

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH PHẦN TỬ TIẾP XÚC PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH CHỐNG TRƯỢT ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC

ThS. VŨ HOÀNG HƯNG

*NCS Viện Công trình Thủy lợi Thủy điện,
Đại học Hà Hải, Trung Quốc*

TS. NGUYỄN QUANG HÙNG

Trường Đại học Thủy lợi, Việt Nam

Tóm tắt: Hiện nay khi kiểm tra ổn định chống trượt đập bê tông trọng lực thường sử dụng phương pháp cân bằng giới hạn và phương pháp kết hợp phân tích phần tử hữu hạn với cân bằng giới hạn. Các phương pháp này đã quen thuộc với người tính toán và tích lũy được nhiều kinh nghiệm. Lợi dụng đặc tính của phần tử tiếp xúc và tiêu chuẩn phá hoại Drucker - Prager có sẵn trong phần mềm ANSYS, bài báo đề xuất thêm một phương pháp mới đó là sử dụng mô hình tiếp xúc phần tử hữu hạn phân tích ổn định chống trượt đập bê tông trọng lực.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đập trọng lực là một loại hình đập ra đời tương đối sớm nhưng cho đến nay vẫn được sử dụng nhiều. Nguyên lý làm việc của đập trọng lực có thể khái quát thành hai điểm: một là dựa vào trọng lượng đập phát sinh lực cản ma sát trên mặt đáy đập, chống lại sự đẩy trượt của áp lực nước ngang để đạt được yêu cầu ổn định; hai là lợi dụng trọng lượng đập phát sinh ứng suất nén trên mặt cắt ngang, trung hoà ứng suất kéo do áp lực nước để thỏa mãn yêu cầu cường độ. Đập trọng lực có thể bị mất ổn định dưới hai hình thức trượt hoặc lật, nhưng trên thực tế rất ít công trình bị phá hoại về lật và chủ yếu là đập trọng lực bị phá hoại là do trượt. Vì vậy vấn đề ổn định trượt là một vấn đề chủ yếu của ổn định đập. Hầu hết quy phạm thiết kế đập bê tông trọng lực của các quốc gia đều cho phép chỉ kiểm tra ổn định trượt và được tính toán theo phương pháp cân bằng giới hạn khối cứng. Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, rõ ràng nhưng vẫn còn một vài hạn chế như chỉ xem xét đặc tính cường độ của đá nền không xét đến quan hệ ứng suất biến dạng thực tế của khối đá, kết quả thu được chỉ là hệ số an toàn trên mặt trượt giả định, không xét ảnh hưởng của tính không đồng đều đặc tính cơ học khối đá và phân bố ứng suất trên mặt trượt^[1]. Những năm gần đây phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng rộng rãi trong phân tích kết cấu đập bê

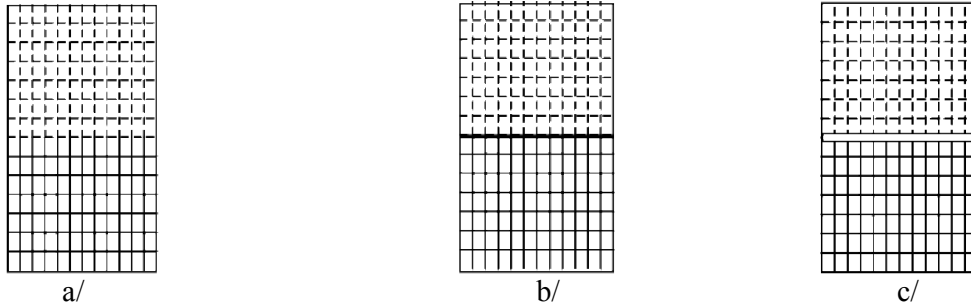
tông trọng lực, phương pháp này dựa vào kết quả phân tích ứng suất đập để tính toán kiểm tra ổn định chống trượt theo công thức cân bằng giới hạn. Việc ứng dụng kết quả tính toán phần tử hữu hạn để phán đoán ổn định còn cần phải nghiên cứu thêm. Lợi dụng đặc tính của phần tử tiếp xúc và tiêu chuẩn phá hoại Drucker - Prager có sẵn trong phần mềm phân tích phần tử hữu hạn ANSYS, bài báo đề xuất thêm một phương pháp mới đó là sử dụng phần tử tiếp xúc mô phỏng tiếp giáp giữa đập và nền để kiểm tra ổn định trượt đập bê tông trọng lực khi phân tích phần tử hữu hạn.

2. ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH CƠ HỌC GIỮA ĐẬP VÀ NỀN

Hiện nay trong quá trình mô phỏng số phần lớn là sử dụng mô hình cơ học một vật thể hai môi trường, tức là cùng một hệ thống mạng lưới phần tử liên tục dùng tính chất cơ học phần tử không giống nhau để phân chia đập và nền (xem hình 1a). Mô hình này coi mặt tiếp xúc giữa đập và nền không có chuyển vị tương đối, lực ma sát và lực dính trên mặt tiếp xúc là vô cùng, bài toán luôn hội tụ. Mô hình này chỉ thích hợp với phân tích ứng suất biến dạng đập và nền hoặc ứng dụng kết quả tính toán phần tử hữu hạn để phán đoán ổn định. Nhưng trên thực tế khi mặt tiếp xúc giữa đập và nền có lực ma sát khá nhỏ hoặc ứng suất cắt mặt tiếp xúc lớn, sẽ phát sinh trượt trên mặt tiếp xúc giữa đập và nền. Do đó

khi tiến hành phân tích cần thiết phải xem xét đặc tính này. Sử dụng phần tử tiếp xúc không độ dày Goodman (hình 1b) và phần tử tiếp xúc có

độ dày Desai (hình 1c) có thể mô phỏng mặt tiếp xúc trượt giữa đập và nền^[2,3].



Hình 1. Ba mô hình tiếp xúc phần tử hữu hạn giữa hai môi trường
 a/ Mô hình liên tục /b Mô hình tiếp xúc thông qua phần tử không độ dày Goodman
 c/ Mô hình tiếp xúc thông qua phần tử có độ dày Desai

Phần tử Goodman là một loại phần tử không độ dày, quan hệ ứng suất biến dạng của phần tử là:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_n \\ \tau \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_n & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_r \\ u_r \end{Bmatrix} = [D]_i \begin{Bmatrix} v_r \\ u_r \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó: σ_n - ứng suất pháp; τ - ứng suất tiếp; k_n, k_s - độ cứng pháp tuyến và tiếp tuyến; v_r, u_r - chuyển vị theo hướng pháp tuyến và tiếp tuyến; $[D]_i$ - ma trận độ cứng phần tử tiếp xúc mặt.

Phần tử tiếp xúc Goodman có hai nhược điểm:

- Để ngăn ngừa sự xâm nhập chồng chéo giữa hai biên phần tử đập và nền khi chịu nén, giả thiết độ cứng pháp tuyến k_n lớn (ví dụ như $k_n = 10^8 \text{ kN/m}^3$).

- Khi chịu điều kiện tải trọng khác nhau, mặt tiếp xúc có nhiều loại đặc tính biến hình: kết dính, trượt, xé nứt...nhưng phần tử Goodman không thể mô phỏng những đặc tính trên mặt tiếp xúc này.

Phần tử Desai là một loại phần tử tiếp xúc có độ dày, độ dày phần tử thông thường là từ 0.01 ~ 0.10m, nó giải quyết khá tốt tính liên tục phân bố ứng suất gần mặt tiếp xúc. Quan hệ ứng suất biến dạng của phần tử Desai là:

$$\{d\sigma\} = [D]_i \{d\varepsilon\} = \begin{bmatrix} [D_{nn}]_i & [D_{ns}]_i \\ [D_{sn}]_i & [D_{ss}]_i \end{bmatrix} \{d\varepsilon\} \quad (2)$$

Trong đó: $\{d\sigma\}$ - véc tơ vi phân ứng suất; $\{d\varepsilon\}$ - véc tơ vi phân biến dạng; $[D_{nn}]$ - thành phần kéo của độ cứng; $[D_{ss}]$ - thành phần cắt

của độ cứng; $[D_{ns}]$, $[D_{sn}]$ - thành phần ngẫu hợp kéo và cắt của độ cứng.

Mặc dù phần tử Desai có thể mô phỏng trạng thái tiếp xúc dính kết, trượt, nứt...giữa đập và nền cùng với các thớ nứt trong khối đá nền, nhưng lựa chọn độ dày phần tử ảnh hưởng trực tiếp đến mặt tiếp xúc.

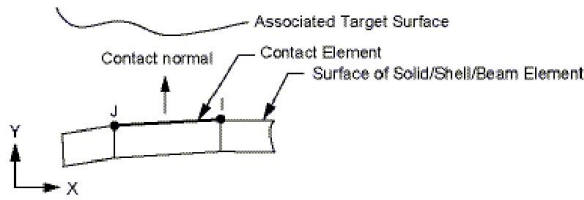
3. MÔ PHỎNG TIẾP XÚC TRONG PHẦN MỀM ANSYS

3.1. Lựa chọn loại hình phần tử

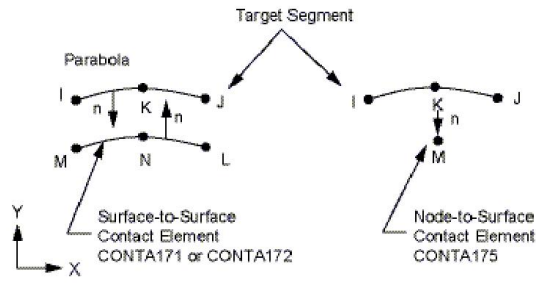
Hiện nay phần mềm phân tích phần tử hữu hạn ANSYS có khả năng mô phỏng rất tốt mặt tiếp xúc giữa hai môi trường bằng cách sử dụng phần tử Goodman có độ dày bằng 0 hoặc phần tử có độ dày Desai.

