

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH GÓC MA SÁT TIẾP XÚC MÓNG ĐẬP XÀ LAN TRÊN NỀN ĐẤT YẾU CHỊU TẢI TRỌNG PHỨC HỢP ĐỨNG, NGANG VÀ MÔ MEN

Nguyễn Hải Hà  
Viện Thủy Công

**Tóm tắt:** Đập xà lan với nguyên lý mở rộng khẩu độ giảm ứng suất nền để có thể đặt trực tiếp trên nền đất yếu mà không phải gia cố nền. Tải trọng đứng tác dụng lên đáy móng đập xà lan nhỏ, tải trọng ngang và mô men do chênh lệch áp lực nước thượng hạ lưu tác dụng lên công trình lại lớn nên vấn đề ổn định đập xà lan trên nền đất yếu cần được nghiên cứu kỹ lưỡng. Bài báo này trình bày nghiên cứu về góc ma sát tiếp xúc của móng bê tông trên nền đất yếu trên cơ sở làm rõ cơ chế tiếp xúc và phần tử tiếp xúc đã được Ngo Tran (1996) chứng minh phù hợp cho móng trên nền sét. Việc xác định góc ma sát tiếp xúc rất cần thiết để xây dựng mặt bao phá hoại không thứ nguyên của đập xà lan. Tác giả đã thực hiện kéo trượt trong tám nền bê tông có bề rộng 0,2m; 0,3m và 0,4m; mỗi mô hình thực hiện với ba cấp tải trọng đứng, thí nghiệm kéo trượt đến khi mất ổn định. Kết quả thí nghiệm kéo trượt xác định góc ma sát tiếp xúc tám móng bê tông là số liệu đầu vào quan trọng cho nghiên cứu mặt bao tải trọng phá hoại cho đập xà lan.

**Từ khóa:** Đập xà lan, tải trọng phức hợp, biểu đồ bao tải trọng giới hạn.

**Abstract:** A movable dam based on an extended width principle helps to reduce the stress of the foundation so that it can be directly constructed on a soft soil foundation without treatment requirement. Vertical loads acting on the foundation of the movable dam are low but horizontal loads and moments are larger because of the large difference between the water levels in up- and down-stream of the dam. Thus, the stability of the movable dam constructed on the soft soil requires detailed studies. This paper presents a study on the soil-concrete friction angle of a foundation on the soft soil as a basis to clarify the interacting mechanism and elements addressed in Ngo Tran (1996) in order to prove the suitable application on clay. Determining the interface friction angle is very essential to construct the dimensionless failure surface of the movable dam. The authors have performed a sliding experiment for a pressed concrete slab of 0.2 x 0.3 x 0.4 m; each experiment is performed with three vertical loading scales and slid until instability. The sliding experiment results to define the soil-concrete friction angle are important inputs for studying on the failure surface of the movable dam.

**Keywords:** Movable dam, combined loading, failure envelope.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

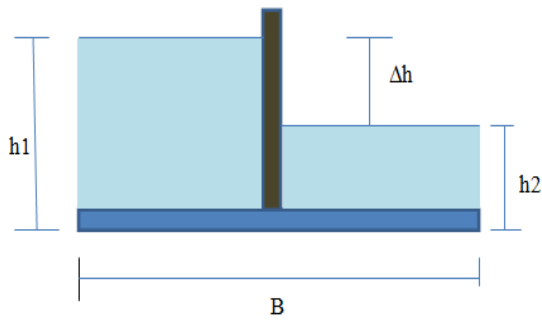
Đập xà lan chịu tác động đồng thời của tải trọng đứng  $V$ , tải trọng ngang  $H$ , mô men  $M$ . Mô hình bài toán đập xà lan chịu tác động

$V:H:M$  (Hình 1, Hình 2). Đất nền đồng nhất có cường độ kháng cắt không thoát nước  $s_u$ . Theo tổng hợp các đập xà lan đã xây dựng thì hầu hết với đập xà lan không có cầu giao thông đặt trên trụ thì tỷ số tải trọng đứng tác dụng và tải trọng đứng giới hạn  $V/V_0 < 0,5$  [[1]].

