

www.itcold.it
itcold@iol.it



OPEN DAY ON DAMS

2023



Prof. Ing. Alessio Lupoi
Alessio.Lupoi@uniroma1.it

 **SPERI** Ing. Edoardo Costantini
TOGETHER. TOMORROW. ecostantini@studiosperi.it

21 aprile 2023

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale
Sapienza Università di Roma

VALUTAZIONE DI SICUREZZA SISMICA DELLE DIGHE ESISTENTI IN CALCESTRUZZO

Introduzione

Caratteristiche delle grandi dighe italiane:

- In esercizio > 500,
- Età media > 60 anni;
- la maggior parte progettate per resistere alle azioni sismiche con metodologie oggi considerate superate

A seguito della **nuova classificazione sismica** del territorio nazione nasce la necessità di eseguire rivalutazioni sismiche di dighe esistenti.

- 2014: emanazione della nuova normativa tecnica per le dighe
- 2019: istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica



Valutazione sismica

1. Studio dell'opera
2. Comportamento in esercizio
3. Caratterizzazione dei materiali
4. Determinazione delle azioni sismiche
5. Criteri prestazionali
6. Implementazione del modello di calcolo
7. Valutazione della sicurezza sismica



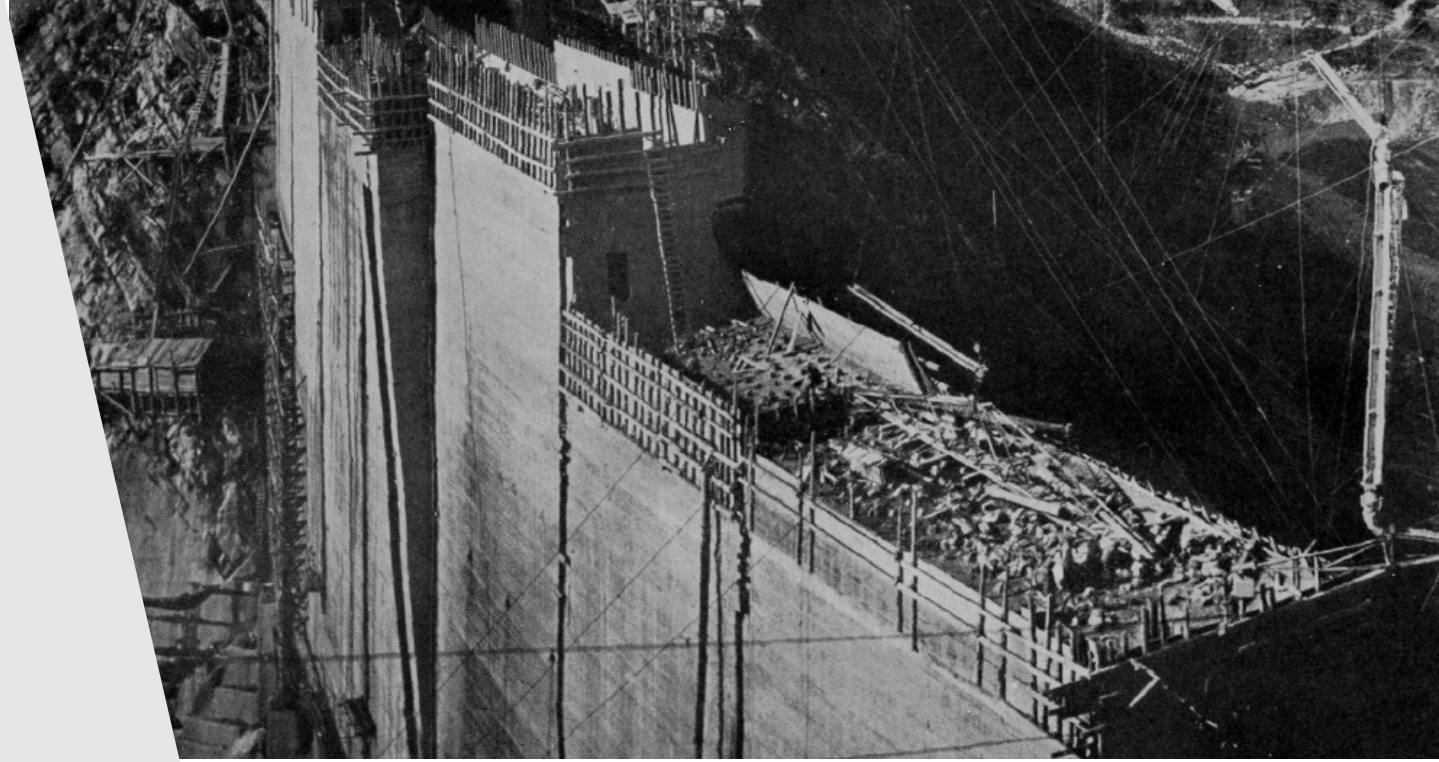
1 Studio dell'opera

STORIA DELL'OPERA:

- Ricerca di documenti storici;
- Modalità costruttive;
- Caratteristiche dei materiali;
- Verifiche passate;
- Modifiche in esercizio.