Để mô phỏng tiếp xúc giữa hai môi trường 2D thông qua phần tử có độ dày bằng 0, lần lượt sử dụng phần tử TARGE169 mô phỏng mặt “mục tiêu”, dùng phần tử CONTA171 mô phỏng mặt “tiếp xúc”. Một phần tử mục tiêu và một phần tử tiếp xúc được gọi là một “đôi tiếp xúc”. Mô hình học phần tử tiếp xúc mặt hai chiều hai điểm nút CONTA171 và phần tử mặt mục tiêu TARGE 169 được cho ở hình 2^[4].

Để mô phỏng tiếp xúc giữa hai môi trường 2D thông qua phần tử có độ dày lớn hơn 0, có thể sử dụng phần tử biến dạng phẳng PLANE42 được cho ở hình 3^[4]. Phần tử này cũng là phần tử mô phỏng đập và nền.



Hình 2 Mô hình phần tử tiếp xúc mặt 2D hai điểm nút CONTA171 và phần tử mặt mục tiêu TARGE169



bê tông là tiêu chuẩn phá hoại Mohr – Coulomb có công thức biểu đạt như sau:

$$\frac{1}{3}I_1 \sin \varphi + \left[\cos \theta - \frac{1}{\sqrt{3}} \sin \theta \sin \varphi \right] \sqrt{J_2} = c \cos \varphi \quad (3)$$

Trong đó:

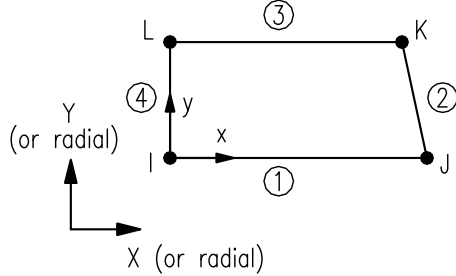
$$I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z;$$

$$J_2 = \frac{1}{6} \left[(\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + (\sigma_x - \sigma_y)^2 + 6(\tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 + \tau_{xy}^2) \right]$$

Mặt phá hoại của không gian ứng suất chính tiêu chuẩn phá hoại Mohr – Coulomb là mặt không có quy tắc và có điểm đỉnh kỳ dị dẫn đến không có lợi khi tính toán số thậm chí không hội tụ, vì vậy thường sử dụng tiêu chuẩn phá hoại Drucker – Prager để tiến hành chỉnh sửa^[5], hàm số phá hoại sử dụng là:

$$\alpha I_1 + \sqrt{J_2} = k \quad (4)$$

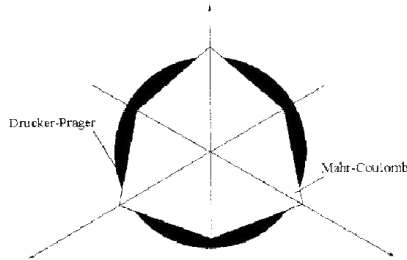
Trong đó: α và k là hàm số của c và φ



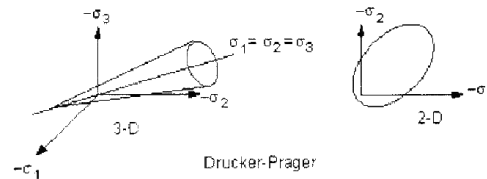
Hình 3 Phần tử biến dạng phẳng PLANE42 mô phỏng tiếp xúc giữa đập và nền

3.2 Lựa chọn mô hình vật liệu mặt tiếp xúc

Vật liệu đá nền, bê tông đập đều thuộc vật liệu hạt rời, cường độ phá hoại chịu nén lớn hơn rất nhiều cường độ phá hoại chịu kéo, khi chịu cắt có thể giãn nở. Tiêu chuẩn phá hoại VonMises không thích hợp với vật liệu này. Tiêu chuẩn phá hoại thường dùng với đá nền và



