

DÙNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN ĐỂ PHÂN TÍCH CỐ KẾT CỦA ĐẬP ĐẤT

Phạm Huy Thanh^{1,2}, Cheng Jing²

Tóm tắt: Phương pháp phần tử hữu hạn là một công cụ hữu ích để giải các bài toán phức tạp trong kỹ thuật nói chung và trong công trình thủy lợi nói riêng. Bài báo này phân tích vấn đề cố kết của đập đất bằng cách đánh giá ảnh hưởng đồng thời của ứng suất và áp lực nước lỗ rỗng trong đập đất sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn. Áp lực nước lỗ rỗng trong phân lõi của đập đất đóng một vai trò quyết định trong quá trình xây dựng và sử dụng của đập. Sử dụng phần mềm phần tử hữu hạn ABAQUS để phân tích một đập đất đại diện. Kết quả tính toán cho thấy, áp lực nước lỗ rỗng có thể cao trong suốt quá trình xây dựng đập nhưng nó sẽ phân tán dần dần vì quá trình cố kết của lõi đập diễn ra trong một thời gian dài. Tuy nhiên, trong một thời gian ngắn nếu mực nước hồ rút đột ngột sẽ dẫn tới sự giảm nhanh của áp lực nước lỗ rỗng trong thân đập, các lực tác dụng lên phân tử đất sẽ đột ngột tăng nhanh do sự giảm nhanh của lực đẩy nổi. Lực kháng cắt giữa các phân tử đất có thể không đủ để chống lại sự gia tăng của ứng suất cắt mà nó phải chịu. Một số kết quả quan trọng được trình bày cho sự phân bố của áp lực nước lỗ rỗng và độ lún của đập đất trong suốt thời kỳ xây dựng, khi hồ tích nước và mực nước hồ rút nhanh.

Từ khóa: phần tử hữu hạn, cố kết, đập đất, áp lực nước lỗ rỗng, mực nước hồ rút nhanh.

I. Giới thiệu chung

Ngày nay, cung cấp nước là một trong những vấn đề quan trọng nhất trong xã hội. Sự hạn chế của nguồn tài nguyên nước trên thế giới là nguyên nhân con người thực hiện nhiều phương pháp khác nhau để đạt được hiệu quả tối đa từ các công trình cấp nước đang tồn tại và xây dựng mới. Đập lớn thường được thiết kế và xây dựng để kiểm soát nguồn nước mặt cho các mục đích khác nhau, chủ yếu là cung cấp nước. Trong thiết kế của đập đất, vấn đề mực nước hồ rút nhanh trong thời gian ngắn cần được xem xét cẩn thận. Khả năng hư hỏng của đập đất trong những tình huống này phụ thuộc vào sự xuất hiện và phân tán của áp lực nước lỗ rỗng trong đất.

Đối với đập đất lớn, áp lực nước lỗ rỗng bên trong lõi sét của đập sẽ xuất hiện khi bắt đầu xây dựng đập và sau đó nó sẽ phát triển tỉ lệ với sự gia tăng chiều cao của đập. Thông thường áp lực nước lỗ rỗng sẽ phát triển bên trong lõi, do quá trình cố kết nó sẽ mất một khoảng thời gian dài để tiêu tán dần áp lực nước lỗ rỗng. Khi chiều cao của đập hoàn thành, ở thời điểm này mực nước hồ bắt đầu dâng, áp lực dư lỗ rỗng

bên trong lõi có thể xuất hiện dựa vào áp lực thủy tĩnh của mực nước trong hồ và tính thấm của nước trong đập đất. Tuy nhiên, nếu mực nước hồ rút nhanh trong một thời gian ngắn sẽ làm cho áp lực nước lỗ rỗng trong thân đập giảm nhanh, các lực tác dụng lên phân tử đất sẽ đột ngột tăng do sự giảm xuống của lực đẩy nổi. Lực kháng cắt giữa các phân tử đất có thể không đủ để chống lại sự gia tăng của ứng suất cắt mà nó phải chịu. Ứng suất cắt tăng lên là do sự gia tăng của tải trọng thẳng đứng vì lớp đất bề mặt có thể bão hòa hoặc gần như bão hòa.

Lý thuyết cố kết được trình bày đầu tiên bởi Terzaghi (1925) cho trường hợp một chiều và được mở rộng cho trường hợp ba chiều bởi Biot (1941). Sự rút gọn hay đơn giản của lý thuyết Biot được trình bày bởi (Gibson và Lumb 1953). Hiện nay lý thuyết tuyến tính của cố kết đã đạt đến giai đoạn mà ở thực tế nhất trí về phương trình cơ bản xem (Verruijt 2008).

