

ÁP LỰC THẨM TÁC DỤNG LÊN BẢN ĐÁY ĐẬP BÊ TÔNG TRÊN NỀN ĐÁ: TÍNH TOÁN VÀ QUAN TRẮC THỰC TẾ

Nguyễn Đức Nghĩa¹, Nguyễn Chiến², Nguyễn Cảnh Thái¹

Tóm tắt: Áp lực đẩy ngược (bao gồm áp lực thẩm và lực đẩy nổi) lên đáy đập bê tông là tải trọng có ảnh hưởng lớn đến mức độ an toàn của công trình. Để tối ưu và kinh tế hóa mặt cắt ngang đập bê tông, màn chống thấm cùng với hệ thống thoát nước nền đập được thiết kế để giảm áp lực này. Tuy nhiên, màn chống thấm cũng là bộ phận nhạy cảm nhất khi tại đây dễ xảy ra sai khác so với thiết kế cũng như dễ hư hỏng dẫn đến thay đổi điều kiện làm việc của công trình, ảnh hưởng rất lớn đến mức độ an toàn của công trình. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tìm hiểu sự sai khác giá trị áp lực đẩy thẩm giữa tính toán và thực tế quan trắc của một số công trình, cũng như phân tích các nguyên nhân chính gây ra sự sai khác đó.

Từ khóa: đập bê tông, màn chống thấm, áp lực thẩm, hệ số an toàn.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân tích nguyên nhân sự cố ở các đập bê tông đã chỉ ra rằng nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ việc không đánh giá đúng tính chất của nền cũng như diễn biến của nền sau khi xây dựng công trình. Có thể chia nguyên nhân phá hoại nền ra các nhóm sau (Газиев Э.Г., 2005):

- Gia tăng tính thấm nước của nền, gia tăng áp lực thẩm lên đáy đập. Đây là nguyên nhân chính dẫn đến các sự cố đối với đập bê tông;

- Tính không đồng nhất của nền là nguyên nhân gây ra sự chênh lệch về biến dạng, sự xuất hiện các xen kẽ yếu, các vùng suy giảm khả năng chịu lực dưới đáy đập;

- Quá trình phá hủy do sự chuyển dịch của nền và vai đập. Sự phá hủy này xảy ra dọc theo các khe nứt lớn dưới nền và vai đập;

- Quá trình xói ngầm trong nền đập.

Ở nhóm nguyên nhân thứ nhất (gia tăng áp lực thẩm), đối với các đập bê tông có màn chống thấm thì nguyên nhân do hư hỏng màn chống thấm là quyết định. Các nguyên nhân gây hư hỏng màn chống thấm chủ yếu: do xuất hiện ứng suất kéo tại vị trí màn chống thấm, xói ngầm qua màn chống thấm; chất lượng thiết kế,

thi công màn chống thấm không đảm bảo.

Màn chống thấm suy giảm khả năng làm việc dẫn đến gia tăng áp lực đẩy ngược lên bản đáy công trình, có thể vượt giá trị thiết kế nhiều lần, làm thay đổi trạng thái làm việc của công trình so với điều kiện thiết kế, từ đó làm suy giảm mức độ an toàn của công trình. Do đó, đánh giá đúng biểu đồ phân bố và trị số áp lực thẩm có ý nghĩa rất quan trọng, là công tác được ưu tiên hàng đầu khi đánh giá an toàn đập bê tông.

Tuy nhiên, hiện nay vẫn còn những điểm chưa rõ ràng về định dạng biểu đồ và định lượng giá trị áp lực thẩm dưới đáy đập bê tông ứng với các trạng thái làm việc khác nhau của đập. Vì vậy cần thiết phải có nghiên cứu sâu hơn để đưa ra được các chỉ dẫn cụ thể nhằm tránh sai sót trong thiết kế và đảm bảo an toàn cho đập trong vận hành thực tế.

