
ỨNG DỤNG PHẦN MỀM CADAM ĐỂ TÍNH TOÁN ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC APPLYING OF CADAM SOFTWARE IN CALCULATING CONCRETE GRAVITY DAMS

KS. TRẦN HUY THANH
Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

Tóm tắt:

Cadam là một chương trình máy tính mà chức năng đầu tiên của nó là cung cấp hỗ trợ cho việc hiểu thêm các nguyên tắc về đánh giá ổn định của đập BTTL. Cadam cũng dùng để hỗ trợ việc nghiên cứu và phát triển về các tác động kết cấu và sự an toàn của đập BTTL. Cadam được dựa trên phương pháp trọng lực (sự cân bằng của khối cứng và lý thuyết dầm). Nó thực hiện sự phân tích ổn định dưới tác dụng của lực thủy tĩnh và lực động đất.

Abstract:

CADAM is a computer program that was primarily designed to provide support for learning the principles of structural stability evaluation of concrete gravity dams. CADAM is also used to support research and development on structural behaviour and safety of concrete dams. CADAM is based on the gravity method (rigid body equilibrium and beam theory). It performs stability analyses for hydrostatic loads and seismic loads.

1. Đặt vấn đề

Đập Bê tông trọng lực (BTTL) là một trong những công trình có quy mô và vai trò rất lớn đối với hoạt động của con người. Đối với đập BTTL thì việc quan trọng nhất là tính toán ổn định và ứng suất phát sinh trong đập. Hiện nay, khi giải quyết các bài toán về đập BTTL thường thì vẫn dùng thủ công để tính toán, điều đó gây ra rất ra nhiều bất cập.

1.1. Các quan điểm về tính ổn định đập

Khi tính toán ổn định đập, hiện nay người ta đưa ra các quan điểm sau:

- i. Một điểm trên mặt cắt bị phá hoại thì coi như toàn bộ mặt cắt bị phá hoại. Đây là quan điểm tương đối cực đoan. Tính toán để tìm được lời giải hợp lý có điểm phá hoại để tìm đặc trưng cho phá hoại cả mặt cắt tiêu biểu dẫn đến đập bị mất ổn định là việc làm phức tạp, không khả thi.
- ii. Khi lực ma sát trên mặt tiếp xúc giữa đập và nền không đủ khả năng chống trượt thì đập bị mất ổn định. Quan điểm này còn nhiều hạn chế, chưa phản ánh đúng tình hình làm việc của đập bê tông.
- iii. Lấy tiêu chuẩn biến hình cực hạn làm tiêu chuẩn tính toán, khi đập làm việc vượt quá giới hạn này thì đập coi như làm việc không bình thường, quan điểm biến hình cực hạn phù hợp về mặt lý luận, tuy nhiên trả lời được câu hỏi khi nào thì gọi là biến hình cực hạn. Đây là một khó khăn, khi tính toán phải kết hợp với tiêu chuẩn cường độ để nghiên cứu.
- iv. Tiêu chuẩn ổn định tạm thời. Có thể hình dung tiêu chuẩn này nằm giữa giới hạn phá hoại và không phá hoại. Giới hạn tạm thời cho phép đập làm việc đến một giới hạn nào đó của vật liệu hoặc phạm vi nào đó của mặt cắt nhưng so với khả năng làm việc của vật liệu hoặc tổng thể đập vẫn còn đủ nhỏ, vẫn còn phù hợp với các điều kiện kinh tế kỹ thuật. Đây là một quan điểm tương đối toàn diện. Tuy nhiên các nghiên cứu chưa hoàn thiện.

