

ỔN ĐỊNH MÁI DỐC KHI MỤC NƯỚC TRÊN MÁI RÚT NHANH

TS. NGUYỄN CẢNH THÁI

ThS. LƯƠNG THỊ THANH HƯƠNG

Tóm tắt: Mục nước trên mái của các công trình đất (đập vật liệu địa phương, đê, kênh, bờ sông...) rút nhanh trong quá trình vận hành là một trong những nguyên nhân chủ yếu làm mất ổn định mái dốc. Đây là một vấn đề cấp thiết, có tính thực tiễn cao và cần được nghiên cứu một cách chi tiết. Bài báo đã nêu ra những kết quả nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng để ổn định mái dốc như chiều cao nước rút, tốc độ nước rút, chỉ tiêu cơ lý của đất đắp đập, khi mục nước trên mái rút nhanh.

I. Giới thiệu chung

Mục nước trên mái của các công trình đất (đập vật liệu địa phương, đê, kênh, bờ sông...) rút xuống trong quá trình vận hành là một trong những nguyên nhân chủ yếu làm mất ổn định mái dốc. Trường hợp mục nước trên mái rút xuống nhanh, hệ số thấm của đất nhỏ khi đó áp lực kẽ rỗng trong khối đất hầu như không thay đổi so với trước khi nước rút. Trong khi đó tác dụng phản áp giữ ổn định của khối nước trên mái mất đi dẫn đến mất ổn định mái. Trong nhiều trường hợp, việc mất ổn định do nước rút là hệ quả của hư hỏng khác như: cửa tháo không đóng được, đập bị xói ngầm, nước tràn qua đỉnh đập làm vỡ một đoạn đập nào đó dẫn đến mục nước trên mái rút nhanh làm mái thượng lưu bị trượt.

Ngày 5/6/1976 đập Teton bị vỡ khi đó cột nước thượng lưu là 82.9m, thấp hơn mực nước dâng bình thường 6.9m, đập bị vỡ do bị xói ngầm, ngoài việc gây phá hoại lớn ở phía hạ lưu, trong phạm vi 17km lòng hồ phía thượng lưu đã xảy ra 200 vị trí sạt trượt do mục nước trong hồ rút nhanh [11]. Bảng 1 liệt kê một số đập trên thế giới bị mất ổn định do mục nước thượng lưu rút nhanh [1].

Hiện nay, ở nước ta có khoảng 2000 hồ chứa nước có dung tích từ 0,2 triệu m³ trở lên. Hầu hết các đập dâng của các hồ chứa là đập đất. Trong quá trình quản lý, khai thác, vận hành, có nhiều hồ chứa phải hạ thấp mực nước hoặc tháo

cạn hồ qua công lấy nước, công xả đáy, tuyen... để tránh gây ra sự cố, bảo đảm an toàn công trình (khi có nguy cơ vỡ đập) hoặc tháo cạn hồ để phục vụ công tác sửa chữa. Tháo cạn hồ chứa quá nhanh dẫn đến gây trượt mái thượng lưu đập đất

Bảng 1: Một số đập đất bị vỡ do hạ thấp mực nước trước đập

Tên đập	Chiều cao (m)	Dốc mái thượng lưu	Chỉ tiêu cơ lý của đất C T/m ²
Cercey	11.5	2.4 : 1	c' =4.03 φ'= 26°
Wassy	16.5	1.5 : 1	c' =4.30 φ'= 23°
Grosbois	17.4	1.9 : 1	c' =5.58 φ'=25.7°
Charmes	17	1.9 : 1	c' 6.36 φ'= 26.6°
Bear Gulch	19.2	3 : 1	
Belle Fourche	37.2	2 : 1	c' =12.25 φ'= 9.7°
Brush Hollow	22.3	3 : 1	c _u =20.93 ÷44.02
Mount Pisgah	23.2	1.5 : 1	
Utica	21.3	2 : 1	
Eildon	27.4	1.35 : 1	
Aiai-ike	13	1 : 1 - 2 : 1	c' = 2.33 φ'= 18°
Fruitgrower's	11	3 : 1	
Forsyth	19.8	2 : 1	
Standley Lake	34.5	2 : 1	
Willingdon	16.8	2 : 1	
Palakmati	14	2 : 1 - 3 : 1	

Ở miền Bắc, miền Trung và Tây Nguyên có nhiều đê ở các sông có mực nước dao động về mùa lũ rất lớn như sông Hồng, sông Đà, sông Lô, sông Thái Bình, sông Mã, sông Cả, sông Hương, sông Ba, sông SêrêPôk ... Đặc biệt trên một số sông, dao động mực nước phụ thuộc vào quy trình vận hành xả lũ của các hồ chứa ở thượng nguồn, khi có lũ về thì hồ xả lũ với lưu lượng lớn, mực nước sông ở hạ lưu công trình dâng cao, khi ngừng xả lũ thì mực nước sông rút rất nhanh làm cho mái đê phía sông và các bãi ven sông bị sạt lở dẫn đến đê có nguy cơ bị vỡ hoặc làm mất đất canh tác, các khu dân cư, đe

đọa tính mạng và tài sản của nhân dân sinh sống dọc hai bên sông.

