

PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG ĐƯỜNG BAO TẢI TRỌNG GIỚI HẠN CHO MÓNG ĐẬP XÀ LAN TRÊN NỀN ĐẤT YẾU CHỊU TẢI TRỌNG PHỨC HỢP

Nguyễn Hải Hà

Viện Thủy Công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Trần Đình Hòa

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, đập xà lan đã được nghiên cứu và áp dụng rất hiệu quả cho vùng đồng bằng sông Cửu Long. Nguyên lý ổn định của đập là mở rộng diện tích đáy móng nhằm giảm ứng suất nền để có thể đặt trực tiếp trên nền đất yếu mà không phải gia cố hoặc gia cố rất ít. Đặc điểm của đập xà lan là chịu tải trọng ngang và mô men lớn hơn so với tải trọng đứng. Do đó, vấn đề ổn định trượt của đập xà lan là rất quan trọng. Bài báo trình bày phương pháp xây dựng đường bao tải trọng giới hạn của của móng đập xà lan trên nền đất yếu. Đường bao tải trọng giới hạn không thứ nguyên của đập xà lan được sử dụng trong tính toán ổn định đập trên nền đất yếu.

Từ khóa: đập xà lan, tải trọng phức hợp, đường bao tải trọng giới hạn.

Summary: In recent years, movable dam has been studied and applied effectively in the Mekong Delta. The stability principle of the dam is to expand the bottom of the structure to reduce the normal stress so that it can be placed directly on soft clay soil without reinforcement or little reinforcement. Characteristics of the movable dam are the horizontal loads and torque greater than the vertical load. Therefore, the problem of sliding stability of movable dam is very important. This article introduce the method of constructing the limited load envelope of the movable dam foundation on soft clay soil. The limited load envelope no dimensional of the movable dam is used in calculating the movable dam on the soft clay soil.

Key words: Movable dam, combined loading, failure envelope.

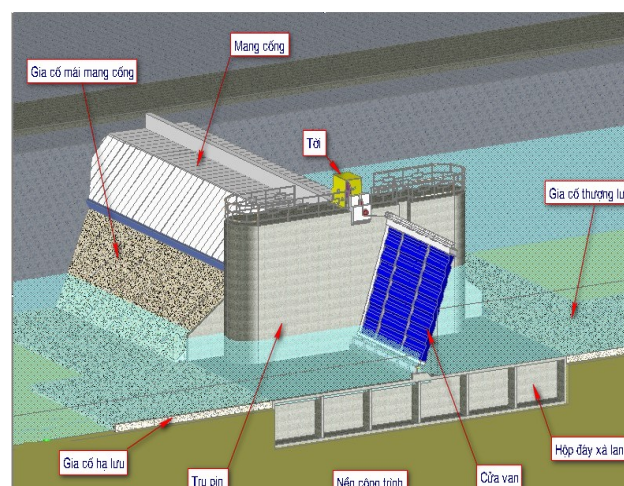
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Giới thiệu chung về đập Xà lan [2]

Đập Xà lan là công nghệ ngăn sông mới được nghiên cứu và áp dụng mạnh mẽ ở Việt Nam hơn 20 năm qua. Công nghệ này mang lại hiệu quả cao đối với các công trình xây dựng trên nền đất yếu.

Đập Xà lan có 2 loại: bản sườn và hộp rỗng; có nguyên lý kết cấu tối ưu dạng dầm bản nhẹ để ứng suất lên nền nhỏ hơn ứng suất cho phép của đất nền mềm yếu (Hình 1). Vì vậy, không cần hoặc giảm thiểu tối đa việc xử lý nền. Ổn định trượt, lật của đập Xà lan dựa vào lực ma

sát giữa đất nền với đáy và đất đắp mang cống với tường bên của đập Xà lan.



Hình 1. Nguyên lý, kết cấu đập Xà Lan

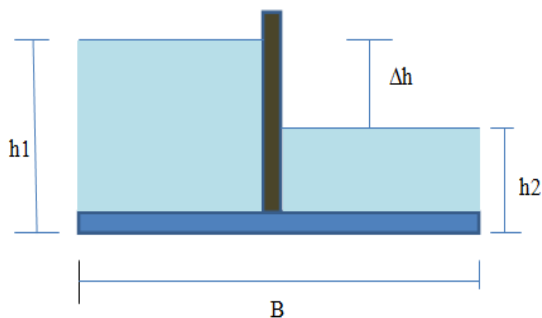
2.2. Tình hình nghiên cứu

Ngày nhận bài: 02/8/2018

Ngày thông qua phản biện: 15/9/2018

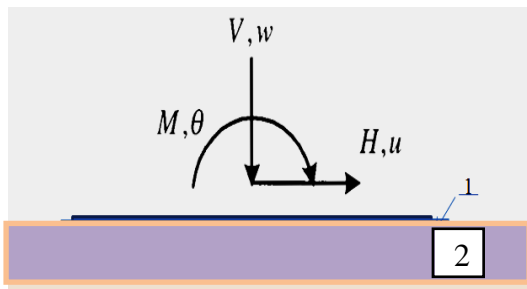
Ngày duyệt đăng: 25/9/2018

Đập Xà lan chịu tác động đồng thời của tải trọng đứng V , tải trọng ngang H , mômen M . Mô hình bài toán đập xà lan chịu tác động của tải trọng phức hợp $V:H:M$ được thể hiện trong hình vẽ (Hình 2 và Hình 3). Đất nền đồng nhất đặc trưng bởi cường độ kháng cắt không thoát nước s_u . Theo số liệu thống kê từ các đập Xà lan đã xây dựng, với đập Xà lan không có cầu giao thông đặt trên trụ thì tỷ số giữa tải trọng đứng tác dụng và tải trọng đứng giới hạn đều nằm trong giới hạn $V/V_0 < 0,5$ [3].



Hình 2. Mô hình thực tế

Trần Văn Thái và Nguyễn Hải Hà [[4]], [[4]] đã nghiên cứu và kiến nghị sử dụng mặt bao không thứ nguyên $V:H:M$ theo Ngo Tran [9] để tính toán ổn định đập xà lan.



