

# **Các lĩnh vực An toàn Đập liên quan đến Địa chấn kích hoạt do Hồ chứa - RTS**

**Tiến sỹ Martin Wieland**

**Chủ nhiệm Ủy ban các lĩnh vực về Địa chấn trong thiết kế  
Đập của Ủy Hội Đập lớn thế giới (ICOLD)**

**Poyry Energy Ltd., Zurich, Switzerland**

# Thuật ngữ sử dụng chính thức của ICOLD

Thuật ngữ cũ (gây hiểu lầm):

**Địa chấn do Hồ chứa tạo ra (RIS)**

Thuật ngữ mới (chuẩn):

**Địa chấn do Hồ chứa kích hoạt (RTS)**

# RESERVOIRS AND SEISMICITY

*State of knowledge*

# RETENUES ET SISMICITÉ

*État des connaissances*

**Bulletin 137**



**2011**

# Kỷ yếu 137 của ICOLD

# Mục lục (Kỷ yếu 137)

1. GIỚI THIỆU
2. HIỆN TƯỢNG ĐỊA CHẤN DO HỒ CHỨA TẠO RA (RTS) VÀ SỰ PHÁT TRIỂN VỀ ĐÁNH GIÁ VÀ GIẢI THÍCH.
3. TẦN SUẤT CỦA ĐỊA CHẤN DO HỒ CHỨA TẠO RA (RTS)
4. ĐẶC ĐIỂM CỦA ĐỊA CHẤN DO HỒ CHỨA TẠO RA (RTS)
5. CƠ CHẾ CỦA ĐỊA CHẤN DO HỒ CHỨA TẠO RA (RTS) VÀ LƯU BIẾN HỌC VỀ VẬT LIỆU VỎ TRÁI ĐẤT
6. THỜI GIAN TRUYỀN ÁP LỰC KẼ RỘNG
7. NHẬN ĐỊNH CHUNG VỀ SỰ HIỂU BIẾT HIỆN TƯỢNG RTS
8. QUẢN LÝ RỦI RO
9. CÁC TRƯỜNG HỢP LỊCH SỬ
  - 9.1. Trường hợp lịch sử đập Hsingfengkiang
  - 9.2. Trường hợp lịch sử đập Mratinje
  - 9.3. Trường hợp lịch sử đập Kurobe
  - 9.4. Trường hợp lịch sử đập Takase
  - 9.5. Trường hợp lịch sử đập Poechos
10. ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG VÀ GIÁM SÁT RTS
11. KẾT THÚC BÀI VIẾT
12. TÀI LIỆU THAM KHẢO

**RTS có là mối  
quan ngại cho các  
dự án Đập lớn ?**

# Tổng quan

- Giới thiệu RTS
- Đập và RTS
- Tiêu chí Thiết kế địa chấn và RTS
- Tác động của RTS
- Giám sát RTS
- Kết luận

# Những yêu cầu cơ bản của RTS

**Sự tồn tại của các đứt gãy đang hoạt động**

và/hay

**Sự tồn tại của các đứt gãy gần với giới hạn phá hoại**

<b>Reservoir</b>	<b>Country</b>	<b>Depth (m)</b>	<b>Volume (million m<sup>3</sup>)</b>	<b>Magnitude or Intensity of the Event</b>
Akosombo	Ghana	109	148,000	MMI V
Almendra	Spain	185	2,649	3.2
Aswan	Egypt	90	160,000	5.2
Benmore	New Zealand	96	2,040	5.0
Blowering/Taibingo	Australia	142	2,559	3.5
Camarillas	Spain	43	37	4.1
Canelles	Spain	132	678	4.7
Capivara	Brazil	60	10,500	4.4
Cenajo	Spain	97	472	4.2
Danjianangkou	China	97	16,000	4.7
El Grado	Spain	85	400	MMI IV
Eucumbene	Australia	106	4,761	5.0
Furnas	Brazil	111	22,950	MMI V
Grandval	France	78	292	MMI V
Hoover	USA	191	36,703	5.0
Jocassee	USA	107	1,431	3.8
Kariba	Zambia	122	160,368	6.25
Kastraki	Greece	91	100	4.6
Khoa Laem	Thailand	80	7,000	4.5



Koyna	India	100	2,780	6.3
Kremasta	Greece	120	4,750	6.3
Kurobe	Japan	180	199	4.9
Manicouagan 3	Canada	96	10,423	4.1
Marathon	Greece	60	41	5.75
Monteynard	France	125	275	MMI VII
Mossyrock	USA	124	1,957	4.3
Nurek	Tajikistan	285	11,000	4.5
Oroville	USA	204	4,400	5.7
Paraibuna/Paraitinga	Brazil	102	4,740	3.2
Piastra	Italy	84	13	MMI V
Preve Di Cadore	Italy	98	69	MMI V
Porto Columbia/ Voltagrande	Brazil	50	3,760	5.1
Pukaki	New Zealand	108	10,500	4.6
Shenwo	China	75	790	4.8
Swift	USA	116	932	5.0
Srinagarind	Thailand	133	17,745	5.9
Vouglans	France	112	605	4.4
Hsingfengkiang	China	105	13,896	6.0
Zhelin	China	62	7,170	3.2

# Đặc trưng chủ yếu của RTS

- Các biến cố địa chấn xảy ra trong và sau khi tích nước thường nhiều hơn trước khi tích nước.
- Tăng và thay đổi mức nước hồ làm tăng số lần và cường độ RTS.
- Các biến cố RTS thường giảm đến mức độ hoạt động cơ bản sau khi đã đạt đỉnh.

# Tần số của RTS

- Số trường hợp với  $M > 5.7$ : **6**
- Số đập có chiều cao  $h > 100$  m: **> 400**
- Xác suất của RTS ( $M > 5.7$  and  $h > 100$  m):  
 $6/400 = \mathbf{0.015}$

**Đây là một giá trị đáng kể!**

# Các đập lớn đã chịu tác động của RTS

**Đập trụ chống Hsinfengkiang (China), cao 105 m**  
1962, **M=6.1**, đập bị hư hỏng và đã được gia cố lại.

**Đập trọng lực Koyna (India), cao 103 m**  
1967, **M=6.3**, đập bị hư hỏng và đã được gia cố lại.

Đập vòm Hoover (USA), 220 m high, 1935, **M=5.0**

Đập đất Kremasta (Greece), **M=6.2**

Đập vòm Kariba (Zambia), **M=6.3**

**Cường độ địa chấn cực đại gây bởi RTS: **M****  
**= 6.0 to 6.3**

# Biên trên của RTS

Cường độ cực đại đã quan sát được/trông đợi của RTS là khoảng **6.3**.

