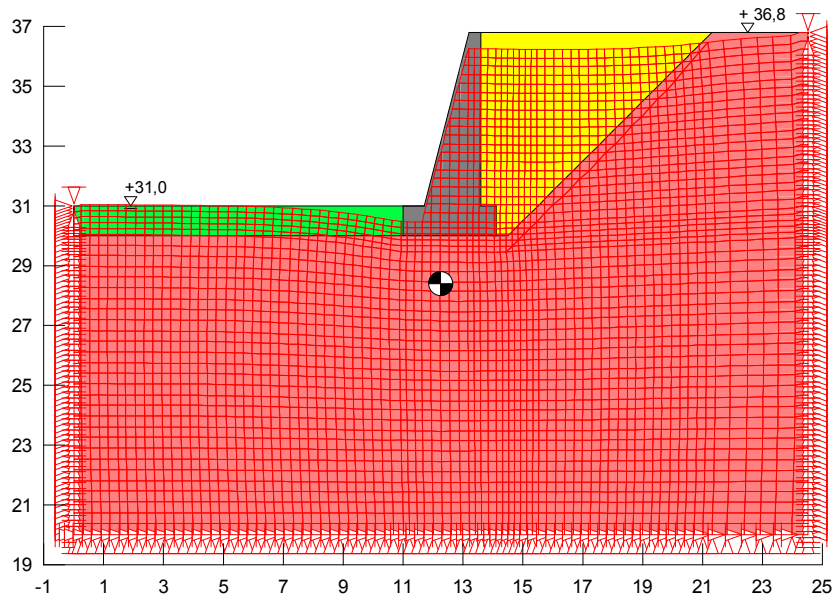
Kết quả tính toán

Sơ đồ tính toán nêu trong Hình 2

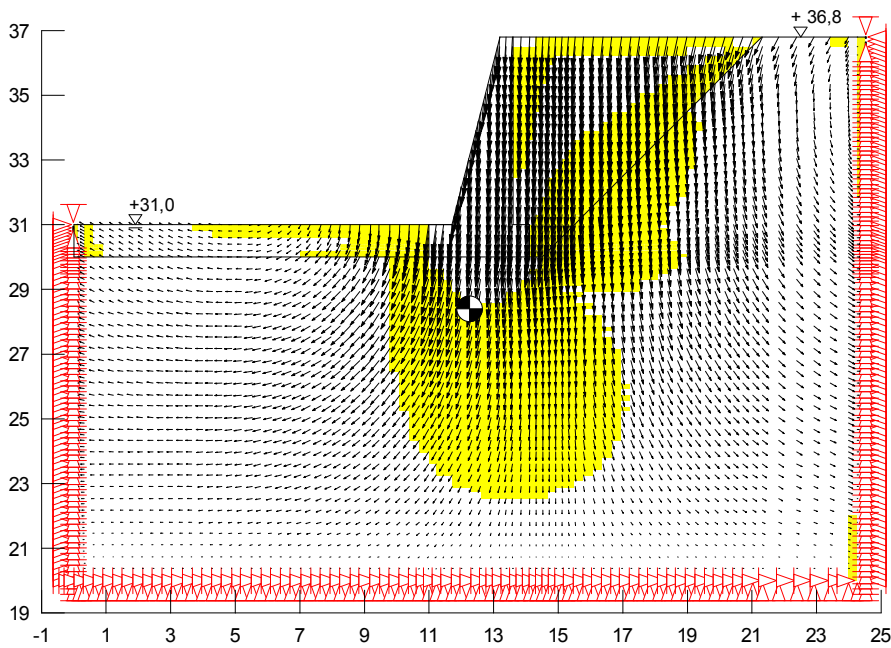


Hình 2: Sơ đồ mặt cắt ngang tường chắn đất

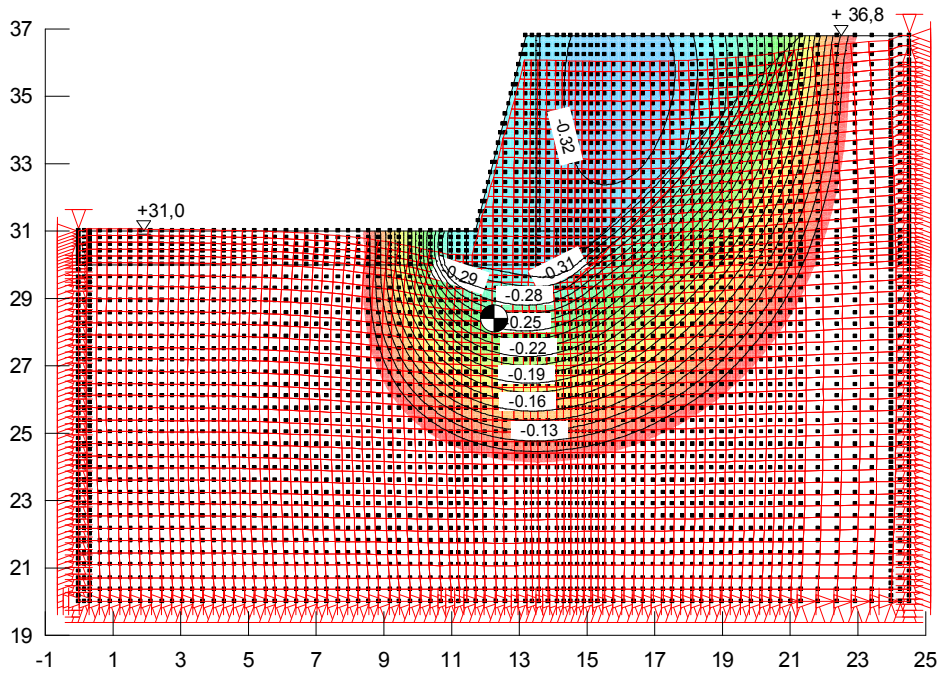
Các kết quả phân tích nêu trong các hình vẽ sau