Trong các hệ thống công trình thủy lợi có rất nhiều kênh tưới, tiêu lớn. Khi yêu cầu về tưới giảm hay lưu lượng tiêu giảm (hoặc tháo cạn kênh để sửa chữa), mực nước trong các kênh giảm nhanh; đặc biệt là đối với các kênh của các trạm bơm, khi dừng bơm, mực nước trong kênh giảm rất nhanh xảy ra hiện tượng sạt trượt bờ kênh.

Một số hình ảnh mái thượng lưu đập bị trượt do mực nước trên mái rút nhanh được minh họa trong hình 1.



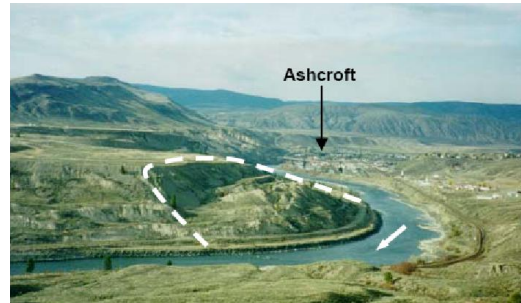
1a. Sạt trượt mái thượng lưu đập Bản Chành



1b. Bờ sông Đà bị sạt lở – Hạ lưu thủy điện HB



1c. Mái kênh bị sạt do nước rút



1d. Bờ sông bị mất ổn định do nước rút

Hình 1. Một số hình ảnh mái bị trượt do mực nước trên mái rút nhanh

II. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRONG NƯỚC VÀ NƯỚC NGOÀI

Việc nhận biết và đánh giá sự nguy hiểm của quá trình rút nước phía thượng lưu đến ổn định mái dốc đã được biết đến từ lâu. Trên thế giới đã có nhiều tác giả đi sâu vào nghiên cứu đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định mái dốc khi mực nước trên mái rút nhanh [2,4, 6,7,8,9,12]. Việc đánh giá ổn định mái dốc có liên quan đến việc xác định dòng thấm và áp lực kẽ rỗng trong thân đập cũng như xác định

các chỉ tiêu chống cắt của đất tương ứng. Morgenstern [9] đã sử dụng phương pháp xác định áp lực kẽ rỗng do Bishop đề ra để xác định áp lực kẽ rỗng của đất nén được trong quá trình mực nước trên mái đập rút nhanh và tính toán ổn định theo ứng suất hiệu quả. Phương pháp tính toán ổn định khi mực nước trên mái rút nhanh có xét đến tính ép co của đất (Bishop-Morgenstern) đã được đưa vào quy phạm thiết kế của một số nước như Ấn Độ, Trung Quốc.

Tezaghi và Peck [12] đã kiến nghị áp lực kẽ rỗng trong quá trình rút nước của đất cát được đầm nện tốt có thể xác định bởi vẽ lưới thấm. Nhiều tác giả sử dụng phương pháp lý thuyết để tính toán áp lực kẽ rỗng trong bài toán thấm không ổn định khi mực nước thượng lưu rút xuống [3, 5]. Desai [4] đã sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán bài toán thấm không ổn định sau đó tính toán ổn định mái dốc bằng phương pháp cân bằng giới hạn. Hàng loạt các tốc độ rút nước tương ứng với hệ số thấm của đất được tính toán, dựa vào kết quả tính toán, Desai cho rằng ảnh hưởng của dòng thấm là nhỏ.

Xu, GM., L.Zhang và S.S. Liu, [12] đã sử dụng máy ly tâm để nghiên cứu quá trình mất ổn định của đê trên nền đất yếu đối với trường hợp đê vừa thi công xong và mực nước thượng lưu rút đột ngột. Từ kết quả đo đạc và quan trắc, các tác giả đi đến nhận xét đối với trường hợp cuối giai đoạn thi công đê bị mất ổn định và mất trượt đi sâu vào trong nền. Ngược lại, khi mực nước thượng lưu rút đột ngột mất trượt xảy ra ở phần thân đê và có xu hướng đi qua chân đập.

Ở Việt Nam, PGS. Nguyễn Quyền đã có các công trình nghiên cứu về dòng thấm không ổn định và ổn định mái đê sông Hồng. Tiêu chuẩn thiết kế đập đất 14 TCN 157- 2005 đã đề cập đến 3 trường hợp tính toán ổn định khi mực nước trên mái rút nhanh, tuy nhiên tiêu chuẩn mới đề cập đến các mực nước (chiều sâu nước rút xuống) không đề cập đến tốc độ nước rút trong tính toán. Thực tế các thiết kế hiện nay chưa đề cập nhiều đến vấn đề này. Khi xác định độ dốc mái thượng lưu chủ yếu theo định tính lấy độ dốc thoải hơn mái hạ lưu. Việc đánh giá một cách chi tiết các khả năng rút nước có thể xảy ra, tốc độ rút nước tối đa để sử dụng khi tính toán ổn định mái thượng lưu trong quá trình vận hành chưa được quan tâm đúng mức. Trừ hồ chứa Hòa Bình có quy định mực nước trong hồ không được rút quá 2m/ngđ, các hồ chứa khác không có quy trình vận hành đề cập đến tốc độ nước rút cho phép đảm bảo an toàn ổn định của mái thượng lưu. Ít có các nghiên cứu đánh giá các hiện tượng hư hỏng mà nguyên nhân là do mực nước rút gây ra.