Nghiên cứu này sử dụng cách tiếp cận so sánh trị số áp lực thẩm lên đáy đập bê tông giữa tính toán và quan trắc thực tế để làm rõ phân bố áp lực thẩm dưới đáy đập bê tông ứng với các trạng thái thực tế của công trình. Phương pháp nghiên cứu là kết hợp giữa sự kế thừa các kết quả nghiên cứu đã có với tiến hành quan trắc thực tế một số đập bê tông ở Việt Nam và sử dụng mô hình toán trong xác định áp lực thẩm cũng như hệ số an toàn của công trình.

¹ Trường Đại học Thủy lợi

² Hội đập lớn và PTNN Việt Nam

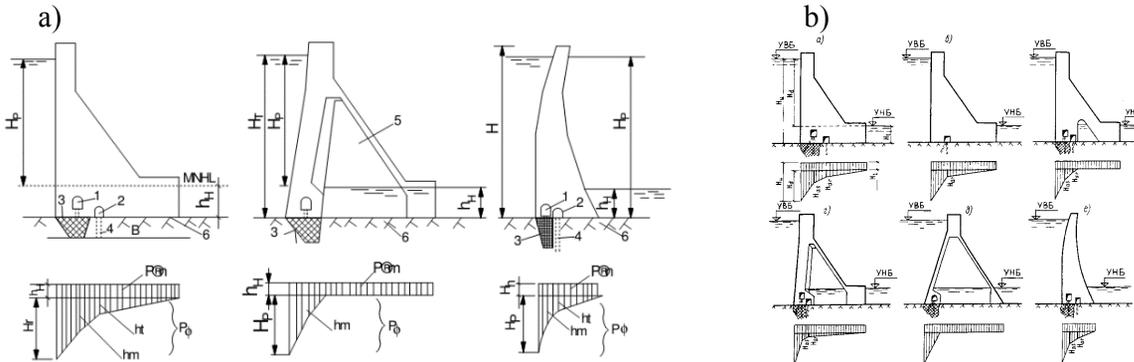
2. ÁP LỰC ĐẨY NGƯỢC DƯỚI ĐÁY ĐẬP BÊ TÔNG TRÊN NỀN ĐÁ

2.1. Các chỉ dẫn trong Tiêu chuẩn thiết kế

Tại Việt Nam, thiết kế đập bê tông được chỉ dẫn theo “TCVN 9137: 2012 - Công trình thủy lợi - Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép”, tiêu chuẩn có nguồn gốc từ các tiêu chuẩn thiết kế của Nga, trực tiếp là “*СНип 2.06.06-85*”. Trong các tiêu chuẩn này, áp lực đẩy ngược lên bản đáy (bao gồm áp lực thấm và áp lực đẩy nổi) được tính toán

như trên hình 1. Tình trạng làm việc của màn chống thấm và thiết bị thoát nước có đề cập đến khi tính toán ổn định đập bê tông (TCXDVN 335 : 2005, TCVN 9137 : 2012) tuy nhiên giá trị áp lực đẩy ngược tương ứng không được chỉ dẫn rõ ràng.

Khi xem xét chiều sâu giới hạn vùng chịu kéo, TCVN 9137 : 2012 cho phép xuất hiện vùng chịu kéo kể cả đối với tổ hợp cơ bản, nhưng ảnh hưởng của vùng chịu kéo này tới áp lực đẩy ngược cũng chưa được xét đến.