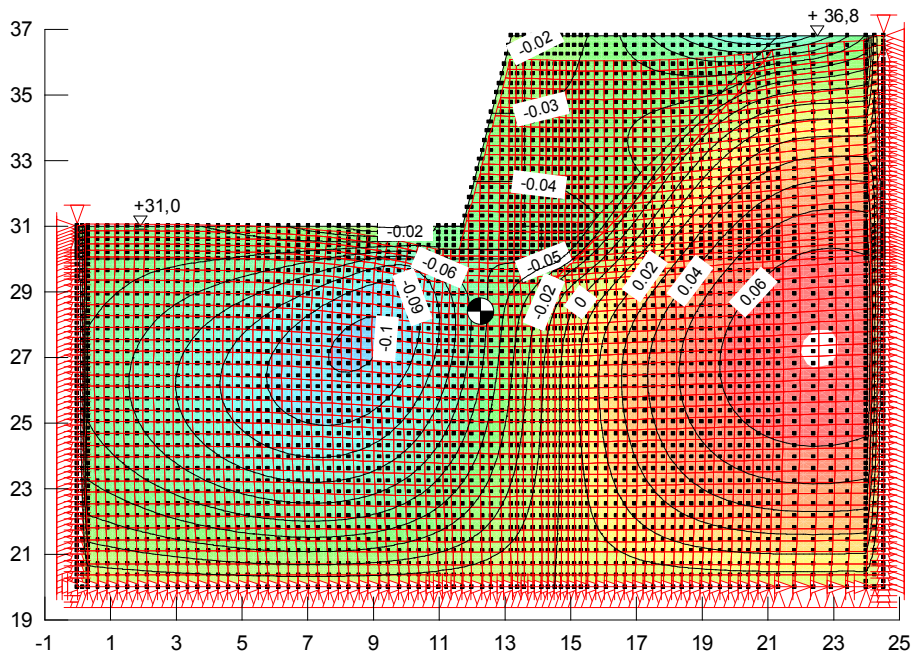
Hình 3 Lưới tổng chuyển vị của tường



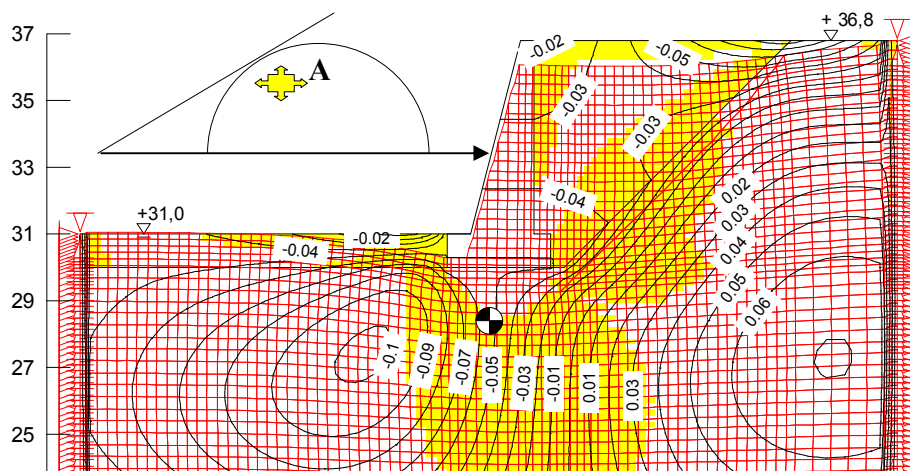
Hình 4 Véc tơ tổng chuyển vị, vùng dẻo (yield zone) trong khối đất



Hình 5: Các đường đẳng chuyển vị theo phương đứng



Hình 6: Các đường đẳng chuyển vị theo phương ngang



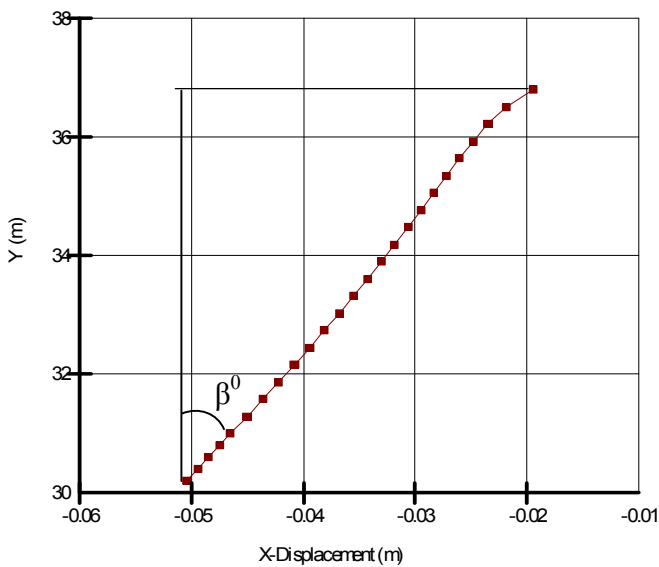