III. TÍNH TOÁN THẨM

Khi vật liệu có tính ép co nhỏ có thể bỏ qua ảnh hưởng của ép co đối với áp lực nước lỗ rỗng trong quá trình rút nước. Trong thực tế, sau một thời gian dài làm việc đập đã cố kết đến trạng thái ổn định, khi đó có thể xem đập không bị ép co khi mực nước thay đổi. Trong các tính toán trước đây thường xảy ra hai trường hợp cực đoan: (1) coi đập thoát nước tự do, đường bão hoà trong thân đập rút xuống cùng với mực nước thượng lưu; (2) coi đập hoàn toàn không thoát nước, đường bão hoà trong thân đập vẫn giữ nguyên, mực nước thượng lưu trùng với mái thượng lưu đập. Trong thực tế, đường bão hoà trong thân đập nằm ở vị trí trung gian giữa hai giới hạn trên phụ thuộc vào tương quan giữa hệ số thấm và tốc độ nước rút. Để giải quyết bài toán này một cách chính xác cần giải bài toán thấm không ổn định để xác định vị trí đường bão hoà và áp lực khe rỗng tại mọi vị trí trong thân và nền đập. Đây là một bài toán phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như ảnh hưởng của hệ số thấm của thân và nền đập, kết cấu và kích thước của đập, tốc độ nước rút ...

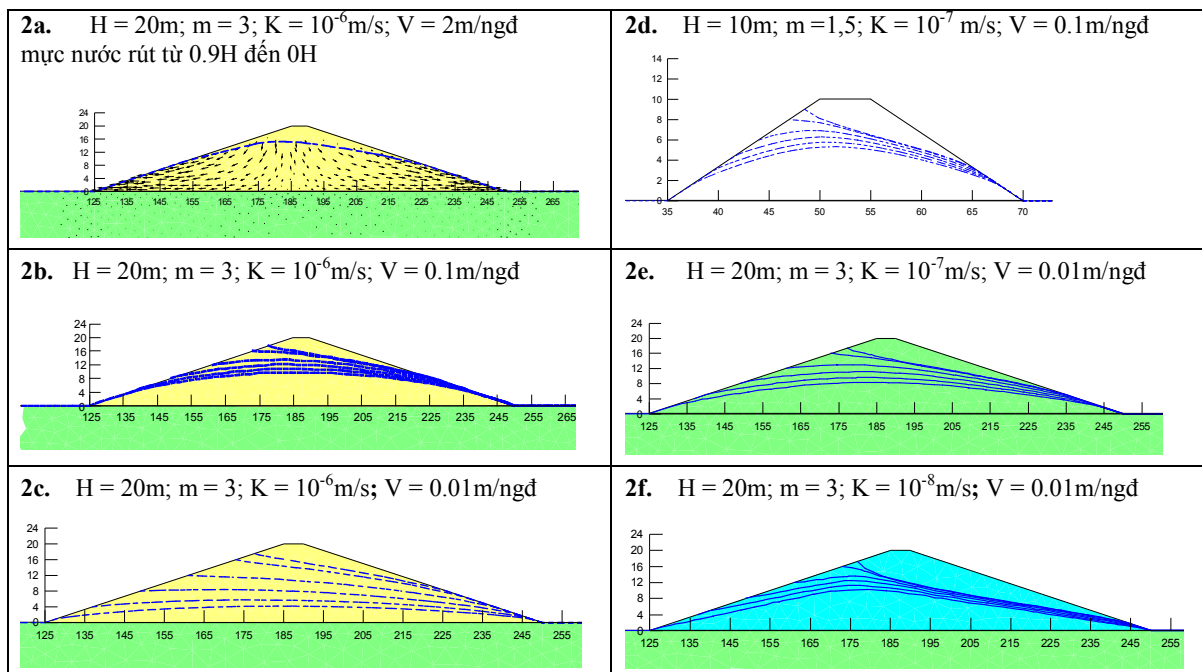
Để tính toán thấm không ổn định, chúng tôi sử dụng chương trình Geostudio của hãng Geoslope international. Đây là chương trình tính toán các bài toán địa kỹ thuật có độ ổn định cao, trong đó modun SEEP/W cho phép giải bài toán thấm không ổn định bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Nhiều trường hợp tính toán đã được xem xét, bao gồm các độ dốc mái khác nhau $m=(1.5, 2, 3, 4)$, với mỗi mái dốc xét các chiều cao đập khác nhau $H=(5, 10, 20, 30m)$. Ứng với mỗi tổ hợp độ dốc mái và chiều cao đập thay đổi nhiều hệ số thấm của thân đập khác nhau $K=(10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6} \text{ cm/s})$. Đồng thời để xem xét ảnh hưởng của tốc độ rút nước, nhiều vận tốc rút nước khác nhau được tính toán $V=(4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01m/ngđ)$. Các trường hợp trên bao trùm hầu hết các trường hợp có thể xảy ra trong thực tế. Các trường hợp tính toán được thể hiện trong bảng 2.