Ngày nhận bài: 19/4/2018

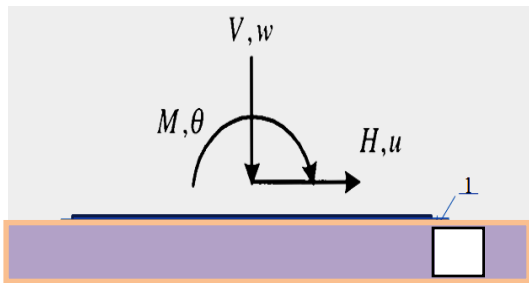
Ngày thông qua phản biện: 6/6/2018

Ngày duyệt đăng: 10/7/2018



Hình 1. Mô hình thực tế

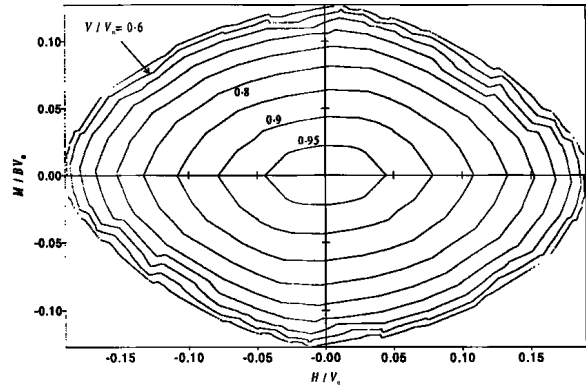
Trần Văn Thái và Nguyễn Hải Hà (2013) [[2]] đã nghiên cứu và kiến nghị sử dụng mặt bao không thứ nguyên  $V:H:M$  theo Ngo Tran (1996) [[6]] để tính toán ổn định đập xả lan.



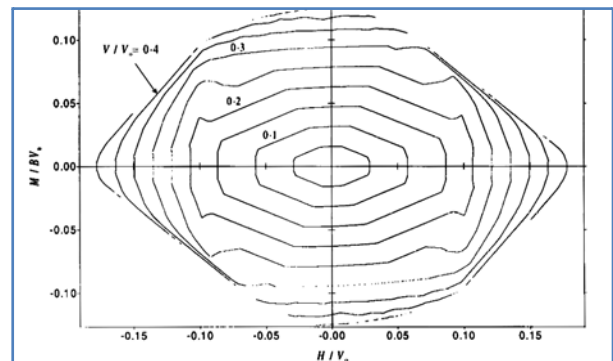
Hình 2. Mô hình bài toán đập chịu lực  $V:H;M$

Tác giả Martin (1994) [[4]] thí nghiệm mô hình móng spudcan tròn chịu tải trọng  $V:H:M$ , bằng thực nghiệm đã chỉ ra khi móng chịu tải trọng đứng và ngang thì khả năng chịu tải trọng ngang của móng không phải hằng số mà thay đổi từ  $H/V_0=0$  ứng với tải trọng đứng  $V/V_0=0$ , tác giả này cũng tổng hợp thí nghiệm móng chịu đồng thời tải trọng đứng, ngang và mô men xây dựng mặt bao phá hoại không thứ nguyên. Tác giả Ngo Tran (1996) [[6]] sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn phân tích cho móng băng và móng spudcan. Trong nghiên cứu cho móng băng, Ngo Tran đã chứng minh móng băng tiếp xúc với nền phần tử ma sát tuân theo tiêu chuẩn bền Mohr-Coulomb gồm phần ma sát do góc tiếp xúc  $\delta$  quyết định khi tải trọng đứng nhỏ, khi tải trọng đứng lớn thì do lực dính quyết định. Từ phần tử ma sát này, Ngo Tran sử dụng phương pháp phân tích mô hình phần tử hữu hạn xây dựng

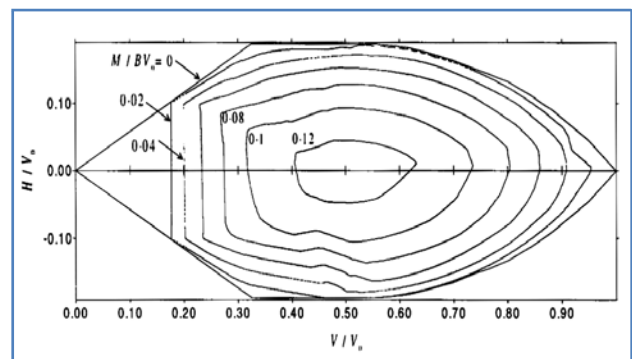
biểu đồ bao cho hai trường hợp ứng với tải trọng đứng  $V/V_0 < 0,5$ ; theo Ngo Tran (1996), việc xây dựng biểu đồ bao cho trường hợp  $V/V_0 < 0,5$  dựa trên ứng xử ma sát của mặt tiếp xúc do góc ma sát tiếp xúc  $\delta$  quyết định.