Hình 7: Vùng dẻo (yield zone), nêm đàn hồi, đường đẳng chuyển vị ngang trong hệ tường đất

$$\tan \beta = \frac{X}{Y} = \frac{-0,02 - (-0,052)}{6,8}$$

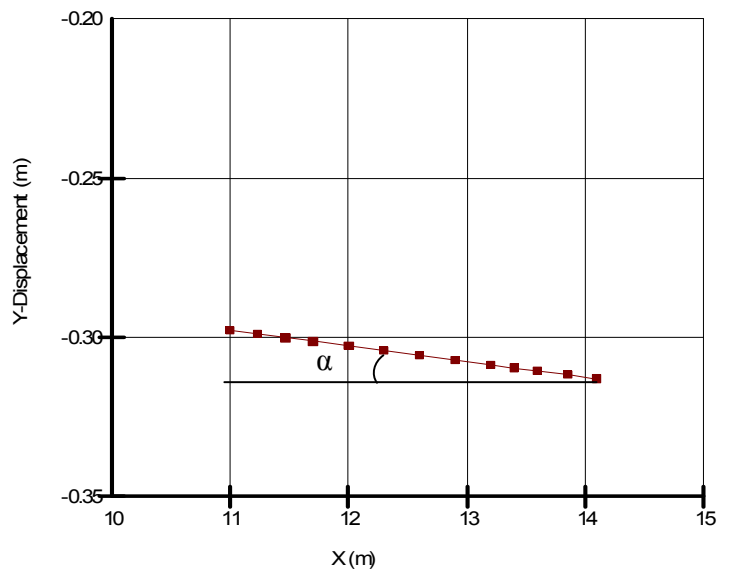
$$= \frac{0,03}{6,8} = 0,0047 \rightarrow \beta = 0,27^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{0,315 - 0,295}{3} = 0,007 \rightarrow \alpha = 0,38^\circ$$

