

MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ ĐỘNG ĐẤT THIẾT KẾ VÀ QUY CHUẨN QCVN 04-05:2022/BNNPTN

Chuyên gia PECC3- Ts. Nguyễn Trí Trinh

1. MỞ ĐẦU

Động đất hay Địa chấn (Tiếng Anh: Earthquake, Chữ Hán: 地) là sự rung chuyển trên bề mặt Trái Đất do kết quả của sự giải phóng năng lượng bất ngờ ở lớp vỏ Trái Đất và phát sinh ra sóng địa chấn. Động đất để lại nhiều hậu quả, gây ra tổn thất lớn về tài sản, nhân mạng, môi trường. Trận động đất tháng 5-2008 ở tỉnh Tứ Xuyên là một trong những trận lớn nhất từng được ghi nhận, có cường độ lên tới 8 độ Richter. Trận động đất có tâm chấn ở huyện Vân Xuyên, khiến gần 70.000 người thiệt mạng và gây thiệt hại trên diện rộng. Động đất nếu gây ra vỡ đập thì hậu quả càng nghiêm trọng hơn. Mặc dầu như vậy, nhưng cho đến thời điểm hiện tại nước ta vẫn chưa có tiêu chuẩn lựa chọn thông số động đất trong công tác tư vấn thiết kế công trình thủy công, nhất là đập. Quy chuẩn quốc gia QC 04-05-2022/BNNPTN có đề cập một số khái niệm về động đất và 1 số tổ hợp tính toán có liên quan động đất. Tuy nhiên vẫn chưa đủ thông tin để giúp người tư vấn dễ dàng tiếp cận. Một số khái niệm, tổ hợp liên quan động đất cũng chưa phù hợp với thực tế áp dụng và tiêu chuẩn quốc tế. Bài viết này trên cơ sở các tài liệu liên quan đến động đất thiết kế thường được sử dụng ở nước ta, quốc tế sẽ đưa ra cái nhìn tổng quan và xem như là một kênh tham khảo có thể giúp người tư vấn lựa chọn thông số thiết kế động đất đập chắn nước.

2. DANH MỤC CÁC TÀI LIỆU LIÊN QUAN ĐỘNG ĐẤT TRONG THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH THỦY CÔNG

- TCXDVN 375-2006- Thiết kế công trình chịu động đất: Áp dụng cho công trình nhà, nền móng, tường chắn
- TCXDVN 9386-2012- Thiết kế công trình chịu động đất: Áp dụng cho công trình nhà, nền móng, tường chắn
- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về công trình thủy lợi, phòng chống thiên tai phần I công trình thủy lợi - các quy định chủ yếu về thiết kế.

Nhận xét:

TCXDVN 375-2006 đã được thay thế bởi TCXDVN 9386-2012 và có phạm vi áp dụng chỉ cho công trình nhà, nền móng và tường chắn.

QCVN 04-05:2022/BNNPTN- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về công trình thủy lợi, phòng chống thiên tai. Quy chuẩn này có đề cập đến một số thuật ngữ, tổ hợp tính toán có xét động đất áp dụng cho công trình thủy lợi.

Do không có tiêu chuẩn về thiết kế công trình chịu động đất cho công trình thủy lợi nên trong thời gian qua các đơn vị tư vấn đều phải vận dụng tiêu chuẩn quốc tế và lập thành tiêu chuẩn riêng để phê duyệt áp dụng.