Hình 1. Biểu đồ bao mặt phá hoại khi  $V/V_0 \geq 0,5$ , Ngo Tran (1996)



Hình 2. Biểu đồ bao mặt phá hoại khi  $V/V_0 \leq 0,5$  theo Ngo Tran [[6]]



Hình 3. Biểu đồ đẳng  $M/BV_0$ , ( $M \geq 0$ ), theo Ngo Tran [[6]]

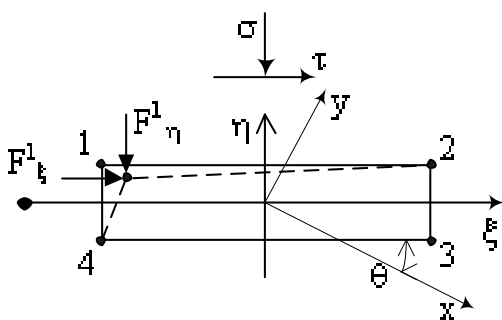
Trong nghiên cứu, Ngo Tran (1996) đã giả thiết góc ma sát tiếp xúc  $\delta = 30$  độ mà không thông qua thí nghiệm để xác định. Trên thực tế góc  $\delta$  phụ thuộc vào đặc tính nền, độ

nhám đáy móng điều kiện gia tải. Do đó việc xác định góc  $\delta$  cho móng đập xà lan trên nền đất yếu có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

**2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHẦN TỬ TIẾP XÚC**

Trong bài toán phân tích sự làm việc của móng băng trên nền đất yếu thì việc mô tả chính xác sự tiếp xúc giữa kết cấu và đất nền sẽ quyết định độ chính xác của kết quả tính. Thông thường có thể mô phỏng chúng bằng các phần tử đã trình bày có kích thước rất nhỏ. Tuy nhiên trong trường hợp cho phép trượt giữa kết cấu và đất thì phải mô phỏng bằng các phần tử đặc biệt gọi là phần tử tiếp xúc hay phần tử trượt. Phần tử mô phỏng đặc biệt này có tác dụng điều chỉnh sự tiếp xúc giữa các kết cấu và đất khi làm việc và đảm bảo tính liên tục cho mô hình tính.

Việc nghiên cứu mô hình của phần tử tiếp xúc đã được thực hiện từ những năm 60 của thế kỷ trước mà người đi tiên phong là R. Goodman [[7]]. Ban đầu ông đưa ra phần tử dạng một chiều đơn giản, gồm có 8 bậc tự do và có khả năng chịu lực nén và cắt. Khả năng chịu nén và chịu cắt của phần tử có liên hệ với chuyển vị tiếp tuyến và pháp tuyến cũng như độ cứng đơn vị của chúng theo 2 phương. Sau đó vào năm 1970 ông đã phát triển mô hình phần tử tiếp xúc dạng phẳng. Mặc dù được biểu diễn dưới dạng hình chữ nhật có 4 nút nhưng các cặp nút 1 và 2; 3 và 4 có cùng tọa độ, tức là phần tử có độ mở rộng bằng không.



Hình 4. Sơ đồ phần tử tiếp xúc của Goodman (1-4 các nút)

Mô hình chọn phần tử tiếp xúc nêu trong Hình 4. Mặc dù được biểu diễn ở dạng hình chữ nhật với 4 điểm nút 1, 2, 3 và 4, nhưng các cặp nút 1 và 4, 2 và 3 có cùng tọa độ, tức là thực tế phần tử có độ mở bằng không (thực tế trong tính toán ứng dụng dùng chiều dày ảo).

Dưới tác dụng của ứng suất pháp  $\sigma$  và ứng suất tiếp  $\tau$ , phần tử chịu biến dạng pháp tuyến  $\delta_\eta$  và biến dạng tiếp tuyến  $\delta_\xi$ . Quan hệ ứng suất với biến dạng được đặc trưng bằng phương trình đường thẳng:

$$\begin{aligned} \sigma &= k_\eta \cdot \delta_\eta \\ \tau &= k_\xi \cdot \delta_\xi \end{aligned} \tag{1}$$

Trong đó:

$\sigma$  là ứng suất theo phương pháp tuyến,

$\tau$  là ứng suất theo phương tiếp tuyến,

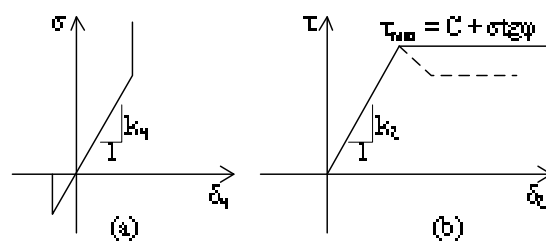
$k_\eta$  là mô đun độ cứng theo phương pháp tuyến,

