

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH GIỚI HẠN PHẠM VI NỀN CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA TẢI TRỌNG TRUYỀN TỪ ĐẬP VÒM

ThS. HỒ SỸ TÂM
KS. NGUYỄN HOÀNG LONG

Tóm tắt: Bài báo đã nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng của nền, các tải trọng, kích thước đập và hình dạng mặt cắt ngang tới phân bố ứng suất và biến dạng của đập và nền. Từ kết quả tính toán cho nhiều dạng đập vòm, các kích thước khác nhau, nền đập có độ cứng khác nhau các tác giả đã đề xuất phạm vi nền cần phải xét đến trong tính toán ứng suất biến dạng đập vòm.

1. Tổng quan

Đập vòm là công trình ngăn nước có dạng cong, làm việc theo nguyên lý của vòm nhằm chuyển toàn bộ áp lực nước ở mặt thượng lưu vào nền và hai bên bờ. Nhờ nguyên lý này mà ứng suất trong thân vòm chủ yếu là ứng suất nén, tận dụng tối đa khả năng chịu lực của bê tông, dẫn đến khối lượng xây dựng nhỏ, giảm chi phí xây dựng. Bên cạnh đó, đập vòm còn có hình dáng đẹp, tính thẩm mỹ cao, một số đập vòm đã trở thành địa điểm du lịch nổi tiếng.

Đập vòm được sử dụng nhiều trên thế giới, tuy nhiên với Việt Nam thì mới chỉ được nghiên cứu áp dụng trong vài năm trở lại đây. Ngoài đập Nậm Chiến (tỉnh Sơn La, cao 135m) đang được xây dựng thì một vài công trình khác mới chỉ đưa vào phương án so sánh (Nậm Ngần, Huội Quảng).

Với đập vòm, đặc biệt là đập vòm cao, một phần tải trọng rất lớn được truyền xuống nền và vai đập. Bên cạnh đó, do chiều dày đáy đập nhỏ, dưới tác dụng của áp lực nước của hồ chứa, dưới đập và hai bên bờ có thể chịu tác động của dòng thấm có gradien lớn. Trong trường hợp nền không đủ chắc chắn có thể là nguyên nhân của biến dạng, điều này có thể dẫn đến sự võng xuống của nền, kéo theo biến dạng lớn của đập.

Tùy từng loại đập vòm khác nhau mà các tải trọng tác dụng lên đập vòm được truyền một phần xuống đáy đập và một phần sang hai vai đập, với đập vòm trọng lực (áp dụng cho mặt cắt trung lũng hình chữ U hoặc hình thang) thì tải trọng tác dụng vào vòm được truyền xuống đáy đập tương đối lớn, ngược lại với đập vòm mỏng (thường áp dụng cho địa hình dạng hình chữ V

rộng và hẹp) thì tải trọng chủ yếu được truyền vào hai vai đập. Do đặc điểm nói trên nên nhìn chung không có một giới hạn nào cụ thể về phạm vi nền cho việc phân tích ứng suất biến dạng đập vòm có kể đến sự làm việc của nền. Vì vậy, việc nghiên cứu về ảnh hưởng của độ cứng nền tới ứng suất biến dạng không gian của đập vòm là cần thiết nhằm chỉ ra phạm vi nền chịu ảnh hưởng của tải trọng tương ứng với từng loại đập vòm, để đảm bảo kết quả phân tích chính xác nhất mà khối lượng tính toán nhỏ nhất.

2. Phương pháp phân tích ứng suất đập vòm

Có nhiều phương pháp phân tích ứng suất đập vòm, từ phương pháp đơn giản như phương pháp ống tròn thành mỏng, hay phương pháp vòm đơn thuần đến phương pháp tương đối phức tạp như phương pháp dầm – vòm có kể đến tính không gian của vòm. Các phương pháp này có nhược điểm chung là chưa phản ánh đủ điều kiện làm việc của vòm, đặc biệt là chưa xét đến sự làm việc đồng thời của đập và nền. Ngày nay, nhờ sự phát triển mạnh mẽ của mô hình số và máy tính điện tử nên phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) được ứng dụng nhiều trong nhiều lĩnh vực kỹ thuật. Việc phân tích ứng suất biến dạng đập vòm có thể thực hiện được nhờ các phần mềm tính toán kết cấu đã được thương mại hoá như SAP2000, Ansys.... Việc sử dụng phương pháp PTHH cho phép người tính toán mô tả và phân tích quá trình làm việc đồng thời của đập vòm và nền với kết quả có độ chính xác cao.

Để tính toán kết cấu nói chung theo phương pháp PTHH, người ta phân chia kết cấu liên tục thành một số hữu hạn các miền con – gọi là phần tử (ký hiệu là V_e). Các phần tử này được

xem như chỉ nối với nhau ở một số điểm xác định trên các bề mặt hoặc trên các cạnh của phần tử – gọi là điểm nút. Thông thường hàm xấp xỉ được biểu diễn bằng các trị số của hàm tại các điểm nút, hoặc có khi bằng cả các trị số và đạo hàm của nó tại các điểm nút.