3. CÁC THUẬT NGỮ LIÊN QUAN ĐỘNG ĐẤT TRONG THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH (MCE, OBE, MDE, SEE, RTE)

Dưới đây trích dẫn thuật ngữ cách hiểu liên quan động đất thiết kế theo một số tiêu chuẩn quốc tế và của nước ta:

Bảng 1: Thuật ngữ cách hiểu liên quan động đất thiết kế

TT	Tên thuật ngữ	QCVN 04-05:2022	ICOLD (selecting seismic parameters for large dams guidelines-bulletin 72, 2010 revision)	ER 1110-2-1806 (engineering and design earthquake design and evaluation for civil works projects)	EM 1110-2-2200 (Gravity Dam Design)
1	MCE	Trận động đất có cường độ lớn nhất có thể xác định được trên cơ sở kiến tạo khu vực	A Maximum Credible Earthquake (MCE) is the largest reasonably conceivable earthquake magnitude that is considered possible along a recognized fault or within a geographically defined tectonic province, under the presently known or presumed tectonic framework. The most severe ground motion affecting a dam site due to an MCE scenario is referred to as the MCE ground motion	The MCE is defined as the largest earthquake that can reasonably be expected to be generated by a specific source on the basis of seismological and geological evidence	The largest earthquake associated with a specific seismotectonic structure or source area within the region examined
2	OBE	Trận động đất tác động lên công trình chỉ gây những thiệt hại nhỏ, dễ dàng khắc phục sửa chữa và không ảnh hưởng đến vận hành bình thường của công trình. Động đất vận hành cơ sở được xác định với chu kỳ lặp lại 475 năm	The Operating Basis Earthquake (OBE) is that level of shaking for which there should be no or insignificant damage to the dam and appurtenant structures. In theory the OBE can be determined from an economic risk analysis but this is not always practical or feasible. In many cases, it will be appropriate to choose a minimum return period of 145 years (i.e. a 50 % probability of not being exceeded in 100 years)	The OBE is an earthquake that can reasonably be expected to occur within the service life of the project, typically a 50% probability of exceedance in 100 years (average return period of 144 years) assessed using a PSHA informed by the results of a site-specific DSHA	The earthquake, usually smaller than the MCE, associated with a specific seismotectonic structure or source area within the region examined which reflects the level of earthquake protection desired for operational or economic reasons
3	MDE	không	The SEE replaces the terms Maximum Design Earthquake (MDE) used in	The MDE is the maximum level of ground motion for	

			the first edition of this bulletin and Design Basis Earthquake (DBE) used in ICOLD Bulletin 46	which a structure is designed or evaluated	
4	SEE	Trận động đất lớn nhất được sử dụng để phân tích an toàn cho công trình trong tổ hợp tải trọng đặc biệt	The Safety Evaluation Earthquake (SEE) is the maximum level of ground motion for which the dam should be designed or analyzed		
5	RTE	Trận động đất được kích hoạt do có hồ chứa hoặc do nâng hạ mực nước hồ chứa	The Reservoir-Triggered Earthquake (RTE) represents the maximum level of ground motion capable of being triggered at the dam site by the filling, drawdown, or the presence of the reservoir		

Ghi chú: Tác giả đề nguyên tiếng Anh để đọc giả có thể tham chiếu bản gốc cho các trích dẫn tiêu chuẩn quốc tế.

Nhận xét

- **MCE:** Thuật ngữ MCE của các tiêu chuẩn liệt kê ở bảng trên tuy có khác nhau về câu chữ nhưng bản chất là giống nhau.
 - **OBE:** Thuật ngữ OBE của QCVN 04-05:2022 tương đối phù hợp với ICOLD, ngoại trừ số năm lặp lại. Cả 2 tiêu chuẩn của EM đều nói lên ý OBE được dự đoán một cách hợp lý sẽ xảy ra trong thời gian sử dụng của dự án, khoảng 145 năm. Như vậy số năm lặp lại (OBE) của các tiêu chuẩn ICOLD, EM đều là 145 năm ngắn/thấp hơn so với 475 năm của QCVN 04-05:2022.
 - **MDE:** QCVN 04-05:2022 và EM 1110-2-2200 không đề cập đến thuật ngữ này. Trong khi ICOLD và ER 1110-2-1806 có đề cập, trong đó: ICOLD nói rằng MDE (thường được sử dụng trước đây) được thay thế bằng thuật ngữ SEE, còn ý nghĩa trong EM 1110-2-2200 là động đất được sử dụng để thiết kế công trình.
 - **SEE:** Thuật ngữ này mới được áp dụng sau này nên các tiêu chuẩn EM 1110-2-2200, ER 1110-2-1806 không đề cập. Như đã nêu ở trên SEE thay thế cho MDE.
 - **RTE:** Thuật ngữ này mới được áp dụng sau này nên các tiêu chuẩn EM 1110-2-2200, ER 1110-2-1806 không đề cập. Ý nghĩa trong QCVN 04-05:2022 và trong ICOLD là phù hợp.
- 4. TỔ HỢP TÍNH TOÁN VỚI ĐỘNG ĐẤT ĐƯỢC ĐỀ CẬP TRONG QCVN 04-05:2022**