Điều này chưa xảy ra với động đất được đánh giá an toàn (SEE).

# RTS trong trận động đất 2008 ở Vân Xuyên (Trung Quốc)?

Vào ngày 12 tháng 5 năm 2008 động đất xảy ra ở Vân Xuyên (cường độ 8.0) phải chăng được kích hoạt bởi hồ chứa nước, sau khi đập đá đổ bản mặt bê tông Zipingpu với chiều cao 156 m được xây dựng?

**Tạp chí Wall Street 9.2.2009**

**Scientists Link China's Dam to Earthquake, Renewing Debate**

SEISMOLOGY

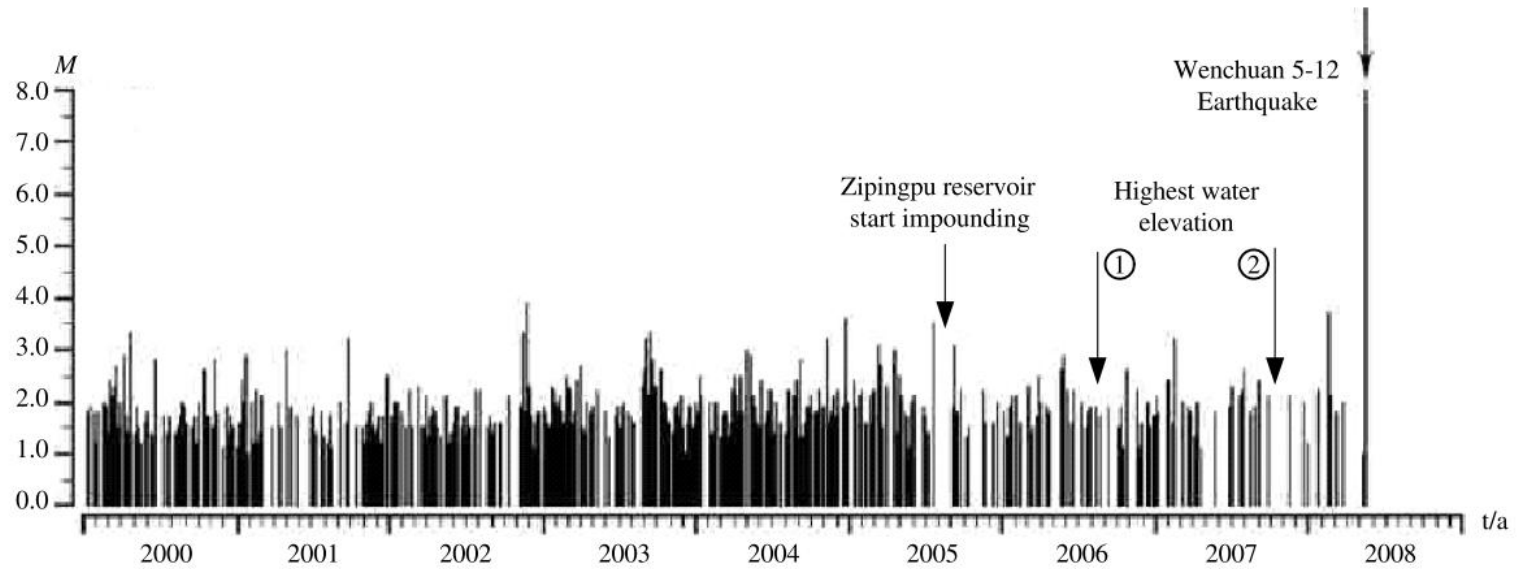
## A Human Trigger for the Great Quake of Sichuan?

Phải chăng động đất lớn ở Sichuan do con người kích hoạt?

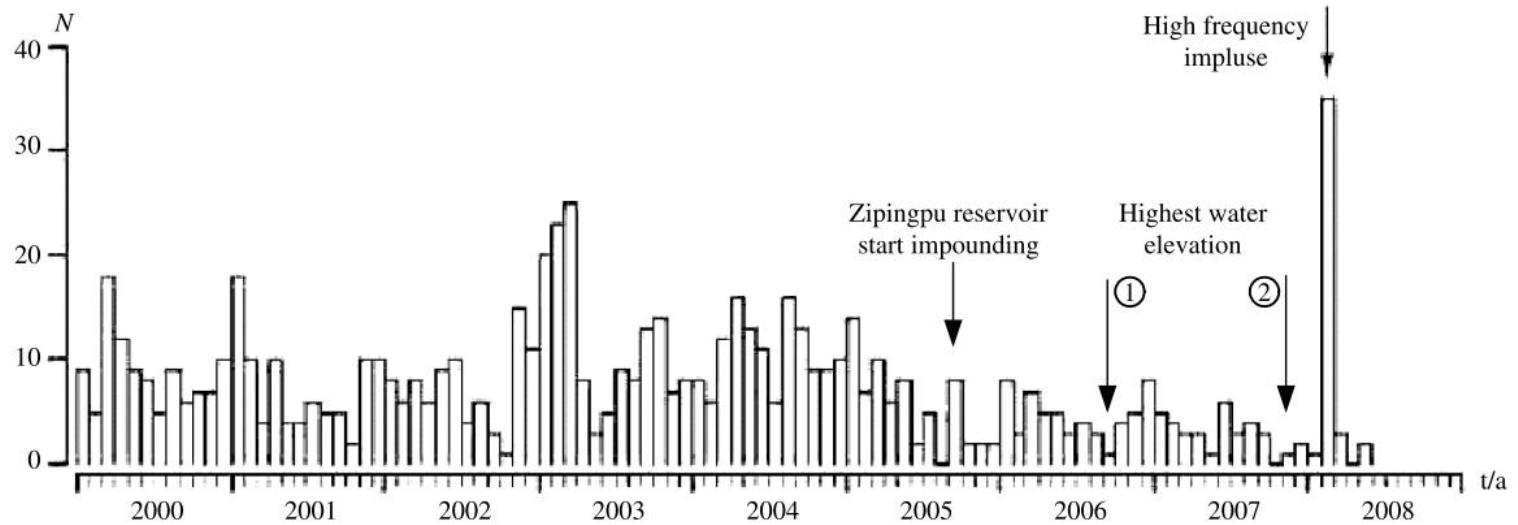
# Pulling the trigger on RTS

*The International Commission on Large Dams (ICOLD) has published a new informative bulletin on reservoir triggered seismicity*

