

THÍ NGHIỆM ÁP LỰC ĐẤT TÁC DỤNG LÊN TƯỜNG CHẮN TRÊN MÔ HÌNH KỸ THUẬT

Phạm Tường Hội
Trường Đại học Kỹ thuật
(Bài nhận ngày 23/05/2000)

TÓM TẮT: Thí nghiệm hiện trường cho kết quả chính xác tuy nhiên trong một số trường hợp không thể thực hiện được vì lý do thời tiết, kinh phí và thời gian...Thí nghiệm trên mô hình thu nhỏ có thể thay thế những thí nghiệm trên. Bằng kết quả định tính, thí nghiệm trên mô hình cho biết qui luật phân bố áp lực tác dụng, dạng phá hoại, chuyển vị và biến dạng của công trình. Từ những kết quả đó, chúng ta có thể xây dựng lý thuyết tính toán trên công trình thực.

1. TỔNG QUAN VỀ THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH

Vì tính chất của đất rất phức tạp, lý luận chưa được nghiên cứu đầy đủ, thậm chí có nhiều vấn đề chưa được giải quyết nên công tác thực nghiệm rất quan trọng, việc thí nghiệm có thể được thực hiện ngoài trời hay trong phòng.

Thí nghiệm ngoài trời cho kết quả gần với thực tế hơn nhưng rất công kềnh và tốn kém. Thí nghiệm trong phòng thông thường dùng các mô hình thu nhỏ với kích thước nhỏ hơn nhiều so với công trình thực. Với các thí nghiệm này ta có thể nghiên cứu trạng thái ứng suất, biến dạng, quá trình phá hoại của đất và những tác nhân ảnh hưởng khác. Tuy nhiên, thí nghiệm trong phòng cũng có những nhược điểm: Trong nhiều trường hợp thí nghiệm trong phòng thì điều kiện mô hình hoá không thể thực hiện được, do đó kết quả chỉ có tính chất định tính mà thôi. Hơn nữa, đất dùng cho thí nghiệm thường là đất không nguyên dạng, có khi là đất giả chứ không phải là đất thực. Tuy nhiên, nó có ưu điểm là ít tốn kém, không bị chi phối bởi những điều kiện thời tiết, khí hậu... và cho phép ta nghiên cứu ảnh hưởng của từng nhân tố riêng biệt. Do đó trong điều kiện có thể, chúng ta chọn theo hướng thí nghiệm mô hình trong phòng thí nghiệm.

Các thí nghiệm trên mô hình tường chắn đã được thực hiện:

1. Trường Đại Học Thủy Lợi Hà Nội đã thực hiện mô hình thí nghiệm tường chắn theo bài toán biến dạng phẳng đối với đất rời được mô phỏng bằng các que trúc, kết dính với những hạt cát để tạo những góc nội ma sát khác nhau.

GSTS. Cao Văn Chí đã thực hiện thí nghiệm tường chắn với đất rời trong thùng mô hình có vách kính trong, cho thấy quá trình hình thành mặt trượt.

2. A.M. ASCE và Isao Ishibashi đã thực hiện tường chắn di động, đặt trong thùng chứa đất thực có kích thước dài 2.4 m, cao 1.2 m, rộng 1.02 m; tường chắn rộng 1.02 m, cao 1.04 m có bố trí 6 đầu đo áp lực dọc theo tường. Thí nghiệm được tiến hành có xét đến chuyển vị của tường như: tường xoay quanh đáy, tường xoay quanh đỉnh, tường chuyển vị tịnh tiến. Các trị số áp lực được thể hiện dưới dạng biểu đồ phân bố theo chiều cao của tường.

3. N. Vogt, Trường Đại Học Stuttgart, đã thực hiện thí nghiệm trên mô hình kích thước lớn. Một tường bê tông dài 9 m, cao 4 m, được nén bằng kích thủy lực vào khối cát đắp sau tường, tại vị trí đầu tường, tạo nên áp lực chủ động. Các trị số lực kích, chuyển vị, áp lực đất tác dụng lên tường và các số liệu thí nghiệm khác được ghi nhận lại bằng các thiết bị đo.

4. K. Terzaghi đã làm thí nghiệm mô hình năm 1934, mô hình là tường chắn cao 2.18m, đất sau tường là cát hạt vừa để nghiên cứu áp lực đất tác dụng lên tường chắn. Tường chắn lần lượt được cho chuyển vị về phía trước và về phía sau. Kết quả cho thấy trị số áp lực đất thay đổi tùy theo tình hình chuyển vị của tường. Khi tường chuyển vị về phía trước, áp lực đất giảm dần đến khi khối đất gần bị trượt thì áp lực nhỏ nhất tương ứng với áp lực chủ động, khi tường chuyển vị về phía sau đến lúc khối đất sắp bị trượt thì áp lực lớn nhất gọi là áp lực bị động. Khi tường không chuyển vị, áp lực có trị số giữa áp lực chủ động và bị động gọi là áp lực tĩnh.

2. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM:

Tiến hành tính toán trên mô hình thu nhỏ, với một tỷ lệ thu nhỏ định trước, quan trắc, chụp ảnh và đo các giá trị áp lực, chuyển vị của tường chắn đối với đất thực có các chỉ tiêu cơ lý đã được xác định trước, trong phạm vi thí nghiệm này, chúng ta dùng đất thực là đất dính dạng chế bị (đất sét Bình Dương).

3. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

- Thí nghiệm trên mô hình kỹ thuật, nhằm quan sát sự ứng xử của đất dính và tường chắn đối với các trường hợp gia tải khác nhau trong điều kiện mô hình thu nhỏ.