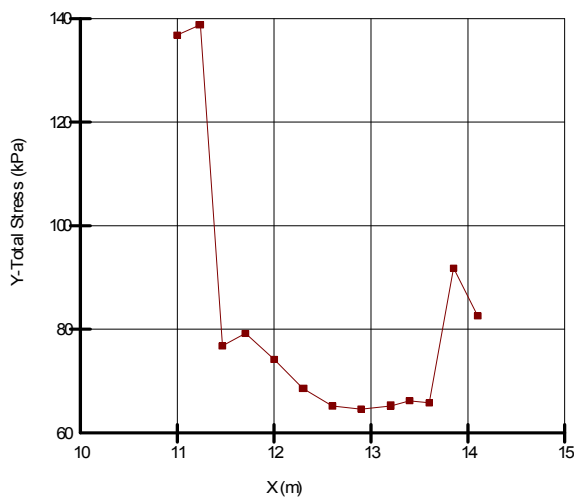
Độ nghiêng lưng tường rất nhỏ



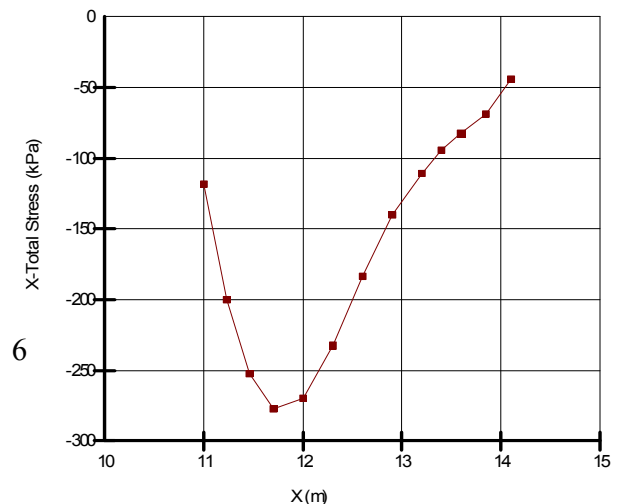
Độ nghiêng đáy móng tường rất nhỏ



Hình 8: Chuyển vị ngang dọc theo lưng tường



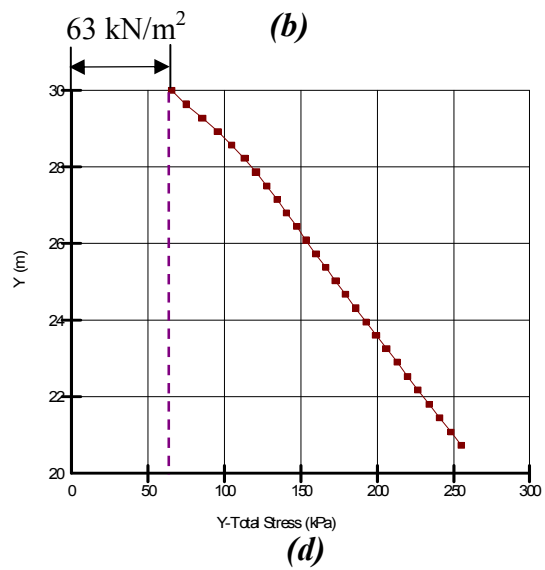
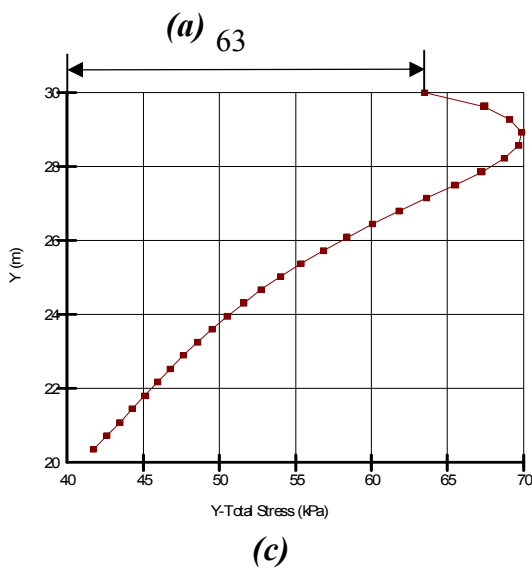
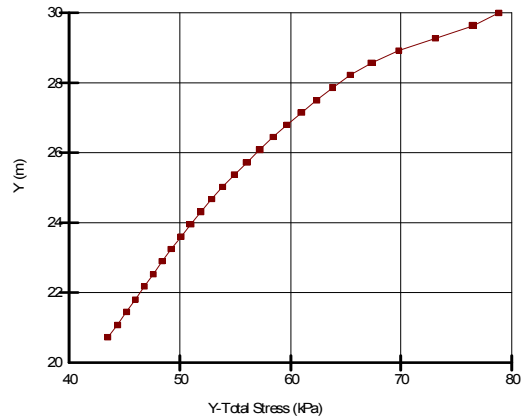
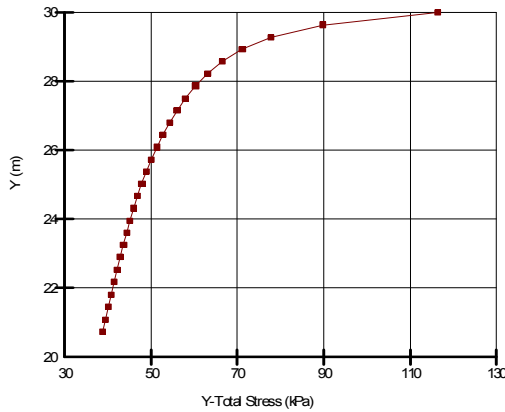
Hình 9 Chuyển vị đứng theo mặt đáy móng tường



a) Áp suất đứng

b) Áp suất ngang

Hình 10: Phân bố áp suất tổng dọc đáy móng tường



Hình 11 Phân bố tổng áp suất đứng dọc đường thẳng đứng

qua gót trái (a), gót phải (b), qua tâm (c) và áp suất bản thân dưới đáy móng tường (d)

Phân tích các kết quả tính toán và nhận xét

4.1. Kết quả phân tích theo SIGMA/W cho thấy tổng thể các trường ứng suất và chuyển vị của tường cũng như các trị số của chúng tại từng điểm, thể hiện tương đối đúng thực tế làm việc của tường. Điều này giúp cho học sinh cảm nhận trực quan được điều kiện làm