Hình dạng các phần tử được lựa chọn sao cho có khả năng xấp xỉ sát nhất hình dạng mặt biên của miền tính toán. Với bài toán đập vòm dạng bài toán không gian, người tính lựa chọn phần tử 4 mặt 10 nút cho các phần tử.

Sau khi đã phân chia miền tính toán thành một số hữu hạn các phần tử, trong phạm vi mỗi phần tử ta cần giả thiết một dạng phân bố xác định nào đó của hàm cần tìm (gọi là hàm xấp xỉ) chẳng hạn là chuyển vị, hoặc ứng suất hoặc cả chuyển vị và ứng suất. Các hệ số của hàm được gọi là các thống số. Ở phương pháp PTHH, hàm xấp xỉ thường được biểu diễn qua các trị số của hàm và có thể cả các trị số của đạo hàm của nó tại các điểm nút của phần tử. Chẳng hạn nếu hàm cần tìm là chuyển vị thì các hệ số của xấp xỉ sẽ được xác định nhờ chuyển vị (chuyển vị thẳng và chuyển vị góc xoay) và các đạo hàm của chuyển vị của các điểm nút tại các phần tử. Như vậy các hệ số hàm xấp xỉ luôn có ý nghĩa vật lý xác định và rất dễ thỏa mãn điều kiện biên của bài toán. Đó là một trong những ưu điểm nổi bật của phương pháp PTHH so với các phương pháp xấp xỉ khác.

Tuỳ theo ý nghĩa của hàm xấp xỉ, trong các

bài toán kết cấu người ta phân ra 3 loại mô hình: Mô hình tương thích; mô hình cân bằng và mô hình hỗn hợp. Trong các tính toán dưới đây, tác giả sử dụng mô hình tương thích, là mô hình đã được sử dụng để xây dựng phần mềm tính toán.

3. Giới hạn phạm vi nghiên cứu

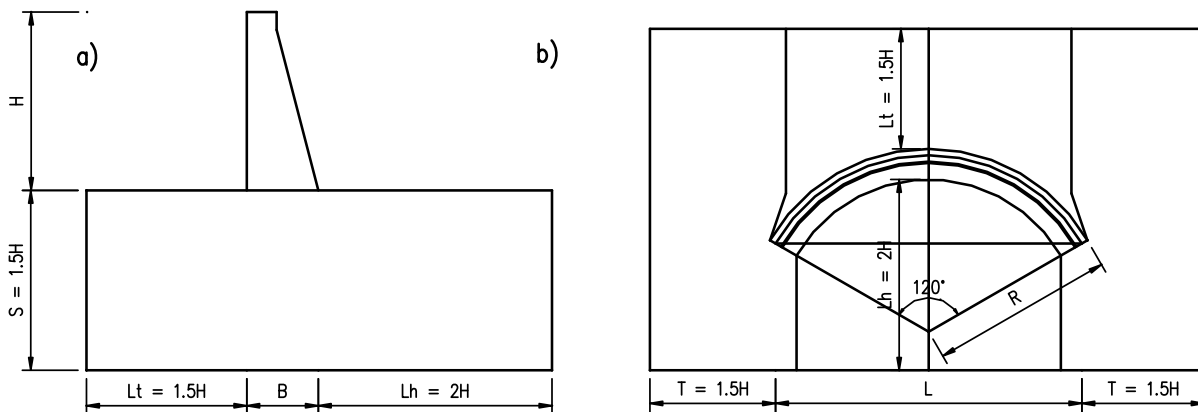
- Các hình thức đập vòm: vòm trọng lực áp dụng cho mặt cắt ngang thung lũng hình chữ U; vòm trọng lực áp dụng cho mặt cắt ngang thung lũng hình thang; vòm mỏng cong hai chiều áp dụng cho mặt cắt ngang thung lũng hình chữ V rộng và vòm mỏng cong hai chiều áp dụng cho mặt cắt ngang thung lũng hình chữ V hẹp (*bảng 1*).

- Độ cứng của nền, đập: tính toán với các mô hình nền có độ cứng khác nhau được xác định theo tỷ số $E_d/E_n = 10; 1; 0.1$. Trong đó, E_d là mô đun đàn hồi của vật liệu làm đập được lấy theo mô đun của bê tông có $R = 20 - 30$ (*bảng 1*). Ngoài ra bài báo còn tính toán cho trường hợp không kể đến ảnh hưởng của nền (coi chân đập ngầm cứng).

- Chiều cao đập: đã khảo sát với nhiều độ cao đập khác nhau được lựa chọn phù hợp cho từng hình thức đập vòm (*bảng 1*).