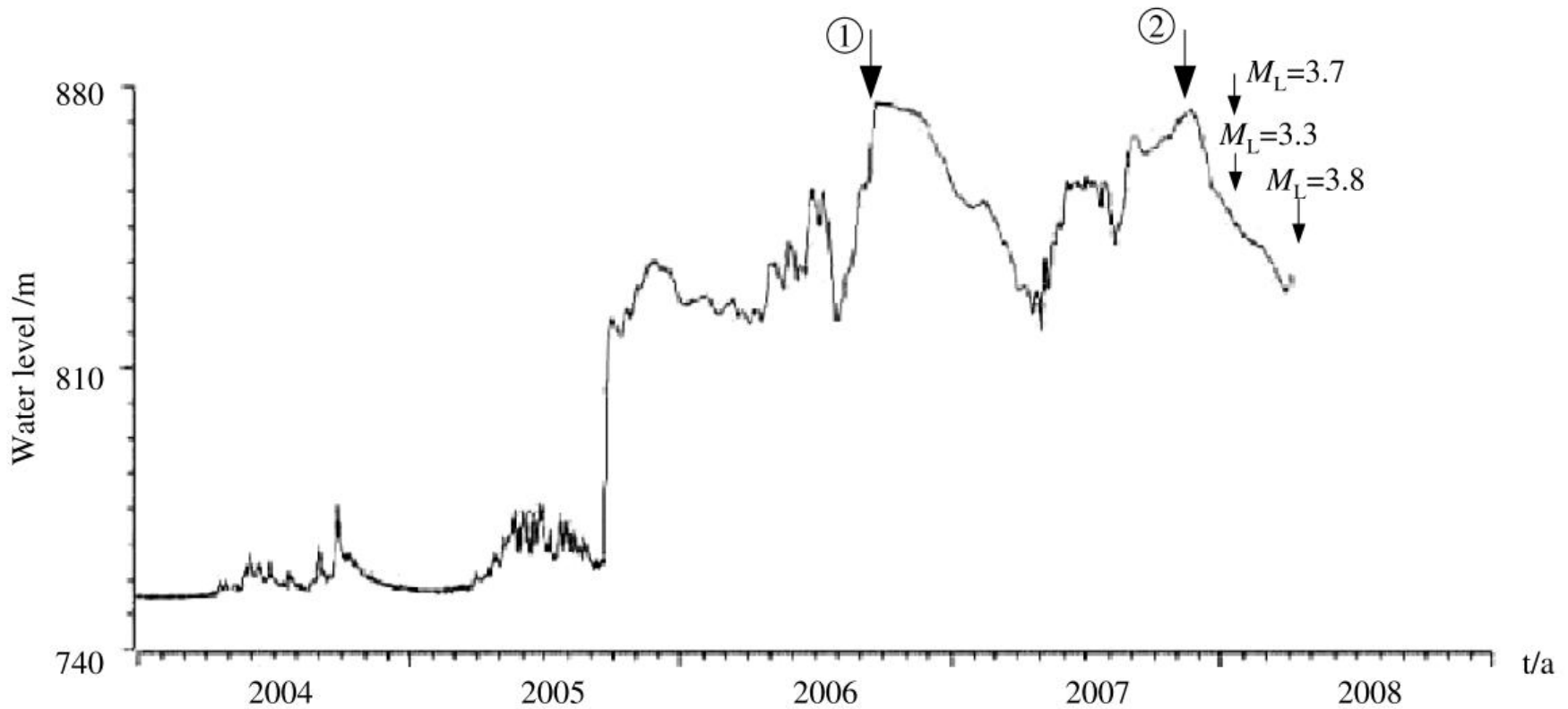
# Địa chấn đã quan trắc được tại đập Zipingpu (Trung Quốc)



(a)



# Mức nước trong hồ chứa Zipinpu (Trung Quốc)





# Hồ chứa và động đất Vân Xuyên

Ở đây không có chứng cứ để hỗ trợ giả thuyết cho là sự tàn phá do động đất Vân Xuyên gây ra vào ngày 12 tháng 5 năm 2008 là do hồ chứa kích hoạt!

(Lưu ý: Một số nhà khoa học về trái đất vẫn tin vào điều này.)