Trong QCVN 04-05:2022 có nêu 2 tình huống tính toán động đất, cụ thể

- OBE: Trong danh sách các lực tạm thời ngắn hạn, QCVN 04-05:2022 có liệt kê tải trọng động đất OBE. Tải trọng do tác động của trận động đất OBE. Chú thích: Khi xét tải trọng OBE trong trường hợp khai thác công trình, mực nước hồ chứa được lấy bằng MNBT.
- SEE: Trong danh sách các lực tạm thời đặc biệt, QCVN 04-05:2022 có nêu tải trọng động đất SEE. Tải trọng do tác động của trận động đất SEE hoặc nổ và không có chú thích gì thêm.

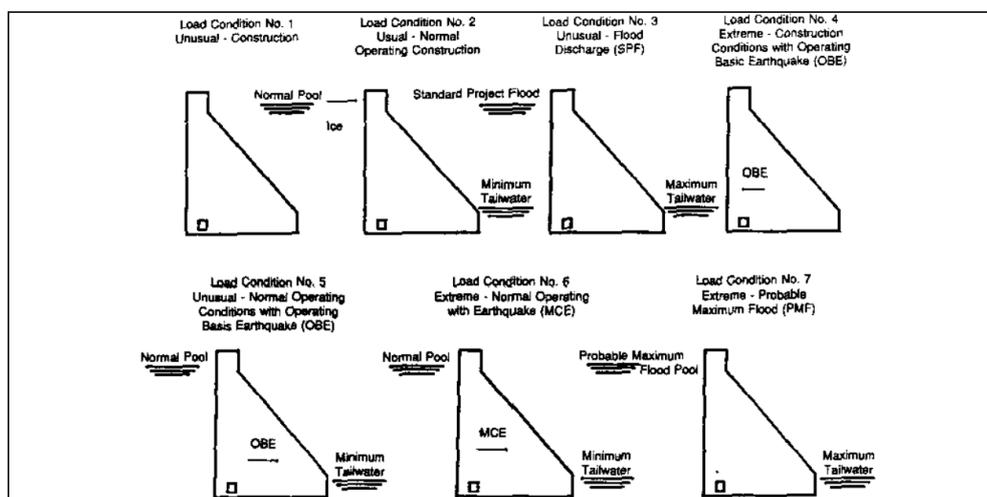
Nhận xét:

- QCVN 04-05:2022 chưa nêu cụ thể các tổ hợp đi cùng hoặc quy định số năm lặp lại cho OBE hoặc SEE nên khó khăn cho người thiết kế khi áp dụng cho công trình cụ thể. Ví dụ trong trường hợp OBE ngoài tổ hợp với MNBT thì còn phải tổ hợp với tổ hợp nào nữa không? Hoặc khi đề cập đến số năm lặp lại của SEE, QCVN 04-05:2022 có đoạn viết: “*đập chắn nước cấp đặc biệt lấy SEE bằng MCE hoặc trận động đất có chu kỳ lặp 10000 năm; đập chắn nước nhỏ hơn cấp I và ảnh hưởng đến hạ du nhỏ, có thể chọn SEE nhỏ hơn 10000 năm; trường hợp công trình nhà máy thủy điện, cửa lấy nước, đường hầm dẫn nước... bố trí độc lập với đập chắn nước có thể lựa chọn SEE là trận động đất có thời gian lặp 475 năm*” Câu hỏi đặt ra là nhỏ hơn 10 000 năm cụ thể là bao nhiêu? Các công trình nhà máy thủy điện, cửa lấy nước, đường hầm dẫn nước... bố trí độc lập với đập chắn nước có thể lựa chọn SEE là trận động đất có thời gian lặp 475 năm có phù hợp chưa? Để làm sáng tỏ vấn đề này, xin xem mục 5 và 6 dưới đây.