$k_\xi$  là mô đun độ cứng theo phương tiếp tuyến,

Ứng suất có thể nhỏ nhất (ứng suất kéo) vuông góc với mặt tiếp xúc được giới hạn bằng độ bền tiếp xúc chịu kéo  $T$  ( $\sigma_{min} = T$ ). Ở phần tử tiếp xúc bị tách đứt, độ bền kéo giảm xuống bằng không (0). Sau khi tiếp xúc khép lại toàn bộ do nén thì mô đun pháp  $K$  của phần tử tiếp xúc tăng tới mô đun của khối đất bao quanh. Sức chống trượt giới hạn được đặc trưng bằng phương trình Coulomb:

$$\tau_{max} = c + \sigma \tan \varphi \tag{2}$$

Đặc trưng cơ học của phần tử - tiếp xúc (phản ứng của nó với biến dạng pháp tuyến và tiếp tuyến) được biểu thị trong Hình 5.



Hình 5. Quan hệ ứng suất pháp và tiếp với biến dạng pháp tuyến (a) và biến dạng trượt (b)

Khi chịu kéo vuông góc với bề mặt tiếp xúc, ứng suất trên phần tử tiếp xúc có giới hạn bằng độ bền chịu kéo  $T$ . Khi  $\sigma_n = 0$ , độ bền chịu kéo bằng 0 thì đất không tiếp xúc với bề mặt móng, tạo ra khe hở giữa đất và phần tử kết cấu. Để đảm bảo tính liên tục trong suốt quá trình làm việc, phần tử tiếp xúc vẫn tồn tại với độ cứng  $k_{\square}$  và  $k_{\square}$  được lấy rất nhỏ khi chịu kéo. Giá trị này thường được lấy sao cho vừa đảm bảo có sai số nhỏ nhất vừa đảm bảo được tính liên tục của sơ đồ tính. Độ rộng của khe nứt chính là độ giãn của phần tử tiếp xúc.

Sau khi mặt tiếp xúc khép lại toàn bộ do nén thì độ cứng  $K$  của phần tử tiếp xúc sẽ tăng tới độ cứng của khối đất bao xung quanh là  $k_{\square}$  và  $k_{\square}$ . Sức chống trượt giới hạn theo tiêu chuẩn bền Mohr-Coulomb. Với phần tử tiếp xúc dạng này đảm bảo cho phép trượt giữa kết cấu và môi trường đất đá trong quá trình làm việc, đảm bảo mô hình tính gần đúng với thực tế nhất.

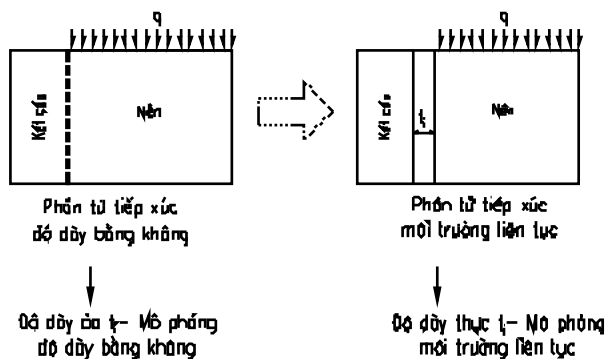
Trong phần mềm PLAXIS, tương tác cấu trúc đất có thể được mô hình hóa bằng cách sử dụng các phần tử tiếp xúc độ dày bằng không giữa đất và kết cấu. Các phần tử này sử dụng hệ số giảm cường độ/ độ cứng được áp dụng cho ứng xử tiếp xúc. Tuy nhiên, trong thuật toán của chương trình thì phần tử có độ dày bằng không (hoặc các tiếp xúc đặc biệt tương tự khác) không được cung cấp, việc sử dụng các phần tử liên tục để mô hình tương tác kết cấu- đất nền là chỉ tùy chọn. Cách tiếp cận sử dụng phần tử liên tục cho phép kiểm soát nhiều hơn các tính năng cho mặt tiếp xúc (ví dụ: tính chất vật liệu và độ cứng) cũng như kích thước phần tử và hình dạng tại các giao diện. Các giá trị tham số cho các phần tử tiếp xúc chiều dày bằng không cho các phần tử tiếp xúc liên tục trong PLAXIS được Ivan P. DAMIANS và các cộng sự (2015) đề xuất [[5]]. Các kết quả cho thấy sự thống nhất cho các tải trọng tính toán được chuyển từ đất này sang kết cấu khác bằng cả hai phương pháp (tức là, các phần tử có độ dày bằng không và