- Tiến hành đo các trị số áp lực, chuyển vị, áp lực nước trong lỗ rỗng để đối chiếu với kết quả tính toán.

- Với các số liệu có được, đối chiếu với kết quả tính toán của công trình thực tương tự.

4. PHƯƠNG TIỆN THÍ NGHIỆM

a. Mô hình thí nghiệm:

Là mô hình kỹ thuật được lập với các kích thước dựa trên lý thuyết tính toán của Berezansev với một tỷ lệ thu nhỏ (dự kiến $\frac{1}{20}$ với tường cao 10m). Việc chọn các kích thước sơ bộ mô hình theo bài toán Berezansev vì kết quả phù hợp cho trường hợp đất rời và gắn sát với trường hợp đất dính.

- Mô hình gồm 2 vách kính trong suốt bằng mê ca và hệ khung thép chịu lực, bảo đảm chịu áp lực ngang không cho biến dạng, chuyển vị trong suốt quá trình thí nghiệm. Tường chắn bằng bê tông cốt thép hoặc thép nhưng có trọng lượng tương ứng (vì cùng được xem là cứng tuyệt đối). Vật liệu đất thực với các chỉ tiêu cơ lý được xác định trước. Hệ thống các thiết bị đo áp lực tổng, áp lực nước trong lỗ rỗng, chuyển vị được bố trí kèm theo.

- Để tiện quan sát chuyển vị và biến dạng, chúng ta dùng các vạch chỉ màu (bằng bột than hoạt tính) cách khoảng đều nhau, nằm ngoài biên giáp với vách kính nên không ảnh hưởng đến các tính chất cơ lý của mẫu đất.

b. Các thí nghiệm có thể thực hiện với mô hình:

- Các công trình thuộc sơ đồ bài toán biến dạng phẳng, chịu chuyển vị cưỡng bức, phụ tải đứng bất kỳ.
- Đất thực là đất dính (sét) hoặc đất rời (cát) có góc nội ma sát biến thiên từ $\varphi = 14^\circ$ đến $\varphi = 30^\circ$.

c. Tính toán sơ bộ kích thước hình học mô hình thí nghiệm:

Tường chắn có chiều cao 500 mm, bản đáy dài 210 mm, rộng 160 mm. Để bảo đảm đủ kích thước cho thí nghiệm các loại đất và cát, kích thước lớn nhất được tính với cát có góc nội ma sát $\varphi = 30^\circ$ và giả thiết $\delta = 0$. Ta có:

$$\frac{\beta}{\varphi} = 2.03 \Rightarrow \beta = 2.03 \times \varphi = 2.03 \times 30 = 60^\circ 54'$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta + \varphi$$

$$EB = \frac{b \cdot \sin \beta}{\cos \varphi}$$

$$\theta = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} + \beta$$

$$DE + EA = H \cdot \cot g \beta + H \cdot \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) = H \cdot \left[\cot g \beta + \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \right]$$

$$H = \frac{DE + EA}{\cot g \beta + \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

$$EA = b$$

$$DE = 2 \cdot EC \cdot \cos \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$EC = EB \cdot e^{a_{g\varphi}} = \frac{b \cdot \sin \beta}{\cos \varphi} \cdot e^{a_{g\varphi}}$$

$$DE = 2 \cdot \frac{b \cdot \sin \beta}{\cos \varphi} \cdot e^{a_{g\varphi}} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$H = \frac{2 \cdot \frac{b \cdot \sin \beta}{\cos \varphi} \cdot e^{a_{g\varphi}} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) + b}{\cot g \beta + \cot g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

Tính toán bằng số chúng ta được các số liệu sau:

$$EB = 223 \text{ mm.}$$

$$EC = 564 \text{ mm.}$$

$$ED = 976 \text{ mm.}$$

$$H = 526 \text{ mm.}$$

d. Tính toán sơ bộ phụ tải tác dụng gây nên cung trượt:

+ Tính P_1 :

$$P_1 = \frac{\gamma \cdot b^2}{2} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta}{\cos \varphi} = 77.14 \text{ kg}$$

+ Tính P_2 :

$$P_2 = \frac{\gamma \cdot b^2}{2} \cdot \left[\frac{(\sin \beta)^2}{2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi} \cdot (e^{2 \cdot \alpha g \varphi} - 1) \right] = 214.67 \text{ kg}$$

+ Tính P_3 :

$$P_3 = \frac{\gamma \cdot b^2}{2} \cdot \frac{(\sin \beta)^2}{\cos \varphi} \cdot e^{2 \cdot \alpha g \varphi} = 254.62 \text{ kg}$$

+ $ED \cdot \gamma \cdot h = 180.56 \text{ kg}$

+ Tính R_{gh} :

R_{gh} được xác định bằng phương pháp vẽ Evdokimov cho kết quả như sau:

$$R_{gh} = 194 \text{ kg/m}$$

+ Tính P_{gh} :

$$P_{gh} = \frac{R_{gh}}{b} \cdot \cos \delta - c \cdot \cot g \varphi = 881.2 \text{ kg/m}$$

Bằng kết quả tính toán sơ bộ như trên chúng ta thiết kế thùng mô hình có kích thước : dài 2.3 m; rộng 0.16 m; cao 1.23 m. tường chắn cao 0.5m, nặng 18.7 kg, có bố trí trên mặt tiếp xúc với đất 9 đầu đo tổng áp lực (pressuremetre) và 9 đầu đo áp lực nước trong lỗ rỗng (piezometre).