# Thí dụ của RTS: đập Nurek, Tajikistan

## Đập cao nhất thế giới

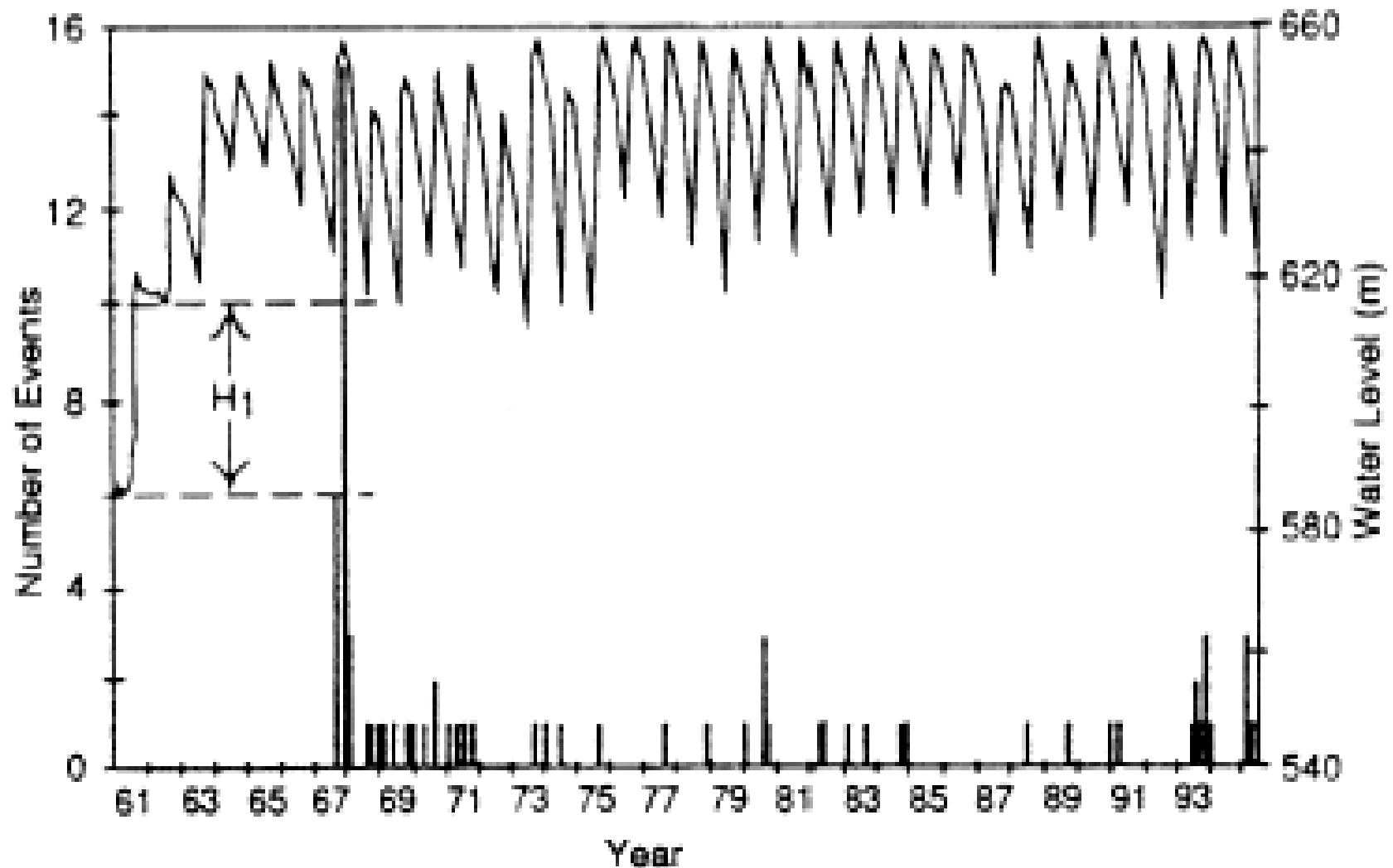


# Hư hỏng gây ra bởi RTS

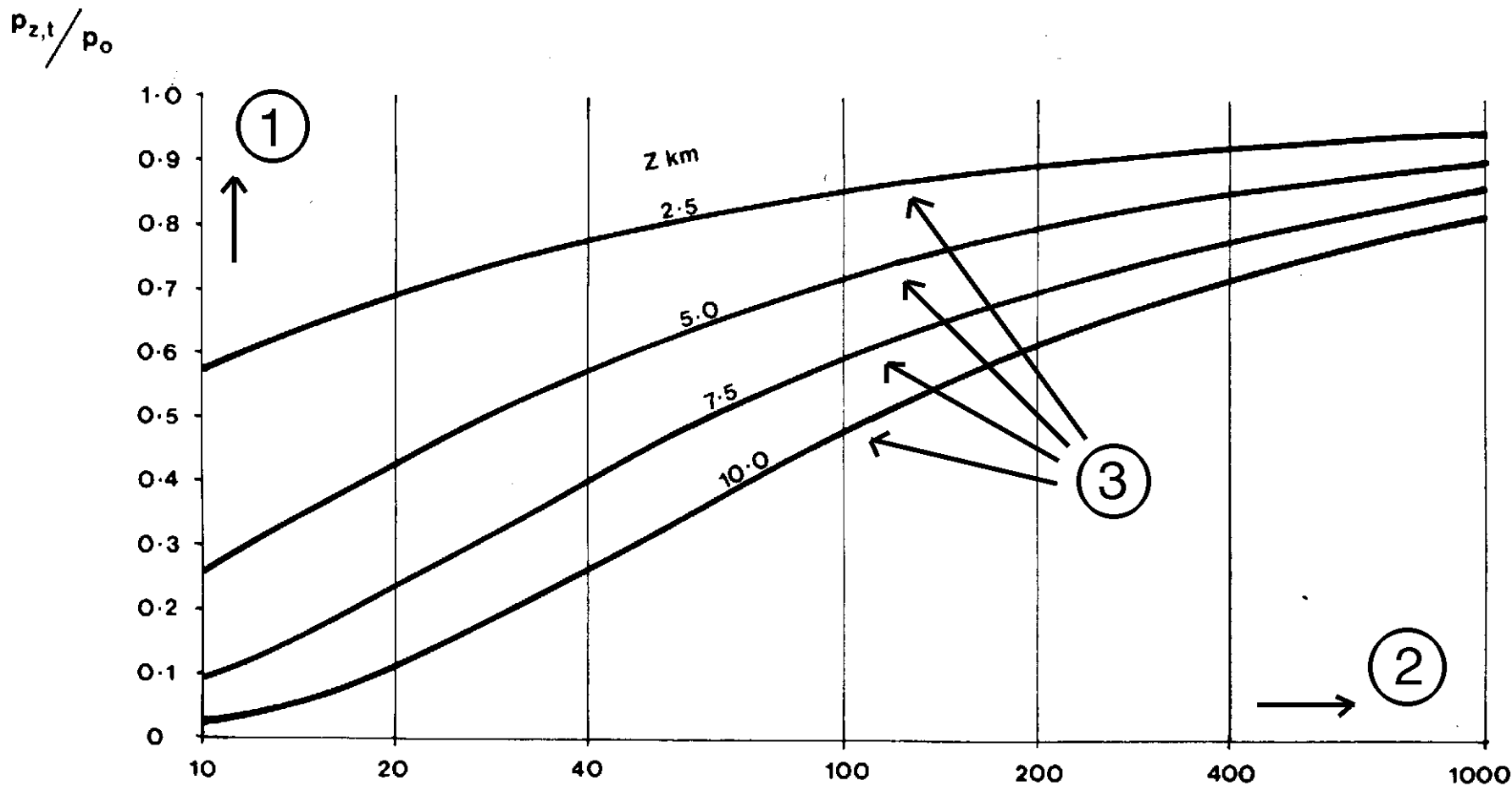
- **Đập trọng lực Koyna**, cao 103 m,  
M = 6.3 (1967)
- **Đập trụ chống Hsinfengkiang**, cao 105 m,  
M = 6.1 (1962)
- Động đất nguy hiểm gây bởi RTS.
- Ở cả hai đập phát triển vết nứt gãy dọc gần đỉnh.
- Hư hỏng cho thiết kế hoặc các chi tiết xây dựng có thể tránh đối với kết cấu hiện đại.
- **Cả hai đập trên đã được gia cố và hiện nay vẫn hoạt động.**