các phần tử liên tục tại các mặt tiếp xúc). Đối với phần tử tiếp xúc chiều dày bằng không trong PLAXIS ứng xử tiếp xúc gồm các đặc trưng cường độ gồm góc tiếp xúc ( $\phi_i$ ), lực dính ( $c_i$ ), góc nở ( $\psi_i$ ), mô đun chống cắt ( $G_i$ ), hệ số poat xông mặc định  $\nu_i = 0.45$  và mô đun cường độ không nở hông ( $E_{oed,i}$ ) [[5]]. Hệ số chiết giảm  $R_i$ , mặc định bằng 1.0, cho mặt tiếp xúc hoàn toàn. Hệ số này được sử dụng các thông số đất nền xung quanh mặt tiếp xúc:

$$\begin{aligned} c_i &= R_i \cdot c_{soil} \\ \phi_i &= \tan^{-1}(R_i \tan \phi_{soil}) \\ \psi_i &= \begin{cases} 0 & R_i = 0 \\ \psi_{soil} & R_i = 1 \end{cases} \\ G_i &= R_i^2 \cdot G_{soil} \\ E_{oed,i} &= 2G_i \frac{1-\nu_i}{1-2\nu_i} \end{aligned} \quad (5)$$

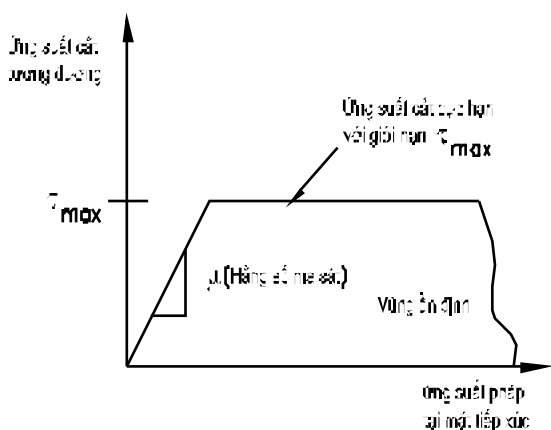
Trong đó:  $c_{soil}$  là lực dính đất nền;  $\phi_{soil}$  lực góc ma sát trong đất nền;  $\psi_{soil}$  là góc nở đất nền;  $G_{soil}$  là mô đun cắt của đất nền

*Phần tử tiếp xúc môi trường liên tục:* Trong PLAXIS, Mặt tiếp xúc dùng phần tử với chiều dày bằng không cũng được khai báo dưới dạng chiều dày ảo (virtual thickness)  $t_i$  trong tính toán ma trận độ cứng của phần tử. chiều dày ảo của mặt tiếp xúc có ảnh hưởng trực tiếp tới độ lớn của ứng suất pháp và ứng suất cắt truyền giữa móng và nền. Mặt tiếp xúc chiều dày ảo là hàm của hệ số chiều dày và kích thước cạnh trung bình của phần tử trong lưới phần tử giá trị  $t_i$  có thể tìm thấy trong phần kết quả xuất ra của Plaxis. Để mô hình tiếp xúc với phần tử liên tục, vùng tiếp xúc thực bỏ qua ảnh hưởng vật liệu với độ dày. Độ dày của phần tử liên tục bằng độ dày ảo của phần tử có không có độ dày như Hình 6. Tính chất vật liệu của vùng này lấy tương tự như phần tử không độ dày. Trong nhiều trường hợp, lưới phần tử chỉ cần điều chỉnh một chút cho mặt tiếp xúc có độ dày bằng độ dày ảo.



Hình 6. Mô hình tử tiếp xúc độ dày không và phần tử tiếp xúc liên tục

Trong tài liệu hướng dẫn của ABAQUS (2013) [[3]] giới thiệu phần tử tiếp xúc có ứng suất cắt giới hạn  $\tau_{max}$  : Sự trượt trên mặt tiếp xúc giữa kết cấu với nền xảy ra khi  $\tau_i = \mu \cdot \sigma_i > \tau_{max}$ , trong đó  $\sigma_i$  là ứng suất pháp tại mặt tiếp xúc, Khi sự trượt xảy ra giới hạn  $\tau_i = \tau_{max}$ , giá trị ứng suất cắt  $\tau_i$  không được phép bằng không, như thể hiện trên Hình 7.