việc của tường chắn. Mặt khác nhờ định lượng được các chuyển vị của tường nên có thể đánh giá điều kiện làm việc của tường theo trạng thái giới hạn về biến dạng và cường độ.

4.2 Đất đắp sau tường chắn không chỉ gây áp lực ngang tác dụng lên tường mà còn gây áp lực thẳng đứng làm cho tường chuyển vị về phía đất, đặc biệt đối với tường trọng lực [G.A Dubrova, 1963] (Hình 3, 9). Điều này đã không được mô phỏng trong cách tính truyền thống.

4.3 Ngay sát đáy móng hình thành vùng thường được gọi là *nêm đàn hồi*, tại đó các hạt đất được nén chặt mà không có chuyển vị (Hình 4, 7) như thường thấy trong các thí nghiệm mô hình nén cát trong phòng thí nghiệm. Do có nêm này nên xảy hiện tượng tập trung ứng suất tại phần trên của đường phân bố ứng suất tăng thêm đứng dọc theo đường thẳng đứng qua tâm móng (Hình 11c). Mặt khác, SIGMA/W cũng cho đường phân bố áp suất bản thân của đất kể từ đáy tường (Hình 11d).

4.4 Trong trường hợp bài toán này, điều kiện quy định về biến dạng cho phép theo trạng thái giới hạn về điều kiện làm việc bình thường của tường là thỏa mãn (Hình 8 và 9).