# Mực nước hồ Koyna từ 1961 đến 1995 và sự kiện $M > 4.0$

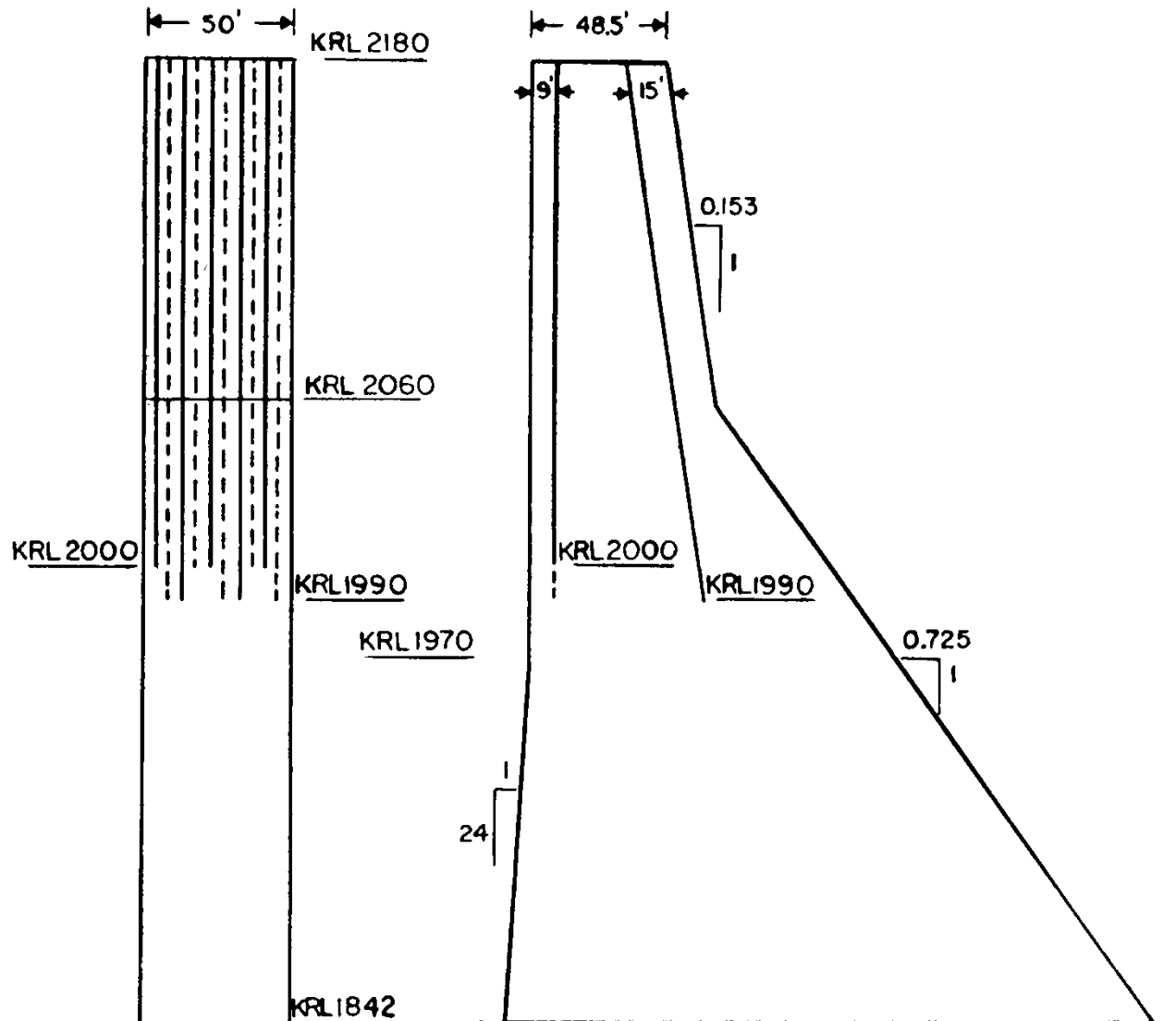
## Ba thời điểm xảy ra $M > 5.0$ : 1967, 1973 và 1980



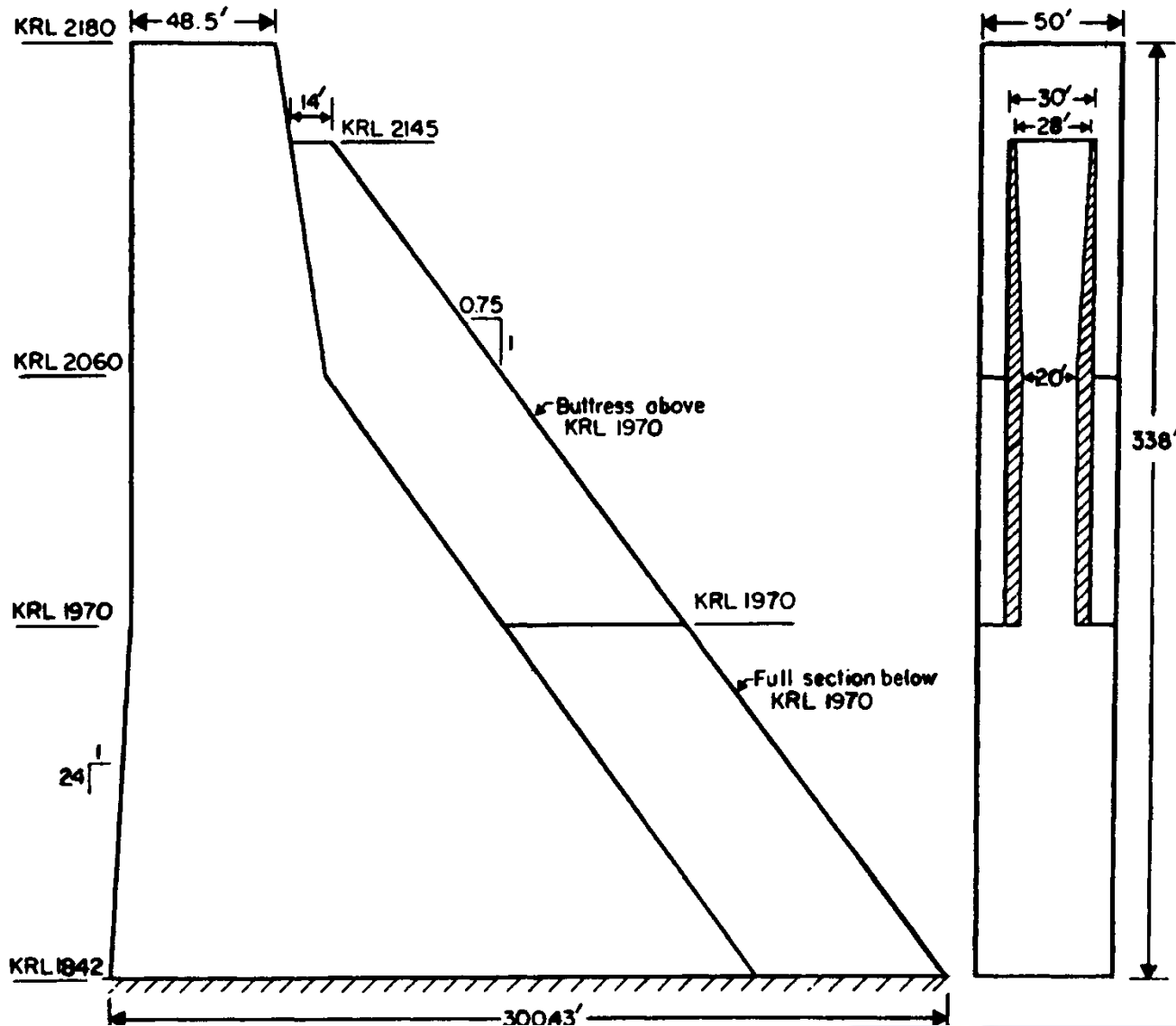
# Sự gia tăng áp lực nước tại các độ sâu khác nhau trong ngày