Tại thời điểm ban đầu dòng thấm đạt trạng thái ổn định có cột nước trước đập bằng 0.9 chiều cao đập (0.9H). Đường bão hoà được xác định khi cột nước thượng lưu rút xuống đến các vị trí (0.8H, 0.7H, 0.6H, 0.5H, 0.4H, 0.3H, 0.2H, 0.1H, 0H).

Bảng 2 Các trường hợp tính toán thấm

Độ dốc mái	Chiều cao đập (m)	Hệ số thấm K (cm/s)	Tốc độ nước rút V (m/ngđ)
1.5	5	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
	10	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
2.0	5	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
	10	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
	20	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01

Độ dốc mái	Chiều cao đập (m)	Hệ số thấm K (cm/s)	Tốc độ nước rút V (m/ngđ)
3.0	10	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
	20	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
	30	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
4.0	20	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01
	30	$10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}$	4, 2, 1, 0.5, 0.1, 0.01



Hình 2. Đường bão hòa ứng với các chiều cao rút nước khác nhau

Kết quả hình 2a-f cho thấy hình ảnh đường bão hoà khi mực nước trong hồ đã rút đến các vị trí khác nhau. Khi hệ số thấm của đập là 10^{-6} m/s, với vận tốc nước rút lớn hơn 2m/ngđ (hình 2a), đường bão hoà trong thân đập phía hạ lưu hầu như không đổi, phía thượng lưu dòng thấm đổ về mái thượng lưu và gần trùng với mái thượng lưu. Trường hợp này có thể coi là mực nước thượng lưu rút đột ngột. Với các vận tốc thấm nhỏ hơn hình thành dòng thấm đổ cả về thượng lưu lẫn hạ lưu, đường bão hoà trong thân đập hạ thấp theo mực nước hồ. Với vận tốc nước rút 0.1m/ngđ, toàn bộ đường bão hoà trong thân đập đã hạ thấp rất nhiều nhưng vẫn còn cao hơn mực nước thượng lưu. Khi vận tốc rút nước rất chậm

(0.01m/ngđ), đường bão hoà hầu như hạ thấp tương ứng với sự thay đổi của mực nước thượng lưu (hình 2c). Đường bão hoà trong thân đập gần bằng hoặc thấp hơn mực nước thượng lưu, dòng thấm chủ yếu đi từ thượng lưu về hạ lưu.

Các hình 2c, 2e, 2f cho thấy ảnh hưởng của hệ số thấm đến vị trí của đường bão hoà khi nước rút. Với cùng tốc độ nước rút (0.01 m/ngđ), trường hợp đất đắp đập có hệ số thấm lớn (10^{-6} m/s) đường bão hoà trong thân đập hạ thấp đồng thời với mực nước thượng lưu, trong khi đó đường bão hoà trong đập vẫn rất cao ứng với trường hợp hệ số thấm của thân đập nhỏ (10^{-8} m/s)

Hệ số thấm của đập càng nhỏ độ hạ thấp của đường bão hoà càng nhỏ. Trong các trường hợp

tính toán đều lấy chung hệ số thấm của nền là 10^{-7} m/s khi hệ số thấm của đập nhỏ hơn hệ số thấm của nền dòng thấm có xu hướng đi xuống nền.

Kết quả tính toán ứng với các chiều cao đập khác cũng cho kết quả tương tự.

IV. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH KHI MỨC NƯỚC TRÊN MÁI RÚT NHANH

Trường hợp tính toán

Kết quả tính toán được thực hiện với 2 mặt cắt đập. Mặt cắt thứ nhất có chiều cao đập $H=20$ m, độ dốc mái $m=3$; mặt cắt thứ hai có chiều cao đập $H=10$ m, độ dốc mái $m=1.5$. Với mỗi mặt cắt đập tính toán với nhiều tổ hợp khác nhau về hệ số thấm, tốc độ nước rút và hệ số thấm đã được đề cập ở phần tính thấm. Với mỗi tổ hợp tính thấm như vậy, tính toán ổn định với các giá trị ϕ , c , khác nhau. Các tổ hợp tính toán được tóm tắt trong bảng 3.