STATO DELL'OPERA:

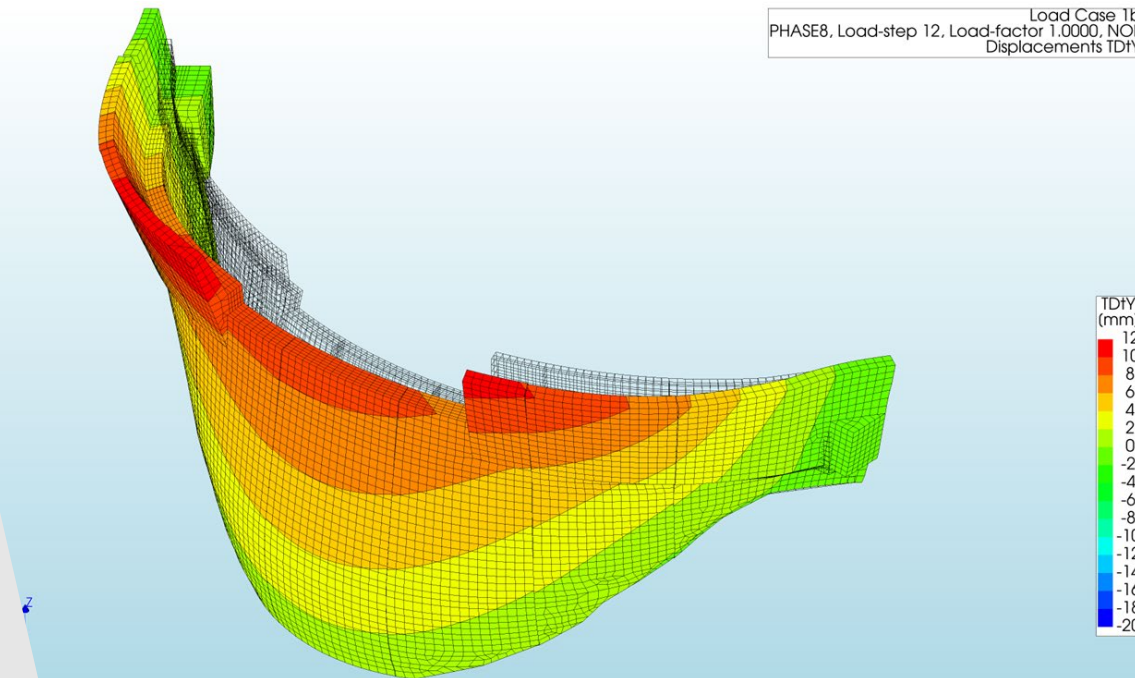
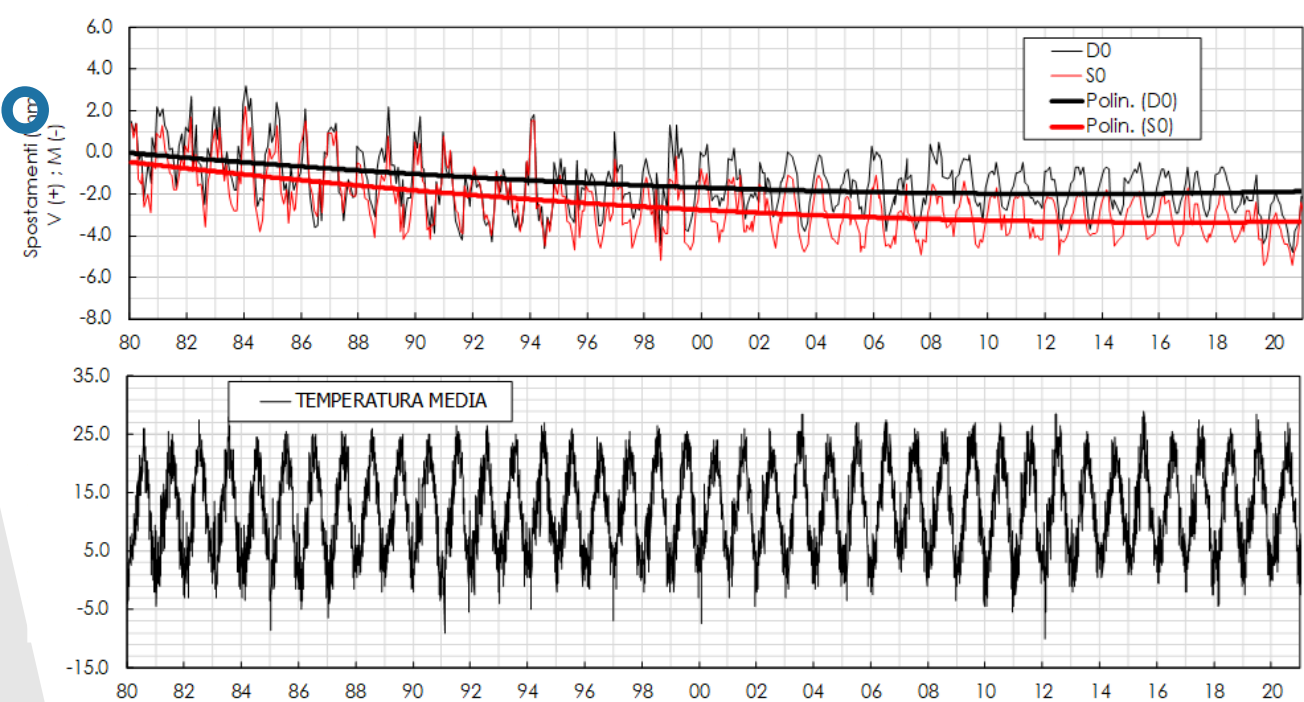
- Sopralluoghi tecnici;
- Conformità dell'opera rispetto al progetto;
- Stato di conservazione dei materiali;
- Presenza di danni ed evidenza di anomalie;
- Analisi del contesto geologico.