1.2. Các phương pháp phân tích ứng suất

Khi phân tích ứng suất, người ta thường sử dụng ba phương pháp tính toán sau:

-
- i. Phương pháp sức bền vật liệu còn gọi là phương pháp phân tích trọng lực hoặc phương pháp phân tích tuyến tính. Phương pháp này đơn giản cho kết quả đủ độ tin cậy trong các bài toán thiết kế đập bê tông trọng lực có cấu tạo mặt cắt cứng như nền không phức tạp.
 - ii. Phương pháp lý luận đàn hồi: phương pháp này xem thân đập là một môi trường liên tục, đồng nhất, đẳng hướng, ứng suất và biến dạng trong phạm vi đàn hồi của vật liệu tuân theo định luật Húc. Nói chung với những đập cao các giả thiết đó cơ bản phù hợp với tình hình thực tế. Phương pháp này có thể giải quyết được những vấn đề đặc biệt như ứng suất tập trung, ứng suất nhiệt... mà phương pháp sức bền vật liệu không giải quyết được.
 - iii. Phương pháp phần tử hữu hạn: ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn có thể phân tích một cách gần đúng trạng thái ứng suất của đập bê tông trọng lực kể cả các đập có điều kiện biên phức tạp, giải được các bài toán phẳng và bài toán không gian, các bài toán có xét đến trạng thái làm việc đồng thời của môi trường vật liệu làm đập và nền. Nhờ có sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin nên hiện nay phương pháp này đang được ứng dụng một cách rộng rãi trong tính toán và nghiên cứu đập bê tông trọng lực.

Việc lựa chọn quan điểm và phương pháp nào để tính toán, phù hợp với điều kiện của mỗi đập, mỗi vùng vẫn còn là vấn đề lớn cần nghiên cứu. Phần mềm Cadam đã ra đời phần nào đã đáp ứng được các yêu cầu tính toán đó, ngoài ra nó còn đề cập đến việc tính toán tải trọng động đất theo mô hình của Mote Carlo. Chức năng chính của phần mềm này gồm có:

Phân tích tĩnh: thực hiện việc phân tích tĩnh cho trường hợp mực nước dâng bình thường và mực nước lũ kể cả khi nước tràn qua đỉnh đập;

Phân tích động đất: có thể thực hiện phân tích động đất thông qua sử dụng phương pháp tải trọng giả tĩnh (phương pháp hệ số động đất) hoặc hệ số động giả tạo tương ứng với việc đơn giản hóa phân tích phổ đáp ứng đã được miêu tả trong Chopra (1988) cho đập BTTL;

Phân tích tác động của tải trọng tăng dần: có thể tự động thực hiện các phân tích có tính chất nhạy cảm bằng máy tính và vẽ đồ thị cho các trường hợp tính toán điển hình (ví dụ như hệ số ổn định trượt) như chức năng của các ứng dụng trong các loại tải trọng tác dụng.