5. LỰA CHỌN THÔNG SỐ ĐỘNG ĐẤT

5.1 Các tổ hợp với OBE, MCE

Để làm rõ sự khác nhau trong các tổ hợp tính toán có xét động đất giữa QCVN 04-05:2022 và tiêu chuẩn quốc tế, dưới đây xin lấy ví dụ các tổ hợp quy định tính toán cho đập bê tông trọng lực theo tiêu chuẩn cục Công binh Mỹ EM 1110-2-2200 (Gravity Dam Design), theo đó quy định có 7 trường hợp tổ hợp tính toán như hình dưới



Hình 1: Các trường hợp tổ hợp tải trọng cho đập BTTL

Trong các tổ hợp trên, ta quan tâm đến 3 tổ hợp liên quan đến tính toán động đất TH4, 5, 6, trong đó:

- TH4: Thi công gập động đất OBE. Động đất cơ sở vận hành OBE với phương gia tốc nằm ngang từ hạ lưu lên thượng lưu, thượng hạ lưu hồ không có nước. TH4 này được EM 1110-2-2200 quy định là tải trọng đặc biệt (extreme loading condition);
- TH5: Hồ đạt MNBT và gập động đất OBE. Động đất cơ sở vận hành OBE với phương gia tốc nằm ngang từ thượng lưu về hạ lưu, hạ lưu hồ ở mực nước thấp nhất. TH5 này được EM 1110-2-2200 quy định là tải trọng không bình thường (Unusual loading condition);
- TH6: Hồ ở MNBT gập động đất MCE với phương gia tốc nằm ngang từ thượng lưu về hạ lưu, hạ lưu hồ ở mực nước thấp nhất. TH6 này được EM 1110-2-2200 quy định là tải trọng đặc biệt (Extreme loading condition).

Qua các nội dung tổ hợp liên quan động đất TH4, TH5, TH6 của EM 1110-2-2200 và đối chiếu với QCVN 04-05:2022 cho thấy:

Với trận động đất OBE:

- Có 2 tổ hợp phải tính toán khi tổ hợp với OBE: TH4 Trường hợp thi công gập OBE và TH5 trường hợp MNBT gập OBE. Trong đó TH4 được quy định là tổ hợp đặc biệt còn TH5 là tổ hợp không bình thường. Trong khi QCVN 04-05:2022 chỉ mới đề cập đến TH5 và xem là trường hợp cơ bản. TH4 thì QCVN 04-05:2022 không thấy nêu cụ thể nhưng nếu tổ hợp tính toán thì cũng được xếp là trường hợp cơ bản vì OBE trong QCVN 04-05:2022 được xem là tải trọng tạm thời ngắn hạn.
- Theo QCVN 04-05:2022 chỉ có 2 loại trường hợp tổ hợp tải trọng: trường hợp cơ bản và trường hợp đặc biệt, trong khi EM 1110-2-2200 lại có đến 3 trường hợp: bình thường, bất thường, đặc biệt (sắp xếp theo thứ tự yêu cầu hệ số an toàn giảm dần). Ở TH4, do thời gian thi công thường ngắn (so với đời sống dự án), khả năng gập động đất là thấp nên EM xếp loại là đặc biệt để có hệ số an toàn nhỏ đi, mang lại hiệu quả kinh tế cho dự án hơn. Ngược lại theo QCVN 04-05:2022 là TH4 là cơ bản, yêu cầu hệ số an toàn cao hơn, công trình phải được thiết kế kiên cố hơn, làm cho chi phí đầu tư tăng một cách không cần thiết và thiếu logic. Tương tự với TH5, EM chỉ xếp hạng bất thường chứ không xem là trường hợp bình thường (TH cơ bản) cũng vì là yếu tố kinh tế và logic.
- Về số lần lặp lại của OBE theo ICOLD, EM chỉ 144-145 năm, nhỏ hơn 475 năm theo QCVN 04-05:2022. Do vậy có thể thấy nước ta còn nghèo nhưng yêu cầu an toàn về động đất trong QCVN 04-05:2022 còn cao hơn cả Mỹ và Châu Âu (Tất nhiên phải bỏ tiền ra nhiều hơn để mua lấy sự an toàn này)