# Sửa chữa đập Koyna, Ấn Độ



# Gia cố đập Koyna, Ấn Độ



# Rủi ro địa chấn tiềm ẩn do RTS

- **Mặt đất rung chuyển gây:** rung lắc đập, các công trình phụ trợ, thiết bị và nền
- **Chuyển động lớn trong hồ và hiện tượng đá rơi tại vị trí đập gây:** sóng xung kích; làm tắc cống lấy nước; phá hỏng các thiết bị cơ khí-thủy lực và cơ-điện, và các hư hỏng khác.
- **Chuyển động đứt gãy trong nền đập**
- **Dịch chuyển đứt gãy ở đáy hồ:** gây sóng trong hồ hoặc làm mất chiều cao an toàn.
- **Tiếng động**

Lưu ý: Chuyển động đứt gãy nhỏ gây ra RTS với cường độ nhỏ.



# Rủi ro lở đá tại vị trí đập





# Lở đất tại đường dẫn hạ lưu nhà máy thủy điện do động đất Vân Xuyên năm 2008, Tỉnh Sichuan, Trung Quốc







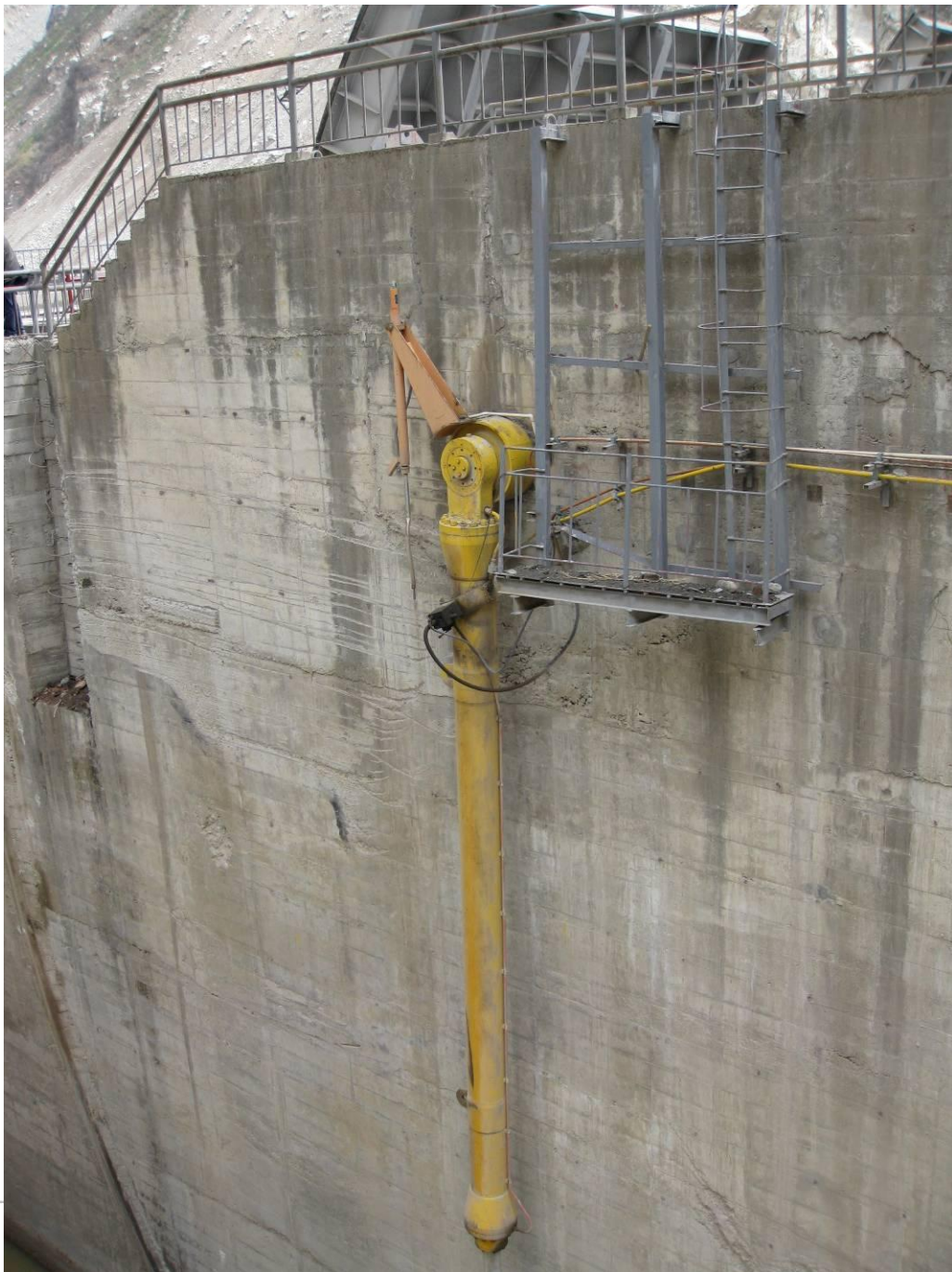


# Chảy tràn qua nhà máy thủy điện Taipingyi















**Cửa lấy nước phát  
điện bị hư hỏng do  
đá lở, động đất Vân  
Xuyên năm 2008**









# Sự cố đường ống áp lực tại khớp nối mở rộng



















# Sự cố tháp truyền dẫn do đá lở, đập Sefid Rud







# Hệ thống vi chấn để giám sát RTS

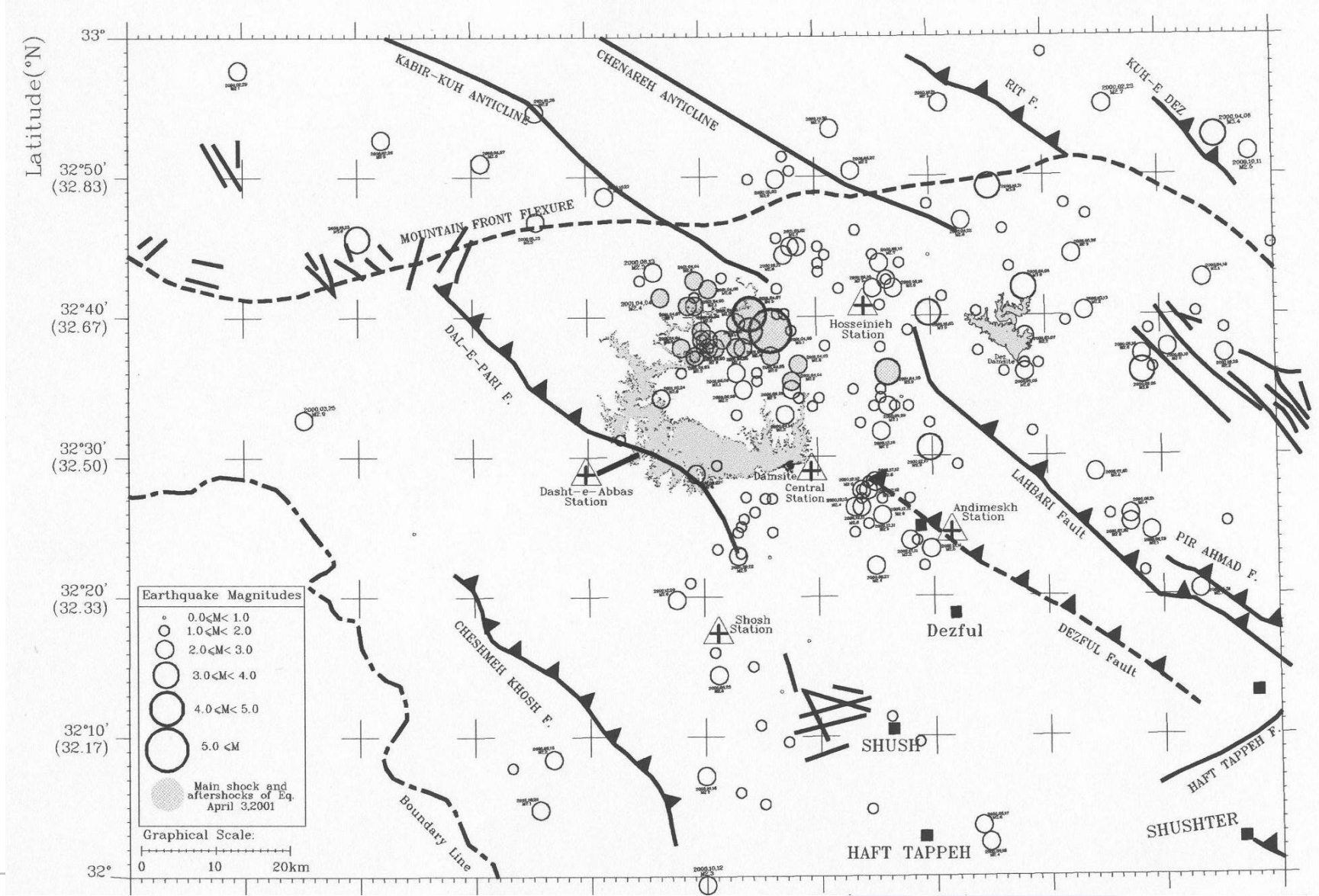
Giám sát toàn diện RTS

**Trước khi xây dựng,  
Trong thời gian xây dựng,  
Trong thời gian hồ tích nước, và  
trong những năm đầu vận hành**

rất cần cho các dự án đập tạo hồ chứa dung tích lớn được xây dựng trong khu vực có đứt gãy và ứng suất kiến tạo cao để loại trừ các nghi ngại thực tế đang xảy ra.



# RTS tại đập Karkeh, Iran 2000–2001, 3.4.2001 M=5.1





Tác động của động đất cường độ nhỏ đối với những đập có chất lượng xây dựng tồi: Đập Sharredushk, Albania, sau động đất 2009,  $M=4.1$ ,  $PGA = 0.07 g$







**RTS có phải là mối  
quan ngại cho sự  
an toàn của đập  