Đất sử dụng cho thí nghiệm mô hình là đất thực, đất sét Bình Dương, có các chỉ tiêu cơ lý như sau:

- Giới hạn dẻo	W_d	=	24.16%
- Giới hạn chảy	W_c	=	61.11%
- Chỉ số dẻo	I_d	=	36.95
- Dung trọng hạt	γ_h	=	2.78 T/m ³

d. Thao tác đo:

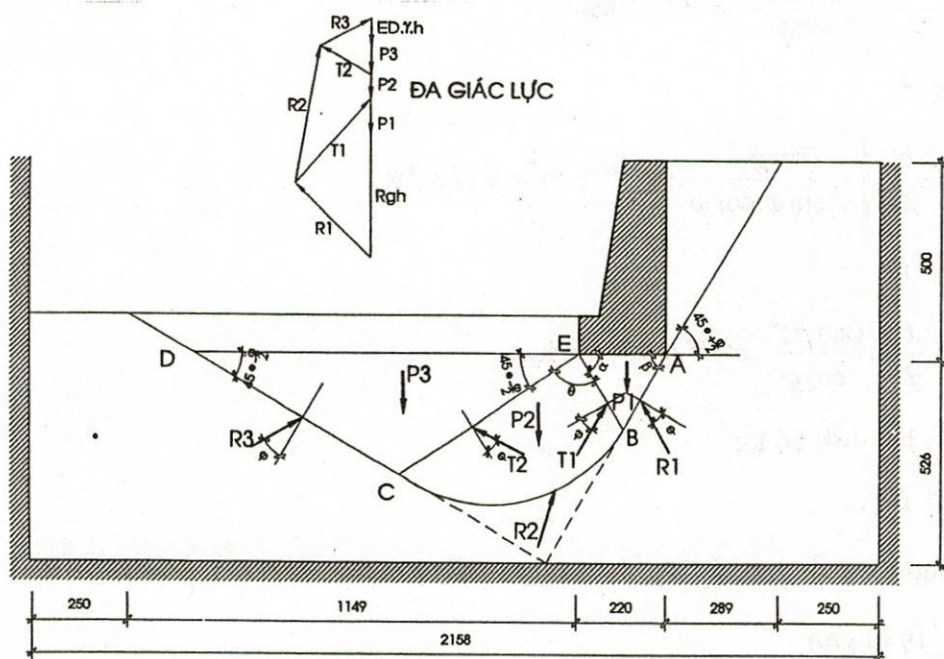
+ Đặt các đầu đo vào vị trí định sẵn trên bề mặt tường chắn, xử lý phần đất tiếp xúc với bề mặt của đầu đo.

+ Nối các đầu đo với thiết bị xử lý tín hiệu số.

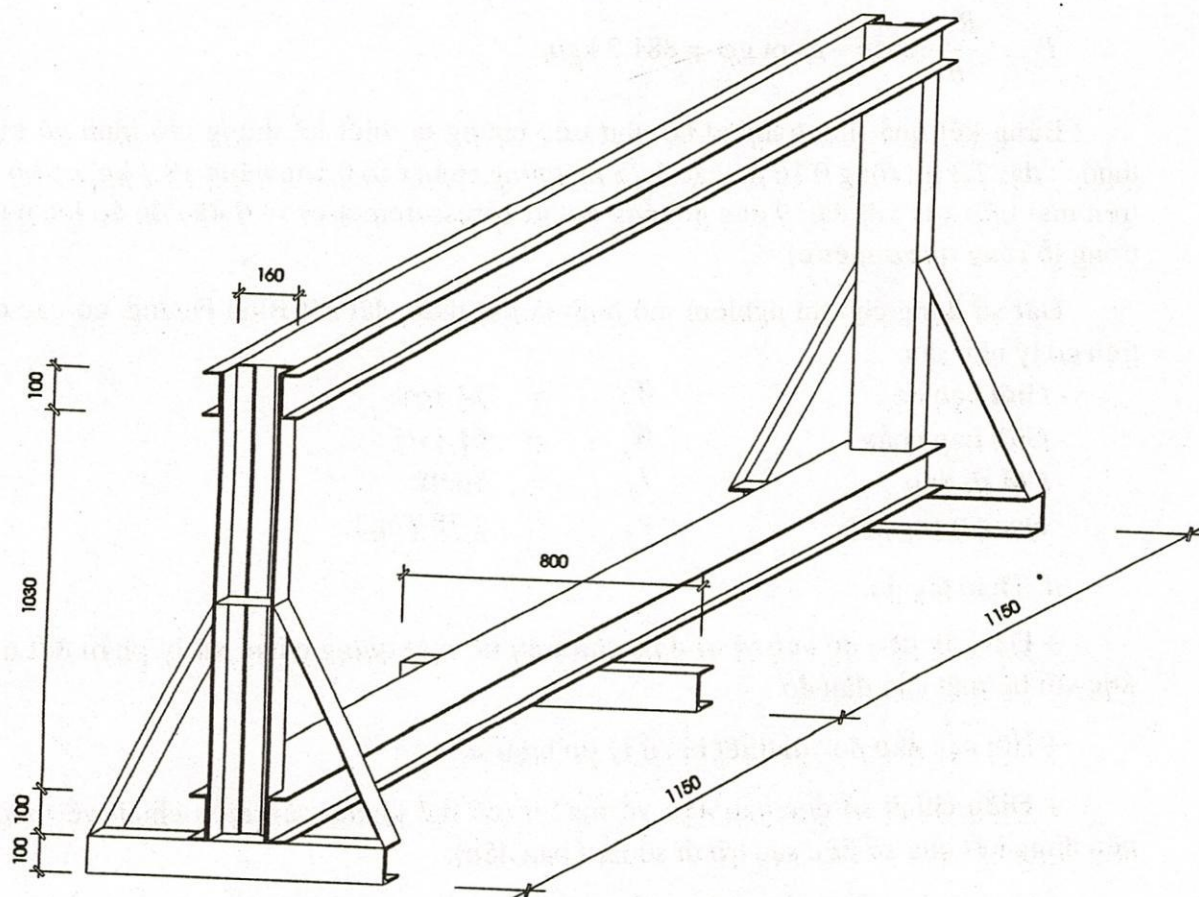
+ Điều chỉnh số đọc ban đầu về mức 0 (có thể không cần điều chỉnh về mức 0 nếu dùng kết quả số liệu sau trừ đi số liệu ban đầu).