2 Comportamento in esercizio

ANALISI DEI DATI DI MONITORAGGIO:

- Valutazione delle prestazioni in esercizio;
- Individuazione di comportamenti anomali;
- Comportamento dell'opera in occasione dei sismici storici;
- Evidenze per la calibrazione del modello;
- Evidenze per la caratterizzazione dei materiali;



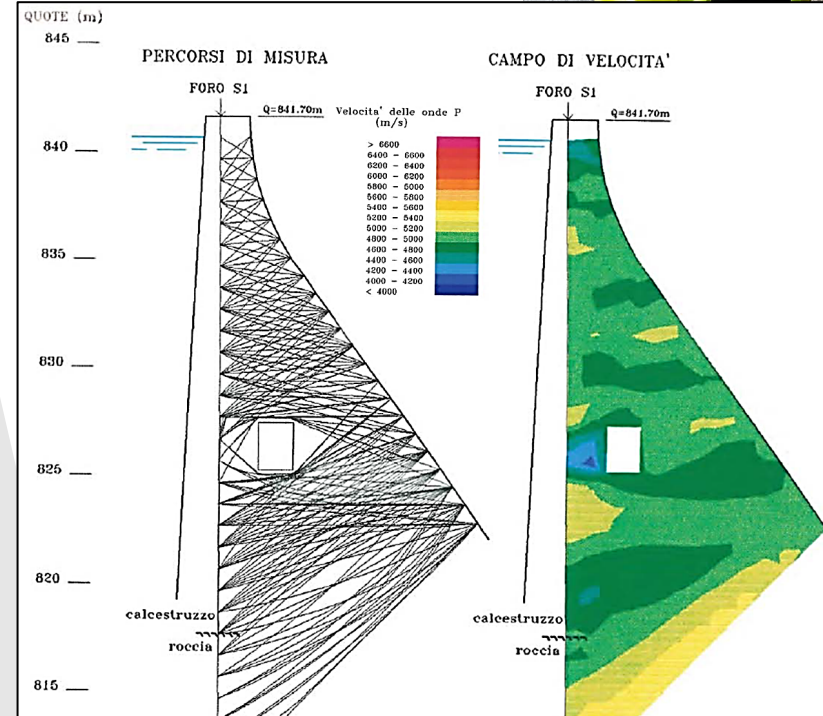
3 Caratterizzazione materiali

PRINCIPALI PARAMETRI:

- Mix design di progetto;
- Rigidezza in campo dinamico;
- Resistenza in campo dinamico;
- Caratterizzazione dei giunti di ripresa e del giunto di fondazione;
- Caratterizzazione ammasso roccioso fondazione.

ATTRAVERSO:

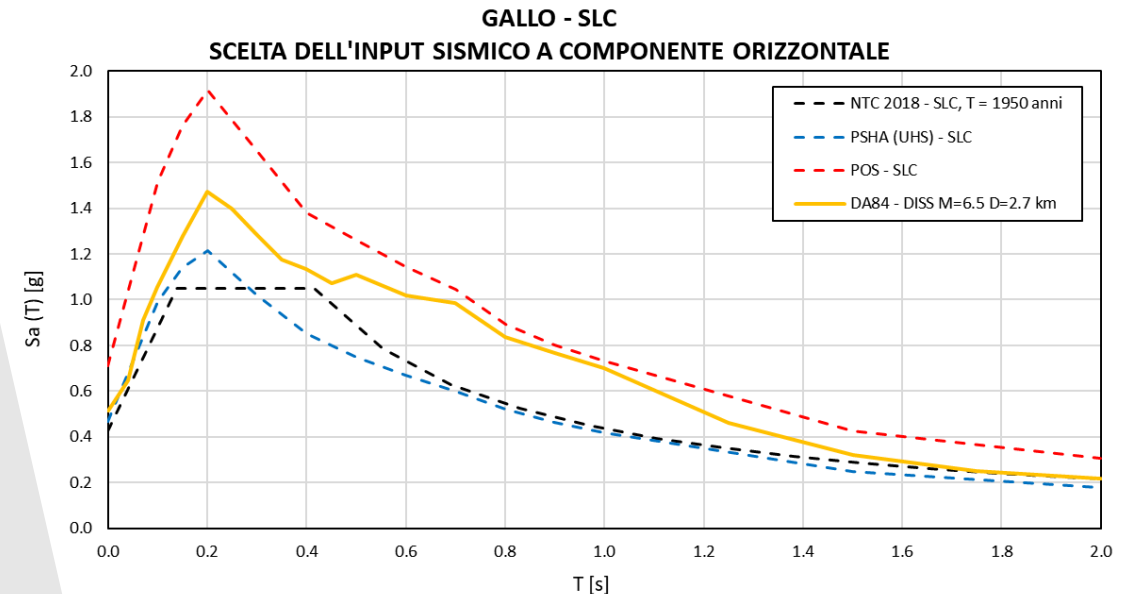
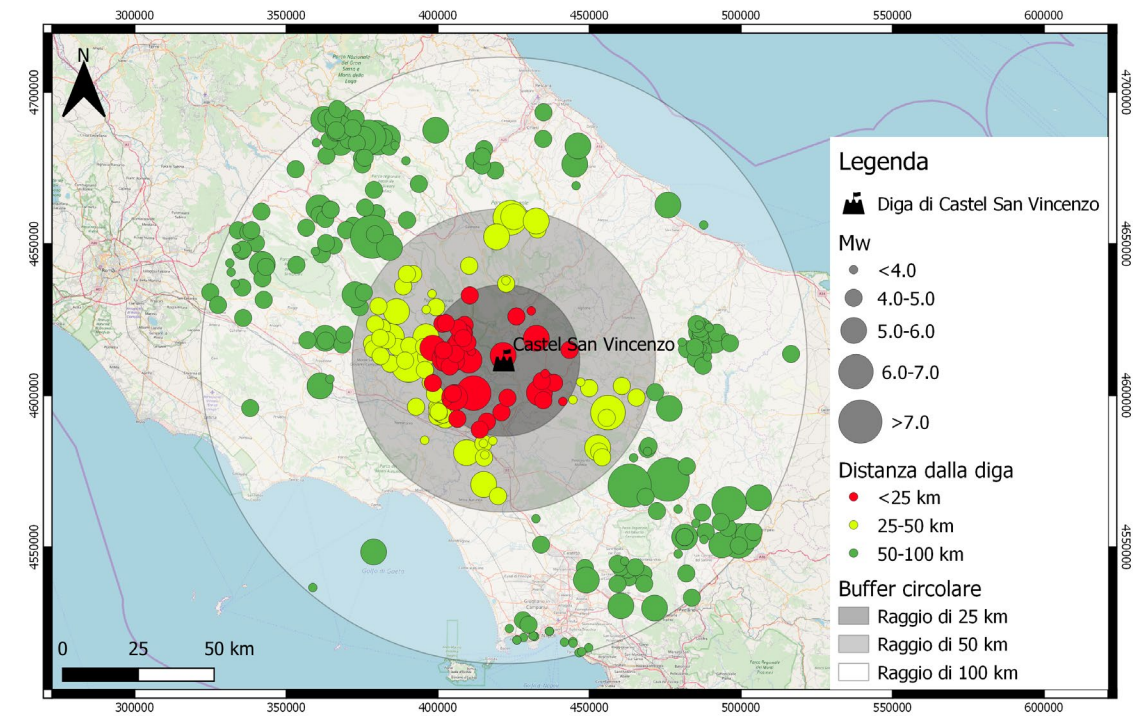
- Documentazione di progetto;
- Campagne di indagini integrative;
- Back analysis.