Để giải quyết bài toán cố kết phức tạp của Biot, nhiều nhà nghiên cứu sử dụng phương pháp số ví dụ như phương pháp phần tử hữu hạn của Sandhu và Wilson (1969) xây dựng một hàm biến thiên dạng phép nhân chập để suy ra phương trình phần tử hữu hạn, nhưng các ý nghĩa vật lý của hàm này thì không rõ ràng. Sau

¹ Viện đào tạo và KHƯD miền Trung - Đại học Thủy lợi;

² ĐH Hồ Hải, Trung Quốc

đó, C.T. Hwang (1971) đưa ra một loại phương trình phần tử hữu hạn khác sử dụng phương pháp Galerkin, nhưng phương trình đó thì cần phải biết sự phân bố của áp lực nước lỗ rỗng trong các điều kiện biên về ứng suất.

Trong phần tiếp theo, việc thành lập công thức phần tử hữu hạn để phân tích đồng thời vấn đề khuếch tán áp lực nước lỗ rỗng và ứng suất được trình bày. Hơn nữa, xây dựng các hàm nội suy đúng cách, chúng ta có thể suy ra các dạng khác nhau của công thức phần tử hữu hạn. Dùng phép rời rạc hóa trong miền thời gian, chúng ta có thể kết hợp các hình thức khác nhau vào một công thức tính toán chung. Cuối cùng với ví dụ thực tế, chúng ta tiến hành tính toán cố kết hai chiều của công trình đập đất Yashigou. Trong bài báo này, chúng ta chỉ thảo luận cố kết tuyến tính. Tuy nhiên, chúng ta cũng có thể trực tiếp xử lý vấn đề cố kết phi tuyến với hình thức tăng dần của phương trình phần tử hữu hạn chúng được suy ra từ bài báo này.

II. Thành lập công thức phần tử hữu hạn để phân tích đồng thời vấn đề khuếch tán áp lực nước lỗ rỗng và ứng suất

Trạng thái của đất bị ảnh hưởng lớn bởi áp lực của chất lỏng hiện diện trong lỗ rỗng của vật liệu. Nếu ứng suất toàn phần σ (giá trị dương khi kéo) tác dụng lên toàn bộ diện tích của đất và lỗ rỗng, p (giá trị dương khi nén) là áp lực của chất lỏng bên trong lỗ rỗng (thường là nước). Ứng suất hiệu quả có thể được định nghĩa:

$$\sigma' = \sigma + mp \quad (1.1)$$

$$\text{với } m^T = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0].$$

Sự biến dạng của cốt đất chịu sự ảnh hưởng lớn của ứng suất hiệu quả σ' . Mô hình đàn hồi tuyến tính của đất có thể được trình bày như sau:

$$\sigma' = D\varepsilon \quad (1.2)$$

Ngay lập tức, toàn bộ phương trình cân bằng rời rạc cho hỗn hợp của đất và nước được viết bởi Zienkiewicz và Taylor (2000) chính xác giống như dạng đã viết cho tất cả vấn đề của cơ học vật rắn:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + \int_{\Omega} B^T \sigma d\Omega + f = 0 \quad (1.3)$$

với \tilde{u} là hệ số của chuyển vị rời rạc,

$$u \approx \tilde{u} = N\tilde{u} \quad (1.4)$$

B là ma trận quan hệ giữa chuyển vị và biến dạng, M, C, f tương ứng thường là ma trận khối lượng, ma trận giảm chấn, ma trận lực tác dụng. Tuy nhiên, thuật ngữ liên quan đến ứng suất phải được tách ra thành:

$$\int_{\Omega} B^T \sigma d\Omega = \int_{\Omega} B^T \sigma' d\Omega - \int_{\Omega} B^T mp d\Omega \quad (1.5)$$

để chấp nhận mối quan hệ trực tiếp giữa biến dạng (chuyển vị) và ứng suất hiệu quả được kết hợp chặt chẽ. Với cốt đất đàn hồi tuyến tính, ta có:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + K\tilde{u} - Q\tilde{p} + f = 0 \quad (1.6)$$

với K là ma trận độ cứng tiêu chuẩn được viết:

$$\int_{\Omega} B^T \sigma' d\Omega = \left(\int_{\Omega} B^T DB d\Omega \right) \tilde{u} = K\tilde{u} \quad (1.7)$$

và Q là ma trận liên kết của áp lực trong phương trình cân bằng, giả thiết áp lực lỗ rỗng của chất lỏng có thể dùng phép rời rạc tương tự như chuyển vị, ta có:

$$p \approx \tilde{p} = N_p \tilde{p} \quad (1.8)$$

$$\text{Vì vậy, } Q = \int_{\Omega} B^T m N_p d\Omega \quad (1.9)$$

Trong phép rời rạc thông thường trên, các hàm hình dạng N, N_p được dùng như nhau cho các biến tham số \tilde{u} và \tilde{p} tại nút. Với các phương trình động lực học sự liên kết của áp lực được thêm vào phương trình thì rõ ràng cần thiết từ đó áp lực có thể được suy ra. Phương trình thấm tạm thời có thể được viết dưới dạng:

$$-\nabla^T (k \nabla p) + \frac{1}{Q} \dot{p} + \varepsilon_v = 0 \quad (1.10)$$

trong đó Q có liên quan đến tính chịu nén của chất lỏng, ε_v là biến dạng thể tích và k là hệ số thấm của cốt đất, trong phép rời rạc của chuyển vị được cho bởi:

$$\varepsilon_v = m^T \varepsilon = m^T B \tilde{u} \quad (1.11)$$

Phương trình thấm có thể được rời rạc theo phương pháp tiêu chuẩn của Galerkin như sau:

$$Q^T \dot{\tilde{u}} + S \tilde{p} + H \tilde{p} + q = 0 \quad (1.12)$$

với Q được viết như trong phương trình (1.9),

$$S = \int_{\Omega} N_p^T \frac{1}{Q} N_p d\Omega$$

$$H = \int_{\Omega} (\nabla N_p)^T k \nabla N_p d\Omega \quad (1.13)$$

với q bao gồm lực tác dụng và điều kiện biên. Các phương trình cổ kết của đất và chất lỏng được giới thiệu đầu tiên bởi Biot (1941) nhưng sự trình bày công thức này hiện nay được mở rộng trong đó nhiều sự biến đổi xấp xỉ, cũng như tác động khác nhau lập thành quan hệ phi tuyến được thảo luận.

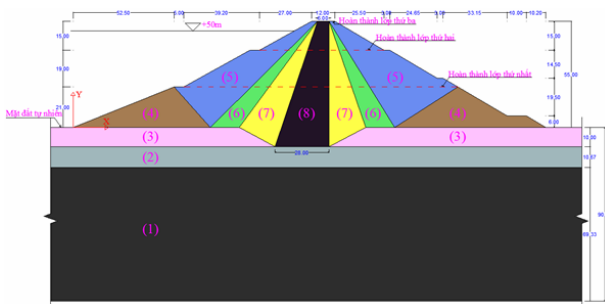
Các lời giải của phương trình cổ kết thường bao gồm trạng thái phi tuyến. Tuy nhiên, nó được giới thiệu để xem xét các phương trình tuyến tính (1.6) và (1.12). Điều này có thể được viết lại:

$$\begin{bmatrix} M & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u} \\ \ddot{p} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C & 0 \\ Q^T & S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u} \\ \dot{p} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K & -Q \\ 0 & H \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ p \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} \tilde{f} \\ \tilde{q} \end{Bmatrix} \quad (1.14)$$

Các thuật toán lời giải của phương trình (1.14) được trình bày chi tiết trong Zienkiewicz và Taylor (2000).

III. Phân tích cổ kết của đập đất Yashigou để nghiên cứu

III.1. Mô tả vấn đề



Hình 1: Mặt cắt ngang điển hình của đập đất Yashigou

Đập đất Yashigou được xây dựng năm 2007 nằm ở phía Đông Nam của huyện Pengyang, tỉnh Ninh Hạ (Ningxia), Trung Quốc và cách trung tâm huyện Pengyang khoảng 35km. Chiều cao của đập là 55m tính từ cao trình mặt đất và chiều rộng của nó tại nền là 245,2m. Ngoài ra, toàn bộ chiều rộng của nền, đá phong hóa và đá cứng là 550m. Mặt cắt ngang điển hình của đập đất Yashigou được trình bày trong Hình 1.

Với mục đích phân tích vĩ mô, đất trong đập có thể được xem xét ở ba thể hợp thành đất gồm thể rắn, thể lỏng và thể khí. Chúng ta sử dụng phần mềm phần tử hữu hạn ABAQUS để mô phỏng mô hình của đập đất, phần mềm này cung cấp nhiều mô hình vật liệu nhưng ở đây tác giả sử dụng mô hình Drucker-Prager trong phần mềm để phân tích vấn đề khuếch tán của áp lực nước lỗ rỗng và chuyển vị trong đập đất. Tính chất cơ lý của đất trong mô hình được trình bày ở Bảng 1.