Hình 7. Vùng trượt cho mô hình ma sát với giới hạn bởi ứng suất cắt cực hạn

Ứng suất cắt giới hạn này được dùng khi ứng suất pháp tại mặt tiếp xúc tăng lớn (xảy ra khi tải trọng tăng) dẫn tới ứng suất cắt cực hạn tại mặt tiếp lớn hơn ứng suất dẻo (yield stress) theo lý thuyết bền của Coulomb của đất dưới mặt tiếp xúc. Theo lý thuyết dẻo cận trên xác định  $\tau_{max}$  bằng  $\sigma_y/\sqrt{3}$ , trong đó  $\sigma_y$  là ứng suất dẻo Mises của vật liệu xung quanh mặt tiếp xúc; tuy nhiên,  $\tau_{max}$  nên được xác định từ thí nghiệm.

Ngo Tran (1996) [[6]] với tính toán ổn định công trình, tải trọng ngang hoặc mô men lớn dẫn tới giảm tiếp xúc với đất nền hoặc gây trượt tương đối móng với nền. Trong phân tích phân tử hữu hạn, sự giảm liên kết hoặc trượt này được mô phỏng bằng phần tử tiếp xúc. Một loại phần tử tiếp xúc mới chiều dày bằng không, đẳng hướng được sử dụng để tính toán cho bài toán phân tích hai chiều hoặc ba chiều. Lời giải chính xác cho tích phân của quan hệ ứng suất biến dạng (cho phần tử tiếp xúc hai chiều) được tìm thấy. Phần tử này dùng để khảo sát ổn định móng. Tác giả cho thấy việc sử dụng tiêu chuẩn dẻo cho phép tiếp xúc ứng xử cả tiếp xúc ma sát và lực dính, phụ thuộc vào ứng suất pháp, ổn định số cũng được kiểm tra. Ngo Tran giả thiết vật liệu dưới đất nền là đồng nhất. Đất dùng để thử nghiệm trong mô hình toán theo tiêu chuẩn dẻo với các chỉ tiêu như sau:  $S_u=1,0$ ;  $G=100$ ;  $\nu=0,49$ . Tuy nhiên đường bao mặt phá hủy không phụ thuộc vào tính chất của vật liệu và kích thước của móng cũng như việc chia lưới trong bài toán vì  $V/V_0$ ;  $H/V_0$ ;  $M/BV_0$  đều là các giá trị không thứ nguyên. Hệ số poisson liên quan đến điều kiện đến tải trong không thoát nước.

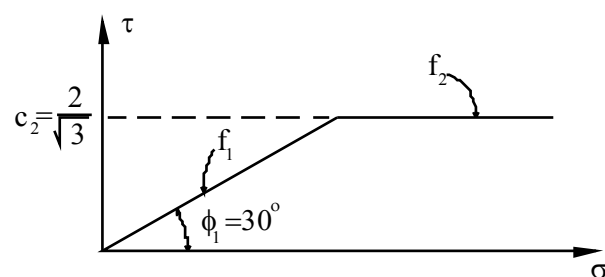
Ứng xử ma sát tiếp xúc theo hàm  $f_1$ :

$$c_1 = 0; \phi_1 = 30^\circ; \psi_0 = 0 \quad (3)$$

Ứng xử lực dính theo hàm  $f_2$ :

$$c_2 = \frac{2}{\sqrt{3}}; \phi_2 = 0; \psi_0 = 0 \quad (4)$$

$$K_s = K_n = 1000;$$

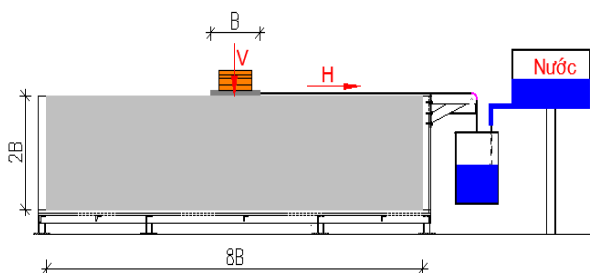


Hình 8. Quan hệ ứng suất pháp và ứng suất cắt của mặt tiếp xúc theo Ngo Tran (1996)

