

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ NGHIÊNG MẶT NỀN
ĐẾN ỔN ĐỊNH CỦA ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC VÀ GIẢI PHÁP
KIỂM SOÁT ĐỘ NGHIÊNG CỦA ĐẬP

Nguyễn Chiến¹, Nguyễn Thái Hương²

Tóm tắt: Trong thiết kế đập bê tông trọng lực trên nền đá, kích thước mặt cắt đập được xác định với điều kiện đáy đập nằm ngang. Tuy nhiên khi đập làm việc có thể gặp các điều kiện bất lợi, đặc biệt là khi có động đất và khu vực xây dựng đập có các đứt gãy kiến tạo làm cho nền đập bị nghiêng, sẽ ảnh hưởng đến ổn định của đập. Thông qua tính toán cho các đập có chiều cao khác nhau, bài báo đã xác lập được quan hệ giữa hệ số ổn định của đập với độ nghiêng mặt nền, xác định được góc nghiêng (về hạ lưu) giới hạn cho các đập có chiều cao khác nhau. Giải pháp kỹ thuật để kiểm soát độ nghiêng của đập là sử dụng các thiết bị quan trắc kiểu con lắc thuận hay nghịch đặt trong thân đập, trong đó con lắc nghịch có điểm neo ở nền cho kết quả đo chính xác hơn.

Từ khóa: Con lắc, đập bê tông trọng lực, độ nghiêng, ổn định.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời gian gần đây, ở nước ta đã xây dựng khá nhiều đập bê tông trọng lực trên nền đá với chiều cao lớn cho các mục đích thủy lợi, thủy điện, công nghiệp... Trong quy trình thiết kế đập bê tông phổ biến hiện nay, mặt cắt của đập thường được xác định với mặt nền không chế nằm ngang. Tuy nhiên khi công trình làm việc có thể gặp các tình huống bất lợi chưa được dự kiến trước, đặc biệt là với công trình xây dựng trong vùng có động đất (như đã xảy ra ở đập Sông Tranh 2 năm 2012). Trường hợp địa tầng khu vực xây dựng có tiềm ẩn các đứt gãy kiến tạo, khi chịu tác động động đất có thể làm cho nền đập bị nghiêng, ảnh hưởng đến khả năng ổn định của đập, trong đó hướng nghiêng về hạ lưu là bất lợi nhất (do thành phần lực trọng lượng đập theo hướng song song với mặt nền làm tăng lực đẩy gây trượt). Vì vậy đối với các đập đã xây dựng hoặc đang thiết kế, việc xem xét ảnh hưởng của độ nghiêng mặt nền đến hệ số ổn định, cũng như bố trí thiết bị quan trắc để kiểm soát độ nghiêng của đập trong quá trình vận hành khai thác là rất cần thiết.

2. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ NGHIÊNG MẶT NỀN ĐẾN ỔN ĐỊNH CỦA ĐẬP

2.1. Giới hạn phạm vi nghiên cứu

Việc nghiên cứu khả năng ổn định của đập được giới hạn trong phạm vi quy mô và điều kiện xây dựng đập bê tông trọng lực trên nền đá ở Việt Nam. Trong nghiên cứu điển hình, lựa chọn phạm vi biến đổi của các thông số như sau:

1) Chiều cao đập

Tính với $H_d = 60, 80, 100, 120, 140$ (m).

Theo QCVN 04-05: 2012 thì cấp công trình và hệ số an toàn ổn định (tổ hợp lực cơ bản) tương ứng như sau:

- $H_d = 60$ (m): cấp II, $K_c = 1,25$.

- $H_d = 80, 100$ (m): cấp I, $K_c = 1,30$.

- $H_d = 120, 140$ (m): cấp đặc biệt, $K_c = 1,35$.

2) Mục nước trước đập

Tính với trường hợp MNLTK.

Quan hệ giữa MNLTK với cao trình đỉnh đập xác định theo tiêu chuẩn thiết kế đập bê tông: $Z_d = MNLTK + d$; với $d = \Delta h' + \eta_s' + a'$, trong đó: $\Delta h'$: độ chênh mực nước trước đập do sóng; η_s' : chiều cao sóng đứng; a' : độ cao an toàn tương ứng với MNLTK.

Trong nghiên cứu điển hình, lấy bình quân theo các số liệu tổng hợp từ các đập đã xây dựng như sau:

- Đập có $H_d = 60$ m (cấp II): $d = 4$ m.

- Đập có $H_d = 80, 100$ m (cấp I): $d = 6$ m.

- Đập có $H_d = 120, 140$ m (cấp đặc biệt): $d = 8$ m.

3) Các thông số của mặt cắt đập

a) Hệ số mái thượng lưu: $m_1 = 0$.