2. Cơ sở lý thuyết

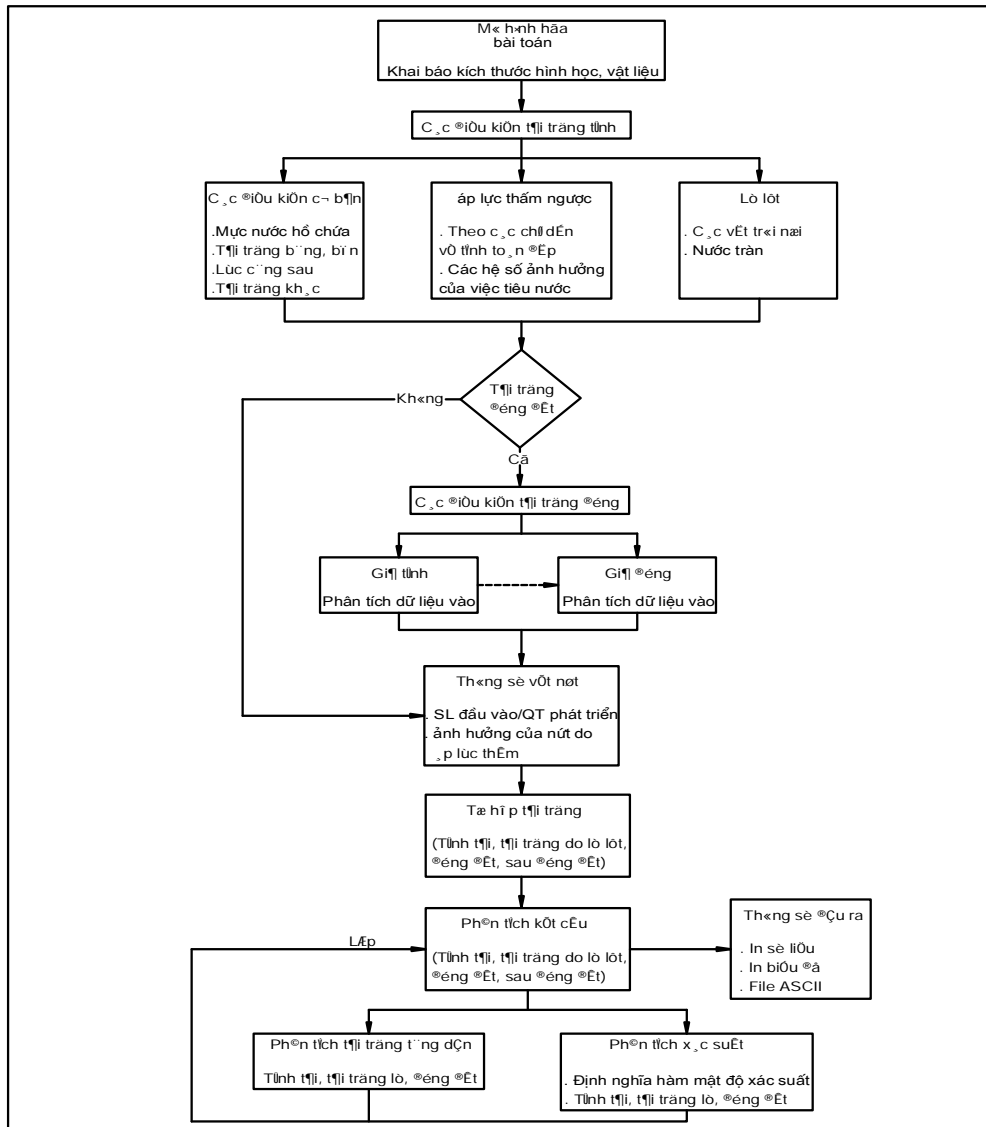
Phần mềm Cadam được xây dựng dựa trên các giả thiết sau:

- + Phân tích ứng suất để xác định chiều dài vết nứt có thể xảy ra và các ứng suất nén;
- + Phân tích ổn định để xác định các dự trữ an toàn chống trượt dọc theo các nút quy ước và vị trí của các hợp lực tác dụng lên các nút.

Phần mềm này sử dụng phương pháp trọng lực để tính toán với các giả thiết đơn giản hóa sau:

- + Thân đập được chia thành các nút với các đặc tính đồng nhất dọc theo chiều dài của chúng, khối bê tông và các nút là các vật liệu đàn hồi đồng nhất;
- + Toàn bộ các lực tác dụng lên được truyền lên móng của đập mà không tương tác với các khối đá bên cạnh;
- + Không có sự tương tác giữa các nút, mà mỗi nút được phân tích không phụ thuộc vào các nút khác;
- + Ứng suất được phân bố tuyến tính dọc theo mặt phẳng nằm ngang;
- + Ứng suất cắt phân bố theo quy luật parabol dọc theo mặt phẳng nằm ngang trong các điều kiện không có vết nứt