Hình 3. Mô hình bài toán đập chịu lực $V:H:M$

Tác giả Martin [7] đã thí nghiệm mô hình móng giàn khoan tròn chịu tải trọng $V:H:M$, bằng thực nghiệm và cho thấy khi móng chịu tải trọng đứng và ngang thì khả năng chịu tải trọng ngang của móng không phải là hằng số mà thay đổi từ giá trị $H/V_0=0$, 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 để xây dựng mặt bao phá hoại không thứ nguyên. Ngo Tran [9] sử

dụng phương pháp phân tử hữu hạn để phân tích cho móng băng và móng giàn khoan. Trong nghiên cứu cho móng băng tiếp xúc với nền phân tử ma sát tuân theo tiêu chuẩn bền Mohr-Coulomb; phần ma sát do góc tiếp xúc δ sẽ quyết định khi tải trọng đứng nhỏ, còn khi tải trọng đứng lớn thì do lực dính quyết định. Từ phân tử ma sát này, Ngo Tran sử dụng phương pháp phân tích mô hình phân tử hữu hạn để xây dựng biểu đồ bao cho hai trường hợp ứng với tải trọng đứng $V/V_0 < 0,5$; 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 δ quyết định. Ngo Tran đã giả thiết góc ma sát tiếp xúc $\delta = 30$ độ mà không thông qua thí nghiệm để xác định. Trên thực tế góc δ phụ thuộc vào đặc tính nền, độ nhám đáy móng, điều kiện gia tải; điều này đã được chỉ rõ trong bài báo xây dựng đường bao tải trọng giới hạn cho móng đập xà lan với góc ma sát tiếp xúc $\delta = 24,3$ độ [0] và so sánh với góc ma sát tiếp xúc $\delta = 30$ độ [9].

Chính vì vậy, việc nghiên cứu, xây dựng đường bao tải trọng giới hạn không thứ nguyên sát thực hơn với tính chất cơ lý của đất nền và điều kiện làm việc cụ thể của đập Xà lan là rất cần thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi chỉ mới trình bày về phương pháp xây dựng, những vấn đề chi tiết và kết quả thí nghiệm bổ sung cho việc xây dựng đường bao sẽ được trình bày trong một bài báo khác.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG

2.1. Cơ sở lý thuyết

Theo các nghiên cứu của Tan [11], Bransby and Randolph [6], khi phân tích mô hình số, tải trọng phức hợp tác động được kiểm soát bằng chuyển vị (displacement-controlled) thông qua chuyển vị đứng (w), chuyển vị ngang (u) và chuyển vị xoay (θ) và được gán vào điểm đặt tải tham chiếu ((load reference

point- LRP). Thông qua chuyển vị, kết quả thu được tại điểm đặt tải là các phản lực: tải trọng đứng (V), tải trọng ngang (H) và mô men (M) tương ứng với chuyển vị gán tại điểm đặt tải. Để xây dựng biểu đồ bao tải trọng giới hạn trong không gian ba chiều, có hai phân tích chuyển vị không chế được sử dụng: (1) phương pháp phân tích tỷ lệ chuyển vị gán theo Bransby and Randolph [6] và (2) Phương pháp tải trọng bao theo Tan (1990).

a) Phương pháp (1) còn gọi là phương pháp phân tích chuyển vị cố định. Nội dung của phương pháp này là không chế chuyển vị trong phân tích móng dưới tác dụng đồng thời của các chuyển vị (V-H), (V-M) hoặc (H-M) với một tỷ số giữa các chuyển vị tương ứng không đổi cho tới khi xảy ra phá hoại. Tỷ số chuyển vị được xác định từ độ cứng tuyến tính của móng tương tác đất nền. Ứng với mỗi tỷ số chuyển vị, xác định được một điểm dẻo, tập hợp nhiều tỷ số sẽ xây dựng được quỹ đạo điểm dẻo từ đó lập được biểu đồ quan hệ tải trọng tác dụng tương ứng: (V-H), (V-M) hoặc (H-M). Khi ứng suất đạt tới tải trọng giới hạn, tỷ số giảm bớt, đường cong lặp cho đến khi tải trọng không tăng trong bước lặp. Phương pháp này cho vị trí chính xác của điểm dẻo, nhưng cần phải phân tích với nhiều tỷ lệ khác nhau.

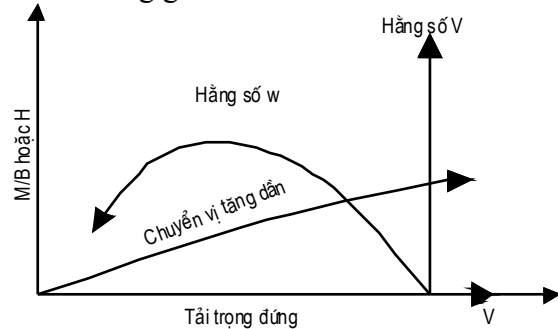
b) Phương pháp (2) phân tích tải trọng bao được đề xuất lần đầu bởi Tan (1990) dựa trên thí nghiệm mô hình quay ly tâm. Phương pháp này gồm hai giai đoạn. Giai đoạn 1, gán chuyển vị cưỡng bức theo hướng xác định cần xác định (w hoặc u) cho đến khi đạt giới hạn chịu tải (ultimate capacity). Giai đoạn 2, gán chuyển vị tăng dần từ không cho đến khi xảy ra mất ổn định. Phương pháp này có ưu điểm là xác định được mặt dẻo chỉ trong một phân tích. Tuy nhiên, theo Bransby and Randolph [6] chỉ ra trong phương pháp PTHH, đường bao theo phương pháp (2) thường nằm trong đường biên giới hạn bởi điểm dẻo theo phương pháp (1).

2.2. Phương pháp xây dựng

Kết hợp hai phương pháp trên dùng để khảo sát và xây dựng mặt bao cho toàn bộ tải trọng V-H-M.