Việc sử dụng phần tử tiếp xúc là cần thiết vì nếu để móng tiếp xúc với nền, việc huy động ma sát sẽ không đủ, do đó nền và móng khó làm việc đồng thời. Giá trị biểu đồ  $V/V_0$ ;  $H/V_0$ ;  $M/BV_0$  không phụ thuộc vào tính chất của đất nền mà chỉ phụ thuộc vào tính chất và vật liệu của phần tử tiếp xúc. Về mặt lý thuyết góc ma sát góc  $\delta$ , đối với kết cấu bê tông như đập xả lan là rất khó kiểm soát, vì với một cách chuẩn bị nền khác nhau, thì góc này khác nhau. Theo Ngo Tran (1996) thì mặt bao phá hoại được xây dựng trên các trục không thứ nguyên  $V/V_0$ ,  $H/V_0$ ,  $M/BV_0$ , một loại móng chỉ có duy nhất một mặt bao phá hoại. Điều này vô cùng tiện lợi cho người thiết kế, vì chỉ cần cùng cấp tải trọng  $V$ ,  $H$ ,  $M$ , dựa vào cường độ chống cắt không thoát nước  $s_u$  của đất nền ta tính được  $V_0$ . Từ đó tính xác định được các đại lượng  $V/V_0$ ,  $H/V_0$ ,  $M/BV_0$ , đặt điểm này vào hệ tọa độ 3 trục không thứ nguyên. Nếu điểm đặc trưng cho tải trọng thực tế nằm trong mặt bao phá hoại thì công trình ổn định, nếu nằm ngoài công trình mất ổn định. Trên cơ sở phân tích, phần tử tiếp xúc gồm hai phần: ứng xử tiếp xúc theo góc ma sát tiếp xúc và ứng xử theo lực dính đặc trưng bởi cường độ cắt giới hạn theo Ngo Tran (1996) là phù hợp để xây dựng biểu đồ bao tải trọng phá hoại cho móng đập xả lan.

### 3. THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH KÉO TRƯỢT MÓNG

Tác giả đã thực hiện thí nghiệm mô hình kéo trượt tấm nền bê tông trên nền sét yếu trong máng thí nghiệm. Thí nghiệm kéo trượt với ba bề rộng móng tương ứng là  $B=0,2m$ ;  $0,3m$  và  $0,4m$ ; các kích thước chiều dài và chiều tương ứng  $8B$  và  $2B$ . Sơ đồ thí nghiệm như Hình 9,



Hình 9. Sơ đồ thí nghiệm tải trọng  $V$ ,  $H$

Máng thí nghiệm gồm hệ khung đỡ bằng thép hình, mặt bên chắn bằng kính cường lực tạo thành máng kín, đất đắp trong máng theo trình tự, chỉ tiêu cường độ đất tương tự như ở hiện trường.

Hình ảnh máng thí nghiệm triển khai trong thực tế như Hình 10.



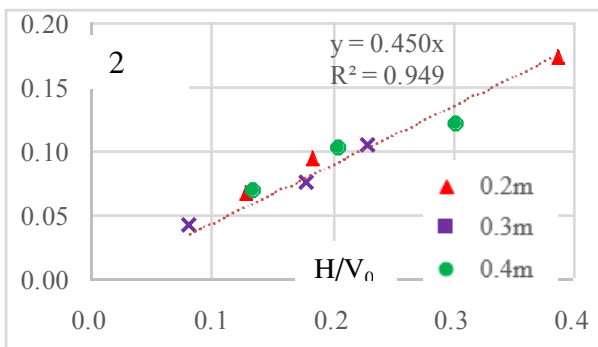
Hình 10. Máng thí nghiệm

Thí nghiệm tiến hành đặt tấm nền bê tông trên nền, gia tải đứng bằng các tấm thép, sau khi độ lún móng ổn định, tiến hành gia tải ngang bằng bể nước thông qua hệ cấp và puly dẫn hướng. Mỗi bước gia tải mở van để nước vào bể, đo đạc đến khi móng ổn định. Hệ cấp và puly bôi trơn trước khi thí nghiệm bằng mỡ bò, đồng thời kiểm tra ma sát bằng gia tải ngang nhiều cấp đánh giá ma sát lăn và hiệu chỉnh kết quả. Thực hiện thí nghiệm với các trường hợp góc tiếp xúc  $\delta$  đối với bề rộng móng  $B=0,2m$ ;  $0,3m$  và  $0,4m$  cho kết quả tổng hợp như thể hiện trong Bảng 1. Lập biểu đồ quan hệ giữa các hệ số phi thí nghiệm theo tải trọng đứng  $V/V_0$  và tải trọng ngang  $H/V_0$  như thể hiện trên 0. Sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính xác định được góc tiếp xúc tương đối có  $\tan\delta=0,4507$ ;

Kết quả thí nghiệm cho kết quả tương đối sát với kết quả nghiên cứu lý thuyết Thể hiện các cấp tải trọng đứng  $V/V_0$  và tải trọng ngang  $H/V_0$  ứng với trường hợp không có momen tác dụng ( $M/BV_0=0$ ) trên biểu đồ bao của Ngo Tran (1996), đường hồi quy biểu đồ bao V-H (ứng với mô men  $M=0$ ) với góc ma sát tiếp xúc  $\delta=24,3$  độ.