Hình 1. Áp lực đẩy ngược (bao gồm áp lực thấm và áp lực đẩy nổi) lên bản đáy đập bê tông

a) TCVN 9137 : 2012; b) СНип 2.06.06-85

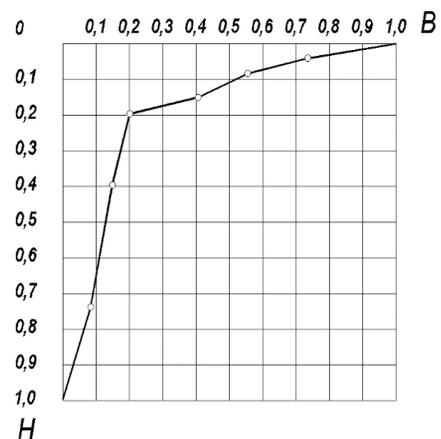
- | | | |
|--------------------------------|---|---|
| 1) hành lang phun xi măng; | 2) hành lang tiêu nước; | 3) màn xi măng; |
| 4) giếng nước tiêu thẳng đứng; | 5) khoang rỗng bên trong; | 6) tiếp giáp giữa bê tông và đá |
| $P_{đn}$: áp lực đẩy nổi; | P_{Φ} : Áp lực đẩy ngược do thấm; | B: Chiều rộng của đập tại nền; |
| H: Chiều cao đập | H_T : Cột nước phía thượng lưu; | h_H : Cột nước phía hạ lưu; |
| H_p : Cột nước tính toán; | h_m : Cột nước thấm còn lại tại trực màn xi măng; | h_t : Cột nước thấm còn lại tại trực của giếng tiêu nước; |

2.2. Kết quả quan trắc áp lực thấm của một số đập bê tông trên nền đá tại Nga và Việt Nam

Trong nghiên cứu này, các tác giả đề cập số liệu quan trắc thấm của một số đập ở Nga và Việt Nam do tiêu chuẩn thiết kế của các đập này là tương đồng.

Quan trắc đập nói chung và áp lực thấm nói riêng rất được quan tâm trong thiết kế cũng như vận hành các đập bê tông. Trong nghiên cứu Гинзбург М.Б. (1958), trên cơ sở số liệu đo áp lực thấm dọc bản đáy của 39 đập bê tông đã tổng hợp biểu đồ áp lực thấm như hình 2 (H – tỷ số cột nước tác dụng so với tổng cột nước thấm, B – tỷ số giữa khoảng cách từ mép thượng lưu đến điểm xem xét so với bề rộng đáy đập). Đây là một trong những cơ sở để thiết lập các biểu đồ áp

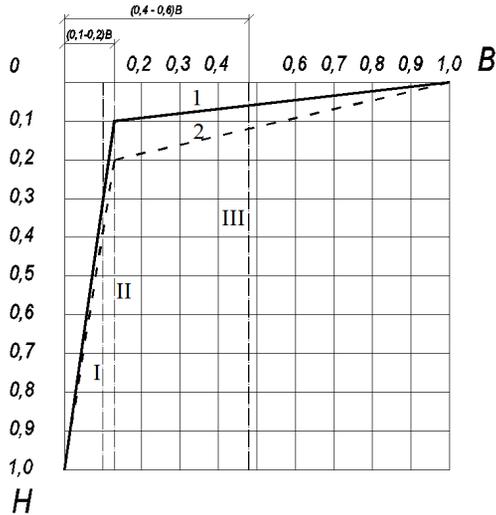
lực thấm trong các tiêu chuẩn hiện hành của Nga và Việt Nam.



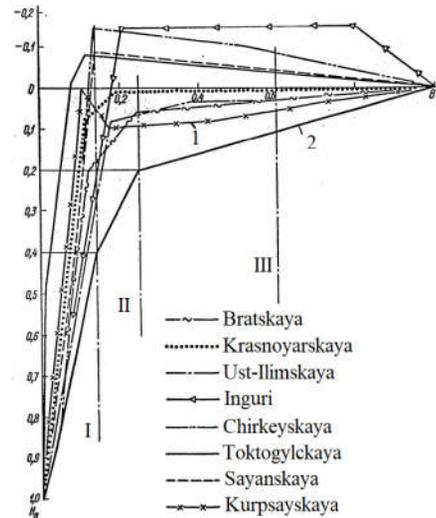
Hình 2. Áp lực thấm lên bản đáy trung bình tại 193 mặt cắt của 39 đập bê tông (Гинзбург М.Б., 1958)