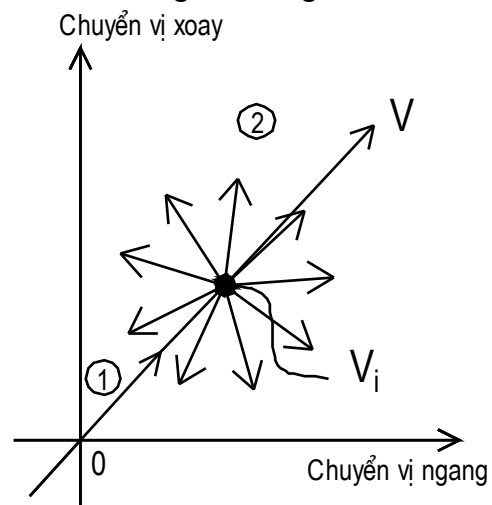
Xây dựng biểu đồ bao V-H-M

Khảo sát biểu đồ bao tải trọng giới hạn của móng chịu đồng thời tải trọng đứng, ngang và mô men bằng cách khảo sát biểu đồ bao (H-M) (dạng phẳng), ứng với các cấp tải trọng đứng khác nhau. Đây là phương pháp phân tích tỷ lệ chuyển vị cố định mở rộng cho biểu đồ bao không gian như hình 4.



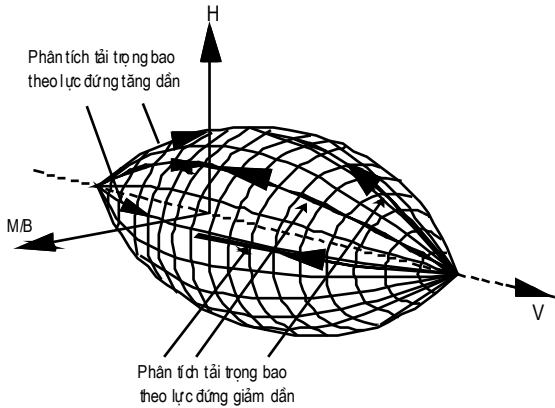
Hình 4. Trình tự gia tải xác định đường bao V-H hoặc V-M [8]

Trình tự phân tích được chia làm hai bước: bước 1, gán chuyển vị gây ra tải trọng đứng (V_i) tương ứng; bước 2 là gán chuyển vị ngang (u) và chuyển vị xoay ($B\theta$) với tỷ lệ nhất định; khảo sát quan hệ H-M bằng cách tăng dần tỷ lệ $u/B\theta$. Với mỗi cấp tỷ lệ $u/B\theta$ là hằng số sẽ được biểu thị bằng mũi tên gia tải như Hình 5.



Hình 5. Chuyển vị ngang và chuyển vị xoay với mỗi cấp tải trọng đứng

Với phương pháp phân tích tải trọng bao, Gottardi [8] trình bày trình tự thí nghiệm mô hình quay ly tâm xác định biểu đồ bao (V-H) hoặc (H-M) theo trình tự thí nghiệm như 0.



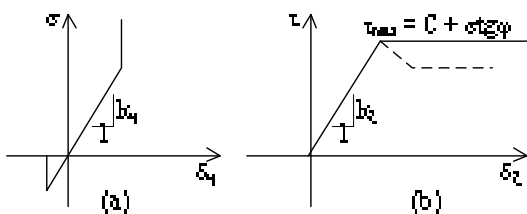
Hình 6. Trình tự thí nghiệm xây dựng biểu đồ bao V-H, V-M [8]

Ứng xử của 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 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. Sức chống trượt giới hạn được đặc trưng bằng phương trình Coulomb:

$$\tau_{max} = c + \sigma \tan \varphi \quad (2)$$

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 0.

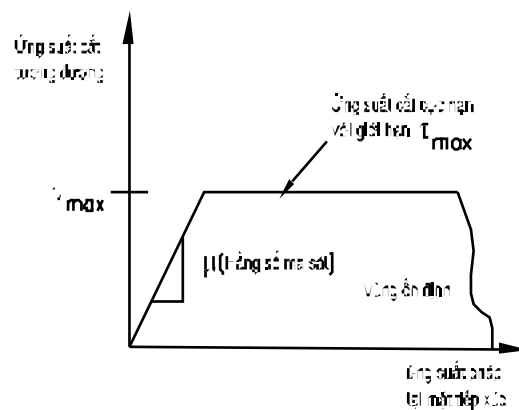


Hình 7. Quan hệ ứng suất pháp và tiếp với biến dạng pháp tuyến (a) và biến dạng trượt (b)

Khi ứng suất 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_{η} . Sức chống trượt giới hạn sẽ 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.

Phần tử tiếp xúc theo tài liệu hướng dẫn của phần mềm ABAQUS [5] có ứng suất cắt giới hạn τ_{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 σ_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 τ_i không được phép bằng không, như thể hiện trên hình 7.



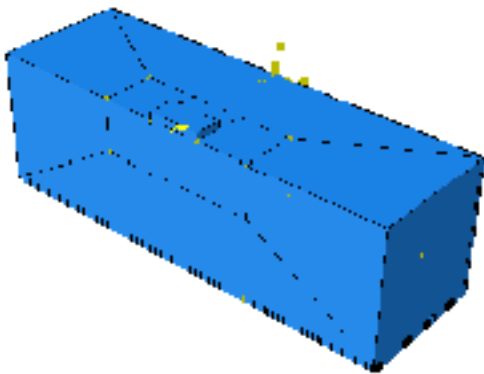
Hình 8. Vùng trượt cho mô hình ma sát với giới hạn bởi ứng suất cắt cực hạn

Ứng suất cắt giới hạn này, được dùng khi ứng suất pháp tại mặt tiếp xúc tăng lên (xảy ra khi tải trọng tăng) dẫn tới ứng suất cắt cực hạn tại

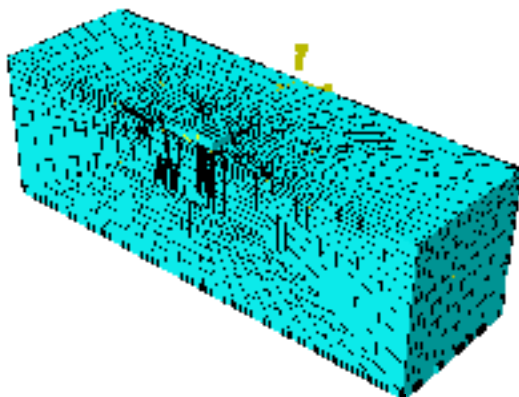
mặt tiếp xúc lớn hơn ứng suất dẻo theo lý thuyết bền của Coulomb đối với đất dưới mặt tiếp xúc. Theo lý thuyết dẻo cận trên xác định τ_{max} bằng $\sigma_y/\sqrt{3}$, trong đó σ_y là ứng suất dẻo Mises của vật liệu xung quanh mặt tiếp xúc.