4.5 Nếu kết quả phân tích theo SIGMA/W cho thấy vùng biến dạng dẻo phát triển rộng và các chuyển vị lớn quá mức quy định, thì có thể dùng SLOPE/W đánh giá điều kiện làm tổng thể của tường chắn.

Phân tích bài toán này theo phương pháp Bishop cho kết quả $K = 1,372$ (Hình 12); Vị trí mặt trượt trong hình cũng phù hợp với điều kiện đất nền, mặt khác tường không thể bị lật.

Theo TCXD VN 285:2002, tính tường theo trạng thái giới hạn thứ nhất được thực hiện như sau:

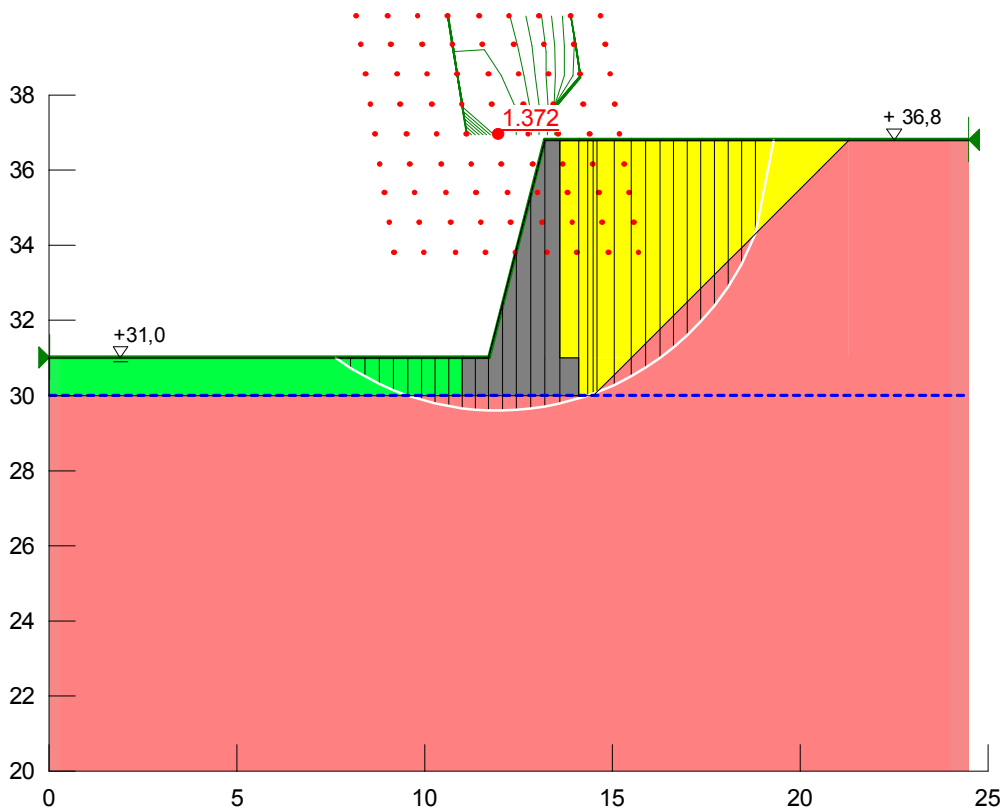
$$n_c \cdot N \leq \frac{m}{k_n} R$$

Hay:
$$K = \frac{R}{N} \geq \frac{n_c \cdot k_n}{m}$$

Trong trường hợp này: $m = 1$, $n_c = 1$ và $k_n = 1,15$, do vậy theo kết quả tính toán ổn định tổng thể của tường $K = 1,372$, do vậy $K > 1,15$.

Do quy định như vậy, khi thẩm định công trình Sơn La, chuyên gia Nhật cho rằng, hệ số an toàn lấy theo quy phạm của Việt Nam là nhỏ.

Cần chú ý rằng, các đặc trưng trong tính toán ở đây cần lấy theo *giá trị tính toán*.