¹ Trường đại học Thủy lợi.

² Chi cục Quản lý đê điều và PCLB Hà Tĩnh.

b) Bề rộng đỉnh đập:

Theo số liệu tổng hợp từ các đập thực tế đã xây dựng:

- Đập có $H_d = 60$ m (cấp II): $b = 6$ m.
- Đập có $H_d = 80, 100$ m (cấp I): $b = 8$ m.
- Đập có $H_d = 120, 140$ m (cấp đặc biệt): $b = 10$ m.

c) Hệ số mái hạ lưu (m_2): xác định theo điều kiện ổn định của mặt cắt thực tế với tổ hợp lực cơ bản, không chế $K = K_c$.

4) Chỉ tiêu mặt tiếp xúc giữa bê tông và đá nền:

Lấy theo số liệu tổng hợp từ các đập bê tông trên nền đá đã xây dựng: $f = 0,70$; $C = 0,35$ MPa (theo tiêu chuẩn Việt Nam).

5) Các lực tác dụng đưa vào tính toán

Trong tính toán chỉ xét đến các lực sau:

- Trọng lượng bản thân đập (trọng lượng riêng của vật liệu bê tông lấy trung bình: $\gamma_b = 24$ KN/m³).

- Áp lực nước (lấy với $\gamma_n = 10$ KN/m³).

+ Độ sâu nước thượng lưu: $H = H_d - d$.

+ Độ sâu nước hạ lưu: lấy $h = 0,2.H_d$.

- Áp lực bùn cát: lấy với $\gamma_b = 7$ KN/m³; $h_b = 0,15.H_d$; $\varphi = 12^\circ$.

- Áp lực thấm: lấy theo quy định của TCVN 9137: 2012.

- Lực động đất (tổ hợp đặc biệt): tính với động đất cấp 8 (thang MSK 64).

6) Độ nghiêng của đáy đập

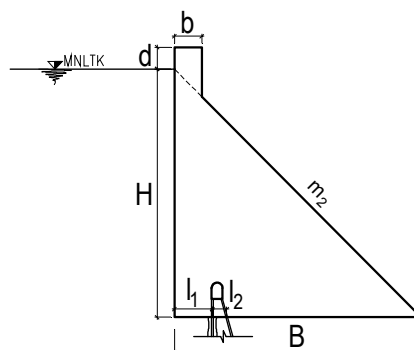
Là độ nghiêng phát sinh sau khi đập được xây dựng, xét hướng bất lợi là nghiêng về hạ lưu, trị số góc nghiêng $\beta = 1^\circ, 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 10^\circ \dots$

2.2. Xác định mặt cắt hợp lý của đập không tràn

Đề có cơ sở đánh giá mức độ giảm ổn định khi đập bị nghiêng, mặt cắt ban đầu của đập được xác định với đáy đập nằm ngang và theo quy trình xác định mặt cắt hợp lý (Ngô Trí Viêng và nnk, 2004). Trình tự như sau:

1) Xác định mặt cắt cơ bản: chọn mặt cắt có mái thượng lưu thẳng đứng ($m_1 = 0$), sơ bộ xác định chiều rộng đáy đập theo điều kiện ổn định, từ đó có hệ số mái hạ lưu m_2 .

2) Xác định mặt cắt thực dụng đập không tràn: dạng mặt cắt như trên hình 1, trong đó giá trị các thông số lấy theo mục 2.1.



Hình 1. Mặt cắt thực dụng đập không tràn

Định vị màn chống thấm và lỗ khoan thoát nước: Theo TCVN 9137: 2012 lấy $l_1 = \frac{H_1}{J_{cp}}$; $l_2 =$

4m, trong đó: H_1 - cột nước lớn nhất tính đến đáy hành lang; J_{cp} - gradien thấm cho phép của bê tông, $J_{cp} = 20$.

3) Kiểm tra độ ổn định theo QCVN 04-05: 2012

Kiểm tra cho 2 tổ hợp sau ứng với các chiều cao đập khác nhau:

- Tổ hợp lực cơ bản (TH 1): MNTL = MNLTK, các điều kiện khai thác bình thường.

- Tổ hợp lực đặc biệt (TH 3): MNTL = MNLTK, có động đất cấp 8.

Nếu các điều kiện ổn định chưa thỏa mãn thì giả thiết lại các giá trị m_2 theo hướng tăng dần (tăng bề rộng đáy đập B) đến khi thỏa mãn hết các điều kiện ổn định thì dừng lại và chọn đó là giá trị m_2 thiết kế. Kết quả tính toán như trên bảng 1.