3. KẾT QUẢ XÂY DỰNG ĐƯỜNG BAO

Mô hình phân tích, xây dựng đường bao tải trọng giới hạn được thể hiện như 0. Lưới mô hình được chia làm hai phần: phần đất ngay dưới móng chia lưới mịn hơn và phần đất xung quanh. Tại vị trí giao giữa hai phần này, sử dụng không chế chuyển vị đồng thời (tie constraints) trong Abaqus để giữ nguyên sự liên tục của môi trường, như trên 0. Móng vuông được khai bao dạng phần tử khối cứng (Rigid body).



Hình 9. Mô hình tính toán

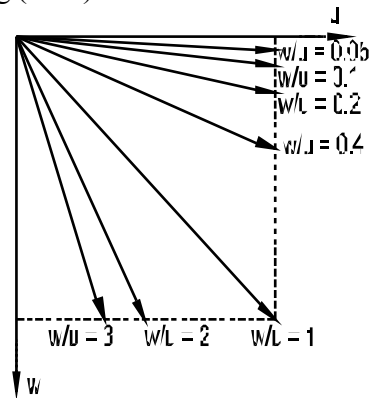


Hình 10. Chia lưới mô hình tính toán

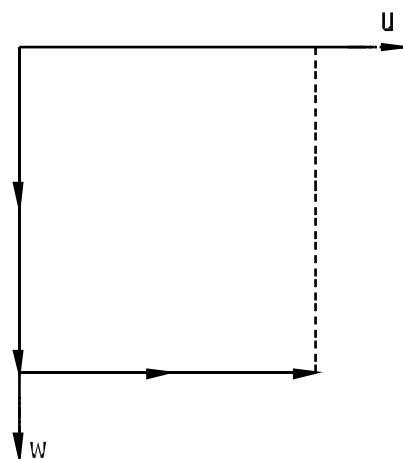
3.1. Móng chịu tải trọng đứng và ngang

Phân tích móng chịu tải trọng đứng và ngang đồng thời theo hai phương pháp: tỷ lệ chuyển vị và tải trọng bao như hình 10. Theo phương

pháp tỷ lệ chuyển vị, tiến hành gia tải đồng thời móng bằng cách gia tải chuyển vị đứng (w) và chuyển vị ngang (u) đồng thời, không chế tỷ lệ chuyển vị (w/u) theo các tỷ lệ khác nhau: w/u= 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 1, 2, 3. Ứng với mỗi cấp tỷ lệ (w/u), xây dựng quan hệ tải trọng đứng ngang (V-H) thành họ đường giới hạn, đường bao phía ngoài của họ đường giới hạn thu được sẽ cho đường bao tải trọng giới hạn. Theo phương pháp tải trọng bao, bước 1: tiến hành gia tải đứng bằng chuyển vị đứng (w) đến khi móng đạt tới tải trọng đứng giới hạn, bước 2: gia tải ngang bằng chuyển vị (u), từ đó xây dựng đường bao tải trọng giới hạn trực tiếp từ quan hệ (V-H) thu được. Thực hiện hai phân tích trên ta sẽ xây dựng được biểu đồ bao tải trọng (V-H) như hình 11.



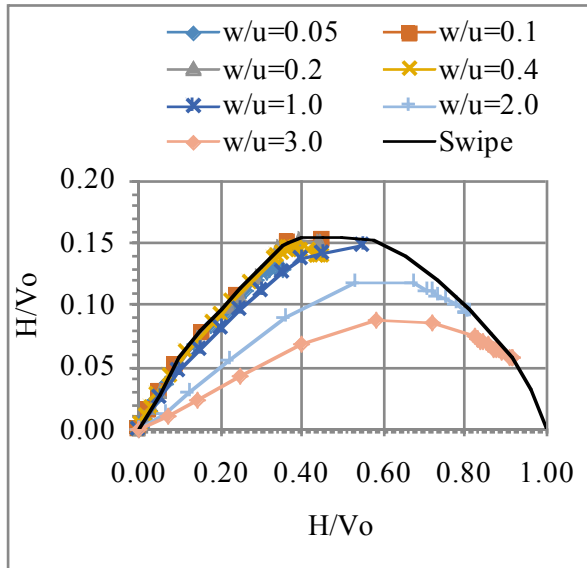
a) Phân tích tỷ lệ chuyển vị



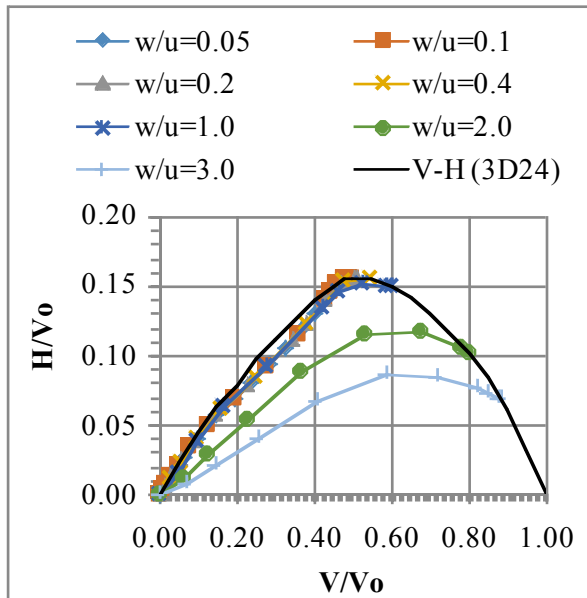
b) Phân tích tải trọng bao

Hình 11. Trình tự gia tăng chuyển vị (w) và ngang (u)