Hình dạng của đập đất được phân tích và mô tả trong Hình 1. Mô hình đập được áp dụng trong điều kiện bài toán phẳng, đập đất được mô phỏng xây dựng với 3 lớp. Lớp thứ nhất dày 21m và được hoàn thành trong 90 ngày. Lớp thứ hai dày 19m và hoàn thành trong 60 ngày. Lớp thứ ba dày 15m và hoàn thành xong trong 30 ngày. Khi đập đất được xây dựng xong thì hồ chứa bắt đầu tích nước dần dần ở ba giai đoạn. Giai đoạn thứ nhất, mực nước hồ sâu 21m tính từ cao trình mặt đất. Giai đoạn thứ hai và thứ ba thì độ sâu của mực nước tăng lên tương ứng là 40m và 50m tính từ cao trình mặt đất. Mỗi giai đoạn thì diễn ra trong khoảng thời gian 30 ngày.

Bảng 1: Tính chất cơ lý của đất được sử dụng trong tính toán cho mô hình Drucker-Prager

Loại đất (Ký hiệu)	Khối lượng riêng ρ (kg/m^3)	Tính đàn hồi		Tính phi đàn hồi			Trạng thái cứng		Hệ số thấm k (m/s)	Hệ số rỗng ban đầu (e_0)	Hệ số rỗng (e)
		Modun đàn hồi E (MPa)	Hệ số Poisson ν	Góc ma sát β ($^\circ C$)	Hệ số ứng suất chảy dẻo K	Góc giãn nở ψ ($^\circ C$)	Giới hạn chảy (kPa)	Biến dạng dẻo tuyệt đối			
Đá cứng (1)	2650	10000	0.25						1.00E-07	0.1	0.1
Đá phong hóa (2)	2500	1000	0.3						1.00E-05	0.3	0.3
Nền (3)	2100	29	0.25						0.0625	0.29	0.35
Đá đỏ (4)	2240	130	0.2	55	1.0	20	900	0	0.0625	0.29	0.52
Đất lở tích (5)	2090	37	0.2	55	1.0	20	400	0	0.0625	0.29	0.58
Đất bồi tích (6)	2100	29	0.2	55	1.0	20	400	0	0.0625	0.29	0.52
Cát (7)	1870	130	0.25	55	1.0	20	1600	0	0.1	0.42	0.5
Đất sét (8)	1890	15.7	0.45	45	1.0	20	400	0	5.00E-11	0.57	0.514
		10.8	0.35						1.63E-11		

Sau khi hồ tích đầy nước sẽ có giai đoạn tạm thời cho đến khi dòng chất lỏng qua lỗ rỗng của đập đạt đến trạng thái ổn định. Bởi vì giai đoạn tạm thời này sẽ xảy ra trong một thời gian rất dài và sự thay đổi của nó rất từ từ, phần mềm ABAQUS cho phép thực hiện phân tích trạng thái ổn định bằng cách sử dụng điều kiện cuối cùng của bước phân tích trước, đó là cuối giai đoạn thứ ba khi tích nước vào hồ, được xem như ước tính ban đầu của các điều kiện trạng thái ổn định.

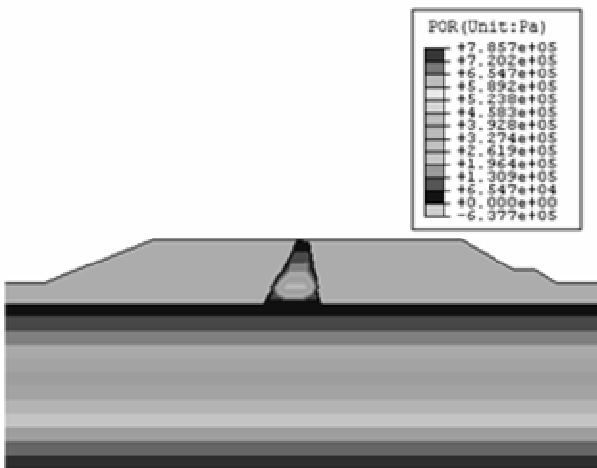
Điều kiện trạng thái ổn định của đập được sử dụng như điểm bắt đầu cho mô hình hóa điều kiện thiết kế quan trọng như quá trình nước hồ rút nhanh trong một thời gian ngắn. Điều kiện nước rút nhanh đạt được bằng cách hạ thấp mực

nước hồ đến cao trình mặt đất tự nhiên. Điều kiện này diễn ra trong khoảng thời gian 7 ngày và được mô phỏng bằng cách phân tích cố kết tạm thời tương tự như mô phỏng quá trình tích nước của hồ chứa.