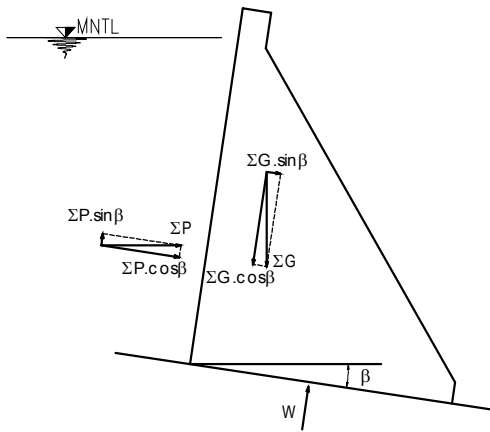
Bảng 1. Các thông số mặt cắt hợp lý của đập không tràn

H_d (m)	60	80	100	120	140
H (m)	56	74	94	112	132
B (m)	40,32	54,76	70,50	91,84	116,16
m_2	0,72	0,74	0,75	0,82	0,88
l_1 (m)	2,80	3,70	4,70	5,60	6,60

2.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của độ nghiêng mặt nền đến ổn định của đập

2.3.1. Công thức tính ổn định trong trường hợp nền đập nghiêng.

2.3.1.1. Ổn định chống trượt



Hình 2. Sơ đồ tính ổn định trượt phẳng trường hợp mặt trượt nghiêng về hạ lưu

Sơ đồ tính toán như trên hình 2. Tổng các lực thẳng đứng và nằm ngang được phân tích ra các thành phần vuông góc và song song với mặt trượt. Công trình đảm bảo ổn định trượt trên mặt phẳng nghiêng khi thỏa mãn điều kiện sau (Ngô Trí Viêng và nnk, 2004):

$$K_T = \frac{(\Sigma G \cos \beta - W + \Sigma P \sin \beta) f + CA}{\Sigma P \cos \beta - \Sigma G \sin \beta} \geq [K_C] \quad (1)$$

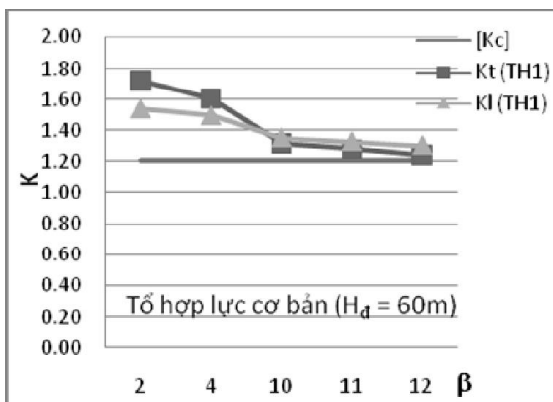
trong đó:

ΣG - tổng các lực theo phương thẳng đứng tác dụng lên phần công trình tính từ mặt trượt trở lên, trừ phần áp lực đẩy nổi do áp lực thấm và áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt trượt (theo phương vuông góc với mặt này).

ΣP - tổng các lực theo phương ngang tính từ mặt trượt trở lên.

W - áp lực đẩy nổi do áp lực thấm và áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt trượt.

β - góc giữa phương mặt trượt và phương



nằm ngang ($\beta > 0$ khi mặt trượt nghiêng về thượng lưu, $\beta < 0$ khi mặt trượt nghiêng về hạ lưu).

A - diện tích mặt trượt.

f, C - chỉ tiêu chống trượt trên mặt tiếp giáp giữa bê tông và lớp đá sát đáy đập.

$[K_C]$ - hệ số an toàn cho phép, xác định theo cấp công trình và tổ hợp lực tính toán.

2.3.1.2. Ổn định chống lật

Đập sẽ không bị lật khi thỏa mãn điều kiện sau:

$$K_L = \frac{\Sigma M_{CL}}{\Sigma M_{GL}} \geq [K_C], \quad (2)$$

trong đó:

ΣM_{CL} - tổng mômen chống lật tính với trục nằm ngang qua mép hạ lưu đập.

ΣM_{GL} - tổng mômen gây lật tính với trục nằm ngang qua mép hạ lưu đập.

$[K_C]$ - hệ số an toàn chống lật cho phép.

2.3.2. Trình tự tính toán

1) Giả thiết giá trị β tăng dần ($\beta = 1^\circ, 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 10^\circ \dots$).