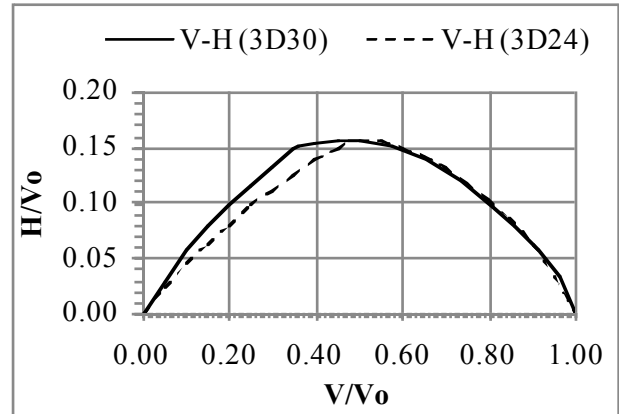
Tiến hành tính toán cho móng chịu tải trọng đứng và ngang theo tỷ lệ chuyển vị gồm 7 cấp và phân tích tải trọng bao ứng với giá trị góc tiếp xúc với $\delta=300$ và $24,30$. Kết quả thu được đường bao tải trọng giới hạn với $\delta=300$ như hình 11, và với $\delta=24,30$, như hình 12.



Hình 12. Biểu đồ bao tải trọng giới hạn $V-H$ với $\delta=300$



Hình 13. Biểu đồ bao tải trọng giới hạn $(V-H)$ với $\delta=24,30$

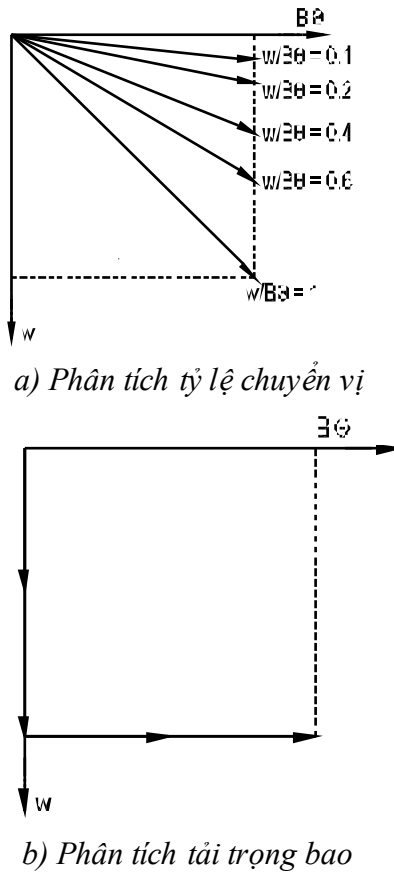


Hình 14. So sánh đường tải trọng giới hạn $(V-H)$ với $\delta=300$ và $24,30$

Từ kết quả trên cho thấy đường bao tải trọng $(V-H)$ phụ thuộc vào góc tiếp xúc. Cụ thể, với $\delta=300$, cho đường bao tải trọng $(V-H)$ ứng với $V/Vo < 0,5$ lớn hơn so với $\delta=24,30$; với $V/Vo > 0,5$ thì đường bao tải trọng xấp xỉ nhau, khi đó móng chuyển sang ổn định theo sức chịu tải.

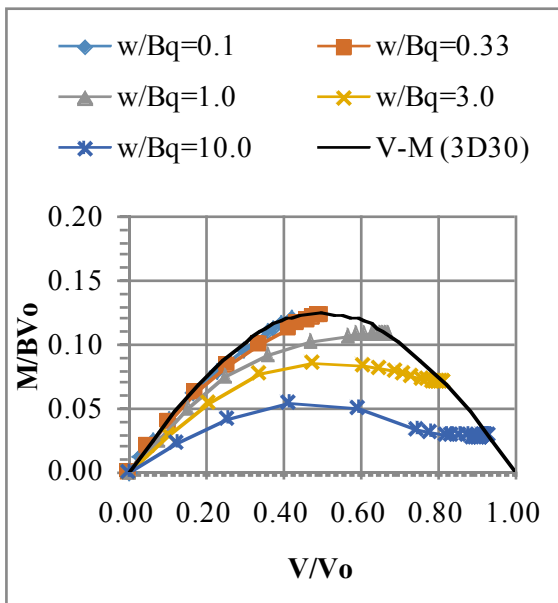
3.2. Móng chịu tải trọng đứng và mô men

Phân tích móng chịu tải trọng đứng và mô men đồng thời theo hai phương pháp: tỷ lệ chuyển vị và tải trọng bao như hình 14. Theo phương pháp tỷ lệ chuyển vị, tiến hành gia tải đồng thời móng bằng cách gia tải chuyển vị đứng (w) và chuyển vị xoay $(B\theta)$ đồng thời, không chế tỷ lệ chuyển vị $(w/B\theta)$ theo các tỷ lệ khác nhau: $w/B\theta = 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 1,0$. Ứng với mỗi cấp tỷ lệ $(w/B\theta)$, xây dựng quan hệ tải trọng đứng – mô men $(V-M)$ thành họ đường quan hệ $(V-M)$, đường bao các đường quan hệ $(V-M)$ là đường bao tải trọng giới hạn. Theo phương pháp tải trọng bao, bước 1: tiến hành gia tải đứng bằng chuyển vị đứng (w) đến khi móng đạt tới tải trọng đứng giới hạn; bước 2: gia tải bằng chuyển vị xoay $(B\theta)$, từ đó xây dựng đường bao tải trọng giới hạn trực tiếp từ quan hệ $(V-M)$ thu được.