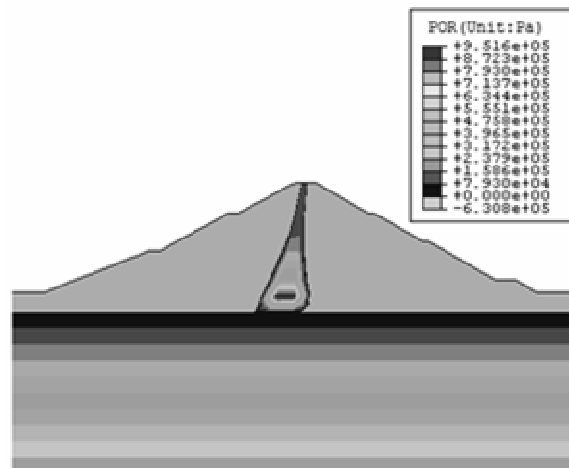
III.2. Kết quả phân tích

III.2.1. Áp lực lỗ rỗng

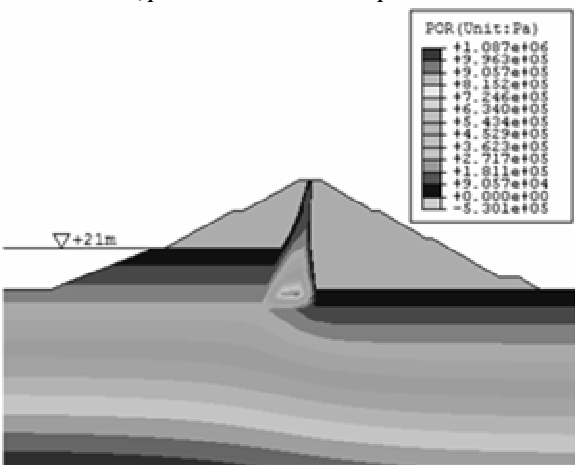
Áp lực nước lỗ rỗng bên trong lõi sét của đập thì phát triển nhanh trong suốt thời kỳ xây dựng của đập. Sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng bên trong lõi sét khi hoàn thành lớp thứ nhất và thứ ba của đập được thể hiện tương ứng trong Hình 2 và Hình 3. Từ các hình đó, ta thấy áp lực lỗ rỗng trong lõi sét tăng nhanh khi chiều cao của đập tăng. Sự gia tăng áp lực lỗ rỗng tại lõi là khá lớn so với phần đất đắp hai bên của lõi đập.



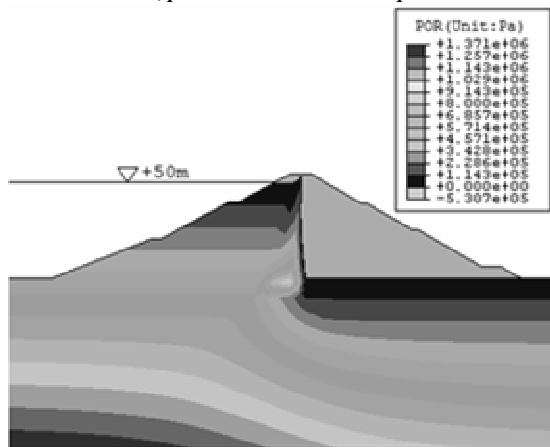
Hình 2: Áp lực lỗ rỗng phân bố bên trong lõi sét của đập khi hoàn thành lớp thứ nhất



Hình 3: Áp lực lỗ rỗng phân bố bên trong lõi sét của đập khi hoàn thành lớp thứ ba



Hình 4: Áp lực lỗ rỗng phân bố trong đập khi kết thúc giai đoạn thứ nhất của quá trình tích nước, mực nước hồ là 21m

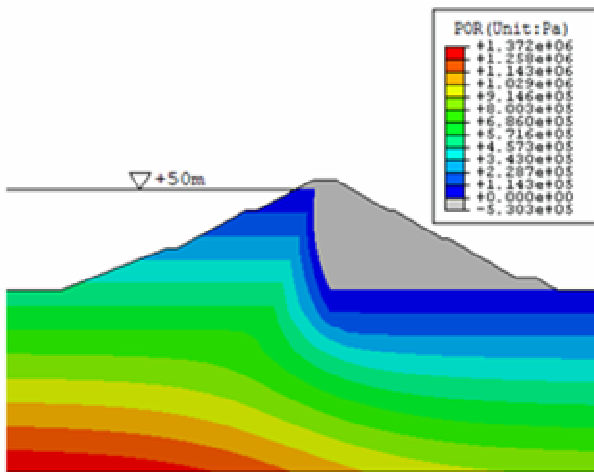


Hình 5: Áp lực lỗ rỗng phân bố trong đập khi kết thúc giai đoạn thứ ba của quá trình tích nước, mực nước hồ là 50m