+ Dưới ảnh hưởng của áp lực đất, trị số áp lực được biểu hiện lên màn hình.

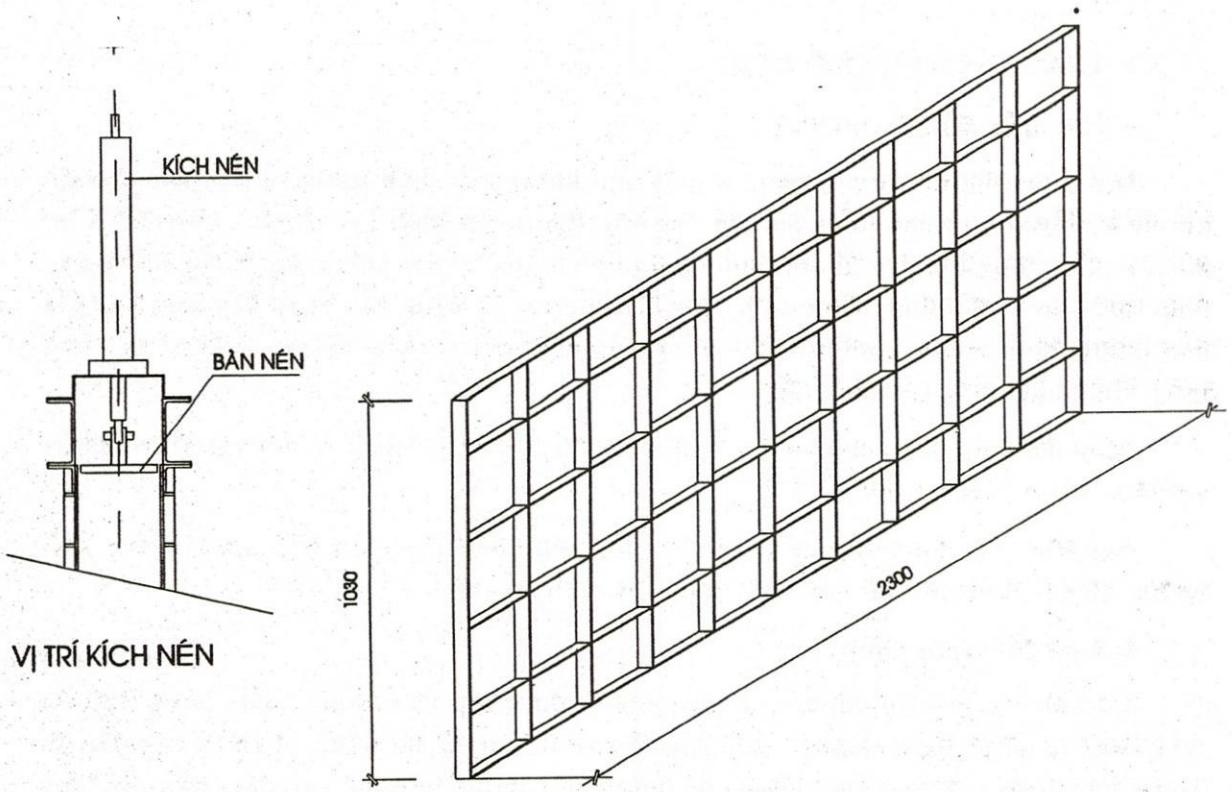
Qua quá trình thiết lập thang đo, các đầu đo đã được chế tạo cho thí nghiệm trên mô hình đạt được độ chính xác (chưa qua khuếch đại) là 5 kg/m² (tức là 0.5 g/cm²). Như vậy có thể bảo đảm độ chính xác cho các thí nghiệm trên mô hình.