**Bảng 1. Tổng hợp kết quả thí nghiệm**

Bề rộng móng (m)	Tải trọng đứng, ngang	Cấp tải trọng đứng		
		Cấp 1	Cấp 2	Cấp 3
0,2	V/V <sub>0</sub>	0,129	0,184	0,388
	H/V <sub>0</sub>	0,066	0,093	0,172
0,3	V/V <sub>0</sub>	0,081	0,180	0,231
	H/V <sub>0</sub>	0,041	0,075	0,104
0,4	V/V <sub>0</sub>	0,135	0,205	0,304
	H/V <sub>0</sub>	0,069	0,102	0,122

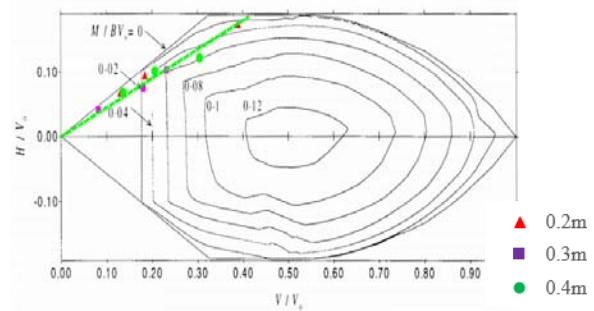
**Hình 11. Quan hệ tải trọng phá hoại V-H ứng với các trường hợp thí nghiệm**

Đây là góc ma sát tiếp xúc thí nghiệm với điều kiện móng bê tông bình thường và nền địa chất đại diện ở đồng bằng sông Cửu Long, khác với góc ma sát tiếp xúc  $\delta = 30^\circ$  trong nghiên cứu của Ngo Tran (1996) là số liệu giả thiết, không

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Thái (2014), Báo cáo tổng kết Báo cáo tổng kết khoa học kỹ thuật Đề tài: “Nghiên cứu giải pháp công nghệ và thiết bị xử lý nền móng dưới nước đập xả lan”, Tập 2. các giải pháp khoa học và công nghệ xử lý nền móng dưới nước đập xả lan, 2014.
- [2] Trần Văn Thái, Nguyễn Hải Hà (2013), “Nghiên cứu ổn định của móng băng trên nền đất yếu chịu tác dụng của tải trọng phức tạp”, Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy Lợi Việt nam, số 14 ISN:1859-4255, 03-2013
- [3] ABAQUS., (2013). “ABAQUS Analysis User's Manual” (Ver. 6.13), Hibbit, Karlsson and Sorensen Inc., USA
- [4] Christopher michael Martin (1994), Physical and numerical modelling of offshore foundation under combined loads, a thesis submitted for the degree of doctor of philosophy at oxford.
- [5] Ivan P. DAMIANS, Yan YU, Antonio LLORET, Richard J. BATHURST and Alejandro JOSA (2015), Equivalent interface properties to model soil-facing interactions with zero-thickness and continuum element methodologies, doi:10.3233/978-1-61499-603-3-1065, IOS Press, 2015.
- [6] Ngo Tran (1996), *The analysis of offshore foundations subjected to combined loading*, a thesis submitted for the degree of doctor of philosophy at Oxford.
- [7] R. Goodman, R. Taylor and T. Brekke, A model for the mechanics of jointed rock. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division 99 (1968), 637-659.

thông qua thí nghiệm để xác định.

**Hình 12. Quan hệ tải trọng V-H theo thí nghiệm thể hiện trên biểu đồ bao của Ngo Tran (1996)**

## KẾT LUẬN

Trong bài báo này, tác giả trình bày các thí nghiệm kéo trượt tấm bê tông trong máng với các bề rộng 0,2m; 0,3m và 0,4m trên nền đất yếu, với mỗi bề rộng móng, gia tải ba cấp tải trọng đứng và kéo trượt nén. Từ đó thiết lập quan hệ tải trọng đứng với tải trọng ngang giới hạn. Kết quả xác định được góc ma sát tiếp xúc là đặc trưng cho ứng xử tiếp xúc do ma sát của móng với nền đất yếu. Góc ma sát tiếp xúc là thông số quan trọng để xây dựng mặt bao phá hoại không thứnguyên  $V/V_0 \sim H/V_0 \sim M/BV_0$  để kiểm tra ổn định của móng đập xả lan.