Hình 4 So sánh tiêu chuẩn phá hoại Mohr – Coulomb và Drucker - Prager



Hình 5 Mặt phá hoại không gian ứng suất chính Drucker - Prager

Khi tính toán hệ số an toàn chống trượt mặt tiếp giáp giữa đập trọng lực và nền, Li Zhen^[6] kiến nghị sử dụng mặt phá hoại không gian ứng suất chính tiêu chuẩn Drucker – Prager nội tiếp trong mặt phá hoại không gian ứng suất chính Mohr – Coulomb, khi đó công thức tính toán α và k dưới trạng thái biến dạng phẳng là:

$$\alpha = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{3} \sqrt{3 + \sin^2 \varphi}}, \quad k = \frac{3c \cos \varphi}{\sqrt{3} \sqrt{3 + \sin^2 \varphi}} \quad (5)$$

Trong phần mềm ANSYS chỉ cung cấp tiêu chuẩn phá hoại Drucker – Prager nội tiếp góc ngoài Mohr – Coulomb, không có tiêu chuẩn phá hoại Mohr – Coulomb, tham số vật liệu được đưa vào là c và φ ^[4]. Vì vậy cần phải tiến hành tính toán chuyển đổi c và φ cho phù hợp với yêu cầu ở trên.

Công thức tính toán α và k khi mặt phá hoại không gian ứng suất chính tiêu chuẩn Drucker – Prager nội tiếp góc ngoài mặt phá hoại không

gian ứng suất chính Morh – Coulomb là:

$$\alpha = \frac{2 \sin \varphi}{\sqrt{3}(3 - \sin \varphi)}, \quad k = \frac{6c \cos \varphi}{\sqrt{3}(3 - \sin \varphi)} \quad (6)$$

Gọi c và φ là tham vật liệu thực tế, c' và φ' là giá trị cần nhập vào trong phần mềm ANSYS, khi đó c' và φ' được xác định từ hệ phương trình sau:

$$\frac{2 \sin \varphi'}{\sqrt{3}(3 - \sin \varphi')} = \frac{\sin \varphi}{\sqrt{3}\sqrt{(3 + \sin^2 \varphi)}} \quad (7a)$$

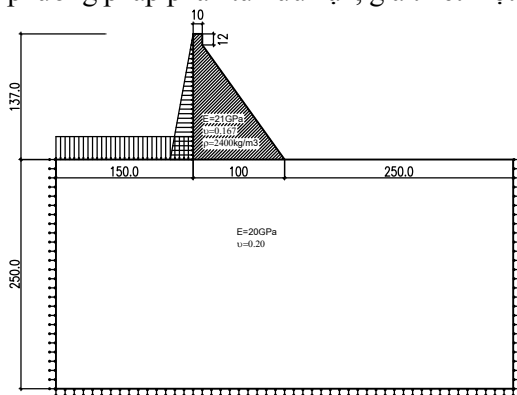
$$\frac{6c' \cos \varphi'}{\sqrt{3}(3 - \sin \varphi')} = \frac{3c \cos \varphi}{\sqrt{3}\sqrt{(3 + \sin^2 \varphi)}} \quad (7b)$$

3.3 Phương pháp kiểm tra ổn định chống trượt và xác định hệ số an toàn

Việc tính toán hệ số ổn định chống trượt K được tiến hành bằng việc kết hợp phân tích ứng suất biến dạng dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp tính toán kiểm tra ổn định trượt trên mặt trượt giả định. Hệ số ổn định chống trượt ở đây được định nghĩa như là hệ số dự trữ bền của vật liệu. Nói cách khác, phương pháp tính toán hệ số ổn định trượt ở đây là phương pháp triết giảm cường độ chống trượt trên mặt trượt giả định. [7]. Hệ số ổn định $K = 1$ tương ứng với trường hợp vật liệu huy động tối cường độ chịu lực trong quá trình làm việc. Hệ số ổn định $K \neq 1$ tương ứng với trường hợp vật liệu làm việc chưa đến trạng thái giới hạn, các giá trị góc ma sát trong và lực dính đơn vị được sử dụng là các giá trị đã triết giảm φ' và c' (các tham số vật liệu khác không thay đổi), tham số cường độ chống trượt sau khi triết giảm được xác định theo công thức:

$$\varphi_K = \arctan(\tan \varphi / K), \quad c_K = c' / K \quad (8)$$

Khi giải bài toán ổn định dự trữ bền bằng phương pháp phần tử hữu hạn, giả thiết một hệ số



Hình 6. Mặt cắt đập tính toán

ổn định K nào đó, tiến hành tính toán phân tích ứng suất biến dạng dựa trên các chỉ tiêu cơ lý suy giảm của vật liệu đã được xác định như trên. Tiến hành phân tích ứng suất biến dạng với các chỉ tiêu cơ lý được xác định theo các công thức (7a,7b). Hệ số ổn định được xác định theo các công thức tính toán hệ số ổn định thông thường.