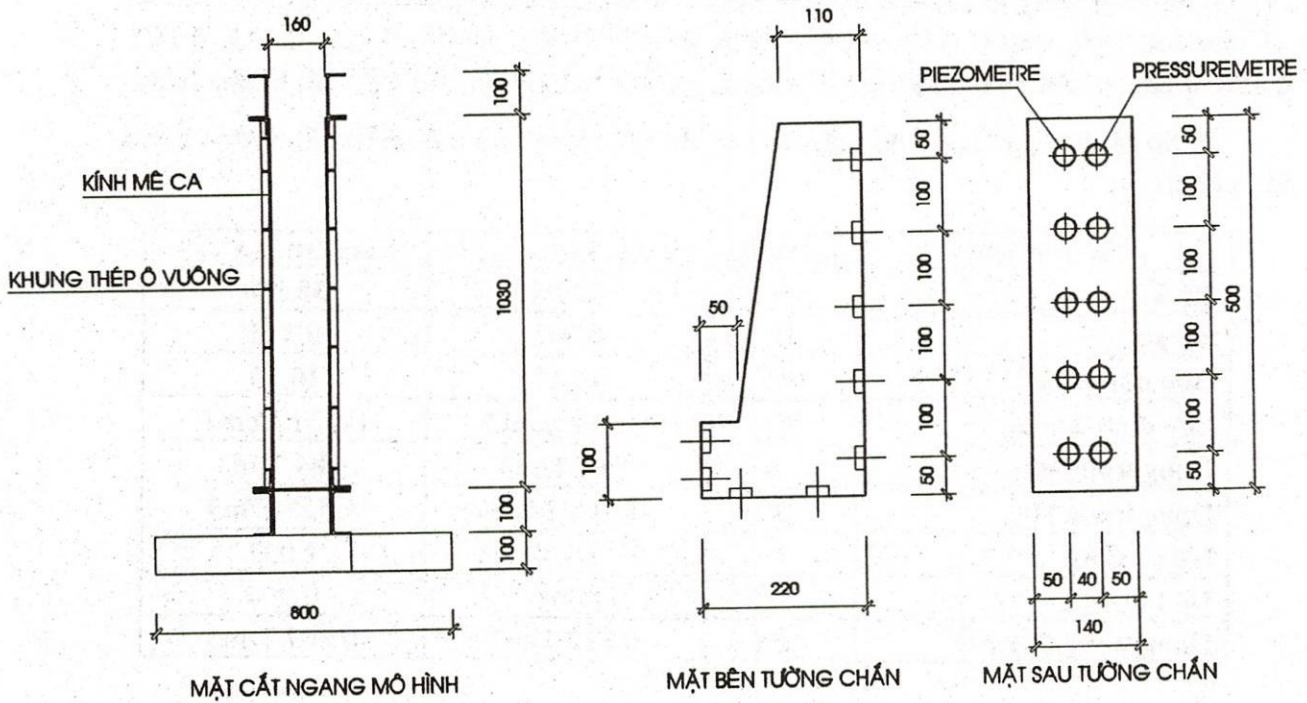
Hình 1 : Tính toán kích thước khung mô hình



Hình 2 : Khung mô hình



Hình 3 : Khung thép giữ kính mễca



Hình 4 : Mô hình tường chắn

5. THAO TÁC TRÊN MÔ HÌNH

a. Vào mẫu đất cho mô hình:

Đất được nhào trộn với nước ở một liều lượng xác định trước, và đậy kín cho độ ẩm được đều trong toàn mẫu, sau đó cho vào thùng mô hình; có 2 cách vào đất: Cho đất vào đầm từng lớp dày 50mm sau khi đã tính toán cho đạt một trọng lượng riêng xác định trước, hoặc đất được đầm trước trên khuôn, sau đó dùng dao bằng dây kim loại cắt thành từng khối vuông cạnh rồi cho vào thùng mô hình sao cho không có khoảng trống hoặc không khí giữa các khối đất.

Mẫu đất được điều chỉnh với các độ ẩm, độ chặt khác nhau và với các thành phần hạt khác nhau từ sét, á sét, á cát.

Sau khi vào đất trong mô hình 24 giờ, tiến hành lấy mẫu bên ngoài vùng ảnh hưởng để xác định các chỉ tiêu cơ lý mẫu trước khi gia tải.

b. Lắp đặt tường chắn:

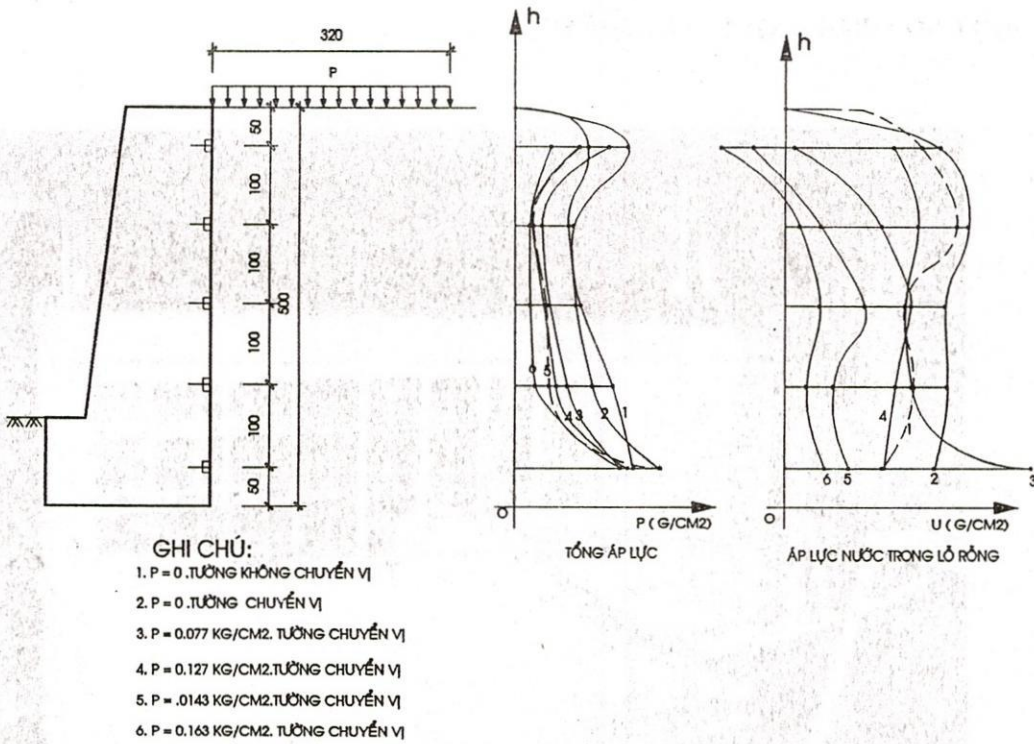
Các đầu đo pressuremetre và piesometre được lắp vào tường chắn, dùng thiết bị đo P3500 và SB10 điều chỉnh số đọc ban đầu về 0, sau đó đặt tường chắn và các đầu đo vào mô hình thí nghiệm, giữ không cho tường biến dạng, tiếp tục vào đất phần sau lưng tường và phần trước tường. Dùng tấm nhựa nylon che đậy bề mặt mẫu đất không cho nước bốc hơi làm thay đổi độ ẩm. Sau 24 giờ, đọc số liệu đầu tiên. Sau đó tháo dỡ các liên kết giữ tường cho tường chuyển vị, 24 giờ tiếp theo đo số liệu lần 2.