3. Thuật toán của phần mềm

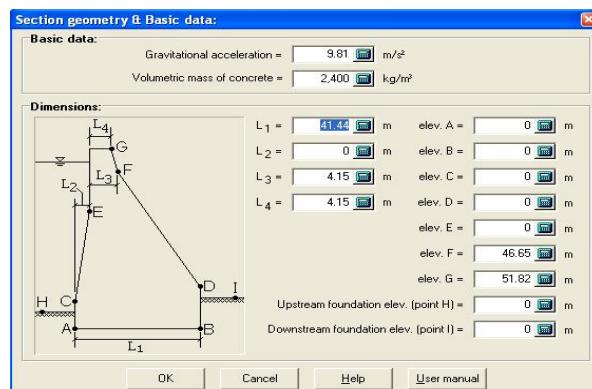


4. Ví dụ tính toán

Ví dụ ta xét một bài toán đập BTTL cao 52m, bề rộng đỉnh đập $b = 4,15\text{m}$, đáy đập rộng 41,44m, đáy đập coi như nằm ngang, mực nước thượng lưu cao ngang cao trình đỉnh đập. Nền đập ta đặt một màng chống thấm. Đập xây dựng trên nền đá. Trình tự giải bài toán như sau:

4.1. Mô hình hóa bài toán

Việc mô hình hóa bài toán có thể tiến hành trực tiếp bằng cách khai báo các số liệu thông qua bảng sau:



Hình 1: Khai báo số liệu đầu vào

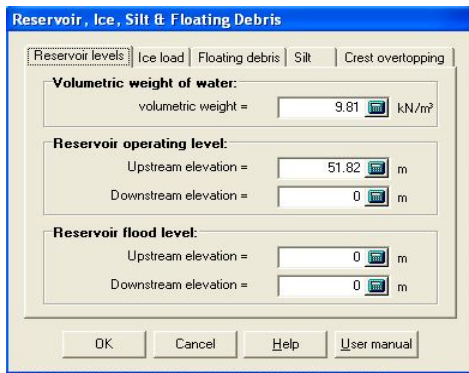
Hoặc chúng ta có thể khai báo thông qua bảng Excel như sau:

Khai báo nút							
Nút	Vật liệu nút	Thượng lưu		Hạ Lưu		Chiều dài (m)	Mô men quán tính (m ⁴)
		Cao độ (m)	Tọa độ X (m)	Cao độ (m)	Tọa độ X (m)		
1	joint	49.230	0.000	49.230	4.150	4.150	5.956114583
2	joint	46.640	0.000	46.640	4.158	4.158	5.99059823
...
22	joint	2.200	0.000	2.200	39.681	39.681	5206.91152

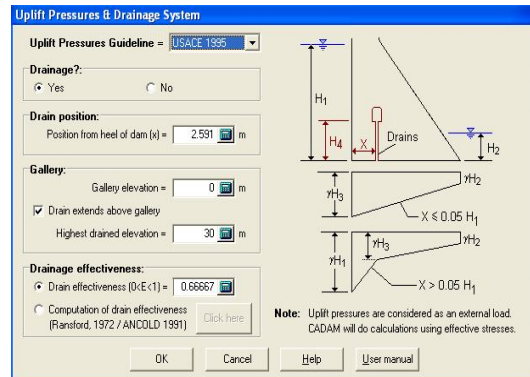
(Khoảng chia của các nút phụ thuộc vào chiều cao đập)

Tiếp theo ta mô hình các loại tải trọng tác dụng lên đập cũng theo cách khai báo như trên, (thông qua bảng nhập số liệu hoặc khai báo trong Excel):

Khai báo về mực nước thượng lưu (áp lực thủy tĩnh thượng lưu)



Khai báo màng chống thấm



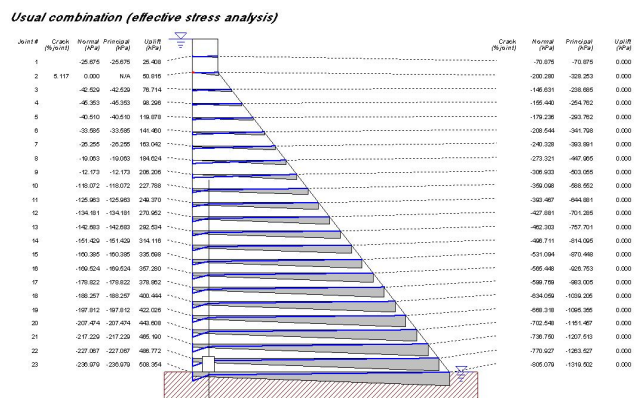
Hình 2: Khai báo thông số tải trọng, màng chống thấm

Tất nhiên, các hệ số đưa vào ở đây (hệ số hiệu quả chống thấm) tùy thuộc vào các tiêu chuẩn quy phạm của từng nước, nếu áp dụng vào điều kiện VN thì phải theo các tiêu chuẩn hiện hành.