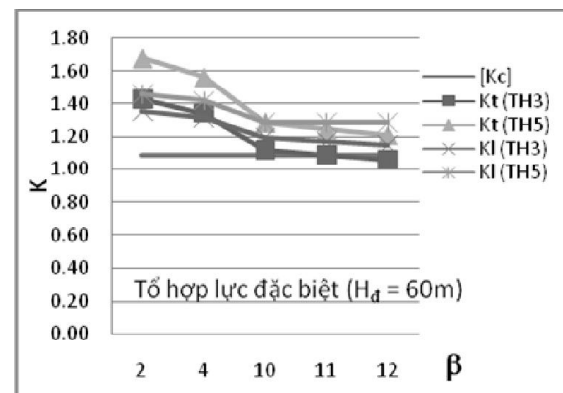
2) Tính toán ổn định theo TCVN, với các trường hợp sau:

- Trường hợp 1 (tổ hợp lực cơ bản): $MNTL = MNLTK$, các điều kiện khai thác bình thường.

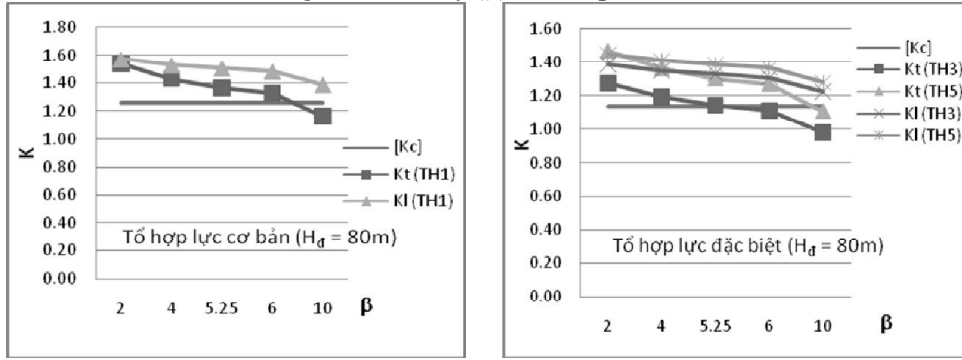
- Trường hợp 3 (tổ hợp lực đặc biệt): $MNTL = MNLTK$, có động đất cấp 8.

- Trường hợp 5 (tổ hợp lực đặc biệt): $MNTL = MNLTK$, thiết bị chống thấm và thoát nước làm việc không bình thường.

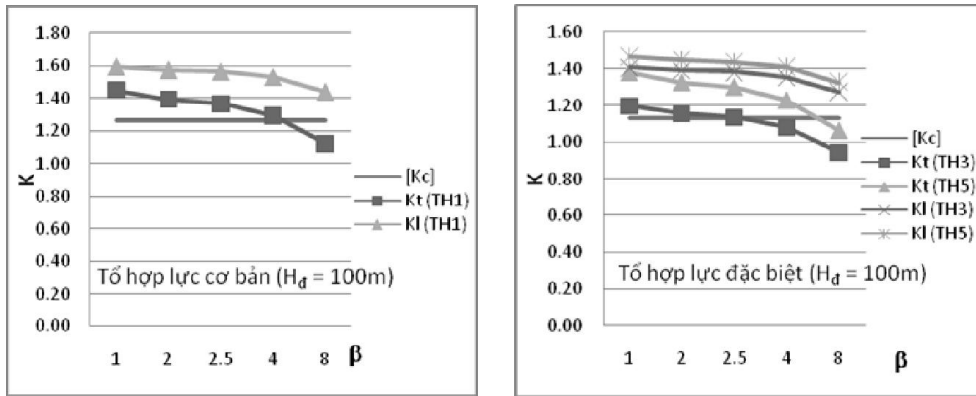
2.3.3. Kết quả tính toán



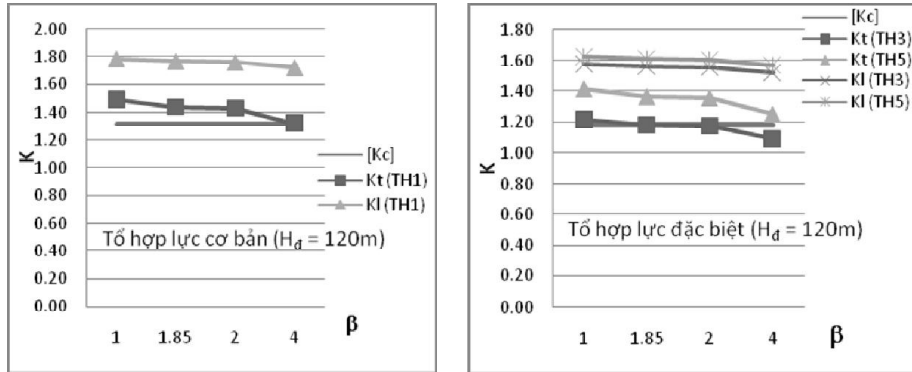
Hình 3. Quan hệ $K = f(\beta)$ của đập có $H_d = 60m$