4 Azione sismica

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE:

- Studio dei caratteri sismogenetici dell'area;
- Fagliazione superficiale;
- Definizione dello spettro di progetto;
- selezione di accelerogrammi naturali spettrocompatibili



5 Criteri prestazionali

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Analisi tensionali per l'individuazione di possibili **fenomeni di innesco** di:

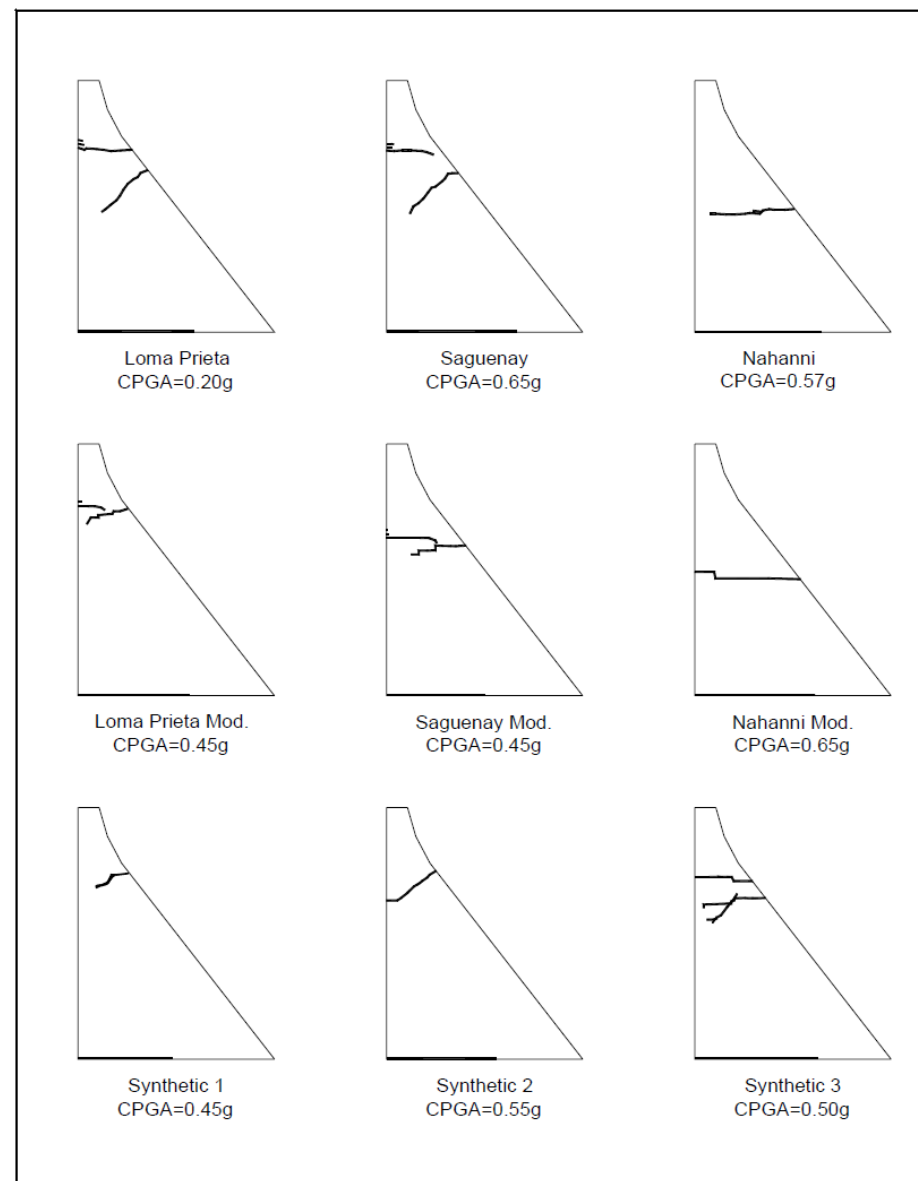
- Fessure nel calcestruzzo intatto
- Fessure nei giunti di ripresa
- Fessure nel giunto di base

STATI LIMITE ULTIMI:

Analisi tensionali per l'individuazione di possibili **meccanismi di collasso** preferenziali.