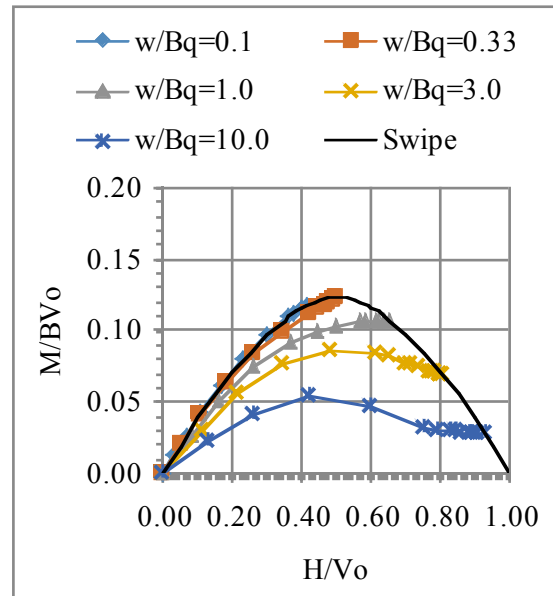


Hình 15. Trình tự gia tăng chuyển vị đứng (w) và xoay (Bθ)

Thực hiện hai phân tích trên và xây dựng biểu đồ bao tải trọng (V-M) như hình 15.

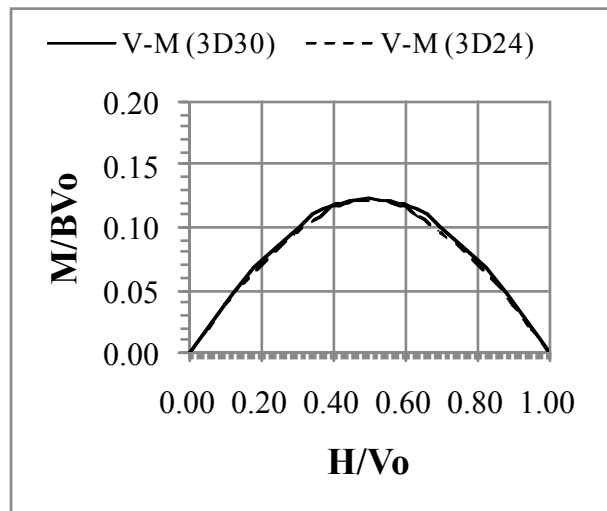


Hình 16. Đường bao tải trọng giới hạn V-M với $\delta=300$



Hình 17. Đường bao tải trọng giới hạn V-M với $\delta=24,30$

So sánh đường bao tải trọng đứng và mô men (V-M) ứng với góc tiếp xúc 300 và 24,30 như hình 17.

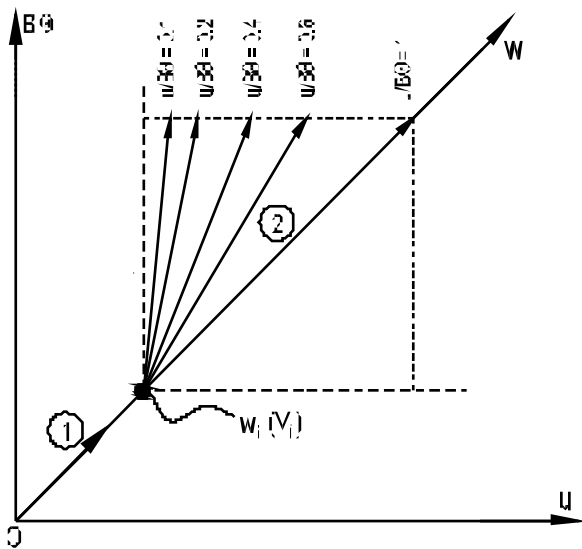


Hình 18. So sánh đường bao tải trọng giới hạn (V-M)

Từ kết quả đạt được thể hiện trên 0, cho thấy đường bao tải trọng đứng- mô men (V-M) ứng với góc tiếp xúc 300 và 24,30 xấp xỉ nhau. Điều này là do móng chỉ có chuyển vị xoay mà không chuyển vị theo phương ngang nên góc tiếp xúc ảnh hưởng không đáng kể đến đường bao tải trọng đứng- mô men.

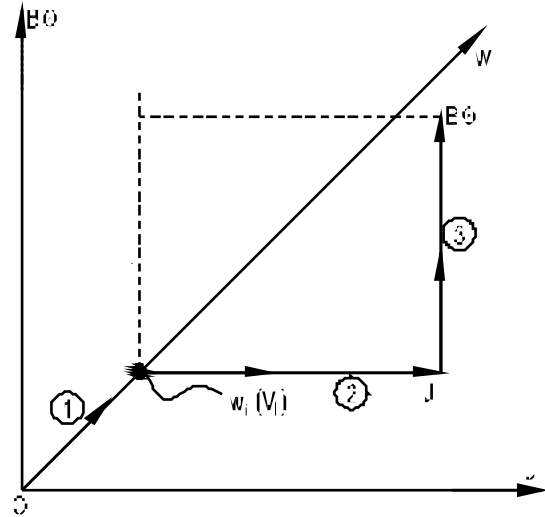
3.3. Móng chịu tải trọng đứng, ngang và mô men

Để xây dựng mặt bao tải trọng (V-H-M), phương pháp phân tích tỷ lệ chuyển vị theo trình tự gồm 2 bước. Bước (1) gia tải đứng đến cấp tải trọng đứng (V_i) theo chuyển vị đứng (w_i) tương ứng; bước (2) gia tải ngang và mô men đồng thời bằng cách khống chế chuyển vị ngang và góc xoay theo các tỷ lệ $u/B\theta = 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 1.0$, như thể hiện trên hình 18. Kết quả phân tích thu được quan hệ tải trọng ngang và mô men tương ứng cấp tải trọng đứng (V_i).