Các kết quả quan trắc thấm cũng được Мальышев Л.И. (1984), Марчук А.Н. (1985) tổng hợp trong các nghiên cứu của mình (hình 3 và hình 4). Kết quả trên hình 3 và hình 4 chỉ ra rằng giá trị áp lực thấm tại các đập lớn ở Nga đều trong phạm vi được khuyến nghị của tiêu chuẩn

hiện hành. Áp lực thấm giảm mạnh sau màn chống thấm và thiết bị tiêu nước nền, chỉ còn khoảng (10÷20)% so với trị số ở trước màn chống thấm. Tại một số đập có hành lang thoát nước nền thấp hơn mực nước hạ lưu thì có hiện tượng xuất hiện áp lực thấm âm.



Hình 3. Hình bao áp lực thấm theo số liệu quan trắc của 5 đập bê tông lớn tại Nga (Мальышев Л.И., 1984).



Hình 4. Kết quả quan trắc áp lực thấm dưới bản đáy của 8 đập bê tông lớn tại Nga (Марчук А.Н., 1985)

I – Tim màng chống thấm; II – Tim hàng thoát nước thứ nhất; III – Tim hàng thoát nước thứ 2

1 – Theo số liệu quan trắc; 2 – Theo СНиП 2.06.06-85

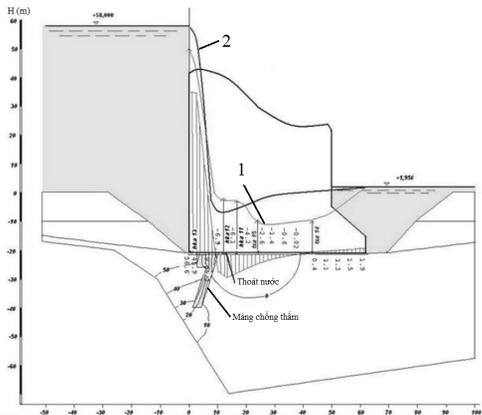
Với các đập bê tông ở Việt Nam, kết quả quan trắc mà nhóm tác giả thu thập được cho thấy hầu hết giá trị áp lực thấm thực đo nhỏ hơn giá trị được khuyến nghị trong thiết kế. Tuy nhiên, tại một số đập (như thể hiện trong hình 5, hình 6, bảng 1, ...), giá trị này vượt ra ngoài phạm vi thiết kế, thậm chí

tại một số mặt cắt vượt 1,5 lần. Kết quả tính toán kiểm tra ổn định của các công trình này khi áp lực thấm thay đổi đều cho kết quả an toàn. Mặc dù vậy giá trị áp lực thấm tăng cao này là rất đáng lưu tâm đối với các đơn vị vận hành công trình cũng như trong công tác thiết kế các công trình.

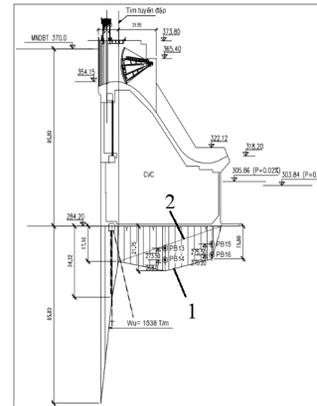
Bảng 1. Áp lực đẩy ngược lên bản đáy một đập cao 100m tại Lai Châu

Năm	Mặt cắt	Mức nước hồ (m)	Áp lực thấm (T/m)	
			Thực đo	Tính toán
2016	MC1	369,92	579	529
	MC2		1348	1257
	MC3		1158	1257
	MC4		1352	980
2017	MC1	370	561	529
	MC2		1498	1257
	MC3		1272	1257
	MC4		1533	980

Năm	Mặt cắt	Mức nước hồ (m)	Áp lực thấm (T/m)	
			Thực đo	Tính toán
QI/ 2018	MC1	370	377	529
	MC2		1466	1257
	MC3		1222	1257
	MC4		1455	980