- Phạm vi nền: bài báo tính toán với phạm vi nền như sau: $L_t = 1.5H$; $L_h = 2H$; $T = 1.5H$; $S = 1.5H$ (trong đó: các kích thước được thể hiện ở hình 1)

- Tổ hợp tải trọng: bài báo chỉ dừng lại nghiên cứu ảnh hưởng của trọng lượng bản thân đập và áp lực nước thượng lưu, chưa kể đến các yếu tố động đất và chênh lệch nhiệt độ.



Hình 1. Kích thước cơ bản của sơ đồ tính toán

Bảng 1. Các thông số tính toán

TT	MC ngang sông	Loại vòm	n	m	L	H	B	Lt	Lh	T	S	Ed	μđ	En	μn	Trường hợp TT												
					(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			T/m3														
I	Chữ U	Trọng lực	4	0.5	120	30	15	45	60	45	45	3.00E+06	0.20	3.00E+05	0.30	A1E1H1												
					200	50	25	75	100	75	75					A1E1H2												
					280	70	35	105	140	105	105					A1E1H3												
II	Hình thang	Trọng lực	2.5	0.25	75	30	7.5	45	60	45	45					3.00E+06	0.20	3.00E+05	0.30	B1E1H1								
					150	60	15	90	120	90	90									B1E1H2								
					225	90	22.5	135	180	135	135									B1E1H3								
III	Chữ V rộng	Cong 2 chiều	1	0.15	30	30	4.5	45	60	45	45									3.00E+06	0.20	3.00E+05	0.30	C1E1H1				
					70	70	10.5	105	140	105	105													C1E1H2				
					130	130	19.5	195	260	195	195													C1E1H3				
IV	Chữ V hẹp	Cong 2 chiều	0.5	0.08	15	30	2.4	45	60	45	45													3.00E+06	0.20	3.00E+05	0.30	D1E1H1
					35	70	5.6	105	140	105	105																	D1E1H2
					65	130	10.4	195	260	195	195																	D1E1H3
V	Chữ U	Trọng lực	4	0.5	120	30	15	45	60	45	45	3.00E+06	0.20	3.00E+06	0.30													A1E1H1
					200	50	25	75	100	75	75																	A1E1H2
					280	70	35	105	140	105	105																	A1E1H3
VI	Hình thang	Trọng lực	2.5	0.25	75	30	7.5	45	60	45	45					3.00E+06	0.20	3.00E+06	0.30									B1E1H1
					150	60	15	90	120	90	90																	B1E1H2
					225	90	22.5	135	180	135	135																	B1E1H3
VII	Chữ V rộng	Cong 2 chiều	1	0.15	30	30	4.5	45	60	45	45									3.00E+06	0.20	3.00E+06	0.30					C1E1H1
					70	70	10.5	105	140	105	105																	C1E1H2
					130	130	19.5	195	260	195	195																	C1E1H3
VII I	Chữ V hẹp	Cong 2 chiều	0.5	0.08	15	30	2.4	45	60	45	45													3.00E+06	0.20	3.00E+06	0.30	D1E1H1
					35	70	5.6	105	140	105	105																	D1E1H2
					65	130	10.4	195	260	195	195																	D1E1H3
IX	Chữ U	Trọng lực	4	0.5	120	30	15	45	60	45	45	3.00E+06	0.20	3.00E+07	0.30													A1E1H1
					200	50	25	75	100	75	75																	A1E1H2
					280	70	35	105	140	105	105																	A1E1H3
X	Hình thang	Trọng lực	2.5	0.25	75	30	7.5	45	60	45	45					3.00E+06	0.20	3.00E+07	0.30									B1E1H1
					150	60	15	90	120	90	90																	B1E1H2
					225	90	22.5	135	180	135	135																	B1E1H3
XI	Chữ V rộng	Cong 2 chiều	1	0.15	30	30	4.5	45	60	45	45									3.00E+06	0.20	3.00E+07	0.30					C1E1H1
					70	70	10.5	105	140	105	105																	C1E1H2
					130	130	19.5	195	260	195	195																	C1E1H3
XII	Chữ V hẹp	Cong 2 chiều	0.5	0.08	15	30	2.4	45	60	45	45													3.00E+06	0.20	3.00E+07	0.30	D1E1H1
					35	70	5.6	105	140	105	105																	D1E1H2
					65	130	10.4	195	260	195	195																	D1E1H3

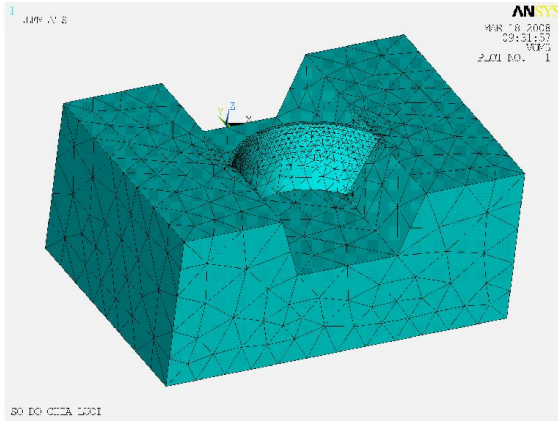
Ghi chú: Các kích thước ký hiệu như hình 1, $n = L/H$ và $m = B/H$.