lớn không?**

# Khái niệm an toàn đập tổng hợp

## Sự an toàn về kết cấu

Thiết kế đập phụ thuộc vào trạng thái thực tế (Tiêu chuẩn, quy chuẩn, hướng dẫn, v.v...) (các tiêu chí thiết kế động đất, các phương pháp phân tích địa chấn v.v...)

## Giám sát an toàn đập

Quan trắc đập bằng thiết bị, quan sát, phân tích dữ liệu và diễn giải, v.v....

## An toàn về vận hành

Lập hướng dẫn vận hành hồ chứa, chất lượng cán bộ, phần mềm an toàn, **quy trình bảo dưỡng**, v.v....

## Lập kế ứng phó khẩn cấp

Kế hoạch hành động khẩn cấp, hệ thống báo động tình trạng nước, phân tích vỡ đập, kế hoạch sơ tán, **hỗ trợ kỹ thuật dự phòng**, v.v....



# Các tiêu chí thiết kế địa chấn

**Đập và các công trình liên quan (công trình tràn, cống xả đáy):**

**Động đất vận hành cơ bản, OBE (145 năm) (có thể thương lượng với chủ đập)**

**Động đất đánh giá an toàn, SEE (ca. 10,000 năm)  
(không thể thương lượng)**

**Các công trình phụ trợ (nhà máy thủy điện v.v...):**

**Thiết kế động đất cơ bản, DBE (ca. 475 năm)**

**Công trình tạm (đê quai) và các giai đoạn thi công trọng yếu:**

**Mức động đất thi công, CE (> 50 năm)**

# Các tiêu chí địa chấn an toàn dùng cho đập và các công trình liên quan

## **(i) Đập:**

**OBE:** đập vận hành hết chức năng, chấp nhận hư hỏng nhỏ không liên quan đến kết cấu.

**SEE:** Hồ tích nước an toàn, có thể chấp nhận hư hại về kết cấu (nứt, biến dạng), ổn định của đập phải được đảm bảo.

## **(ii) An toàn các công trình liên quan (công trình tràn, cống xả đáy):**

**OBE:** công trình vận hành hết chức năng

**SEE:** Hồ vận hành hết chức năng/đã được kiểm định là an toàn và xả được lũ với tần suất trung bình (200 năm) sau khi xảy ra động đất.