Với trận động đất MCE:

- Chỉ có 1 tổ hợp phải tính toán khi tổ hợp với MCE: TH6 và được quy định là tổ hợp đặc biệt. QCVN 04-05:2022 phù hợp với quy định này.

5.2 Lựa chọn thông số thiết kế động đất cho đập theo ICOLD

Do QCVN 04-05:2022 không trình bày, quy định cụ thể việc lựa chọn thông số thiết kế động đất khi thiết kế công trình (Xác định yêu cầu về số năm lặp lại tối thiểu để Viện Vật lý địa cầu có cơ sở điều tra khảo sát, nghiên cứu tính toán ra các thông số động đất phục vụ thiết kế như gia tốc, phổ...), để giúp người tư vấn có thêm một

kênh tham khảo, phần dưới đây xin được trình bày cách tiếp cận của ICOLD trong việc xác định yêu cầu về số năm lặp lại (tần suất xảy ra trận động đất SEE, OBE...) cho đập như bên dưới đây.

5.2.1 Đánh giá rủi ro tiềm ẩn xác định cấp rủi ro

Việc đầu tiên để xác định số lần lặp lại của các thông số động đất là phải đánh giá, xếp hạng các tiềm ẩn rủi ro (nếu đập bị vỡ), theo đó ICOLD có khuyến nghị sau:

Rủi ro tiềm ẩn liên quan đến đập bao gồm các thành phần kết cấu công trình và thành phần kinh tế xã hội. Các thành phần rủi ro tiềm tàng của kết cấu công trình phụ thuộc chủ yếu vào khả năng chứa nước và chiều cao của đập, vì các hậu quả tiềm ẩn ở hạ lưu tỷ lệ thuận với các giá trị được đề cập.

Rủi ro kinh tế xã hội có thể được thể hiện qua một số người cần được sơ tán trong trường hợp nguy hiểm và thiệt hại tiềm tàng ở hạ lưu.

Có thể đánh giá rủi ro tiềm ẩn bằng cách tính trọng số cho các thành phần được đề cập, hệ số trọng số lớn hơn với các đập có trữ lượng lớn hơn, đặt ra các yêu cầu sơ tán lớn hơn và kéo theo thiệt hại tiềm ẩn lớn hơn ở hạ lưu. Theo cách này, xếp hạng rủi ro có thể được xây dựng và chia nhỏ thành các loại khác nhau, từ thấp đến cực đoan.

Cần lưu ý rằng việc đánh giá trọng số các thành phần rủi ro, đặc biệt là các thành phần rủi ro kinh tế - xã hội nêu trên, là những đánh giá dựa trên phán đoán và phản ánh tác động của môi trường kinh tế - xã hội. Do đó, các quốc gia khác nhau sẽ thấy cần phải điều chỉnh mức đóng góp rủi ro kinh tế xã hội cho phù hợp với hoàn cảnh hiện tại. Những cân nhắc ở trên có thể được sử dụng làm hướng dẫn chung về mặt này

Hai Bảng sau đây thuận tiện để đánh giá rủi ro liên quan đến đập. Bốn yếu tố rủi ro được đánh giá riêng biệt là thấp, trung bình, cao hoặc cực đoan