4. Quá trình tính toán

- **Lựa chọn phần mềm tính toán:** Hiện nay trên thị trường có nhiều phần mềm thương mại phổ biến phục vụ cho việc phân tích kết cấu công trình xây dựng, các phần mềm này được xây dựng trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn. Do tính chất bất định về hình dạng và tải trọng của đập vòm nên phần mềm Ansys là một lựa chọn hợp lý. Phần mềm do Công ty phần

mềm Ansys của Hoa Kỳ phát triển, là một gói phần mềm mạnh dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng ứng xử của một hệ vật lý khi chịu tác động của các loại tải trọng khác nhau. Trong thiết kế, phần mềm Ansys có thể liên kết với các phần mềm thiết kế mô hình hình học 2D, 3D để phân tích trường ứng suất, biến dạng, trường nhiệt độ, tốc độ dòng chảy, có thể xác định được độ mòn, mỏi và phá hủy của chi

tiết. Nhờ việc xác định đó, nó có thể tìm thông số tối ưu cho công nghệ chế tạo. Ansys còn cung cấp phương pháp giải bài toán với nhiều mô hình vật liệu khác nhau: đàn hồi tuyến tính, đàn hồi phi tuyến, đàn dẻo, đàn nhớt, dẻo, dẻo nhớt, chảy dẻo, vật liệu siêu đàn hồi, siêu dẻo, các chất lỏng và chất khí.



Hình 2. Mô hình PTHH vòm trọng lực

- Xây dựng mô hình phần tử hữu hạn:

- +) Xây dựng mô hình hình học của kết cấu bằng phần mềm Mechanical Desktop;
- +) Lựa chọn phần tử: sử dụng phần tử tứ diện 10 nút;
- +) Khai báo vật liệu: sử dụng mô hình đàn hồi tuyến tính;
- +) Chia lưới phần tử: chia lưới phần tử tự động có khống chế độ mịn, khống chế theo

đường và mặt;

- Gán tải trọng và điều kiện biên:

- +) Biên của nền là liên kết ngàm trượt;
- +) Áp lực nước được khai báo là một hàm phụ thuộc vào cao trình tính toán (trục Z) $N = (H - \{Z\}) * 9.81$, với chiều đi từ ngoài vào trong và phương vuông góc với mặt tiếp xúc tại điểm tính toán;
- +) Trọng lượng bản thân chỉ áp dụng cho đập.

- Phân tích kết cấu: Lựa chọn kiểu bài toán: phân tích tĩnh (static).

- Xuất kết quả:

- +) Kết quả tính toán cần quan tâm là các ứng suất $S_1; S_2; S_3; S_z$ và chuyển vị tổng D. Các giá trị này được thể hiện bằng giá trị số theo bảng biểu hoặc bằng biểu đồ màu theo dạng các đường đẳng ứng suất, đẳng biến dạng;
- +) Kết quả tính toán có thể hiển thị theo dạng nguyên khối không gian của bài toán hoặc xác định cho các mặt phẳng làm việc bất kỳ;
- +) Tổng hợp kết quả tính toán được thể hiện ở dạng bảng biểu có kể đến quan hệ với các đặc trưng hình học của nền và đập khác.

5. Kết quả tính toán và nhận xét

Ảnh hưởng của tải trọng vòm tới ứng suất và biến dạng nền

- Giá trị ứng suất đáy vòm giảm dần theo chiều sâu của nền, tuy nhiên tốc độ giảm khác nhau ứng với từng loại đập vòm (bảng 2).