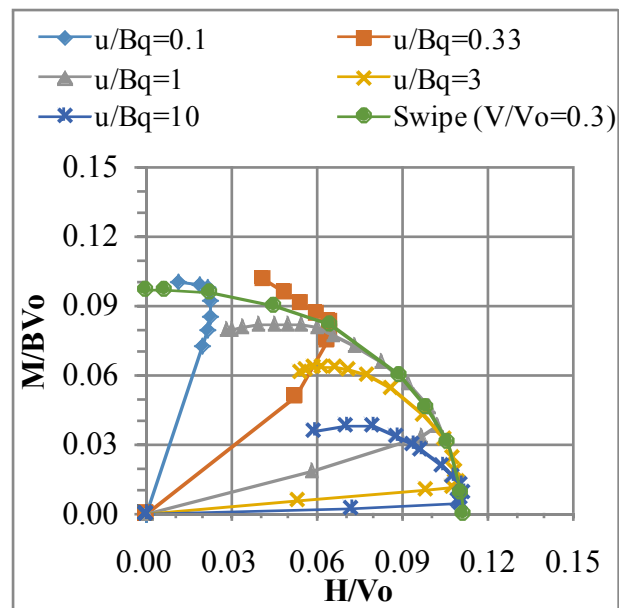
Hình 19. Trình tự gia tải theo phương pháp tỷ lệ chuyển vị

Phương pháp phân tích tải trọng bao theo trình tự gồm 3 bước. Bước (1) gia tải đứng đến cấp tải trọng đứng (V_i) theo chuyển vị đứng (w_i) tương ứng; bước (2) gia tải ngang bằng cách khống chế chuyển vị ngang đến khi đạt tới tải trọng ngang giới hạn; bước (3) gia tải mô men bằng khống chế chuyển vị xoay đến khi đạt tới giới hạn, trình tự phân tích được thể hiện trên hình 19. Kết quả phân tích thu được đường bao tải trọng giới hạn (V-H-M) tương ứng cấp tải trọng đứng (V_i).



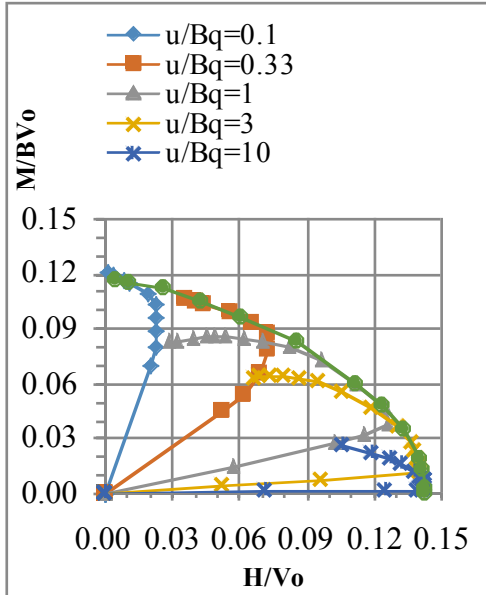
Hình 20. Phương pháp phân tích tải trọng bao ứng với $u - B\theta$ theo cấp $w_i(V_i)$

So sánh kết quả biểu đồ quan hệ (H/V_0) với (M/Bv_0) ứng với cấp tải trọng đứng $V/V_0 = 0.3, 0.045$, có hình dạng đường bao tương đồng như trên hình 20 và hình 21. Phương pháp phân tích theo đường bao cho kết quả phù hợp với phân tích theo tỷ lệ chuyển vị. Trên cơ sở đó, tiến hành đồng thời cho phân tích theo đường bao và theo tỷ lệ chuyển vị để so sánh và lập đường bao tải trọng giới hạn (V-H-M).



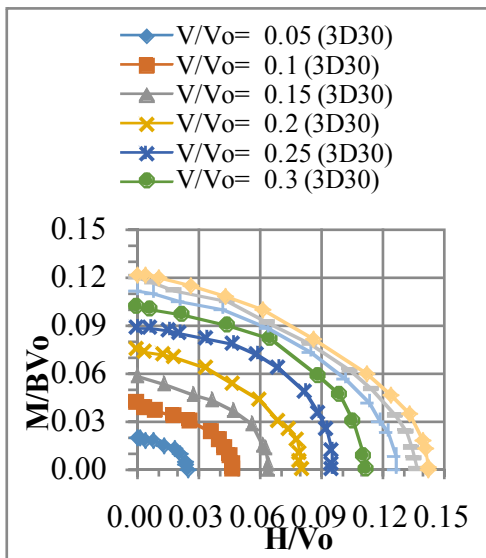
Hình 21. Đường bao tải trọng giới hạn với $V/V_0 = 0.3, \delta = 300$

Tiến hành lập đường bao tải trọng $H/V_0 - M/BV_0$ với các cấp tải trọng đứng tương ứng $V/V_0 = 0.05, 0.1, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45$ và 0.50 , phân tích theo hai phương pháp trên và lập thành họ đường bao tải trọng giới hạn (cùng mức tải trọng đứng) như trên hình 23 và hình 24.