Hình 5. Kết quả quan trắc áp lực thấm dưới bản đáy của một phân đoạn đập tràn cao 80m tại Huế (1- Theo thiết kế; 2 – Giá trị thực đo)

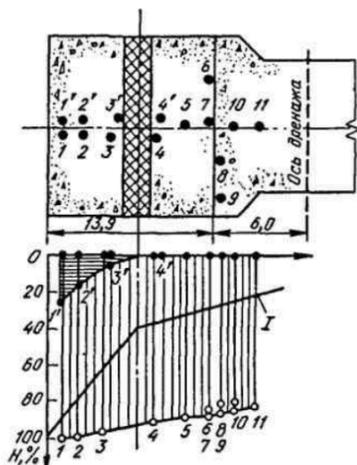


Hình 6. Kết quả quan trắc áp lực thấm dưới bản đáy của một phân đoạn đập tràn cao 100m tại Lai Châu (1- Giá trị thực đo; 2- Theo thiết kế)

2.3. Áp lực thấm khi xuất hiện vết nứt tại mặt tiếp xúc đập – nền

Khi xuất hiện vết nứt tại mặt tiếp giáp đập – nền, kết quả quan trắc chỉ ra rằng áp lực thấm tăng lên rất nhanh, ví dụ như tại đập Bratskaya (Nga). Tại mặt

cắt 36 của đập Bratskaya, nơi có xuất hiện vết nứt tại mặt tiếp xúc đập – nền (hình 7) thì màn chống thấm gần như mất tác dụng. Khi xuất hiện trường hợp này thì trạng thái làm việc của công trình thay đổi nhanh chóng, có thể dẫn tới mất an toàn.



1-11: áp lực thấm tại mặt tiếp xúc đập nền tại mặt cắt 36

1'-4': áp lực thấm tại mặt tiếp xúc đập nền tại mặt cắt 51

I - áp lực thấm tại mặt tiếp xúc đập nền theo quy phạm

Hình 7. Áp lực thấm tại đập Bratskaya (Nga) khi màn chống thấm bị hỏng do ứng suất kéo (Дурчева В.Н., 1988)

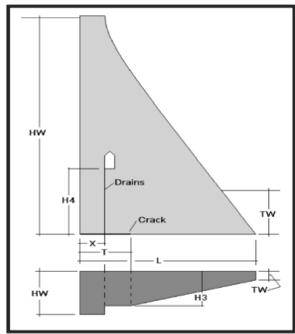
Trong tài liệu thiết kế đập bê tông của FERC (The Federal Energy Regulatory Commission of USA – Mỹ) và EM_1110-2-2200 (US Army Corps of Engineers – Gravity Dam Design) khuyến nghị áp lực này có kể đến sự xuất hiện vết

nứt đập – nền như trên hình 8, tại đó áp lực thấm gia tăng mạnh.

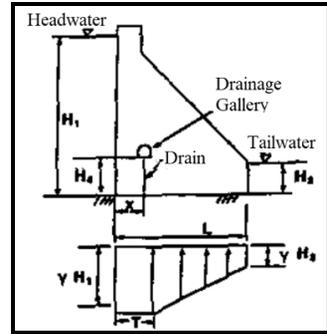
Như đã đề cập trong mục 1.1, áp lực thấm khi xuất hiện ứng suất kéo hay vết nứt do ứng suất kéo chưa được đề cập trong các tiêu chuẩn của Nga và

Việt Nam hiện nay. Tuy nhiên, đã có những nghiên cứu về mối liên hệ giữa ứng suất – áp lực thấm lên

bản đáy đập bê tông. Hình 9 ÷ 11 là kết quả nghiên cứu của một số tác giả về vấn đề này.