Bảng 2. Kết quả tính toán ứng suất dưới đáy đập vòm trọng lực $m = 0.25$

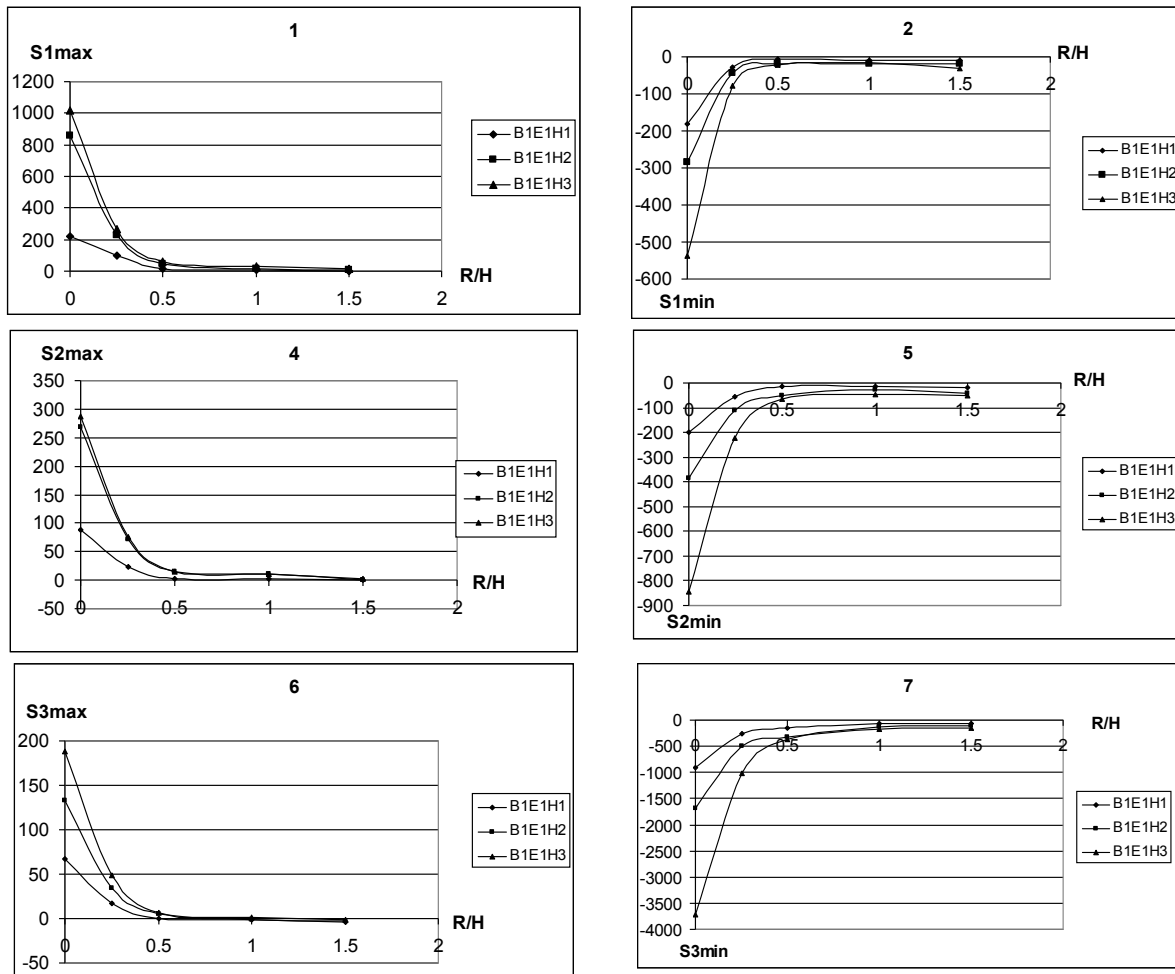
S	Ứng suất S_{1max}					Ứng suất S_{1min}				
R/H	0.0	0.25	0.5	1.0	1.5	0.0	0.25	0.5	1.0	1.5
B1E1H1	222.6	96.2	17.9	5.4	3.0	-182.4	-27.0	-6.5	-9.2	-10.0
B1E1H2	860.5	226.9	47.1	11.4	11.4	-284.1	-43.2	-18.5	-17.9	-18.1
B1E1H3	1015	268.6	59.4	29.2	18.5	-536.1	-79.5	-20.6	-16.4	-31.7
S	Ứng suất S_{2max}					Ứng suất S_{2min}				
R/H	0.0	0.25	0.5	1.0	1.5	0.0	0.25	0.5	1.0	1.5
B1E1H1	88.5	22.9	3.1	1.5	-0.5	-198.0	-53.5	-16.1	-14.8	-19.3
B1E1H2	267.8	70.7	14.9	9.7	0.8	-385.8	-110.9	-49.0	-28.2	-43.9
B1E1H3	286.8	75.3	14.2	10.3	3.0	-846.3	-221.9	-64.2	-46.9	-53.2
S	Ứng suất S_{3max}					Ứng suất S_{3min}				
R/H	0.0	0.25	0.5	1.0	1.5	0.0	0.25	0.5	1.0	1.5
B1E1H1	67.0	16.9	0.6	-1.4	-3.5	-910.1	-264.2	-146.6	-72.9	-58.0
B1E1H2	132.4	34.6	5.9	-1.0	-2.5	-1677.0	-498.4	-316.7	-133.7	-104.3
B1E1H3	188.6	48.9	7.2	1.1	-1.1	-3714.0	-1019.1	-362.4	-173.9	-145.0

Với vòm trọng lực ($m = 0.5$), giá trị ứng suất tại điểm có độ sâu $0.5H$ so với ứng suất lớn nhất dưới đáy đập bằng khoảng 10 - 20%; với $m = 0.25$, trị số tương ứng là 3 - 10%. Với vòm cong hai chiều ($m = 0.15$), giá trị ứng suất tại điểm có độ sâu $0.5H$ so với ứng suất lớn nhất dưới đáy đập bằng khoảng 2 - 6%; với $m = 0.08$, trị số tương ứng là 0.5 - 4%.