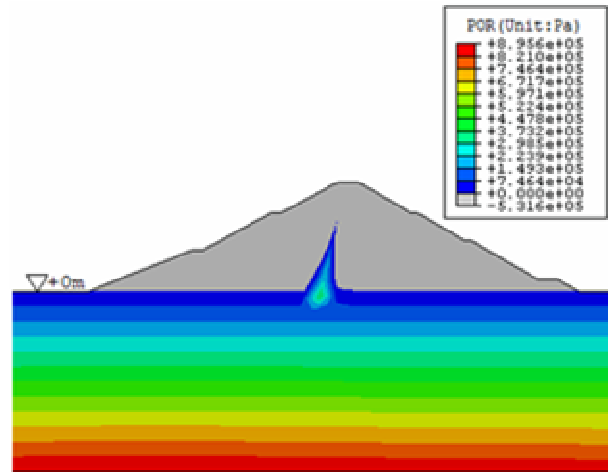
Khi chiều cao của đập được hoàn thành, mực nước của hồ chứa sẽ tăng từ từ và áp lực dư lỗ rỗng có thể xuất hiện dựa vào áp lực thủy tĩnh của mực nước trong hồ và tính thấm của nước trong đập đất. Hình 4 và Hình 5 mô tả sự phân bố của áp lực lỗ rỗng ở cuối giai đoạn thứ nhất và thứ ba khi tích nước vào hồ. Chúng ta có thể nhận thấy, áp lực lỗ rỗng phía thượng lưu của đập bị ảnh hưởng bởi quá trình nước dâng của hồ trong khi phía hạ lưu của đập thì ít bị ảnh hưởng.

Trong một thời gian dài sau khi hồ đầy nước, dòng chất lỏng qua lỗ rỗng của đập đạt trạng thái ổn định. Vị trí của đường bão hòa tại trạng thái ổn định của đập được thể hiện trong Hình 6. Điều kiện trạng thái ổn định được sử dụng để

tiến hành phân tích điều kiện nước hồ rút nhanh. Áp lực lỗ rỗng phân bố trong đập tại cuối thời điểm mực nước rút, hồ không chứa nước được thể hiện trong Hình 7. Ta thấy, áp lực nước lỗ rỗng tại phía hạ lưu của lõi sét dường như không thay đổi nhiều khi mực nước thượng lưu biến đổi mạnh. Ngay cả khi hồ không có nước, áp lực nước lỗ rỗng trong lõi sét vẫn khá cao mặc dù đường bão hòa đã giảm. Tuy nhiên, áp lực nước lỗ rỗng tại chân thượng lưu đập giảm nhanh do sự biến mất của tải trọng nước ở thượng lưu đập. Tính thấm và tốc độ cố kết của vật liệu đắp đập cũng tác động đến sự thay đổi của áp lực nước lỗ rỗng ở thượng lưu đập trong suốt thời kỳ nước rút.



Hình 6: Áp lực lỗ rỗng phân bố trong đập với thời gian khá dài sau khi phân tích trạng thái ổn định, mực nước hồ là 50m

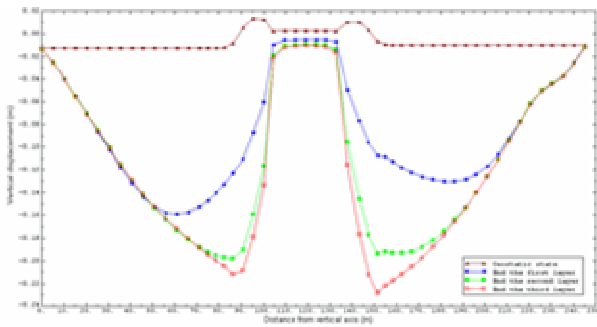


Hình 7: Áp lực lỗ rỗng phân bố trong đập tại cuối thời điểm mực nước rút, hồ không chứa nước

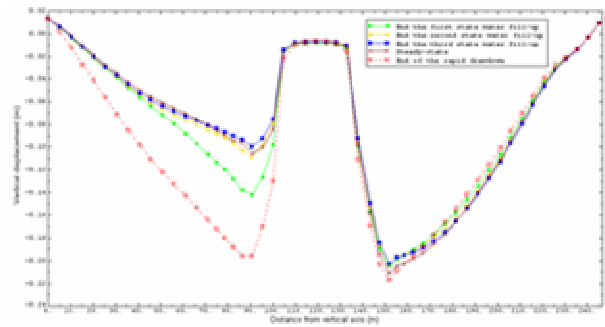
III.2.2. Biến dạng

Hình 8 và Hình 9 mô tả chuyển vị thẳng đứng của bề mặt giữa nền đập và phần đập mới xây dựng với nhiều trạng thái khác nhau như: trước và sau khi xây dựng đập, hồ tích nước, ổn định và mực nước hồ rút nhanh. Từ kết quả của Hình 8 và 9, chúng ta có thể nhận thấy chuyển vị thẳng đứng của bề mặt thì ít thay đổi trước khi xây dựng đập. Khi đập hoàn thành xây dựng lớp thứ nhất, thứ hai và thứ ba thì chuyển vị thẳng đứng của đập cũng tăng nhanh tương ứng với chiều cao của đập. Chuyển vị thẳng đứng