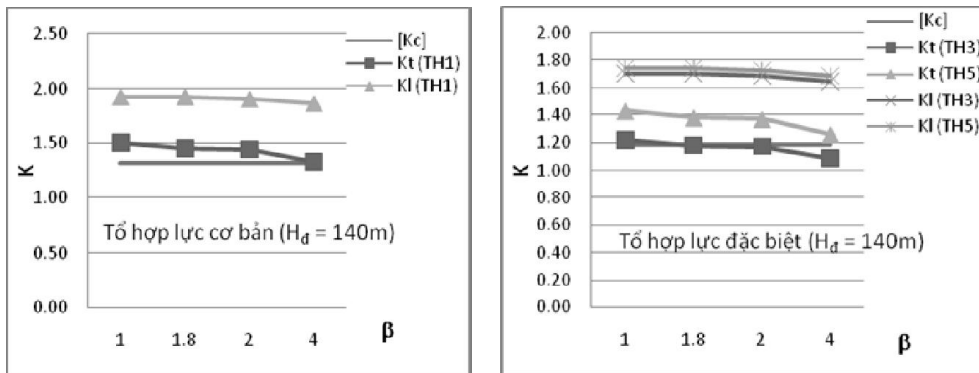
Hình 4. Quan hệ $K = f(\beta)$ của đập có $H_d = 80m$



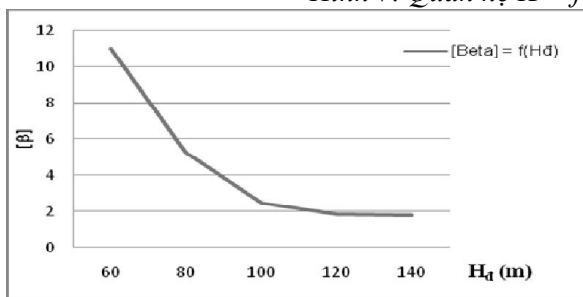
Hình 5. Quan hệ $K = f(\beta)$ của đập có $H_d = 100m$



Hình 6. Quan hệ $K = f(\beta)$ của đập có $H_d = 120m$



Hình 7. Quan hệ $K = f(\beta)$ của đập có $H_d = 140m$



Hình 8. Quan hệ $[\beta] = f(H_d)$

2.3.4. Nhận xét kết quả

- Với các trường hợp tính toán khác nhau, hệ số an toàn về ổn định giảm khi góc nghiêng về hạ lưu của mặt nền tăng. Tuy nhiên, góc nghiêng cho phép của mặt nền ($[\beta]$) được xác định bởi tổ hợp lực đặc biệt, thêm vào đó, mức độ nguy hiểm về trượt của đập khi có động đất cấp 8 là cao hơn so với khi thiết bị chống thấm và thoát nước không làm việc bình thường.

- Với đập đã được thiết kế hợp lý cho mặt nền nằm ngang, khi đập có chiều cao càng lớn thì góc nghiêng mặt nền cho phép trong quá trình khai thác càng nhỏ (hình 8). Chẳng hạn với đập có $H_d = 60m$ vẫn có thể ổn định khi mặt nền bị nghiêng góc $\beta = 11^\circ$ về phía hạ lưu; còn đập có $H_d = 140m$ thì chỉ cho phép mặt nền nghiêng về hạ lưu một góc $\beta = 1,8^\circ$.

3. GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT ĐỘ NGHIÊNG CỦA ĐẬP BÊ TÔNG

Để đảm bảo an toàn của đập khi có các tác nhân gây ra độ nghiêng mặt nền thì cần phải đặt các thiết bị kiểm soát độ nghiêng của đập. Có thể sử dụng các thiết bị sau (Diêm Công Huy & nnk, 2013):

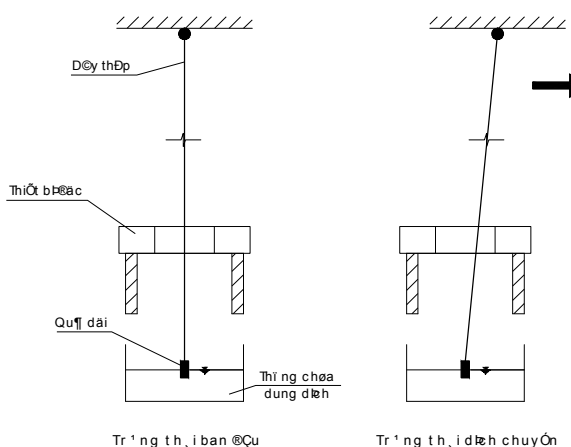
3.1. Con lắc thuận

3.1.1. Thiết bị

Hình 9 mô tả nguyên lý làm việc của thiết bị con lắc thuận, dùng cho việc đo dao động của công trình có chiều cao lớn. Phần đáy của công trình được coi là cố định.