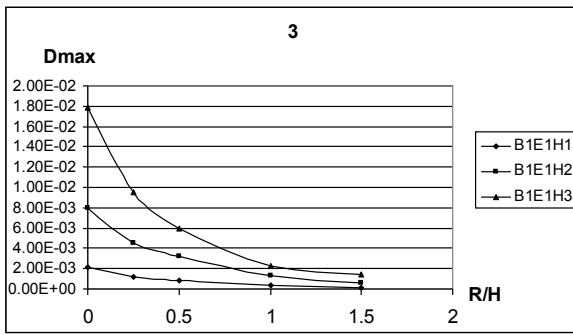
Từ kết quả trên cho thấy, chiều sâu ảnh hưởng của nền phụ thuộc vào hình thức đập vòm, cụ thể vòm càng mỏng thì mức độ ảnh hưởng xuống nền đập càng ít. Nếu lấy giới hạn về mức độ ảnh hưởng của ứng suất nền là 5% thì phạm vi nền dưới đáy đập sẽ thay đổi từ $0.5H$ (ứng với vòm mỏng) đến $1H$ ứng với vòm trọng lực.

Bảng 3. Chuyển vị lớn nhất của các điểm dưới đáy đập theo chiều sâu nền (m)

R/H		0	0.25	0.5	1	1.5
D_{max}	D1E3H1	5.82E-06	3.37E-06	1.60E-06	6.60E-07	3.00E-07
D_{max}	D1E3H2	4.28E-05	2.49E-05	1.20E-05	6.00E-06	2.00E-06
D_{max}	D1E3H3	1.11E-04	6.95E-05	4.20E-05	1.60E-05	5.00E-06



Hình 3. Biểu đồ ứng suất dưới đáy đập theo chiều sâu nền



Hình 4. Chuyển vị tổng dưới đáy đập

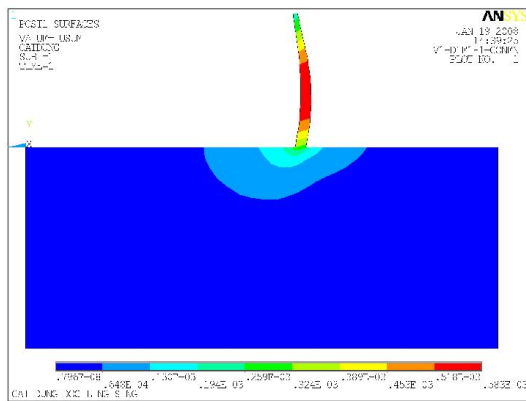
- Chuyển vị tổng của nền do tải trọng vòm cũng giảm dần theo chiều sâu nhưng mức độ giảm không lớn vì trong thực tế giá trị chuyển vị của các điểm dưới đáy đập rất nhỏ. Vì vậy theo tác giả, rất khó đánh giá phạm vi ảnh hưởng của các tải trọng đập xuống nền theo điều kiện chuyển vị. Dưới đây là một số ví dụ về kết quả tính toán chuyển vị lớn nhất dưới đáy đập.

- Giá trị ứng suất và chuyển vị ở hai vai đập giảm dần theo chiều rộng của vai đập, tuy nhiên tốc độ giảm khác nhau ứng với từng loại đập, và từng loại ứng suất (bảng 2).

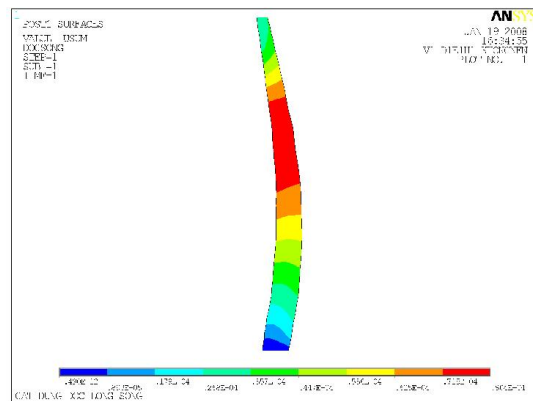
Giá trị ứng suất S_2 giảm mạnh khi phạm vi vai đập rộng ra, đặc biệt là trong phạm vi $0.5H$ (giảm hơn 90%), giá trị ứng suất S_1 lại chỉ giảm với mức vừa phải 40%.

Cùng một chiều cao đập, giá trị ứng suất lớn nhất S_{2max} ở vai đập của vòm trọng lực chỉ bằng $\frac{1}{2}$ giá trị ứng suất lớn nhất của vòm mỏng, nhưng giá trị ứng suất lớn nhất S_3 thì ngược lại, còn S_1 thì xấp xỉ nhau.