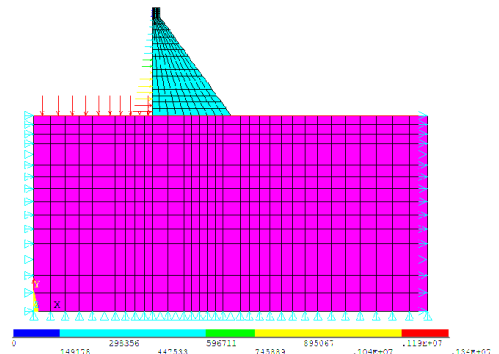
4. VÍ DỤ TÍNH TOÁN 1

4.1 . Nội dung tính toán

Nội dung tính toán của ví dụ nhằm có những so sánh bước đầu về chuyển vị tại chân thượng và hạ lưu đập bê tông trong hai trường hợp vật liệu làm việc với mức độ huy động độ dự trữ tối đa theo như những tính toán truyền thống và trường hợp vật liệu làm việc thực tế với mức độ huy động độ dự trữ bền theo đúng trạng thái thực tế. Thông qua đó thấy rõ được mức độ ảnh hưởng của điều kiện vật liệu tới quá trình làm việc của đập bê tông trọng lực trên nền đá.

4.2 Lựa chọn mặt cắt tính toán

Lựa chọn mặt cắt tính toán đập bê tông trọng lực như hình vẽ 6. Chiều cao đập 137m, chiều dài biên đáy đập 100m, bề rộng đỉnh đập 10m, phạm vi tính toán nền đập về phía thượng lưu 150m, về phía hạ lưu 250m, về phía dưới 250m. Tải trọng tính toán gồm trọng lượng bản thân đập (sử dụng mô hình nền đập không khối lượng) và áp lực nước thượng lưu. Lựa chọn trục X theo phương ngang hướng từ thượng lưu về hạ lưu, trục Y theo phương thẳng đứng hướng lên trên. Hai biên nền đập ràng buộc chuyển vị theo phương ngang (phương trục X) và biên đáy nền đập ràng buộc chuyển vị theo phương đứng (phương trục Y). Chỉ tiêu cơ lý của bê tông đập và nền được cho ở bảng 1.



Hình 7. Mô hình phân tử hữu hạn đập và nền

Bảng 1. Bảng tham số vật liệu

Loại vật liệu	Lực dính c' (Mpa)	Góc ma sát trong φ' (độ)	Modun đàn hồi E (Mpa)	Hệ số Poisson ν	Khối lượng riêng ρ (kg/m ³)
Bê tông đập	-	-	21000	0.167	2400
Đá nền	-	-	20000	0.20	0
Tiếp xúc	1.20	40	20000	0.20	0

Ghi chú: Lực dính và góc ma sát trong là giá trị đưa vào tính toán được xác định theo công thức 7a,b.

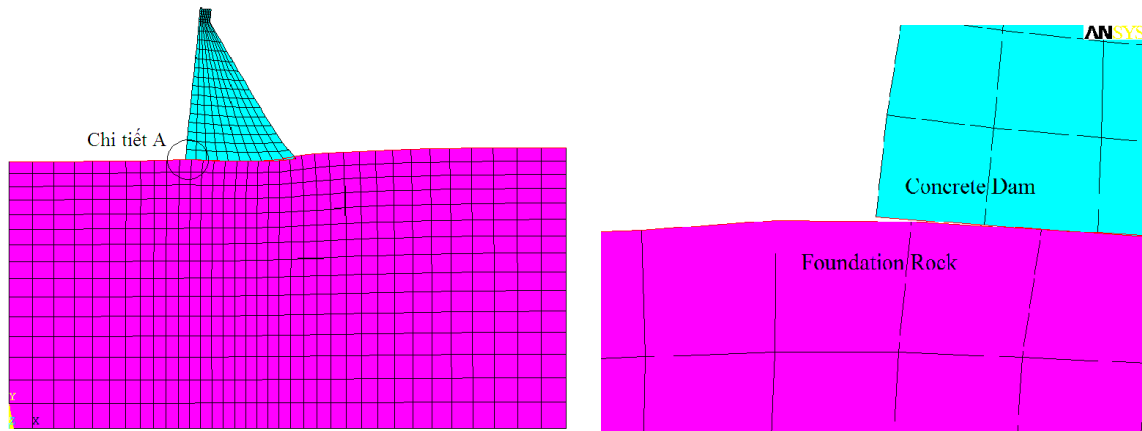
4.3 Mô hình tính toán

Sử dụng phần mềm ANSYS mô phỏng phần tử hữu hạn mặt cắt ngang đập và nền. Đập và nền được mô phỏng bằng 725 phần tử biến dạng phẳng PLANE42 thông qua 807 điểm nút. Tại mặt tiếp giáp giữa đập và nền được mô phỏng bằng 10 phần tử tiếp xúc mặt hai chiều hai điểm nút CONTA171. Mô hình PTHH đập và nền được cho ở hình vẽ 7.