Thiết bị gồm 1 quả dọi treo bằng một dây thép được cố định từ trên đỉnh công trình. Quả dọi nằm dưới mặt phẳng dưới của một thiết bị đọc. Con lắc nằm trong chất lỏng có đặc tính làm chậm dịch chuyển, với đặc tính này, quả dọi của con lắc cố định ở vị trí trước khi có dao

động. Thiết bị đọc được mô tả trong hình 10, là một hộp ở giữa có ô trống hình vuông mà dây dọi dao động trong khoảng này. Kích thước của các ô trống là khoảng dịch chuyển cho phép ghi đo, hay độ dịch chuyển của công trình. Theo mô tả trong hình 9, khi đỉnh công trình dịch chuyển ngang về một phía trong một khoảng thời gian nhỏ, dây dọi bị lệch cùng công trình tuy nhiên quả dọi vẫn ở vị trí trước dao động, quả dọi được coi là cố định. Như vậy, sự thay đổi vị trí của dây dọi tại vị trí có thiết bị đo sẽ được ghi chép lại. Hai cảm biến ghi đo được lắp đặt để đo dịch chuyển theo hai phương trong mặt phẳng.

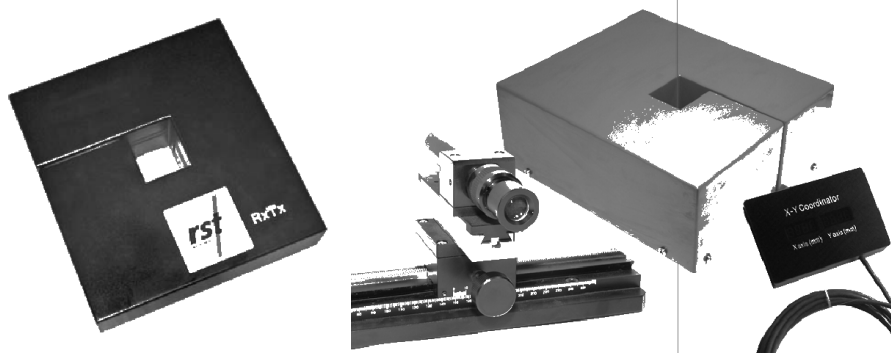


Hình 9. Nguyên lý làm việc của con lắc thuận.

3.1.2. Lắp đặt

Thiết bị được lắp đặt trong đập bê tông theo 2 cách: tạo một hố khoan thẳng đứng sau khi thi công xong đập, hay để sẵn một ống thẳng đứng trong quá trình thi công. Đường kính ống (lỗ khoan) nên kể đến độ nghiêng sai lệch trong quá trình thi công của ống hay hố khoan. Phương pháp khoan chỉ nên sử dụng cho đập có chiều cao không lớn. Đối với phương pháp đặt sẵn ống, trong quá trình thi công phải thường xuyên kiểm tra độ thẳng đứng của ống. Đầu trên dây thép của con lắc được lắp đặt cố định ở trên đỉnh công trình. Thiết bị đo được lắp cố định ở đáy công trình trên một giá đỡ, cách mặt đáy một khoảng dành cho quả nặng treo dưới dây dọi. Quả nặng có trọng lượng đủ lớn làm cho dây dọi luôn ở vị trí cố định. Quả nặng được

đưa vào ô trống của máy đọc bằng khe để sẵn (hình 10).