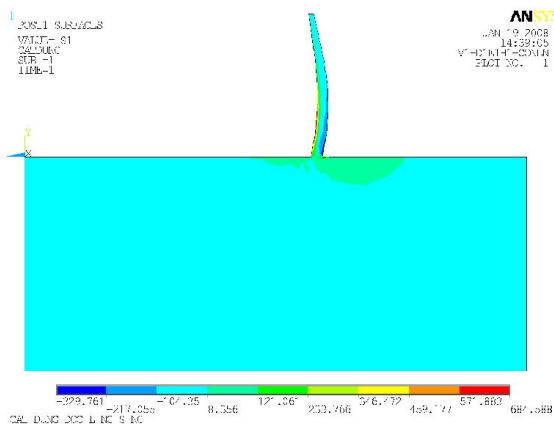
Nhìn chung, bên vai đập, các giá trị ứng suất và chuyển vị không thay đổi theo chiều cao H của đập vòm mà thay đổi theo chiều dài của dây cung L .



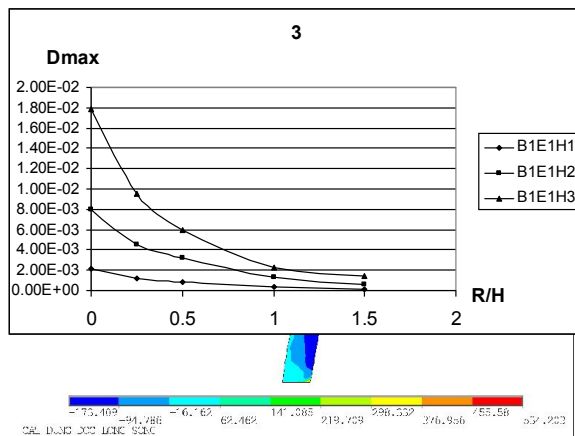
a) Chuyển vị tổng khi có xét ảnh hưởng của nền



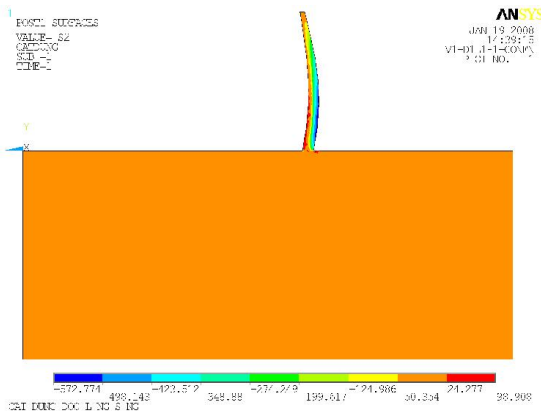
b) Chuyển vị tổng không xét ảnh hưởng của nền



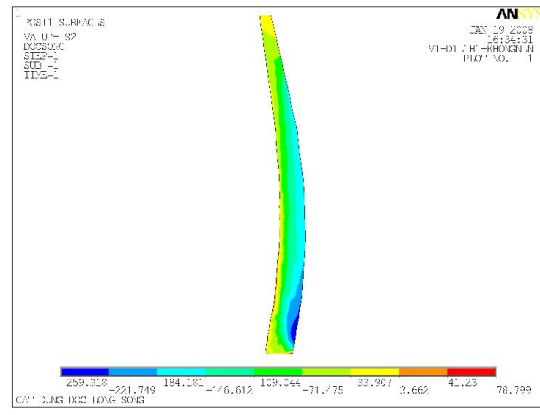
c) Ứng suất S_1 khi có xét ảnh hưởng của nền



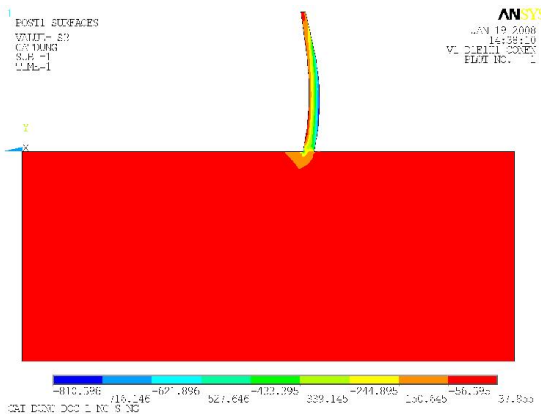
d) Ứng suất S_1 không xét ảnh hưởng của nền



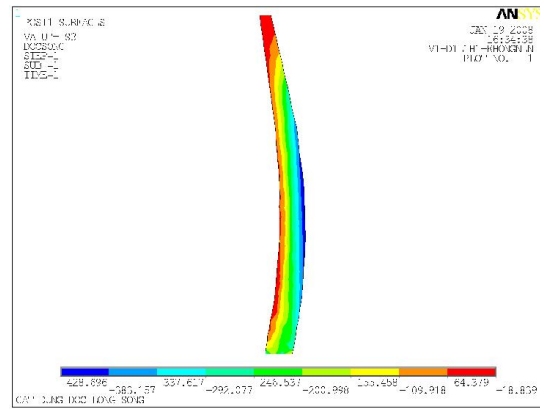
e) Ứng suất S_2 khi có xét ảnh hưởng của nền



f) Ứng suất S_2 khi không xét ảnh hưởng của nền



g) Ứng suất S_3 khi có xét ảnh hưởng của nền



h) Ứng suất S_3 khi không xét ảnh hưởng của nền

Hình 5. Phân bố ứng suất và chuyển vị theo mặt cắt đứng của vòm trong hai tổ hợp

Ứng suất biến dạng đập vòm trường hợp có và không xét ảnh hưởng của nền

- Trường hợp đập vòm không kể đến ảnh hưởng của nền:

Chuyển vị tổng lớn nhất với đập vòm không kể đến ảnh hưởng của nền là đỉnh của các vòm nằm ở chiều cao $2H/3$ của đập (hình 6 a).