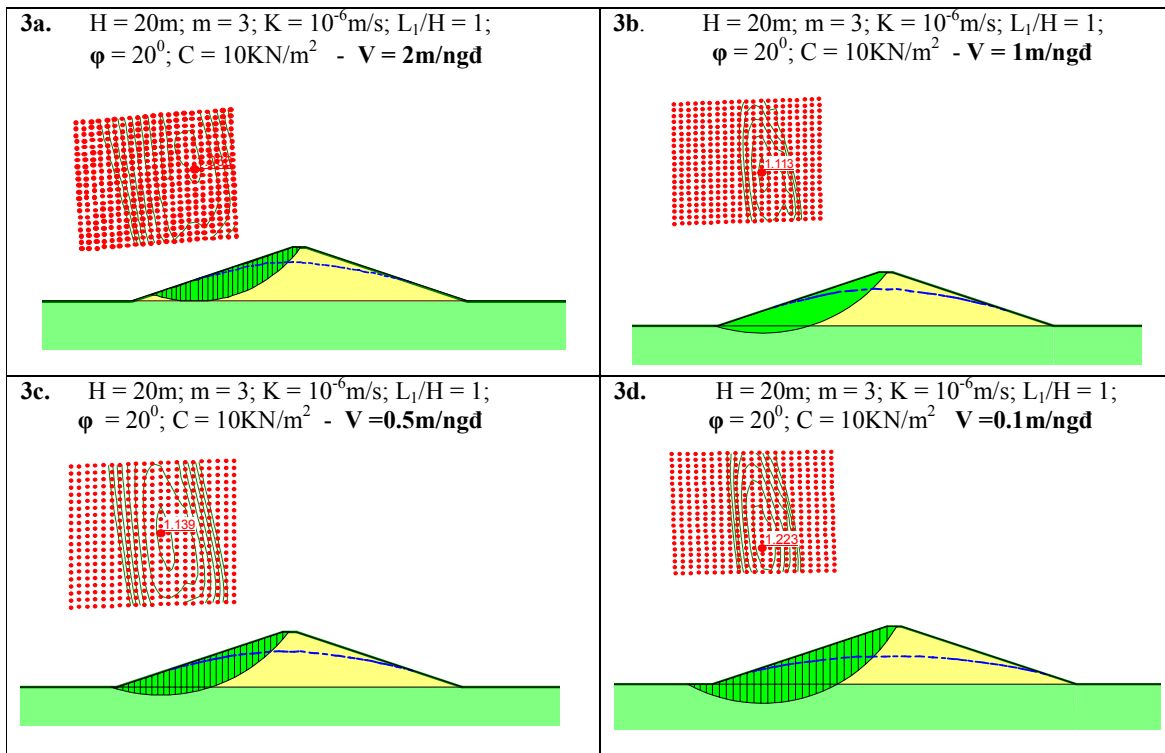
Trong các kết quả tính toán và đồ thị sử dụng ký hiệu L_1 là khoảng cách từ đỉnh đập tới mực nước thượng lưu (sau khi rút xuống). Ví dụ, khi mực nước thượng lưu rút xuống đến cao trình $0.8H$ thì $L_1=0.2H$ còn khi mực nước thượng lưu hạ đến đáy đập thì $L_1=H$.

Bảng 3. Các tổ hợp tính toán ổn định

Mặt cắt đập	$H=20, m=3;$ $H=10, m=1.5$
- Tốc độ rút nước:	2m/ngđ, 1m/ngđ, 0.5m/ngđ, 0.1m/ngđ
- Mực nước thượng lưu rút xuống:	0.8H, 0.7H, 0.6H, 0.5H, 0.4H, 0.3H, 0.2H, 0H
- Hệ số thấm của đập K_d	10^{-6} m/s, 10^{-7} m/s, 10^{-8} m/s
- Hệ số thấm của nền K_n	10^{-7} m/s
Chi tiêu cơ lý của đất đắp (H=10m)	$\phi=10^\circ C=10, 20, 30$ t/m ² $\phi=15^\circ C=10, 20, 30$ t/m ² $\phi=20^\circ C=10, 20, 30$ t/m ²
Chi tiêu cơ lý của đất đắp (H=20m)	$\phi=15^\circ C=15, 20, 30$ t/m ² $\phi=20^\circ C=15, 20, 30$ t/m ² $\phi=30^\circ C=10, 20$ t/m ²

Kết quả tính toán

Hình ảnh một số cung trượt được minh họa trong các hình sau. Hình 3a-d minh họa ổn định của mái khi nước rút đến tận chân đập với các tốc độ khác nhau.