a) Theo FERC

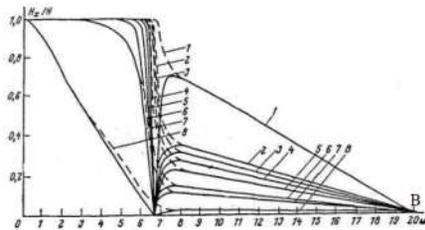


b) Theo EM_1110-2-2200

Hình 8. Biểu đồ áp lực đẩy ngược lên đáy đập khi vết nứt xuyên qua hàng khoan thoát nước theo đề xuất trong một số tiêu chuẩn của Mỹ

Theo nghiên cứu của Соколов И.Б. (1977) cho đập Dnepro (Ucraina), khi mặt tiếp xúc đập - nền mở rộng đến 1mm thì áp lực thấm trước giếng thoát nước bằng 100% áp lực thượng lưu, còn

đoạn phía sau về mép hạ lưu đập áp lực thấm giảm tuyến tính. Áp lực thấm trong trường hợp này tăng lên rất nhiều so với trường hợp không xét tới sự mở rộng vết nứt đập - nền.



H_x/H - Tỷ lệ cột nước tác dụng so với tổng cột nước thấm

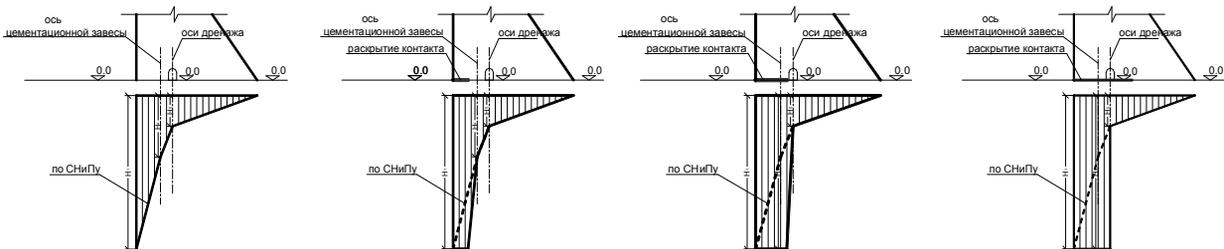
B - Khoảng cách từ mép thượng lưu đập đến điểm nghiên cứu

Đường	1	2	3	4	5	6	7	8
Chiều rộng vết nứt (mm)	1,0	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,0

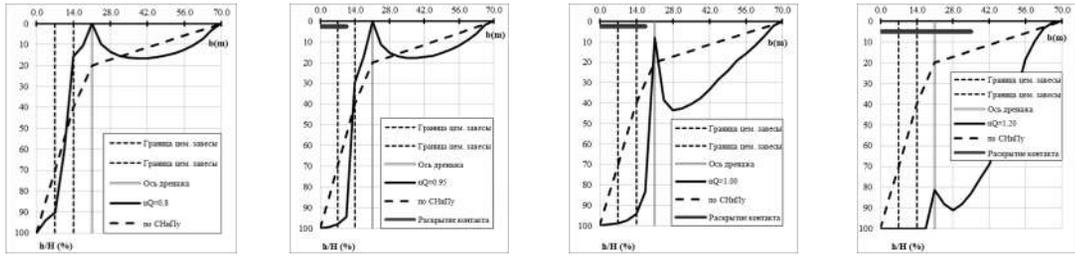
Hình 9. Áp lực thấm tại mặt tiếp xúc đập – nền của đập Dnepro (Ucraina) (Соколов И.Б., 1977)

Trong nghiên cứu của mình, Марчук М.А. (1994) đề xuất biểu đồ áp lực thấm khi có xét đến chiều sâu vết nứt đập - nền như trên hình 10. Trong đoạn có vết nứt đập - nền thì màn chống thấm mất tác dụng, áp lực thấm bằng 100% áp lực thượng lưu. Khi vết nứt xuyên qua màn chống thấm, thiết bị thoát nước vẫn duy trì trạng thái làm việc.