Một ưu việt của phần mềm này là cho phép người sử dụng khai báo tác dụng của lực động đất và dựa theo phương pháp mô hình phân tích xác suất của Monte Carlo để tính toán. Tuy nhiên, trong điều kiện Việt Nam chúng ta ít gặp các hiện tượng đó, do vậy trong khuôn khổ bài báo này tôi không đề cập đến.

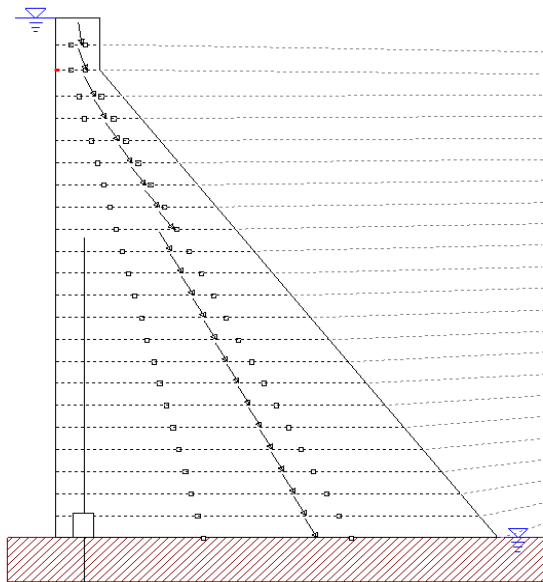
4.2. Giải bài toán

Sau khi tiến hành khai báo xong, ta tiến hành giải bài toán. Phần mềm này có thể hiển thị kết quả dưới dạng bảng (Excel) hoặc dạng đồ thị, cụ thể:



Hình 3: Kết quả phân tích ứng suất ảnh hưởng với tổ hợp tải trọng người sử dụng

Usual combination (stability analysis)



Joint #	SSF (peak)	SSF (residual)	OSF (U/S <-)	OSF (> D/S)	USF	Normal (kN)	Shear (kN)	Moment (kN.m)	Res. Pos. (% joint)
1	12.755	5.109	7.589	3.013	4.800	-200.3	32.9	64.9	57.803
2	6.162	2.519	8.279	1.972	4.558	-395.1	131.6	259.8	68.372
3	4.119	1.650	5.351	1.849	3.453	-589.7	300.0	337.6	59.132
4	3.427	1.373	4.624	1.704	3.043	-805.9	492.5	591.1	59.138
5	3.047	1.232	4.328	1.810	2.833	-1075.2	732.5	1107.0	60.522
6	2.797	1.150	4.186	1.547	2.712	-1397.6	1019.9	1943.0	62.043
7	2.617	1.098	4.109	1.504	2.635	-1773.1	1354.9	3159.9	63.394
8	2.482	1.063	4.064	1.474	2.584	-2201.8	1737.3	4806.3	64.493
9	2.378	1.039	4.036	1.451	2.548	-2683.7	2167.2	6949.1	65.395
10	3.086	1.406	11.601	2.047	5.914	-4432.5	2644.6	6932.7	58.419
11	3.017	1.398	11.637	2.047	5.980	-5281.8	3169.5	9219.8	58.583
12	2.959	1.392	11.667	2.047	6.041	-6206.5	3741.8	11949.0	58.709
13	2.909	1.388	11.693	2.048	6.097	-7215.7	4381.7	15155.9	58.805
14	2.866	1.385	11.715	2.050	6.148	-8300.3	5029.0	18875.8	58.879
15	2.830	1.382	11.733	2.052	6.196	-9463.4	5743.8	23144.2	58.935
16	2.798	1.381	11.749	2.054	6.239	-10704.8	6506.1	27996.8	58.978
17	2.770	1.379	11.763	2.056	6.280	-12024.7	7315.8	33468.8	59.011
18	2.745	1.378	11.775	2.058	6.317	-13423.1	8173.1	39695.9	59.036
19	2.723	1.377	11.785	2.061	6.351	-14899.9	9077.8	46413.5	59.054
20	2.704	1.377	11.795	2.063	6.383	-16455.1	10030.0	53957.1	59.067
21	2.688	1.376	11.803	2.065	6.413	-18088.8	11029.7	62262.1	59.076
22	2.670	1.376	11.810	2.067	6.440	-19800.9	12076.8	71364.2	59.083
23	2.656	1.376	11.816	2.069	6.466	-21591.4	13171.5	81298.7	59.088
	3.000	1.500	1.200	1.200	1.200				