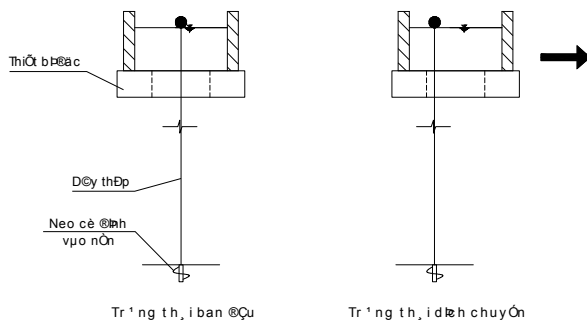


Hình 10. Thiết bị ghi đo dịch chuyển ngang

3.2. Con lắc nghịch

3.2.1. Thiết bị

Với con lắc nghịch, dây thép được cố định dưới đáy công trình và được kéo căng thẳng đứng lên đỉnh công trình bằng một hệ thống đặc biệt. Dây thép được gắn vào một phao đặt trong một thùng chứa chất lỏng ngăn cản dịch chuyển của phao khi công trình bị dịch chuyển. Bình có cấu tạo đặc biệt cho phép dây dọi đi qua đáy để nối vào phao, đồng thời cũng cho phép thùng chứa dịch chuyển nhưng không tác động vào phao. Thiết bị đọc cũng là thiết bị sử dụng cho con lắc thuận. Thùng chứa chất lỏng và thiết bị đo được cố định vào một giá đỡ ở đỉnh công trình. Nguyên lý làm việc của con lắc nghịch được trình bày trong hình 11. Khi công trình bị dịch chuyển, thùng chứa chất lỏng có tác dụng làm chậm chuyển động và thiết bị cũng dịch chuyển theo. Theo nguyên lý làm việc, nhờ có chất lỏng mà phao giữ dây dọi cố định không bị dịch chuyển. Và thiết bị đọc sẽ ghi đo vị trí của dây dọi.

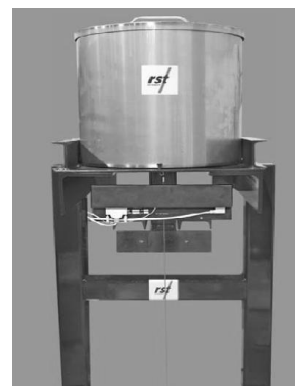


Hình 11. Nguyên lý làm việc của con lắc nghịch

3.2.2. Lắp đặt

Việc lắp đặt con lắc nghịch là phức tạp hơn so với con lắc thuận, chủ yếu là phải điều chỉnh chiều dài của dây dọi sao cho con lắc ở trạng thái căng. Thiết bị được lắp đặt trong một ống đặt trước trong đập. Dây dọi được neo cố định dưới đáy ống (đáy đập). Lắp một giá có hai tầng, tầng trên gắn thùng chứa dung dịch và tầng dưới để gắn thiết bị đo.

Đưa dây dọi qua thiết bị và đáy bình, đổ một ít chất lỏng vào thùng chứa, nối dây dọi vào phao, đổ dung dịch tiếp vào thùng sao cho dây thép được căng ở giá trị ứng suất kéo khoảng 60 kG/cm². Lúc này dây dọi ở trạng thái thẳng đứng. Lắp thiết bị đo, đưa dây vào ô trống của thiết bị qua khe để sẵn. Điều chỉnh sao cho dây ở vị trí chính giữa ô trống của thiết bị đo và cố định thiết bị vào giá đỡ. Hình 12 là thiết bị sau khi lắp đặt.



Hình 12. Thiết bị con lắc ngược của RST sau lắp đặt

Một số lưu ý:

1. Theo các nhà sản xuất, chiều dài của con lắc không nên quá 60m. Trong trường hợp đập cao hơn 60m nên đặt nhiều con lắc nối tiếp theo chiều thẳng đứng, trong đó số đo ở con lắc dưới cùng là giá trị chuẩn để kết hợp với số đo của các con lắc bên trên.

2. Với mục đích đo độ nghiêng của mặt nền thì sử dụng con lắc nghịch với điểm gắn neo ở hành lang dưới cùng của đập là hiệu quả nhất. Khi đó, việc đo độ nghiêng mặt nền ít chịu ảnh hưởng của chuyển vị ngang của phần bên trên của đập khi chịu uốn.

3.2.3. Ghi kết quả đo

Việc ghi đo độ nghiêng mặt nền được tiến hành tự động. Các tín hiệu đo chuyển vào một Datalogger và lưu giữ tùy độ lớn của bộ nhớ, thông qua các phần mềm chuyên dụng để biểu hiện hay in ra số liệu. Thông thường số liệu được biểu diễn dưới dạng biểu đồ để dễ dàng xem xét. Kết quả bao gồm 2 biểu đồ dịch chuyển theo trục X (phương dòng chảy) và Y (phương trục đập) theo thời gian.

Độ nghiêng của mặt nền về hạ lưu được xác định theo công thức: $\text{tg}\beta = \frac{\Delta X}{H}$.

- Với con lắc nghịch, ΔX chính là dịch chuyển của phao theo phương dòng chảy.

- Với con lắc thuận, trị số $\Delta X = \Delta X_{\text{do}} - \Delta X_1$, trong đó ΔX_1 là chuyển dịch của vị trí buộc dây dọi theo phương dòng chảy, xác định theo kết quả phân tích ứng suất – biến dạng với tổ hợp tải trọng tương ứng khi đo.