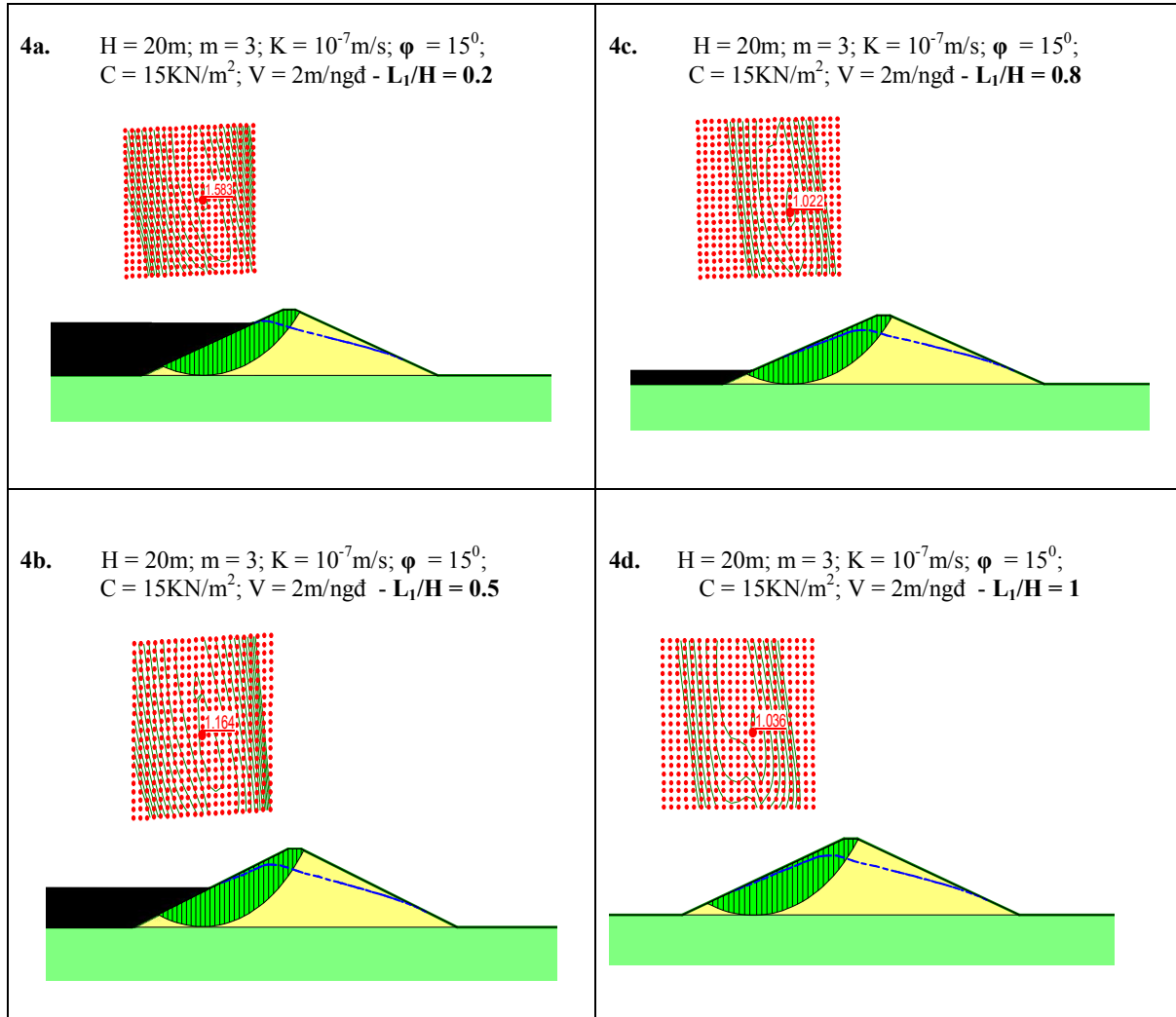


Hình 3. Kết quả tính toán ổn định với tốc độ rút nước khác nhau.

Khi tất cả các điều kiện khác như nhau thì tốc độ nước rút càng nhanh càng nguy hiểm. Vận tốc rút nước càng nhanh khối trượt càng có xu hướng xảy ra trong phần thân đập và gần mái thượng lưu, khi vận tốc thấm càng nhỏ khối trượt có xu hướng ăn sâu xuống nền. Kết quả

tính toán phù hợp với quan sát đo đạc thí nghiệm mô hình trên máy quay ly tâm do Xu, G.M., L.Zhang và S.S. Liu, [12] tiến hành.

Hình 4. minh họa mặt trượt và hệ số an toàn ổn định ứng với các chiều cao rút nước khác nhau



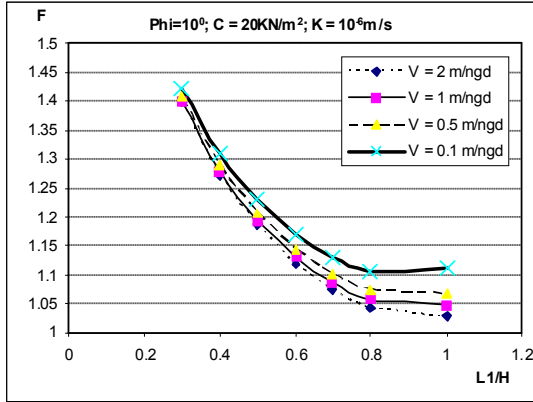
Hình 4. Kết quả tính toán ổn định với các chiều cao rút nước

Mức nước thượng lưu rút càng thấp càng nguy hiểm, tuy nhiên khi mực nước hồ rút đến khoảng chiều cao 0.2 - 0.3 chiều cao đập thì hệ số an toàn ổn định thay đổi rất ít. Thậm chí có trường hợp khi mực nước hạ thấp hơn hệ số an

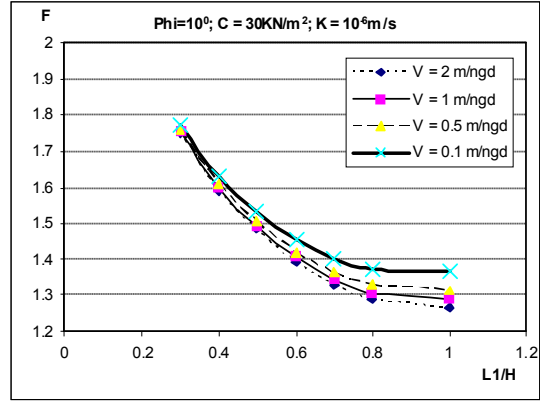
toàn ổn định lại tăng lên.

Các tổ hợp tính toán khác cũng cho kết quả tương tự. Tổng hợp các kết quả tính toán được thể hiện dưới dạng biểu đồ trong hình 4.