4.4 Kết quả tính toán

Đập thỏa mãn điều kiện ổn định trượt. Hình 8 thể hiện chuyển vị tổng thể và tại vị trí gót đập thượng lưu.

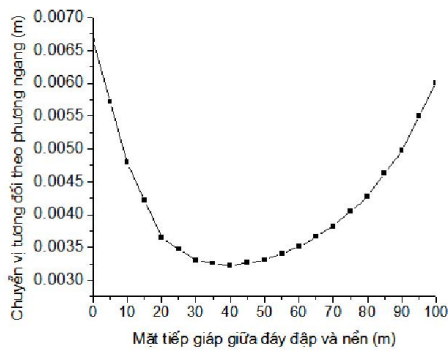
Khi đập chịu áp lực nước, đập bị dịch chuyển về phía hạ lưu. Kết quả tính toán chuyển vị được cho ở bảng 2. Hình 9 thể hiện đường cong quan hệ chuyển vị tương đối theo phương ngang tại mặt tiếp giáp giữa đáy đập và nền trong hai trường hợp thực tế và giới hạn.



Hình 8. Chuyển vị tổng thể và tại vị trí gót đập thượng lưu

Bảng 2. Bảng kết quả tính toán chuyển vị

Trạng thái	Trạng thái giới hạn ($c' = 1.2$ Mpa; $\varphi' = 40^\circ$)			Trạng thái làm việc thực tế $K = 1.5$ ($c_{1.5} = 0.8$ Mpa; $\varphi_{1.5} = 29.22^\circ$)		
	Chuyển vị tổng lớn nhất U_{max}	Chuyển vị tương đối tại mặt tiếp giáp giữa đập và nền		Chuyển vị tổng lớn nhất U_{max}	Chuyển vị tương đối tại mặt tiếp giáp giữa đập và nền	
Giá trị (m)	0.032	Tại gót đập	Tại mũi đập		0.036	Tại gót đập
		0.0067	0.0060		0.0105	0.0095



(a)

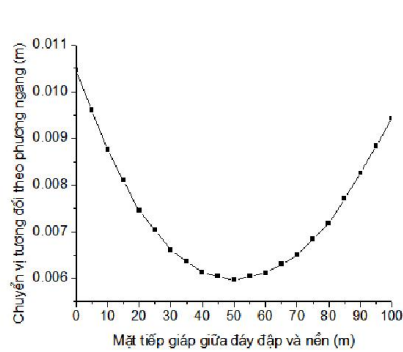
Hình 9. Quan hệ chuyển vị tương đối theo phương ngang tại mặt tiếp giáp giữa đáy đập và nền
(a) Trạng thái giới hạn

Dựa vào kết quả trên hình 9 nhận thấy rằng: khi tính toán phân tích ứng suất biến dạng với trường hợp vật liệu ở trạng thái giới hạn cho kết quả sai khác tương đối lớn. Các giá trị chuyển vị tương đối theo mặt ngang tiếp xúc giữa đập và nền trong trường hợp vật liệu huy động hết khả năng làm việc lớn hơn so với thực tế khoảng 50% tại mép thượng lưu đập và gia tăng lên 100% ở khoảng giữa đáy đập sau đó lại giảm nhỏ xuống 50% đối với mép hạ lưu đập.

5. VÍ DỤ TÍNH TOÁN 2

5.1 Nội dung tính toán

Nội dung tính toán của ví dụ này nhằm so sánh hệ số ổn định của đập bê tông trọng lực khi sử dụng các loại phần tử tiếp xúc khác nhau với trường hợp không xử dụng phần tử tiếp xúc. Thông qua đó có những nhìn nhận về mức độ



(b)

ảnh hưởng của các loại phần tử này tới kết quả tính toán.