Ứng suất chính S_1 , S_2 , S_3 nhỏ nhất xuất hiện tại mép chân đập phía thượng lưu và giữa bụng vòm (phía hạ lưu), trong khi đó giá trị lớn nhất lại xuất hiện ở mép chân đập phía hạ lưu và giữa lưng vòm.

- Trường hợp đập vòm có kể đến ảnh hưởng của nền:

Chuyển vị tổng lớn nhất với đập vòm có xét đến ảnh hưởng của nền là đỉnh của các vòm nằm giữa

chiều cao của đập. Giá trị chuyển vị tổng lớn nhất của vòm có kể đến ảnh hưởng của nền cao hơn vòm không xét đến ảnh hưởng của nền khoảng từ 8 – 10 lần, điều này cho thấy ảnh hưởng của nền đập tới biến dạng đập vòm là rất lớn.

Về cơ bản, các thành phần ứng suất chính S_1 , S_2 , S_3 cũng phân bố như trường hợp không xét đến ảnh hưởng của nền, tuy nhiên với các vùng chứa ứng suất chính lớn ở chân đập có sự dịch chuyển vào nền đập và trị số thay đổi theo độ cứng của nền. Cụ thể, nền càng cứng thì giá trị ứng suất này càng giảm và càng tiệm cận với giá trị ứng suất khi không xét đến ảnh hưởng của nền.

6. Kết luận và kiến nghị

Trong giới hạn phạm vi nghiên cứu về ảnh

hường của độ cứng nền đến ứng suất - biến dạng trong đập vòm và nền của nó có thể rút ra các kết luận sau:

1) Giới hạn chiều sâu của nền chịu ảnh hưởng của tải trọng từ đập vòm truyền xuống thay đổi theo chiều dày tương đối (m) của đập vòm và biến đổi trong khoảng từ 1H (đối với vòm trọng lực) đến 0.5H (đối với vòm mỏng).

2) Giới hạn chiều rộng của vai đập chịu ảnh hưởng của tải trọng truyền từ đập vòm sang vừa phụ thuộc vào chiều cao đập H, vừa phụ thuộc vào chiều rộng lòng sông L. Phạm vi ảnh hưởng

thay đổi từ 1L (đối với vòm trọng lực) đến 1H (đối với vòm mỏng).

3) Khi không xét đến ảnh hưởng của nền (coi nền là tuyệt đối cứng) thì giá trị ứng suất biến dạng trong thân đập giảm xuống. Vì vậy việc thiết kế đập không xét đến ảnh hưởng của nền là không đảm bảo an toàn.

4) Để có được kết quả đầy đủ hơn, cần mở rộng phạm vi nghiên cứu đối với các tổ hợp tải trọng có xét đến động đất và biến đổi nhiệt độ, là những yếu tố rất nhạy cảm đối với trạng thái ứng suất – biến dạng của đập vòm.

Tài liệu tham khảo:

[1] Historical Development of Arch Dams: from cut-stone archs to morden concrete designs; H. Chanson and D.P. James; Dept. of Civil Engineering, The University of Queensland; Institution of Engineering, Australia 2002.

[2] Historical Development of Arch Dams in Australia: from advanced designs to engineering failures; H. Chanson, Senior Lecturer; Dept. of Civil Engineering, The University of Queensland and D. Patrick James, Environment Consultant; Patrick James & Associates, 5/2 Hardie Street, Neutral Bay NSW 2089; Research Report No. CE. 157; August, 1998;

[3] Engineering and Design - Arch Dam Design; Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000; 31 May 1994.

[4] Design of Arch Dams; United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation; A Water Resources Technical Publication, Denver Colorado, 1977.

[5] Large Dams in China: a fifty – year review; Jiazheng Pan and Jing He; China WaterPower Press, Beijing 2000.

[6] Design Criteria for Concrete Arch and Gravity Dams; United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation; A Water Resources Technical Publication, Denver, Colorado.

[7] Dams and Appurtenant Hydraulic Structures; Ljubomir Tancev, Professor, Faculty of Civil Engineering, Sts Cyril and Methodius University, Skipje, Republic of Macedonia. 2005.

Summary

STUDY ON FOUNDATION SIZE EFFECTED BY ARCH DAM LOAD

Article studied on the effect of foundation stiffness, loading, size and shape of arch dams and cross section foundation size to the stress distribution and deformation of arch dams and foundation. From the analysis results the outhors proposed foundation size which should be included in the the analysis.

Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Văn Chiến