c. Các cấp phụ tải sử dụng:

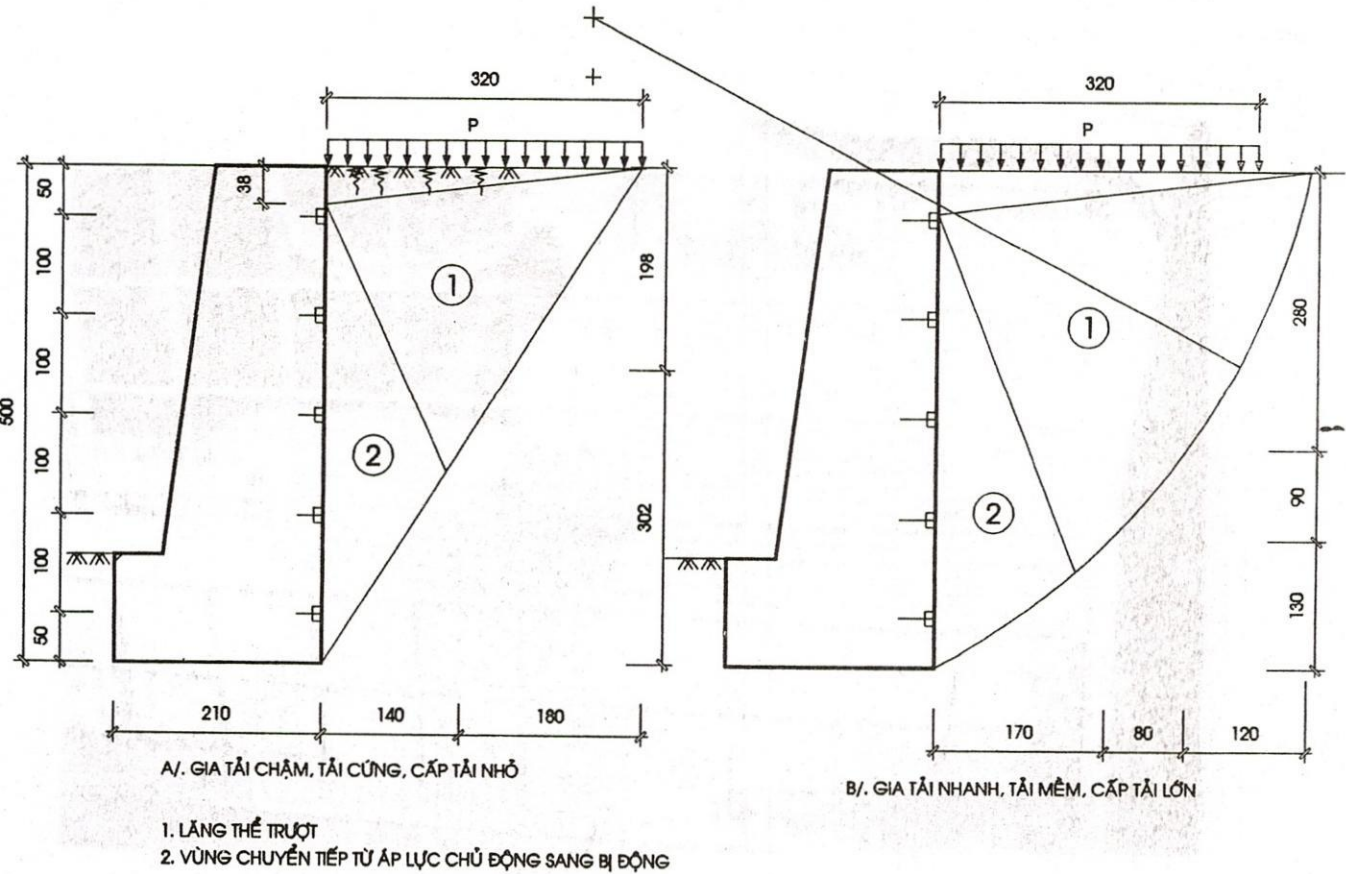
Bắt đầu cứ sau mỗi 24 giờ đặt thêm một cấp tải; trong phần kết quả sau đây, các cấp tải được sử dụng là các đối trọng trong các thiết bị của phòng thí nghiệm với các trị số như sau: 0.0, 0.014, 0.03, 0.045, 0.061, 0.077, 0.092, 0.108, 0.127, 0.143, 0.163, 0.198, 0.233, 0.268, 0.303 kg/cm². Ở cấp tải cuối 0.303 kg/cm² thì mẫu đất bị phá hoại.

d. So sánh các kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của một mẫu đất trước và sau khi gia tải:

CÁC CHỈ TIÊU	KÝ HIỆU	TRƯỚC KHI GIA TẢI	SAU KHI GIA TẢI
Độ ẩm	W	42.7%	35.8%
Độ sệt	B	0.502	0.315
Góc nội ma sát	φ	16.15	16.15
Lực dính đơn vị	C	0.09 kg/cm ²	0.13 kg/cm ²
Dung trọng ướt	γ_w	1.81 T/m ³	1.84 T/m ³
Dung trọng khô	γ_k	1.268 T/m ³	1.355 T/m ³
Hệ số rỗng	ϵ	1.192	1.052
Độ bão hoà	G	0.996	0.964
Dung trọng đẩy nổi	γ_{dn}	0.812 T/m ³	0.867 T/m ³

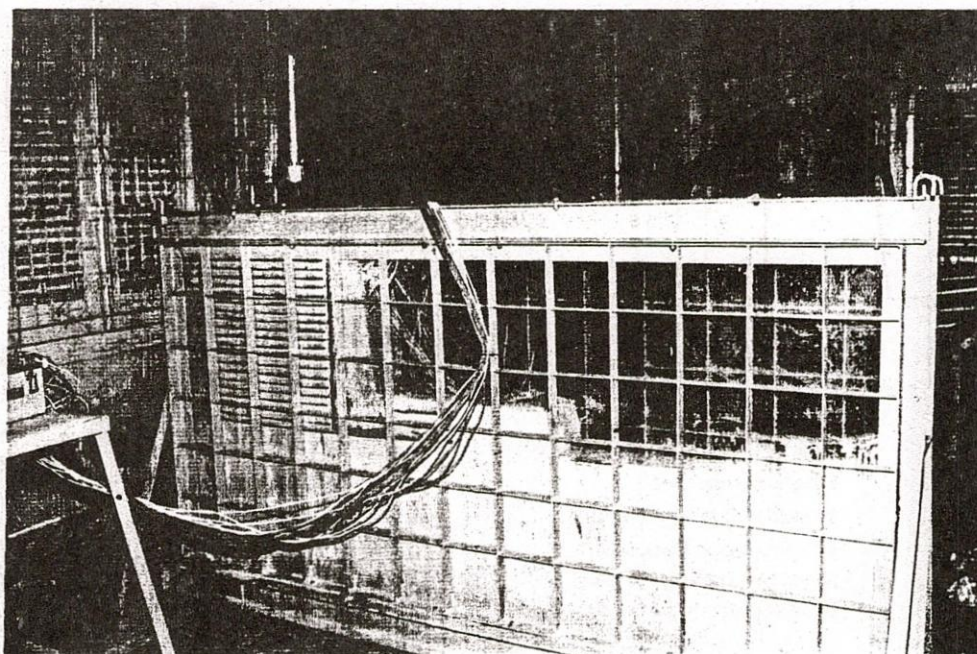


Hình 5 : Một số kết quả áp lực đất đo được

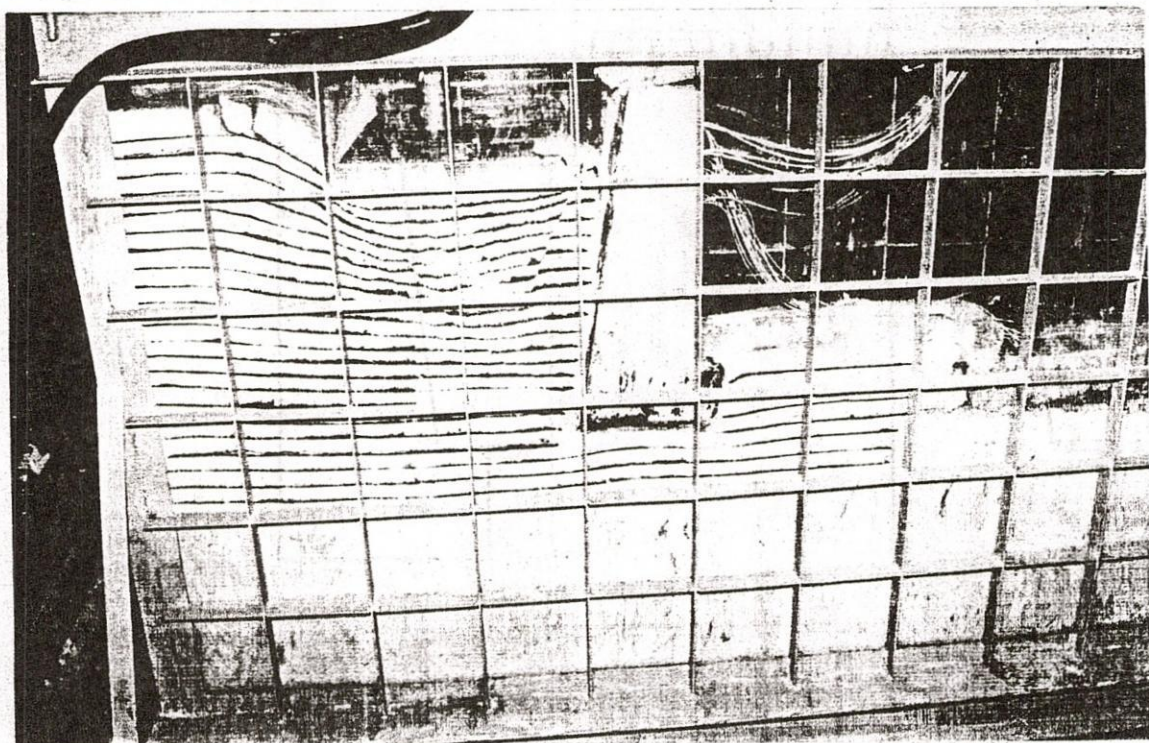


Hình 6 : Các dạng lăng thể trượt và vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang bị động