tăng nhanh ở phía thượng và hạ lưu của bề mặt lõi sét và nó ít biến đổi tại bề mặt của lõi sét vì lõi sét nằm trên đá phong hóa. Sau đó, chuyển vị thẳng đứng thì giảm dần khi hồ bắt đầu tích nước, tại trạng thái ổn định của hồ thì nó tăng nhẹ và đột ngột tăng nhanh khi mực nước hồ rút mạnh. Quan sát Hình 9, ta thấy chuyển vị thẳng đứng ở phía thượng lưu của lõi sét thì thay đổi rất nhiều do ảnh hưởng của mực nước hồ lên hoặc xuống nhưng ngược lại chuyển vị thẳng đứng ở phía hạ lưu của lõi đường như ít thay đổi nhiều trong khi mực nước hồ lên hoặc xuống.



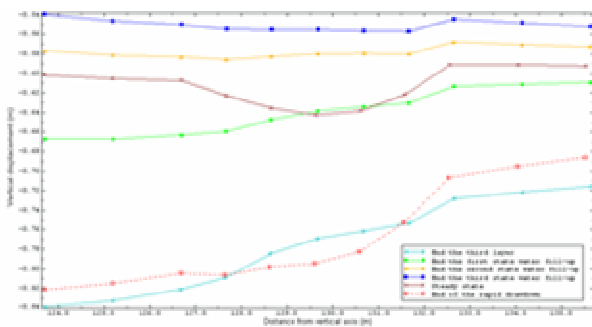
Hình 8: Chuyển vị thẳng đứng của bề mặt giữa nền đập và phân đập mới xây dựng, trước và sau khi đập được xây dựng hoàn thành



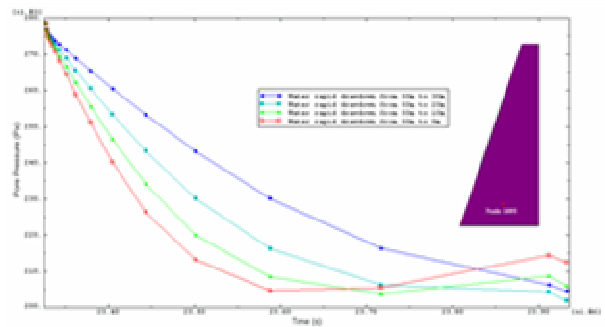
Hình 9: Chuyển vị thẳng đứng của bề mặt giữa nền đập và phân đập mới xây dựng ở trạng thái hồ tích nước, ổn định và mực nước hồ rút nhanh

Hình 10 mô tả chuyển vị thẳng đứng của đỉnh đập ở trạng thái từ khi hoàn thành lớp thứ ba đến khi kết thúc quá trình nước rút. Kết quả cho thấy chuyển vị thẳng đứng của đỉnh đập lớn nhất khi đập xây dựng hoàn thành lớp thứ ba và sau đó chuyển vị thẳng đứng giảm dần khi hồ

tích nước. Tuy nhiên, nó tăng nhẹ khi hồ đầy nước và ổn định trong thời gian dài. Đột ngột mực nước hồ rút nhanh làm cho chuyển vị thẳng đứng của đỉnh đập tăng mạnh và chiều cao của đập cũng bị ảnh hưởng.



Hình 10: Chuyển vị thẳng đứng của đỉnh đập từ khi hoàn thành lớp thứ ba đến khi kết thúc quá trình nước rút



Hình 11: Sự phân tán của áp lực lỗ rỗng tại nút 1895 bên trong lõi sét của đập trong khoảng thời gian nước rút là 7 ngày

III.2.3. Phân tích ảnh hưởng của độ giảm mực nước thượng lưu khi mực nước hồ rút nhanh với cùng điều kiện thời gian

Nếu trong cùng khoảng thời gian 7 ngày, giả thiết có nhiều trường hợp xảy ra như sau: mực nước thượng lưu của hồ có thể giảm xuống tương ứng từ 50m đến 30m, 20m, 10m và 0m so với cao trình mặt đất. Chúng ta cần tìm hiểu tác động của áp lực lỗ rỗng trong lõi sét và chuyển vị thẳng đứng của đập đất khi mực nước thượng lưu của hồ chứa thay đổi nhiều hoặc ít để có biện pháp khắc phục khi nó xảy ra.