Bảng 2: Xếp hạng rủi ro theo các thành phần rủi ro (cho đập)

Risk Factor	Extreme	High	Moderate	Low
Contribution to risk (weighting points)				
Capacity (hm ³)	> 120 (6)	120-1 (4)	1-0.1 (2)	< 0.1 (0)
Height (m)	> 45 (6)	45-30 (4)	30-15 (2)	< 15 (0)
Evacuation Requirements (No. of persons)	> 1 000 (12)	1 000-100 (8)	100-1 (4)	None (0)
Potential Downstream Damage	High (12)	Moderate (8)	Low (4)	None (0)

Bảng trên được khuyến nghị cho hướng dẫn chung. Tuy nhiên, trong trường hợp nghiêm trọng hơn (ví dụ: chiều cao của đập trên 90 m và lượng nước tích trữ lớn hơn 1 200 hm³) các cân nhắc đặc biệt cho an toàn có thể được chỉ định thêm.

Điểm rủi ro tổng hợp được xác định bởi biểu thức:

$$\begin{aligned} \text{Total Risk Factor} = & +\text{Risk Factor (capacity)} \\ & + \text{Risk Factor (height)} \\ & + \text{Risk Factor (evacuation requirements)} \\ & + \text{Risk Factor (potential downstream damage)}. \end{aligned}$$

Cấp rủi ro của đập RC dựa trên Hệ số rủi ro tổng cộng (Total Risk Factor) và được phân thành 4 cấp từ I (thấp) đến IV (nghiêm trọng) tính toán như bảng sau:

Bảng 3 : Phân cấp rủi ro tổng hợp RC

Total Risk Factor	Risk Class (Risk Rating)
0- 6	I (Low)
7-18	II (Moderate)
19-30	III (High)
31-36	IV (Extreme)

5.2.2 Xác định số năm lặp lại cho các trận động đất (ICOLD)

a) **OBE:** Theo ICOLD, số năm lặp lại khi lựa chọn thông số OBE không phụ thuộc cấp rủi ro RC và được xác định trên cơ sở xác suất 50 % không bị vượt quá trong 100 năm, tương ứng với số năm lặp lại là 144-145 năm. Số năm lặp lại của trận động đất OBE phù hợp với ER 1110-2-1806 (Engineering and design earthquake design and evaluation for civil works projects) và EM 1110-2-2200 (Gravity Dam Design) và đều là 144-145 năm.

b) **SEE/MDE:**

Số năm lặp lại của SEE phụ thuộc vào Cấp rủi ro của đập RC (cách xác định RC xem 5.2.1), cụ thể

- Cấp IV, III: 10 000 năm
- Cấp II: 3000 năm
- Cấp I: 1000 năm

Còn theo ER 1110-2-1806, đối với các công trình quan trọng (cấp độ rủi ro cao, nghiêm trọng), MDE lấy như MCE. Đối với tất cả các hạng mục khác, MDE tối thiểu là một sự kiện có xác suất vượt quá 10% trong 100 năm (thời gian lặp lại trung bình là 950 năm). Điều này phù hợp với ICOLD (xem 5.2.2.b). Tuy nhiên trong QCVN 04-05:2022 lại nêu SEE chỉ là 475 năm cho các hạng mục công trình nhà máy thủy điện, cửa lấy nước, đường hầm dẫn nước... bố trí độc lập với đập chắn nước là chưa được an toàn vì thấp hơn mức tối thiểu cho phép.

5.2.3 Xác định số năm lặp lại cho các trận động đất MDE/SEE cho các hạng mục khác

Theo ICOLD, Đập và các bộ phận quan trọng về an toàn như cửa xả đáy, cửa đập tràn và các bộ phận điều khiển liên quan phải có khả năng chịu được rung lắc của trận động đất SEE. Hư hỏng và biến dạng kết cấu được chấp nhận miễn là đập có thể trở

nước trong hồ chứa một cách an toàn sau SEE và mực nước trong hồ chứa có thể được kiểm soát. Điều này có nghĩa là tiêu chí hoạt động đối với cửa xả đáy và đập tràn ít nhất cũng nghiêm ngặt như đối với thân đập vì chúng phải có thể hoạt động sau động đất SEE.