Analisi di stabilità:

- Ribaltamento di conci sommitali;
- Scorrimento di conci;
- Scorrimenti in fondazione

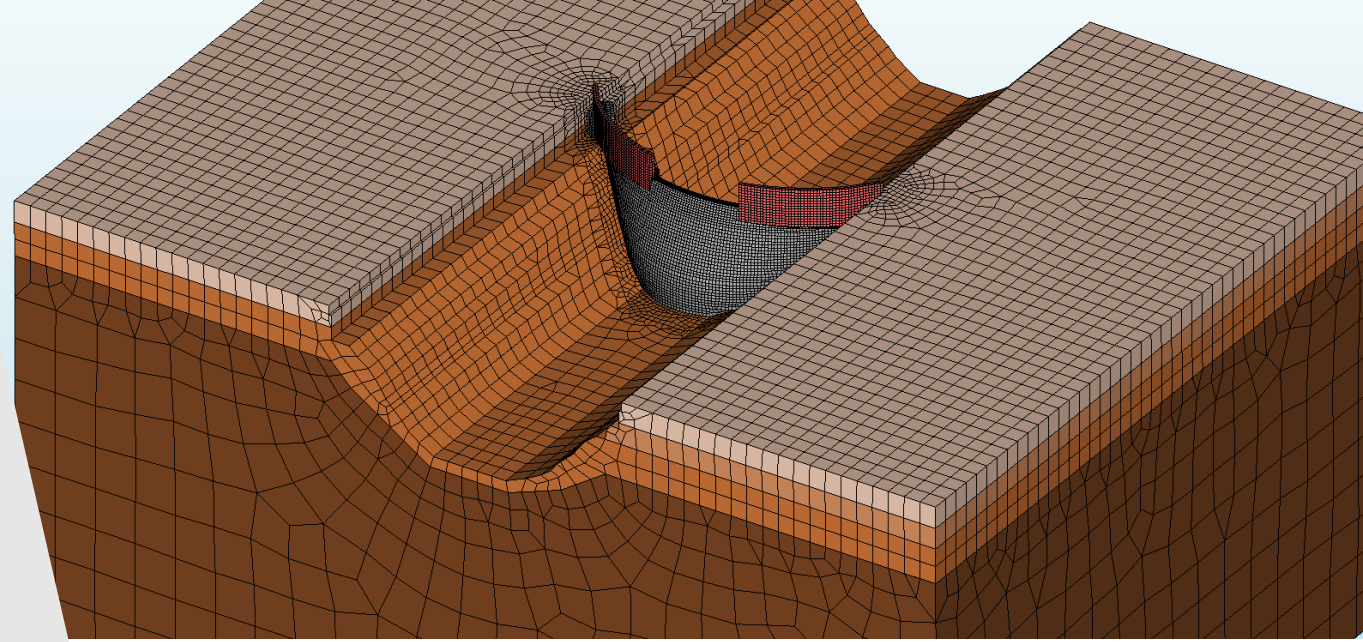


quadri fessurativi di dighe in calcestruzzo
(adattato da Leger & Leclerc, 1996)