Hình 11 miêu tả sự phân tán của áp lực lỗ rỗng bên trong lõi sét của đập trong khoảng thời

gian 7 ngày với sự thay đổi của mực nước thượng lưu nêu trên. Với kết quả của Hình 11 cho thấy sự phân tán lớn nhất của áp lực lỗ rỗng trong lõi sét của đập xảy ra khi mực nước hồ giảm từ 50m đến 0m tại cao trình mặt đất tự nhiên. Chúng ta có thể kết luận rằng sự phân tán của áp lực lỗ rỗng trong lõi sét của đập thì tỉ lệ với độ giảm của mực nước hồ. Kết quả tương tự với chuyển vị thẳng đứng lớn nhất cũng xảy ra khi mực nước hồ giảm từ 50m đến 0m tại cao trình mặt đất tự nhiên. Chúng ta cũng có thể kết luận rằng chuyển vị thẳng đứng càng nhỏ khi cao trình mực nước hồ ít thay đổi.

IV. Kết luận

Qua kết quả phân tích của mô hình đập đất Yashigou, có thể đánh giá được sự thay đổi của áp lực lỗ rỗng bên trong lõi sét và chuyển vị thẳng đứng của đập đất ở trạng thái trước và sau khi đập hoàn thành, cũng như từ khi hồ tích nước đến khi mực nước hồ rút nhanh. Đồng thời có thể rút ra kết luận từ phân tích ảnh hưởng của sự thay đổi mực nước thượng lưu như sau:

- Áp lực lỗ rỗng và chuyển vị thẳng đứng ở phía hạ lưu của lõi đập dường như ít thay đổi khi mực nước hồ thay đổi mạnh.

- Chuyển vị thẳng đứng ở phía thượng lưu của lõi đập thay đổi rất nhiều khi mực nước hồ biến đổi.

- Sự phân tán của áp lực lỗ rỗng trong lõi sét của đập thì tỉ lệ thuận với độ giảm của mực nước hồ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Terzaghi K. (1943), "Theoretical Soil Mechanics", John Wiley and Sons, New York
- [2] Biot M.A. (1941), "General theory of three-dimensional consolidation", Jnl. Appl. Phys., Vol. 12, pp. 155-164
- [3] Gibson R.E., Lumb P. (1953), "Numerical solution of some problems in the consolidation of clay", Proc. Inst. Civil Eng., London, Vol. 1, Part 1, pp. 182-198
- [4] Verruijt A., Brinkgreve R.B.J. and Li. S. (2008), "Analytical and numerical solution of the elastodynamic strip load problem", Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech., Vol. 32, pp.65-80
- [5] Sandhu R.S. and Wilson E.L. (1969), "Finite-element analysis of seepage in elastic media", J. Eng. Mechs. Div., Amer. Soc. Civil Eng., Vol. 95, pp. 641-652
- [6] Hwang C.T., Morgenstern N.R. and Murray D.W. (1971), "On solutions of plane strain consolidation problems by finite element methods", Can. Geotech. J., Vol. 8, pp. 109-118
- [7] Zienkiewicz O.C. and Taylor R.L. (2000), "The finite element method: Volume 1 – The Basis", 5th edition, Butterworth-Heinemann, Oxford

Abstract:

USING FINITE-ELEMENT METHOD TO ANALYZE THE CONSOLIDATION OF EARTH DAM

Finite-element method is a useful tool for solving complex problems in general engineering and hydraulic engineering construction in particular. In this article, using finite-element formulation for coupled pore fluid diffusion and stress analysis problems are described to analyze the consolidation of earth dam. Pore pressure within the core of the earth dams plays a decisive role in the performance of the dams. Using the finite-element software package (ABAQUS) is described to analyze a typical earth dam. Computation results show that although the pore pressure may be high during the construction stage of the dam, it will be dissipated to a reasonable level as the consolidation process of the core will last a long time. However, if water rapid drawdown has occurred in short time for these dams, the pore fluid can drain rapidly leading to a reduction in the pore pressure, the forces acting on the soil particles suddenly increase due to the reduction in buoyancy. The frictional resistance between the soil particles may not be sufficient to resist this increased shear stress to which they are subjected. Some important results are also given for the pore water pressure distribution and settlement of earth dam during construction, fill-up of the reservoir and rapid drawdown period.

Keyword: finite-element, consolidation, earth dam, pore pressure, rapid drawdown

Người phân biên: **TS. Hoàng Việt Hùng**

BBT nhận bài: 28/10/2013

Phản biên xong: 6/1/2014