Kết quả bài toán ứng suất – thấm cho đập bê tông trên nền đá nứt nẻ của Nguyễn Đức Nghĩa (2012) được thể hiện trong hình 11. Kết quả cũng cho thấy cùng với sự xuất hiện của vết nứt đập - nền thì áp lực thấm tăng lên rất nhanh, làm thay đổi nhanh chóng trạng thái làm việc của công trình.



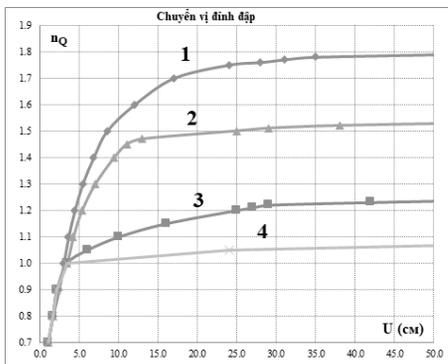
Hình 10. Biểu đồ áp lực thấm dưới đáy đập theo chiều sâu vết nứt theo đề xuất của Марчук М.А. (1994)



Hình 11. Kết quả tính toán thấm dưới nền khi kể đến vết nứt mặt tiếp xúc đập - nền (Nguyễn Đức Nghĩa, 2012)

Kết quả tính toán hệ số an toàn cho một ví dụ mặt cắt đập với các sơ đồ áp lực thấm khác nhau được thể hiện trên hình 12. Dù theo sơ đồ thay đổi áp lực thấm có khác nhau nhưng kết quả đều

chỉ ra rằng mức độ an toàn của công trình sẽ suy giảm rất nhanh khi xuất hiện vùng ứng suất kéo trong nền, xuất hiện vết nứt đập - nền.



Hình 12. Chuyển vị đỉnh đập khi gia tải ứng với các sơ đồ áp lực thấm khác nhau (Nguyễn Đức Nghĩa, 2012)

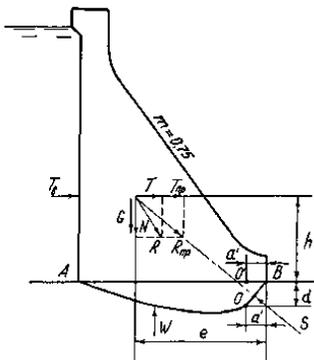
- 1 – Không kể đến thay đổi áp lực thấm
- 2 – Theo sơ đồ của Marchuk M.A.
- 3 – Theo sơ đồ của Nguyễn Đức Nghĩa
- 4 – Thiết bị thoát nước hồng

n_Q – hệ số gia tăng áp lực nước thượng lưu so với giá trị tính toán

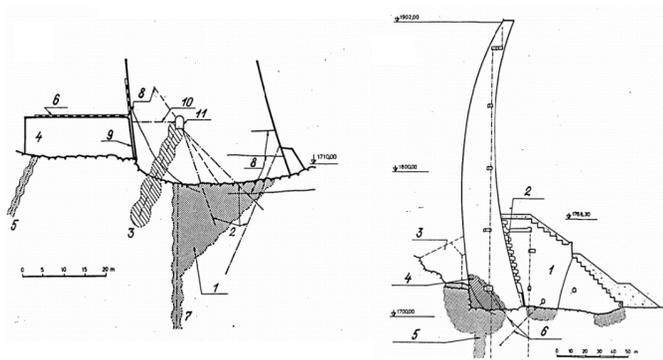
U – chuyển vị ngang của đỉnh đập

Sự xuất hiện ứng suất kéo là nguyên nhân chủ yếu làm hỏng màn chống thấm. Ứng suất kéo làm xuất hiện các vết nứt qua màn chống thấm, bao gồm tại mặt tiếp giáp đập - nền. Vết nứt ban đầu xuất hiện tại mép thượng lưu. Khi vết nứt xuất hiện sẽ làm thay đổi điều kiện chịu lực của công trình. Vết nứt sẽ phát triển về phía hạ lưu (hình

13, 14). Kết quả của việc hình thành vết nứt là sự thay đổi áp lực thấm tại mặt tiếp xúc đập nền. Cùng với thời gian, màn chống thấm bị phá hủy càng nhiều, điều kiện làm việc của công trình ngày càng kém. Trong thiết kế cần tính toán chi tiết để kiểm soát sự thay đổi áp lực thấm do sự xuất hiện vết nứt do kéo.