# Mặt đất rung động

**Động đất tác động đồng thời lên toàn bộ các công trình liên quan của đập:**

Đập

Nền

Các thiết bị an toàn

Hệ thống áp lực

Các công trình ngầm

Các công trình phụ trợ

Thiết bị cơ khí-thủy lực

Thiết bị cơ-điện v.v.....

Title	Element / Component	Design Earthquake		
		CE	DBE	OBE/ SEE
<b>Diversion Facilities</b> <b>- Civil</b>  <b>- Geotechnical</b>  <b>- Electrical/Mechanical</b>	Intake/outlet structures	X		
	Tunnel, tunnel liner	X		
	Rock slopes	X		
	Underground facilities	X		
	Cofferdams	X		
	Gate equipment	X		
<b>Dam: Dam Body</b>  <b>Foundation/Abutments</b> <b>Bottom Outlet</b>  <b>Dam: Electrical/Mechanical</b>	Dam body	OBE		X
	- Individual Blocks			
	Crest bridge		X	
	Crest spillway cantilevers		X	X
	Bottom Outlet cantilevers		X	
	Abutment wedges		X	X
	Main gates, Valves		X	X
	Guard gate		X	
	Operating equipment		X	X
	Essential parts		X	

**So sánh chuyển động mặt đất do RTS với các tiêu chí thiết kế địa chấn dùng cho đập và các công trình xây dựng.**

**An toàn đập và các công trình liên quan:**

$$\mathbf{RTS < SEE}$$

**An toàn cho các công trình phụ trợ và công trình xây dựng trong khu vực hồ:**

$$\mathbf{RTS > DBE \text{ hoặc } RTS < DBE}$$

# Đánh giá tiềm năng và giám sát RTS

Bất cứ đập lớn nào có chiều cao ( $h > 100$  m) đều nằm trong nhóm RTS. Đánh giá tiềm năng của chúng theo các dữ liệu sau:

- Nghiên cứu không ảnh hưởng đánh giá các điều kiện kiến tạo địa chất và địa chất công trình.
- Các dữ liệu vi chấn của hồ chứa đang được nghiên cứu.
- Các thông tin về các đứt gãy đang hoạt động và toàn bộ các dữ liệu hoạt động của các đứt gãy gần đây trong vùng hồ và đập.
- Đánh giá khả năng địa chấn của toàn bộ các đứt gãy trong vùng hồ và đập.
- Các chế độ nước ngầm.

# Các trường hợp nghiên cứu (kỳ yếu 137 của ICOLD)

- **Đập trụ chống Hsingfengkiang ở Trung Quốc**, là một đại diện của địa chấn lớn được kích hoạt, gây ra một trận động đất cục bộ với cường độ mạnh làm đập hư hỏng nghiêm trọng.
- **Đập vòm Mratinje ở Nam Tư** là một đại diện cho RTS vừa phải. Đây là trường hợp thú vị vì địa chấn đã phát sinh trước và sau khi hồ trữ nước, chứng kiến RTS tái hiện sau 17 năm khai thác.

- **Đập vòm Kurobe** đã được giám sát trước và sau khi tích nước. Đập được ghi nhận như một trường hợp đã chịu tác động RTS trên cơ sở quan trắc qua hệ thống vi chấn khi hồ tích nước. Nhưng các phân tích sau này dẫn đến kết luận rằng đập Kurobe không phải là trường hợp RTS.
- **Đập đá đổ Takase** là một đập lớn đã được giám sát trước và sau khi tích nước, ở đó đã xuất hiện các vi chấn tương tự trước và sau khi hồ tích nước.



- **Đập đất Poechos** ở phía Bắc Peru là một trường hợp của môi trường hoạt động địa chấn, ở đó không xuất hiện RTS hoặc ẩn dấu hoạt động động đất cơ bản.

# Tóm tắt về RTS

- Xác suất xuất hiện RTS tăng theo chiều cao đập và kích thước hồ chứa. Tiềm năng của RTS cần được xem xét đối với đập có chiều cao  $h > 100$  m.
- Động đất kích hoạt là hiện tượng địa chấn, bị tác động bởi tải trọng hồ chứa và áp lực lỗ rỗng được thể hiện.
- **Cường độ cực đại và cường độ tác động bề mặt của các địa chấn không thể gia tăng do tác động của việc tích nước hồ.**
- SEE đã bao gồm tiêu chí an toàn về động đất cho đập.
- Tiêu chí an toàn động đất cho các công trình phụ trợ và các công trình xây dựng ở gần đập phải được kiểm tra RTS.
- Trong các trường hợp địa chấn lịch sử thấp, phải sử dụng các nghiên cứu về tân kiến tạo để đánh giá tiềm năng RTS có thể dẫn đến quyết định kiểm tra động đất.

# Kết luận

- Không cần xử lý riêng RTS khi chuyển động mặt đất do SEE lớn hơn.
- Cường độ cực đại đã được quan sát là khoảng 6.3.
- Không thể luận chứng rằng trận động đất mạnh là do hồ chứa khi mà độ sâu tâm chấn là vài km.
- RTS có thể gây các chuyển rộng lớn trong hồ, gây ra sóng, nước tràn đỉnh và làm tắc cống lấy nước.
- RTS có thể gây lở đá phá hủy các công trình phụ trợ, các thiết bị cơ khí-thủy lực và các thiết bị cơ-điện.



- An toàn về địa chấn của đập khi xảy ra RTS cần được đánh giá lại.
- Nhà cửa và công trình ở vùng hồ được thiết kế chịu được các lực địa chấn nhỏ hơn SEE, do vậy RTS có thể gây ra thiệt hại về tài sản và con người trong vùng này.
- **RTS, có thể được cảm nhận hoặc nghe thấy đã tạo nên những mối quan ngại trong dân cư.**

## Giám sát hoạt động địa chấn

- Trước khi xây dựng,
- Trong thời gian tích nước, và
- Trong những năm đầu vận hành hồ

khuyến nghị đặc biệt đối với

- (i) Đập có dung tích hồ lớn, và
- (ii) Đập được xây dựng trong vùng chịu ứng suất kiến tạo.