Hình 4: phân tích ổn định trượt với tổ hợp tải trọng người sử dụng

5. Kết luận

Trên đây chỉ trình bày những ứng dụng cơ bản nhất của phần mềm để giải quyết các bài toán về đập BTTL. Với giao diện đơn giản, kết quả tính toán tin cậy, phần mềm này có thể sử dụng rộng rãi để phục vụ cho công tác tính toán thiết kế các vấn đề về đập BTTL. Tuy vậy, trong khuôn khổ bài báo tôi cũng chưa đề cập đến việc tính toán đập dưới tác dụng của tải trọng động đất theo mô hình phân tích xác suất của Monte Carlo. Với nhiều ưu điểm như vậy, nhưng phần mềm vẫn chưa cụ thể hóa được ảnh hưởng của sự phát sinh ứng suất nhiệt trong quá trình xây dựng cũng như khai thác đập đến ổn định và sự phát sinh ứng suất trong đập. Phần mềm này đã được các nước phương tây sử dụng nhiều và đem lại nhiều kết quả khả thi.

Hiện nay, ở VN các tiêu chuẩn tính toán đa số là của Liên xô cũ. Đập BTTL của công trình thủy điện Sơn la cũng áp dụng nhiều các tiêu chuẩn này. Thiết nghĩ, nếu chúng ta mạnh dạn áp dụng các tiêu chuẩn của các nước phương tây và các phần mềm ứng dụng để tính toán thì sẽ đạt các hiệu quả cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. Trường Đại học Thủy lợi, *Thủy công – Tập 1*, NXB Xây dựng, 2004
- [2]. NSERC / Hydro-Quebec / Alcan Industrial Chair on Safety of Concrete Dams-École Polytechnique de Montréal, *Canada, Cadam user's manual*, 2001
- [3]. Australia national committee for large dams, *guideline on design criteria for concrete gravity dams*, ANCOLD, 1991
- [4]. Tiêu chuẩn ngành thủy lợi nước cộng hòa nhân dân trung hoa, *Quy phạm thiết kế đập bê tông đầm lăn*, SL314-2004.
- [5]. Eero slunga, professor emeritus, *Concept and base of risk analysis for Dams*, Helsinki university of technology.
- [6]. Chopra, A.K. *Earthquake response analysis of concrete dams. Advanced Dam Engineering for Design, Construction, and Rehabilitation*, R.B. Jansen, Van Nostrand Reinhold, pp. 416-465, 1988.
- [7]. TCXDVN 335:2004, *Công trình thủy điện Sơn La – tiêu chuẩn thiết kế kỹ thuật*, Bộ xây dựng 2005
- [8]. TCVN 5060-1990, *Công trình thủy lợi – các quy định chủ yếu về thiết kế*, Bộ Xây dựng-1990

Người phản biện: TS. Đào Văn Tuấn