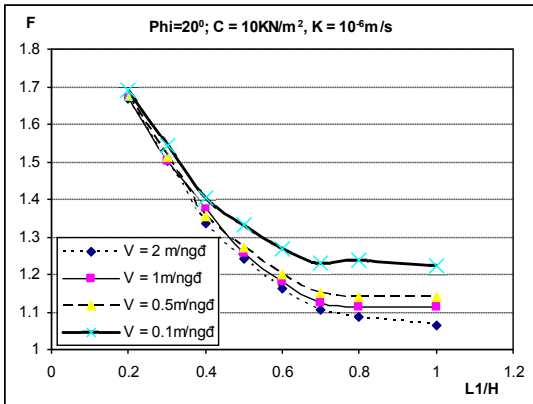
5a. $H = 10\text{m}; m = 1,5$



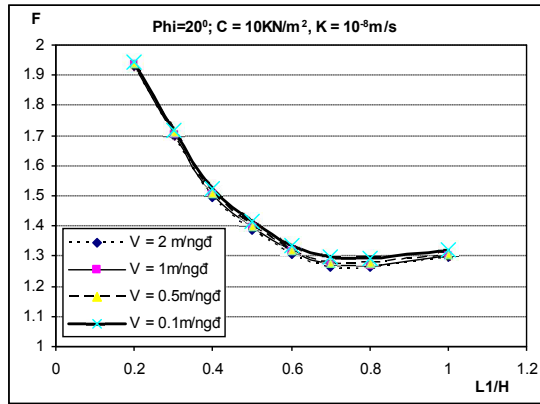
5b. $H = 10\text{m}; m = 1,5$



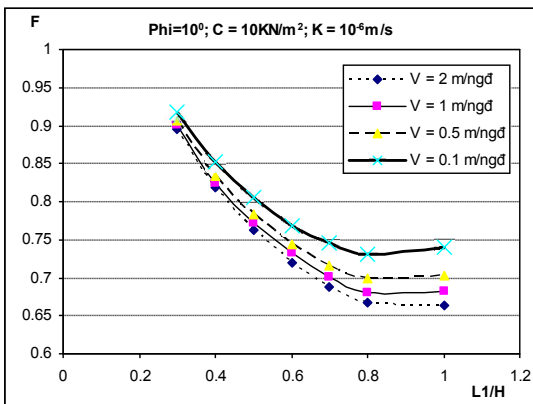
5c. $H = 20; m = 3$



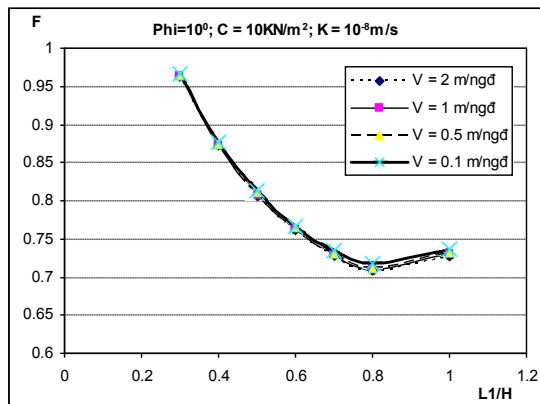
5d. $H = 20; m = 3$



5e. $H = 10\text{m}; m = 1,5$



5f. $H = 10\text{m}; m = 1,5$



Hình 5. Quan hệ giữa hệ số an toàn với các mức nước rút khác nhau

Các đồ thị trên cho thấy trong phạm vi mực nước rút xuống từ 0.1H đến 0.7H hệ số an toàn ổn định giảm dần, trong khi đó trong phạm vi mực nước rút xuống từ 0.7H đến 1H (rút đến chân đập) hệ số an toàn ổn định (F) thay đổi nhỏ. Với đất đắp đập có hệ số thấm lớn ($K=10^{-6}$ m/s) các đường đồ thị ứng với các tốc độ rút nước khác nhau càng tách nhau ra khi tỷ số L_1/H tiến tới 1, điều này thể hiện ảnh hưởng của tốc độ nước rút đặc biệt khi chiều cao rút nước lớn. Trong phạm vi mực nước rút xuống từ 0.7H đến 1H, hệ số an toàn ổn định hầu như không đổi hoặc giảm nhỏ. Đối với đập có hệ số thấm nhỏ ($K=10^{-8}$ m/s), các đường đồ thị ứng với các tốc độ rút nước khác nhau trùng vào nhau thể hiện trong phạm vi các tốc độ nước rút được nghiên cứu tốc độ nước rút không ảnh hưởng đến kết quả tính toán ổn định mà chỉ có chiều cao rút nước ảnh hưởng đến kết quả. Trong phạm vi mực nước rút xuống từ 0.7H đến 1H hệ số an toàn ổn định có xu hướng đạt giá trị nhỏ nhất tại 0.7-0.8H sau đó khi tỷ lệ L_1/H tăng lên thì hệ số an toàn tăng lên.

V. KẾT LUẬN

- Ổn định mái dốc khi mực nước trên mái rút nhanh là một trong những trường hợp nguy hiểm nhất khi tính toán thiết kế công trình đất và cần được quan tâm đúng mức.