6 Modello di calcolo

1. Analisi statica preliminare

- Inizializzazione dello stato tensionale
- Calibrazione del modello di calcolo

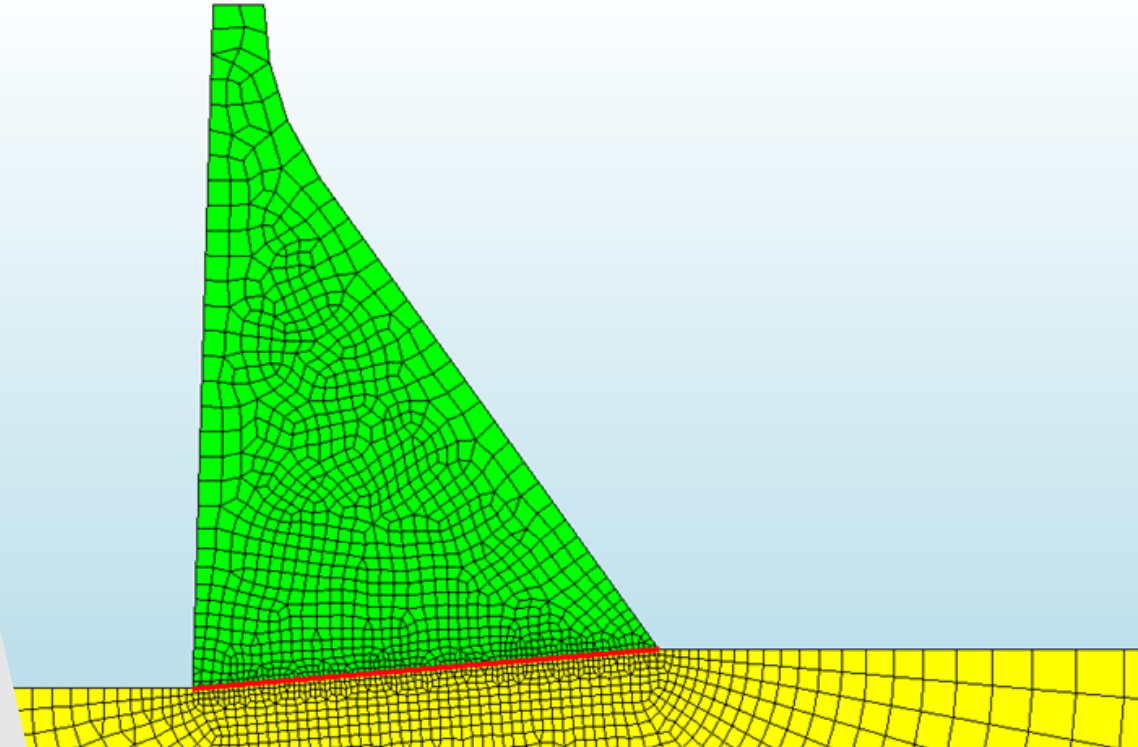


2. Analisi dinamica a complessità crescente

2.1 Analisi pseudo-statica/pseudo-dinamica

2.2 Analisi FEM dinamica lineare al passo

2.3 Analisi FEM dinamica al passo con non linearità concentrate sui giunti (base e riprese)



Incremento costo computazionale



6 Modello di calcolo

Aspetti particolari:

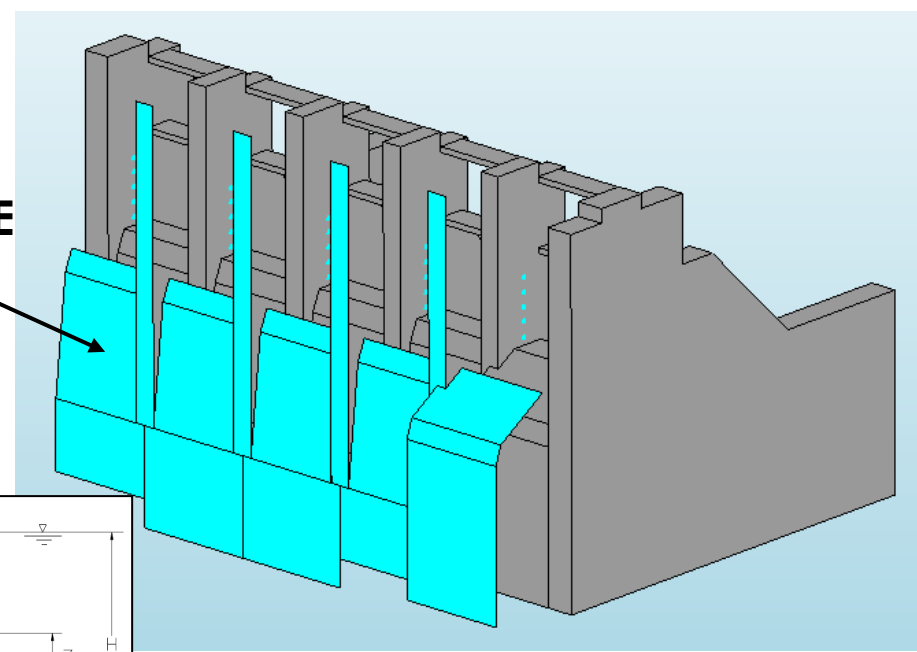
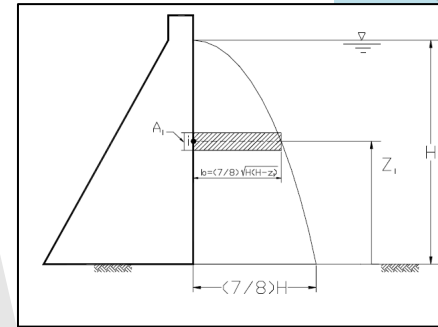
1. interazione diga – invaso:

- 1.1 modelli pseudo-statici (approccio base)
- 1.2 modelli FEM (masse aggiunte di Westergaard)
- 1.3 modelli FEM (elementi finiti acustici e relative condizioni al contorno)

2. interazione diga – fondazione:

- 2.1 modelli pseudo-statici (no interazione)
- 2.2 modelli pseudo-dinamici (interazione semplificata)
- 2.3 modelli FEM (fondazione *mass-less* con vincoli fissi)
- 2.4 modelli FEM (fondazione con massa e vincoli assorbenti)

**SUPERFICI CON
MASSE AGGIUNTE**



6 Modello di calcolo

Aspetti particolari:

3. Modello costitutivo materiale:

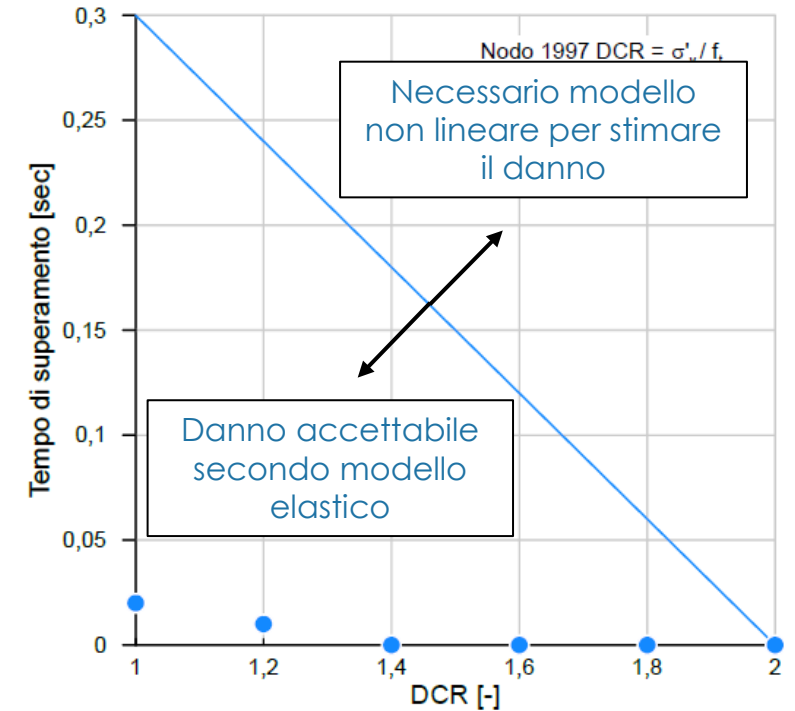
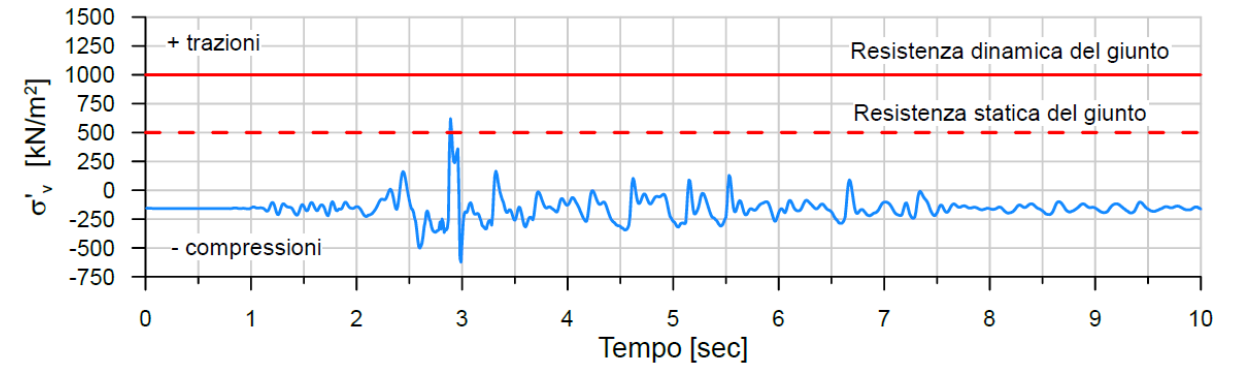
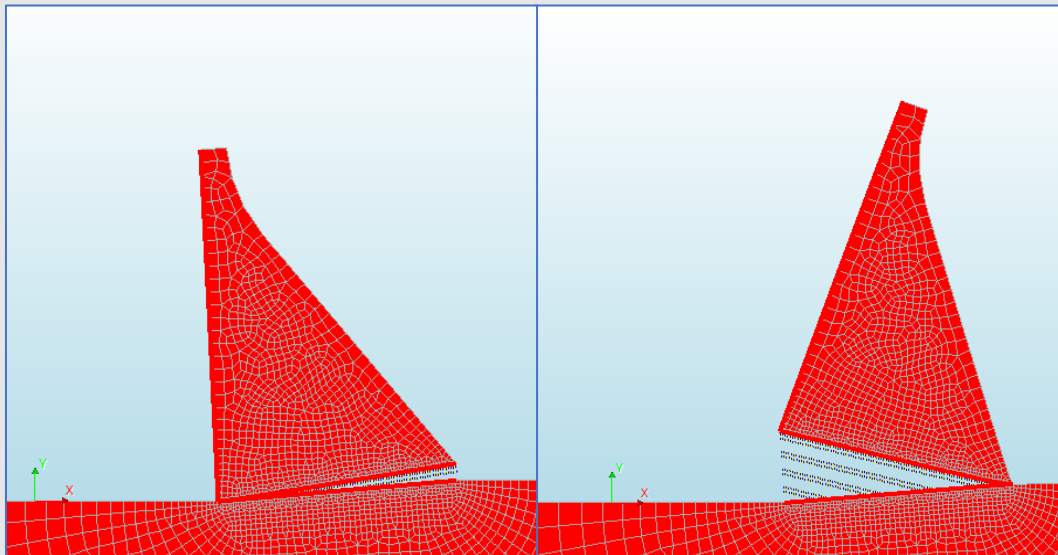
3.1 modelli pseudo-statici (assente)

3.2 modelli FEM elastici lineari (criteri di danno)

3.3 modelli FEM elasto-plastici

(non linearità concentrate nei giunti)