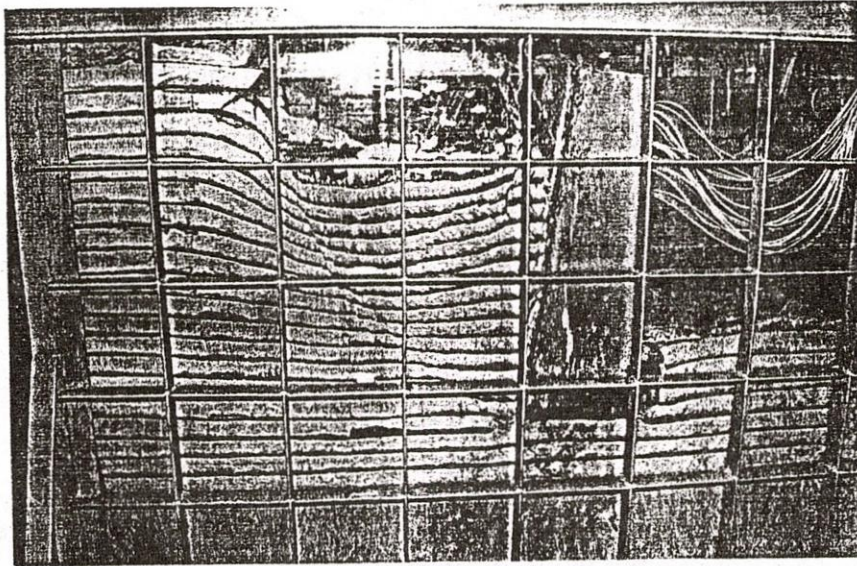
6. MỘT SỐ HÌNH ẢNH THÍ NGHIỆM



Hình 7 : Mô hình với tường chắn và kính nén



Hình 8 : Lãng thể trượt khi gia tải chậm, cấp tải nhỏ



Hình 9 : Lãng thể trượt khi gia tải nhanh, cấp tải lớn

7. KẾT LUẬN

- Thí nghiệm trên mô hình tường chắn cho kết quả định tính về dạng cung trượt và lãng thể trượt, từ đó thiết lập phương trình tính toán theo trạng thái cân bằng giới hạn.

- Kết quả đo được trên mô hình; biểu đồ áp lực đất trong trường hợp không phụ tải có dạng phù hợp với kết quả tính bằng phương pháp số của Nakai với $\delta = 20^\circ$, năm 1985.

- Dạng lãng thể trượt và cung trượt trong thí nghiệm mô hình tường chắn với đất dính phụ thuộc vào diện đặt tải và quá trình gia tải chứ không cố định. Giữa lãng thể trượt và tường chắn xuất hiện vùng chuyển tiếp từ áp lực chủ động sang áp lực bị động làm giảm áp lực chủ động tác dụng lên tường chắn, tăng áp lực dưới đáy tường chắn và tăng độ ổn định chống lật.

- Bằng các thiết bị đo tự chế tạo có thể đo tổng áp lực tác dụng lên tường chắn và riêng áp lực nước trong lỗ rỗng của đất với độ chính xác cao và phù hợp cho cả việc sử dụng trong phòng thí nghiệm và ngoài trời.

- Hiện nay trong nước nói chung và Trường Đại Học Kỹ Thuật thành phố Hồ Chí Minh nói riêng, việc chế tạo các thiết bị đo có độ chính xác cao và mô hình thích dụng cho thí nghiệm là có thể thực hiện được. Do đó hướng thí nghiệm trên mô hình thay thế cho các thí nghiệm hiện trường công kênh, tốn kém cần được phát triển thêm, đặc biệt trong các công trình thuộc ngành xây dựng, thủy lợi và cầu đường.

THE TECHNICAL MODEL TESTS OF SOIL PRESSURES APPLYING ON RETAINING WALLS

Pham Tuong Hoi

ABSTRACT: *The full- scale field tests of constructions give exact results. However in some cases it can't be done because it depends on the weather, money, and time... in those cases it can be substituted by small- scale model tests. By qualitative results, it can give the distribution of applying pressures, the forms of failures, displacements, and deformations of construction. With those results, we can establish the theories of calculation for actual structures.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đỗ Bằng – Bùi Anh Định – Vũ Công Ngữ. Bài Tập Cơ Học Đất. Nhà xuất bản Đại Học và Trung Học Chuyên Nghiệp. Năm 1977.

[2] Bùi Anh Định. Cơ Học Đất. Xưởng In Trường Đại Học Giao Thông Vận Tải. Năm 1994. .

[3] N.A. Xutôvich. Cơ Học Đất. Nhà xuất bản Khoa Học Kỹ Thuật. Năm 1987.

[4] Isao Ishibashi and Yung-Show Fang. Dynamic Earth Pressures with Different Wall Movement Modes. Soils and Foundations. Vol. 27, No. 4, 11-12, Dec. 1987. Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.

[5] Teruo Nakai. Finite Element Computations for Active and Passive Earth Pressure Problems of Retaining Wall. Soils and Foundations. Vol. 25, No. 3, 98-118, Sept. 1985.

[6] Yung-Show Fang, AM. ASCE and Isao Ishibashi, M. ASCE. Static Earth Pressures with Various Wall Movements. Journal of Geotechnical Engineering. Vol. 112, No. 3, Mar. 1986.