- Khi hệ số thấm của thân đập lớn ($K=10^{-6}$ m/s) đường bão hoà thay đổi phụ thuộc vào vận tốc nước rút. Với vận tốc nước rút tương đối chậm (0.1m/ngđ) đường bão hoà hạ thấp khá nhanh, có thể coi là rút nước tự do để tính toán. Trong khi đó, nếu vận tốc rút nước tương đối nhanh (1m/ngđ) đường bão hoà thay đổi chậm hơn nhiều, trong trường hợp này giả thiết đập thoát nước tự do là không phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Báo cáo đề tài NCKH (2007): “Nghiên cứu ổn định của mái đê, đập đất khi mực nước trên mái rút nhanh”

[2] Borja RI, Kishnani SS. (1992) “*Movement of slopes during rapid and slow drawdown*”.

- Khi hệ số thấm của thân đập nhỏ ($K=10^{-8}$ m/s), kể cả trong các trường hợp tốc độ rút nước chậm (0.1m/ngđ) đường bão hoà trong thân đập thay đổi rất ít. Trong trường hợp này vẫn chưa thể coi là rút chậm để tính toán ổn định.

- Hệ số an toàn ổn định phụ thuộc vào tốc độ rút nước và chiều cao rút nước, tuy nhiên hệ số an toàn nhỏ nhất đạt được khi mực nước thượng lưu rút đến chiều cao 0.2-0.3H.

- Với trường hợp hệ số thấm của đập nhỏ ($K=10^{-8}$ m/s) hệ số an toàn ổn định hầu như không thay đổi với các vận tốc nước rút được xem xét, do đó có thể giả thiết đập hoàn toàn không thoát nước (rút đột ngột) để tính toán.

- Khi tất cả các điều kiện khác như nhau thì tốc độ nước rút càng nhanh càng nguy hiểm. Vận tốc rút nước càng nhanh mặt trượt càng có xu hướng xảy ra trong phần thân đập và gần mái thượng lưu, khi vận tốc thấm càng nhỏ khối trượt có xu hướng ăn sâu xuống nền.

- Khi tính toán ổn định mái thượng lưu khi mực nước trên mái rút nhanh cần chỉ rõ chiều cao mực nước rút xuống không chỉ có trong giai đoạn tháo lũ đảm bảo an toàn cho hồ chứa mà còn phải xét đến cả quá trình rút nước tháo cạn hồ chứa.

- Khái niệm nước hồ rút nhanh ảnh hưởng đến ổn định mái thượng lưu đập đất không chỉ phụ thuộc vào tốc độ rút của mực nước mà còn chất đất (hệ số thấm) của đất đắp đập.

Lời cảm ơn

Nội dung bài báo là một phần của đề tài “Nghiên cứu ổn định mái đê, đập đất khi mực nước trên mái rút nhanh”. Các tác giả xin cảm ơn các đồng nghiệp đã tham gia nghiên cứu và Bộ Nông nghiệp và PTNT đã cấp kinh phí cho đề tài nghiên cứu này.

Proceedings of a special conference on the Geotechnical Engineering Division of ASCE, Berkeley (CA); 1992.

[3] Desai, C. S. , (1972). “*Seepage Analysis of Earth Banks under Drawdown*”, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 98, No. 11, pp. 1143-1162.

[4] Desai C.S., (1977). “*Drawdown analysis of slopes by numerical methods*”, Journal of Geotech Eng, ASCE;109: 946-60.

[5] Dvinoff, A. H., M. E. Harr, (1971). “*Phreatic Surface Location after Drawdown*”, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 97, No. 1, pp. 47-58

[6] Glower, R.E., H. J. Gibb, and W.W. Daehn, (1948). “*Deformability of earth materials and its effect on stability of earth dams following a rapid drawdown*”. Proc. 2nd Int. conf. Soil. Mech. 5:77-80.

[7] Kerkes D. J., and Jeffrey B. Fassett, (2006). “*Rapid drawdown in drainage channels with earthen side slopes*” Proc. of the ASCE Texas Section Spring [1] Meeting, Beaumont, TX, 19-22 April.

[8] Li, S., Z.Q. Yue, L.G. Tham, C.F. Lee, and S.W. Yan (2005): “ *Slope failure in underconsolidated soft soils during the development of a port in Tianjin, China. Part 2: Analytical study*”, Can. Geotech. J. **42**: 166–183

[9] Morgenstern, N. 1963. “*Stability charts for earth slopes during rapid drawdown*”. Geotechnique, 121-131.

[10] Terzaghi, K. and Peck, R. B., (1967). “*Soil mechanics in engineering*”, 2nd ed. Wiley, Hoboken, NJ.

[11] USBR, “*Geomorphology And River Hydraulics of The Teton River*”

[12] Xu, GM., L.Zhang và S.S. Liu, (2005). “*preliminary study of instability behavior of Levee on soft ground during sudden drawdown*”, Slopes and retaining Structures under Seismic and Statics conditions, ASCE

Summary

SLOPE STABILITY UNDER RAPID DRAWDOWN CONDITION

Rapid drawdown of upstream water level on earth slopes such as embankment dams, dikes, canal slopes, river banks etc. during operation is one of most dangerous causes to slope instability. This problem occurs frequently and deserve to be paid attention carefully. The authors carried out studies the effects of water drawdown speed, height of drawdown and material properties on stability of slope during water drawdown process.

Người phản biện: **GS. TS. Nguyễn Văn Mạo**