Hình 12. Phân tích ổn định của tường theo PP Bishop

3. Kết luận

Kết quả dùng phần mềm SIGMA/W trong thiết kế tường chắn đất cho một số nhận xét sau:

1. Ưu việt của việc dùng phần mềm đánh giá điều kiện làm việc của tường chắn là giúp người sử dụng có thể thấy bức tranh tổng thể của tương tác giữa tường chắn và khối đắp. Mặt khác có thể kiểm soát định lượng trạng thái ứng suất - biến dạng của hệ tường - đất tại bất kỳ điểm nào trong phạm vi làm việc của hệ thống. Nhờ đó, giúp SV tích lũy và có thêm nhiều kiến thức mới bổ ích cho người kỹ sư sau này.

2. Mô hình tính toán theo phương pháp truyền thống chưa hợp lý vì chưa xét tương tác giữa trọng lượng bản thân tường với khối đắp trong hệ công trình và khối đắp, do vậy đã đánh giá điều kiện làm việc của tường chưa hợp lý.

3. Mô hình hóa của SIGMA/W còn cho thấy *nêm đàn hồi* xuất hiện sát đáy móng, điều đã phát hiện trong các thí nghiệm mô hình tẩm nén cứng trên nền cát trước đây. Cùng với bài toán thấm dưới tường cừ khi dùng SEEP/W [12] công bố trước đây, một lần nữa lại thấy sự kỳ diệu của mô hình số, thể hiện được bằng hình ảnh tương tự các nghiên cứu tương ứng trong mô hình vật lý về cơ học đất.

4. Khai thác các phần mềm địa kỹ thuật SIGMA/W, SEEP/W, SLOPE/W hay PLAXIS để thực hiện thiết kế công trình theo trạng thái giới hạn rất ưu việt về mặt độ tin cậy cũng như tiết kiệm thời gian, do vậy chúng ta nên quan tâm và tổ chức hiệu quả hơn nữa các lớp tin học ứng dụng về địa kỹ thuật trong công tác đào tạo đại học cũng như cao học.

Tài liệu tham khảo

1. HDTK – C.4-76, 1977. Hướng dẫn thiết kế tường chắn công trình thủy lợi. N.C.Mẫn - N.X.Bảo
2. СНиП 2.06.07- 87 "Tường chắn đất, âu thuyền, các công trình dẫn cá và bảo vệ cá – 1 – 01 – 1988"
3. Eurocode 7, 2009. Geotechnical design - Part 1: General rules
4. Braja M.Das. Principles of foundation engineering 6th Ed. - Thomson Learning
5. Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design. 5th Ed. - McGraw-Hill
6. Geotechnical Engineering Handbook, 2002. Volume 1 Fundamentals - Ulrich Smoltczyk
- 7, 8. Bài tập TK tường chắn đất: *Nguyễn Chiến - Khóa 11C, 1973; Nguyễn Nê Duy – Khóa 47B, 2008*
9. TCVN 4253 – 86. TCTK Nền các công trình thủy công – Nhà XB Xây dựng – (N.C.Mẫn biên soạn)
10. TCXD VN 285 : 2002. Công trình thủy lợi – Các quy định chủ yếu thiết kế - Hà Nội 2002
11. GeoStudio 2004 – Mô đun SIGMA/W và SLOPE/W
12. Nguyễn Công Mẫn 2003. Phân tích thấm trong môi trường đất đá theo SEEP/W (bài giảng cao học)
13. G.A Dubrova, 1963. Tương tác đất và công trình. NXB Vận tải đường sông. Moskva-1963

Synopsis

A traditional practical exercise on retaining wall of Soil Mechanics in the past 50 years for the students of the university has been calculated in two manners: one belonging to traditional method and the other with the aid of geotechnical softwares - SIGMA/W and SLOPE/W - in order to evaluate its working condition according to limit state method.

From the comparison of results given by the two above manners of analysis, one realizes the preeminences in using the softwares: modeling the problem more realistically, detecting some new things as the development of elastic wedge under foundation bottom and its effect on the stress concentration in this zone. On the other hand, the output of the software gives again all view of the strain and stress field in the system of soil - wall, that allows to rationally evaluate the working condition of the wall according to limit state method.

Besides, from the analysis of the results, the student can accept more completely the general working of the wall - soil system and can quickly select the optimum plan when designing a retaining wall that is also very necessary in practice.