6 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Cho đến nay, chưa có tiêu chuẩn về thiết kế công trình chịu động đất cho công trình thủy lợi.
- QCVN 04-05:2022 chưa nêu cụ thể các tổ hợp đi cùng (với OBE) hoặc quy định cách xác định số năm lặp lại cho SEE nên khó khăn cho người thiết kế khi áp dụng công trình cụ thể.
- Theo QCVN 04-05:2022 chỉ có 2 loại trường hợp tổ hợp tải trọng: trường hợp cơ bản và trường hợp đặc biệt, trong khi EM 1110-2-2200 lại có đến 3 trường hợp tổ hợp tính toán: bình thường, bất thường, đặc biệt (sắp xếp theo thứ tự yêu cầu hệ số an toàn giảm dần)
- Theo EM 1110-2-2200 có 2 tổ hợp phải tính toán khi tổ hợp với OBE: TH4 Trường hợp thi công gặp OBE và TH5 trường hợp MNBT gặp OBE. Trong đó TH4 được quy định là tổ hợp đặc biệt còn TH5 là tổ hợp không bình thường. Trong khi QCVN 04-05:2022 chỉ mới đề cập đến TH5 và xem là trường hợp cơ bản. TH4 thì QCVN 04-05:2022 không thấy nêu cụ thể nhưng nếu tổ hợp tính toán thì cũng được xếp là trường hợp cơ bản vì OBE trong QCVN 04-05:2022 được xem là tải trọng tạm thời ngắn hạn.
- Về số lần lặp lại của OBE theo ICOLD, EM chỉ 145 năm, nhỏ hơn 475 năm theo QCVN 04-05:2022. Do vậy có thể thấy nước ta còn nghèo nhưng yêu cầu an toàn về động đất trong QCVN 04-05:2022 còn cao hơn cả Mỹ và Châu Âu (Tất nhiên phải bỏ tiền ra nhiều hơn để mua lấy sự an toàn này)
- Số lần lặp lại SEE cho các hạng mục công trình nhà máy thủy điện, cửa lấy nước, đường hầm dẫn nước... bố trí độc lập với đập chắn nước là chưa được an toàn. Hiện tại là 475 năm, tương ứng với OBE của QCVN 04-05:2022. Tác giả đề xuất ít nhất phải là khoảng 1000 năm để phù hợp với ICOLD, ER 1110-2-1806 và 1 số tiêu chuẩn quốc tế khác.
- Đã giới thiệu cách phân cấp rủi ro RC để xác định số năm lặp lại cho các trận động đất thiết kế theo ICOLD.
- Bộ Nông nghiệp và PTNT cần cho biên soạn hướng dẫn lựa chọn thông số động đất thiết kế để đáp ứng nhu cầu thực tế hiện nay, nhất là công tác quản lý an toàn đập.

7 TÀI LIỆU THAM KHẢO

- **QC 04-05-2022/BNNPTNT**: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về công trình thủy lợi, phòng chống thiên tai, phần I Công trình Thủy lợi – Các quy định chủ yếu về thiết kế;
- **TCXDVN 375-2006**- Thiết kế công trình chịu động đất: Áp dụng cho công trình nhà, nền móng, tường chắn
- **TCXDVN 9386-2012**- Thiết kế công trình chịu động đất: Áp dụng cho công trình nhà, nền móng, tường chắn;
- **ICOLD** (selecting seismic parameters for large dams guidelines-bulletin 72, 2009).

- **ER 1110-2-1806** (Engineering and design earthquake design and evaluation for civil works projects - USA).
- **EM 1110-2-2200** (Gravity Dam Design - USA)

Đà Nẵng, 05/07/2023
Nguyễn Trí Trinh