3.3. Giải pháp đảm bảo an toàn đập khi độ nghiêng vượt quá giới hạn cho phép

Khi thiết kế đập bê tông trọng lực trên nền đá cần phải tính toán để đưa ra được góc nghiêng cho phép ($[\beta]$) của mặt nền và đập trong quá trình khai thác. Trong quá trình thi công và vận hành cần quan trắc và theo dõi chặt chẽ độ nghiêng của đập. Trường hợp đập nghiêng vượt mức cho phép ($\beta > [\beta]$) thì cần áp dụng các biện

pháp công trình để đảm bảo an toàn đập. Sau đây kiến nghị một số biện pháp chính:

- Tăng hiệu quả của màn chống thấm ở nền đập bằng cách khoan phụt bổ sung để tăng chiều sâu và chiều dày của màn. Mặt khác cần tăng hiệu quả thoát nước ở nền đập bằng cách khơi thông các lỗ thoát nước sau màn chống thấm. Điều này sẽ làm giảm áp lực thấm đẩy ngược tác dụng lên đập, giảm tác nhân gây trượt trong trường hợp đập bị nghiêng.

- Khoan phụt vữa bê tông gia cố ở những vị trí nền yếu, nút nẻ để tăng khả năng chịu lực cho nền, giảm hiện tượng lún lệch.

- Tăng khả năng chống trượt, lật cho đập bằng cách bố trí hệ thống neo thép giữa đập và nền. Tùy theo công trình cụ thể cần tính toán mật độ neo theo phương trục đập và phương dòng chảy, độ sâu neo vào nền, góc nghiêng của neo và loại neo cho hợp lý.

4. KẾT LUẬN

1) Trong xây dựng đập bê tông trên nền đá, đáy đập thường được thiết kế nằm ngang. Tuy nhiên, sau khi hồ, đập đi vào làm việc, dưới tác động của tải trọng từ đập và nước trong hồ, cùng các yếu tố khác như động đất, đứt gãy kiến tạo trong nền mà mặt đáy đập có thể bị nghiêng ngoài dự kiến của thiết kế, hướng đổ nghiêng bất lợi nhất là từ thượng lưu về hạ lưu.

2) Kết quả tính toán cho các đập có chiều cao từ 60 m đến 140 m đã xác định được hệ số an toàn nhỏ nhất ứng với từng góc nghiêng mặt nền β (các hình từ 3 đến 7), xác định được quan hệ $[\beta] \sim H_d$ như trên hình 8. Khi có số liệu quan trắc về độ nghiêng mặt nền thì có thể đối chiếu với hình 8 để cảnh báo về khả năng mất ổn định của đập do mặt nền bị nghiêng.

3) Thiết bị quan trắc để xác định độ nghiêng mặt nền đập là bố trí các con lắc thuận hay nghịch ở các đơn nguyên đập khác nhau, trong đó loại con lắc nghịch có neo đặt sát nền cho hiệu quả đo độ nghiêng tốt nhất.

4) Trường hợp đập bị cảnh báo mất an toàn do nền bị nghiêng thì cần áp dụng các biện pháp xử lý để đảm bảo an toàn như khoan phụt gia

cường màn chống thấm, bổ sung khoan thoát nước, khoan neo đập vào nền ...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

QCVN 04 - 05: 2012, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế.*

TCVN 9137: 2012, *Công trình thủy lợi - Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép.*

TCVN 8215: 2009, *Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế bố trí thiết bị quan trắc cụm công trình đầu mối.*

Ngô Trí Viêng, Nguyễn Chiến, Nguyễn Văn Mạo, Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Cảnh Thái (2004), *Giáo trình thủy công tập 1*, NXB Xây dựng, Hà Nội.

Ngô Trí Viêng, Nguyễn Chiến, Nguyễn Phương Mậu, Phạm Ngọc Quý (2004), *Sổ tay kỹ thuật Thủy lợi - Phần 2 - Tập 2*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

Diêm Công Huy & nnk (2013), *Giáo trình quan trắc công trình xây dựng - Quyển 2 - Quan trắc công trình bằng phương pháp phi trắc địa*, Viện KHCN, Bộ xây dựng, Hà Nội.

Abstract:

RESEARCHING EFFECTS OF FACE FOUNDATION TILT TO STABILITY OF CONCRETE GRAVITY DAMS AND SOLUTION TO CONTROL THE TILT OF DAMS

In the design of gravity concrete dam on rock foundation, dam's sectional dimension can be determined under the assumption that dam's bottom is horizontal. However, while working, it may experience some unfavorable conditions; especially during an earthquake, in construction area with tectonic fault, dam foundation will be tilted, and this will affect dam's stability. Through calculations for various dam heights, the paper has established the relationship between the stability coefficient of dam with foundation slope and determined the angle (downstream) limit for various dam heights. Technical solution to control the tilt of dam is using pure pendulum or inverse pendulum located inside dam body, and inverse pendulum with anchors in the foundation gives more accurate measurement results.

Keywords: pendulum, gravity concrete dam, tilt, stability.

BBT nhận bài: 14/2/2016

Phản biện xong: 23/3/2016