GIUNTO ELASTO PLASTICO



DCR = rapporto tra la sollecitazione e resistenza a trazione statica

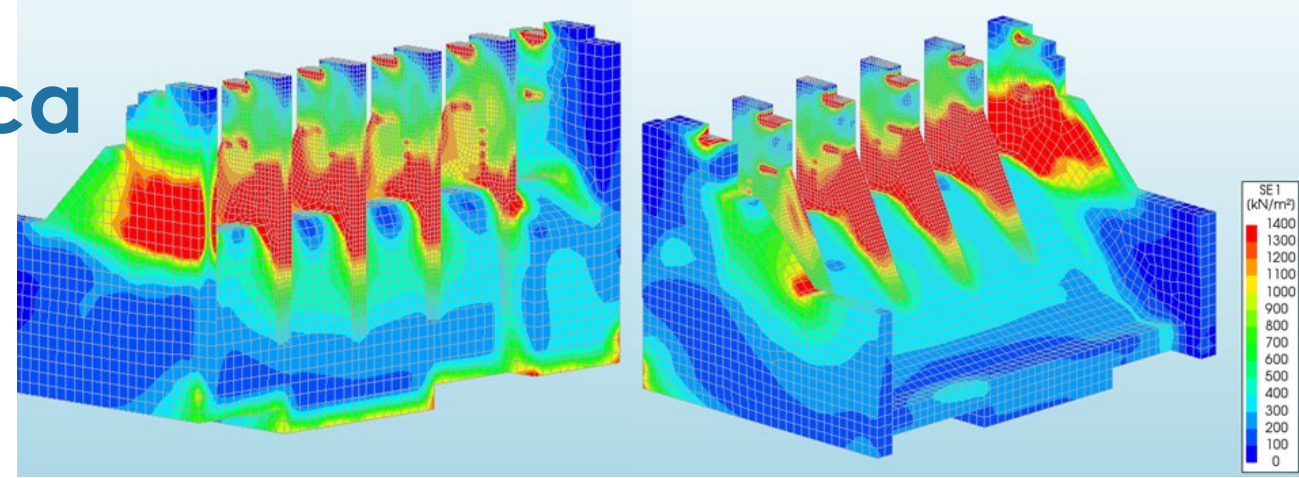
7 Valutazione sicurezza sismica

VERIFICHE SISMICHE:

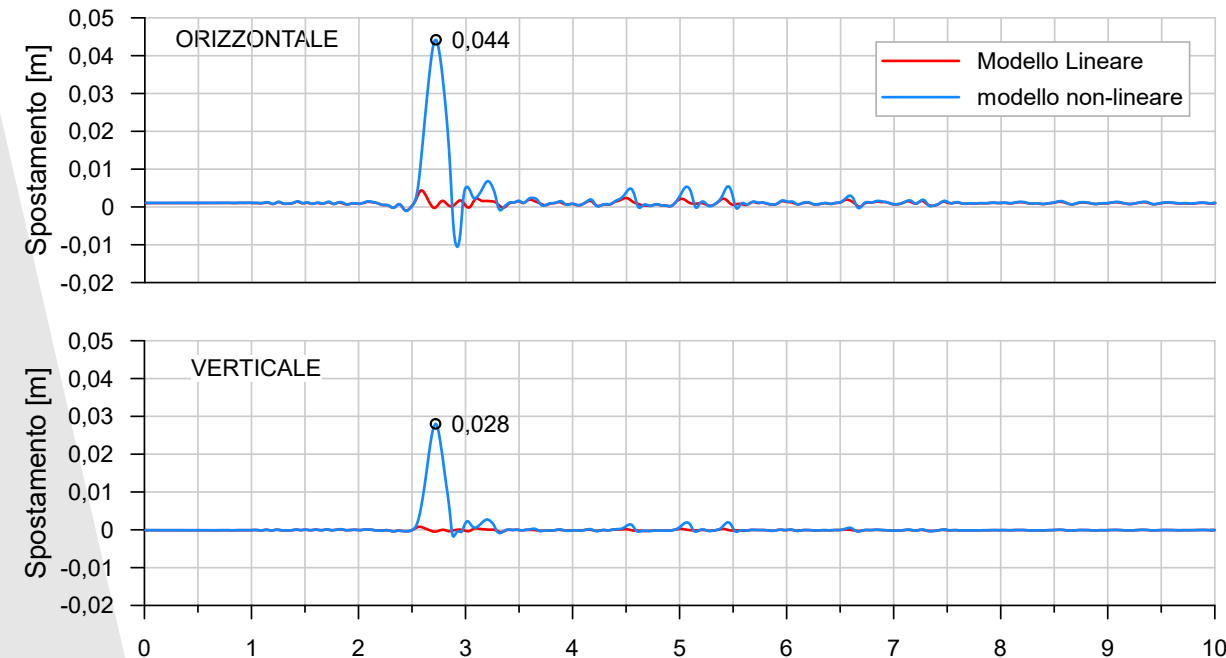
- Uso dei risultati delle analisi per effettuare le verifiche sismiche ed esprimere un giudizio ingegneristico sulle prestazioni dell'opera;
- Valutazioni sui meccanismi di collasso

AMMISSIBILITA' DEI RISULTATI:

- Confronto con soluzioni ricavate da modelli semplificati e con casi presenti in letteratura;
- Valutazione della necessità di un modello di calcolo più complesso.



SPOSTAMENTI GIUNTO DI BASE

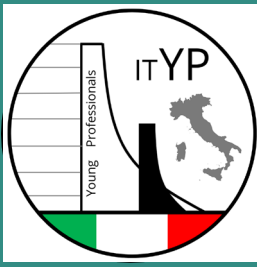


GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Si ringrazia ITCOLD YP per l'opportunità.

Si ringraziano i colleghi di SPERI per l'aiuto e i contributi





www.itcold.it
itcold@iol.it



OPEN DAY ON DAMS

2023



Prof. Ing. Alessio Lupoi
Alessio.Lupoi@uniroma1.it

 **SPERI** Ing. Edoardo Costantini
TOGETHER. TOMORROW. ecostantini@studiosperi.it

21 aprile 2023

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale
Sapienza Università di Roma

GRAZIE PER L'ATTENZIONE