Hình 13. Cơ chế phá hủy đập bê tông (Фишман Ю.А., 1979)



Hình 14. Ứng suất kéo làm hỏng màn chống thấm đập Kolnbrein (Áo) (Марчук М.А., 1994)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- TCXDVN 335 : 2005 - Công trình thủy điện Sơn La – Tiêu chuẩn kỹ thuật thiết kế.
- TCVN 9137: 2012 - Công trình thủy lợi – Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép.
- Nguyễn Đức Nghĩa (2014). *Tính toán hệ số an toàn đập bê tông trọng lực trên nền đá bằng phương pháp giả lập trạng thái cân bằng giới hạn của hệ thống công trình – nền*. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên Trường Đại học Thủy lợi, trang 69-71, Hà Nội.
- Nguyễn Đức Nghĩa (2012), *Nghiên cứu khả năng chịu lực của đập bê tông trọng lực trên nền đá bằng phương pháp số*. Luận án tiến sĩ, Mát-xcơ-va.
- Số liệu quan trắc thấm của một số đập bê tông lớn tại Việt Nam*.
- Гинзбург М.Б. (1958), *Определение притиводавления в гравитационных плотинах на скальном основании*, Москва.
- Соколов И.Б. (1977), *Лозунова В.А. Фильтрация и противодействие воды в бетоне гидротехнических сооружений*. Энергия, 296 с., Москва.
- Фишман Ю.А. (1979), *Механизм разрушения, прочность и устойчивость системы бетонная плотина - скальное основание. Материалы конференций и совещаний по гидротехнике. Работа бетонных плотин совместно со скальным основанием*. ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. Л., Энергия, с.13-19.
- Мальбышев Л.И. (1984), *Эффективность цементационных завес и дренажей в скальных основаниях гидротехнических сооружений*. Сб. научн. трудов Гидропроекта, вып.94, с.84-101.
- Марчук А.Н. (1985), *Основные направления совершенствования конструкций бетонных плотин по данным натурных наблюдений*. Диссертация докт.техн.наук. Москва.
- СНиП 2.06.06-85 - *Плотины бетонные и железобетонные*, Москва.
- Дурчева В.Н. (1988), *Натурные исследования монолитности высоких бетонных плотин*. М., Энергоатомиздат.
- Марчук М.А. (1994), *Несущая способность бетонных гравитационных плотин на скальных основаниях с учетом раскрытия контактного шва*, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва.
- Газиев Э.Г. (2005), *Скальные основания бетонных плотин*. Издательство Ассоциации строительных вузов, Москва.
- US Army Corps of Engineers (1995), *Gravity Dam Design* – EM 1110-2-2200.
- The Federal Energy Regulatory Commission of USA (FERC). *Engineering Guidelines for Evaluation of Hydropower Projects, Chapter 3: Gravity Dams*.

Abstract:

UPLIFT AT THE BASE OF CONCRETE GRAVITY DAM: DESIGN STANDARD AND FIELD DATA

Uplift at the base is a great influential load in the design and operation of concrete gravity dam. To optimize and economize the cross section of the dam, the grout curtain and drainage system are used together to reduce uplift. However, the grout curtain is also the easiest part for failure so that it greatly affects to safety of the dam. In this research, the authors study the discrepancy of uplift magnitude between design standard and field data, as well as analyze the main causes of that discrepancy.

Keywords: Concrete gravity dam, Grout curtain, Uplift at base of concrete dam, Factor of safety.

Ngày nhận bài: 07/5/2020

Ngày chấp nhận đăng: 08/6/2020