5.2 Lựa chọn mặt cắt tính toán

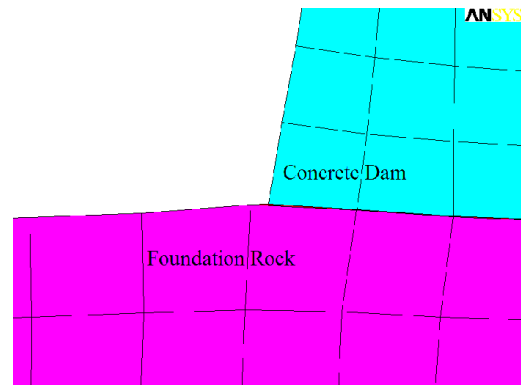
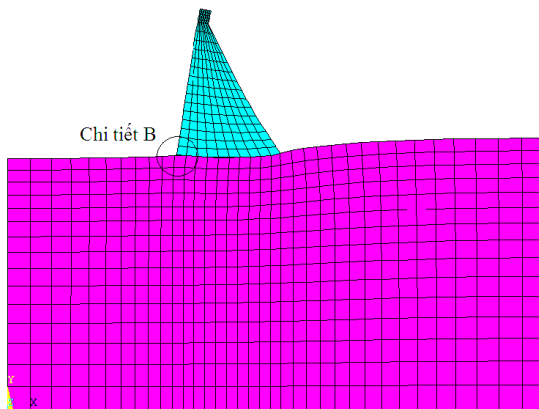
Mặt cắt tính toán và các chỉ tiêu cơ lý bê tông đập, nền và tiếp xúc như ví dụ 1.

5.3 Mô hình tính toán

Sử dụng phần mềm ANSYS mô phỏng phần tử hữu hạn mặt cắt ngang đập và nền. Đập và nền được mô phỏng bằng 725 phần tử biến dạng phẳng PLANE42 thông qua 807 điểm nút giống như ví dụ 1, chỉ khác tại mặt tiếp giáp giữa đập và nền được mô phỏng bằng 10 phần tử tiếp xúc có độ dày bằng 0.05m.

5.4 Kết quả tính toán

Đập thỏa mãn điều kiện ổn định trượt. Hình 10 thể hiện chuyển vị tổng thể và tại vị trí gót đập thượng lưu.



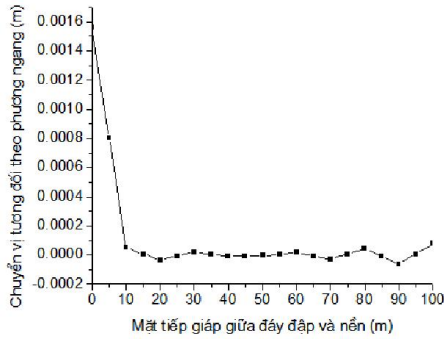
Hình 10. Chuyển vị tổng thể và tại vị trí gót đập thượng lưu

Khi đập chịu áp lực nước, đập bị dịch chuyển về phía hạ lưu. Kết quả tính toán chuyển vị được cho ở bảng 3. Hình 11 thể hiện đường

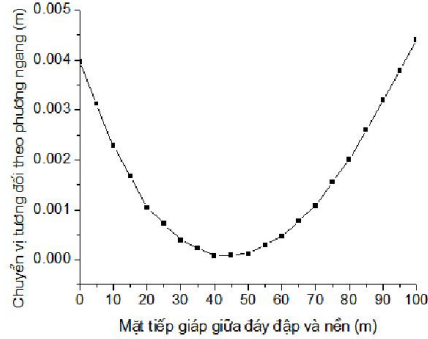
cong quan hệ chuyển vị tương đối theo phương ngang tại mặt tiếp giáp giữa đáy đập và nền trong hai trường hợp thực tế và giới hạn.

Bảng 3. Bảng kết quả tính toán chuyển vị

Trạng thái	Trạng thái giới hạn ($c' = 1.2 \text{ Mpa}$; $\varphi' = 40^\circ$)		Trạng thái làm việc thực tế $K = 3.1$ ($c_{3.1} = 0.387 \text{ Mpa}$; $\varphi_{3.1} = 15.15^\circ$)			
Loại chuyển vị	Chuyển vị tổng lớn nhất U_{max}	Chuyển vị tương đối tại mặt tiếp giáp giữa đập và nền		Chuyển vị tổng lớn nhất U_{max}	Chuyển vị tương đối tại mặt tiếp giáp giữa đập và nền	
		Tại gót đập	Tại mũi đập		Tại gót đập	Tại mũi đập
Giá trị (m)	0.029	0.0015	0.0001	0.032	0.0040	0.0044



(a)



(b)

Hình 11. Quan hệ chuyển vị tương đối theo phương ngang tại mặt tiếp giáp giữa đáy đập và nền
(a) Trạng thái giới hạn (b) Trạng thái làm việc thực tế ($K = 3.1$)

Bảng 4 Bảng so sánh hệ số an toàn trong các trường hợp

Trường hợp	Tính toán theo công thức $K = \frac{f \sum W}{\sum P}$ (*)	Tính toán theo công thức $K = \frac{f \sum W + cA}{\sum P}$ (**)	Mô phỏng tiếp xúc với phần tử không độ dày	Mô phỏng tiếp xúc với phần tử có độ dày 0.05m
Hệ số an toàn	1.5	2.8	1.5	3.1