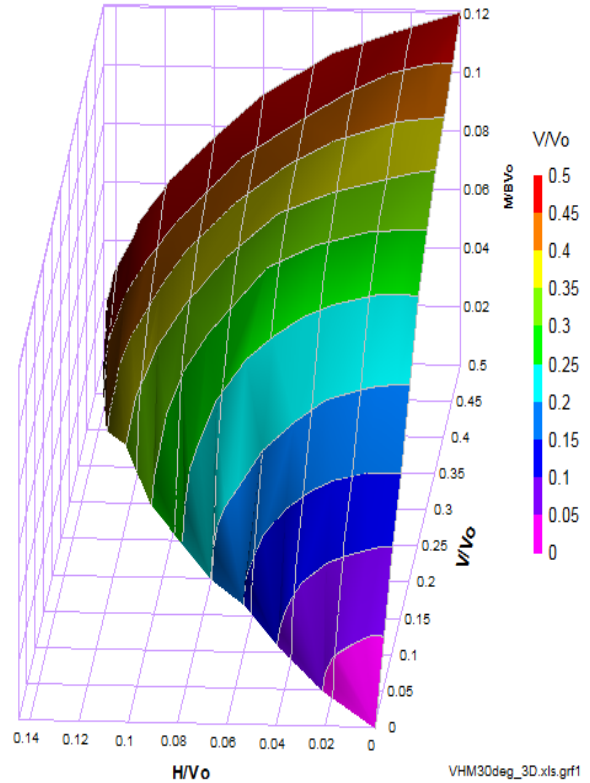


Hình 22. Đường bao tải trọng giới hạn với $V/V_0=0.45, \delta=300$

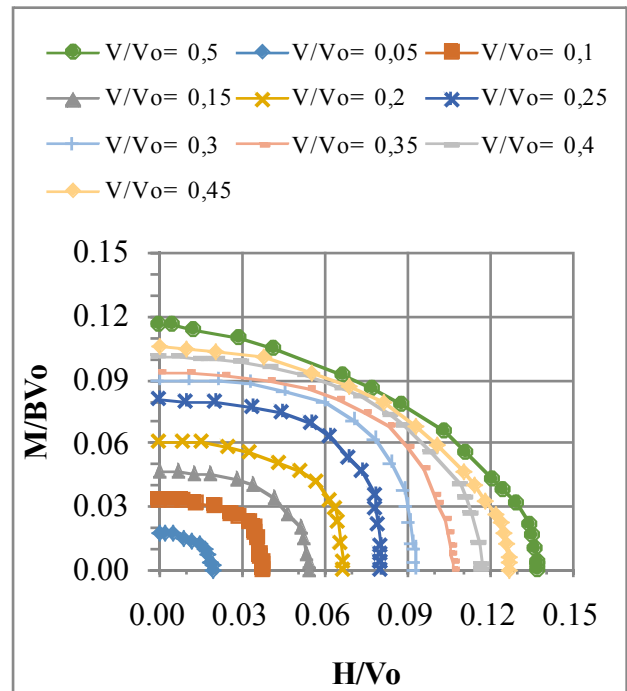
Tương tự phân tích đường bao tải trọng giới hạn của móng với góc ma sát tiếp xúc $\delta=24,30$ như trên hình 24 và hình 25.



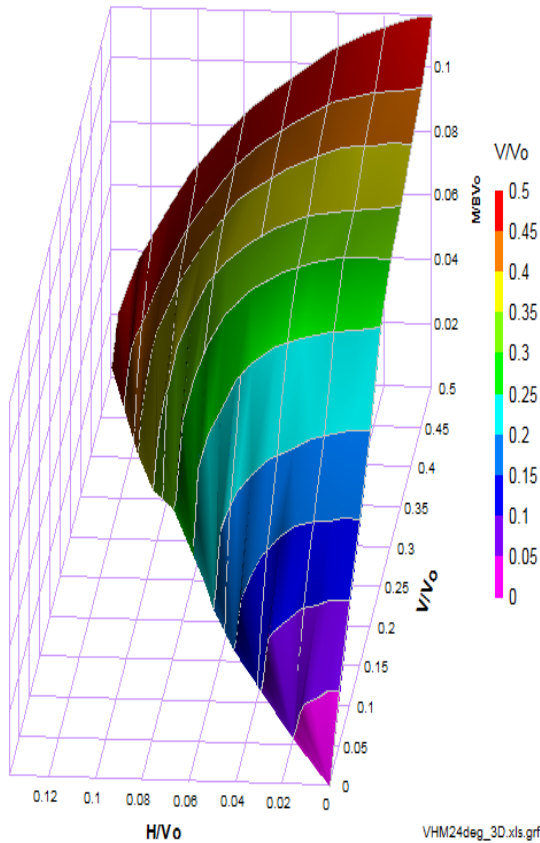
Hình 23. Đường bao tải trọng giới hạn VHM với góc tiếp xúc $\delta=300$



Hình 24. Đường bao tải trọng giới hạn VHM với góc tiếp xúc $\delta=300$



Hình 25. Đường bao tải trọng giới hạn VHM với góc tiếp xúc $\delta=24,30$



Hình 26. Biểu đồ bao tải trọng giới hạn VHM với góc tiếp xúc $\delta=24,30$

KẾT LUẬN

Trong bài báo này, tác giả trình bày phương pháp xây dựng đường bao tải trọng giới hạn của đập xà lan trên nền đất yếu. Đường bao tải trọng giới hạn 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 tải trọng giới hạn. Đường bao tải trọng giới hạn không thứ nguyên

của đập xà lan được sử dụng trong tính toán ổn định đập xà lan trên nền đất yếu. Điều này hỗ trợ rất tốt 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 tải trọng đứng giới hạn V_0 . Từ đó sẽ tính toán xác định được các đại lượng V/V_0 , H/V_0 , M/BV_0 , chuyển các điểm này vào hệ tọa độ 3 trục không thứ nguyên và tiến hành phân tích: 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. Việc xây dựng đường bao tải trọng giới hạn cho đập xà lan trên nền đất yếu có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hải Hà (2018), “Nghiên cứu xác định góc ma sát tiếp xúc móng ĐXL trên nền đất yếu chịu tải trọng phức hợp đứng, ngang và mô men”, tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy Lợi Việt nam, số 45 ISSN:1859-4255, 07-2018.
- [2] Trần Đình Hoà và nnk (2008), “Công trình ngăn sông lớn vùng ven biển”, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- [3] 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 xà lan”, Tập 2. các giải pháp khoa học và công nghệ xử lý nền móng dưới nước đập xà lan, 2014.
- [4] 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
- [5] ABAQUS., (2013). “ABAQUS Analysis User's Manual” (Ver. 6.13), Hibbit, Karlsson and Sorensen Inc., USA;

- [6] Bransby, M.F., Randolph, M.F., (1998). Combined loading of skirted foundations, *Geotechnique*, Vol. 48, No. 5, pp. 637-655. 10
- [7] Martin, C.M (1994), Physical and numerical modelling of offshore foundation under combined loads, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at Oxford.
- [8] Gottardi, G., Houlsby, G. T. & Butterfield, R. (1999). Plastic response of circular footings on sand under general planar loading. *Geotechnique* 49, No. 4, 453–469.
- [9] Ngo Tran (1996), *The analysis of offshore foundations subjected to combined loading*, a thesis submitted for the degree of doctor of philosophy at Oxford.
- [10] Goodman, R., Taylor R. and Brekke, T. (1968) A model for the mechanics of jointed rock. *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division* 99, 637-659.
- [11] Tan, F.S.C (1990) Centrifuge and theoretical modelling of conical footings on sand. PhD thesis, University of Cambridge, 1