6 KẾT LUẬN

Từ bảng 4 có thể thấy rằng: khi mô phỏng PTHH tại mặt tiếp xúc giữa đập và nền bằng phần tử tiếp xúc không độ dày với trường hợp tính toán theo công thức (*) xét lực ma sát trên mặt phá hoại có hệ số an toàn là như nhau và bằng 1.5; khi tại mặt tiếp xúc được mô phỏng bằng phần tử có độ dày 0.05m thì hệ số an toàn là lớn nhất bằng 3.1 và lớn hơn một chút so với trường hợp tính toán theo công thức (**) xét đến lực chống cắt trên mặt phá hoại. Vì vậy khi tính toán sơ bộ hay tính toán thiên về an toàn có thể sử dụng phương pháp PTHH mô phỏng tiếp xúc giữa đập và nền bằng phần tử tiếp xúc không độ dày để thay thế phương pháp cân bằng giới hạn truyền thống chỉ xét đến lực ma sát trên mặt phá hoại và có thể sử dụng phương pháp PTHH mô phỏng tiếp xúc giữa đập và nền bằng

phần tử tiếp xúc có độ dày để thay thế phương pháp cân bằng giới hạn truyền thống có xét đến lực chống cắt trên mặt phá hoại. Với khả năng phân tích tiếp xúc hiệu quả cao của phần mềm ANSYS, phương pháp mô phỏng tiếp xúc phần tử hữu hạn phân tích ổn định chống trượt đập bê tông trọng lực có thể thay thế các phương pháp phân tích truyền thống.

Thông qua việc nghiên cứu phân tích ổn định đập bê tông trọng lực trên nền đá khi có sử dụng phần tử tiếp xúc có xét đến độ dư trữ bền của vật liệu đã có những kết quả bước đầu về mức độ ảnh hưởng của trạng thái làm việc của vật liệu cũng như mức độ tương tác giữa đập và nền tới hệ số ổn định trượt của đập. Từ đó làm cơ sở bước đầu cho những nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực phân tích ổn định tổng thể cũng như ổn định cục bộ của đập bê tông trọng lực.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Ru Ming-cai. *The Finite Element Solution of Contact Problem and Its Applications in the Stability Analysis of Gravity Dams*. Master Thesis, Hohai University, 2006.
- [2]. Xie He-ping, Chen Zhong-hui, Zhou Hong-wei, Yi Cheng, Chen Zhi-jian. *Study on two-body mechanical model based on interaction between structural body and Geo-body*. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, Vol24 No9, 2005.
- [3]. Cao Ke-ming. *Concrete Face Rockfill Dam*. China WaterPower Press, 2008, pp311-317.
- [4]. ANSYS Company. *Release 10.0 Documentation for ANSYS*.
- [5]. Yan You-quan. *Basis Nonlinear Finite Element*. China WaterPower Press, 2007, pp44-63 (Chinese).
- [6]. Li Zhen, Zhang Qing, Wu Xu-dong. *Application and Comparison of Five Types of Yield Criteria in Nonlinear Finite Element Method*.
<http://www.jslx.kmip.net/Symp/2006-jiangsu-mech/paper>.
- [7]. Zhang Liao-jun, Wang Da-sheng, Zhang Hui-xing. *Analysis of dynamic stability safety evaluation for gravity dams by strength reduction method*. Advances of modern hydraulic structures. WaterPower Press, 2008, pp 64-69.
- [8]. Zhang Chao-hui. *ANSYS 11.0*. China Machine Press, 2008.
- [9]. Mai Xuân Hương. Sử dụng mô hình tương tác phân tích ứng suất đập bê tông đá đổ bê tông bản mặt. Luận văn thạc sĩ trường đại học Thủy Lợi. 2009.
- [10]. Vũ Quốc Công, Nguyễn Quang Hùng. Nghiên cứu kết hợp mô hình SCRRIP 2004 với mô hình vật lý trong bề sóng phân tích ổn định đê biển tràn nước. Tạp chí khoa học công nghệ. Viện khoa học thủy lợi Việt Nam. 2008, số 18, trang 31-35.

Abstract:

CONTACT FINITE ELEMENT MODEL TO ANALYZE THE ANTI-SLIDE STABILITY OF GRAVITY DAM

Limit equilibrium method and the combination of finite element and limit equilibrium method are commonly used to testing the anti-slide stability of gravity dam. These methods are so familiar with many professional men. This paper briefly introduces the new method to analyze the anti-slide stability of Gravity Dam named by: Contact Finite Element Method.

Keywords: Gravity Dam, Anti-slide stability, Finite element method, Contact