

# Diga della Busalletta (GE)

## Modellazione agli Elementi Finiti per la Verifica della Vulnerabilità Sismica

### Dati generali

- ✓ Anno: 2013-2015
- ✓ Committente: Mediterranea delle Acque

---

Diga a gravità in calcestruzzo.  
 Quota coronamento: 441 m slm  
 Lunghezza coronamento: 220 m  
 Altezza: circa 50 m da piano alveo  
 Anno di entrata in servizio: 1977  
 Capacità dell'invaso: 4.500.000 m<sup>3</sup>

---

### Premessa

A seguito delle note determinazioni di legge sulla sicurezza sismica, nel 2009 il Consiglio Superiore dei L.L. P.P. ha espresso parere di urgenza sullo svolgimento delle verifiche delle dighe esistenti in caso di sisma. Sidercad è stata incaricata da Mediterranea delle Acque di effettuare le attività di verifica della vulnerabilità sismica dell'esistente diga della Busalletta (GE).

Nel caso di dighe a gravità, tali verifiche consistono principalmente nell'accertare che lo stato di tensione indotto dalle azioni sismiche non superi la resistenza del materiale di cui è composta l'opera. L'andamento dello stato di tensione è valutato mediante un'analisi ad elementi finiti.

Nelle dighe a gravità caratterizzate da struttura massiccia, in cui lo spessore non è più una dimensione trascurabile rispetto alle altre, è necessario modellare la struttura con elementi *solidi* tridimensionali, anziché con i più gestibili elementi *shell* bidimensionali; tuttavia la modellazione con elementi tridimensionali di strutture di forma irregolare e in presenza di superfici curve può diventare onerosa, se non si ricorre a semplificazioni talvolta anche drastiche.

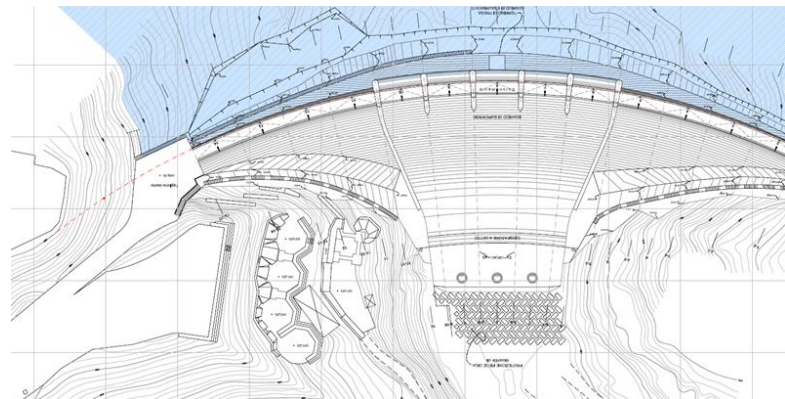
In questo lavoro si è voluto mettere a punto una procedura software che

generasse automaticamente la modellazione in elementi finiti assolutamente corrispondenti al rilievo topografico dell'opera, eseguito con le più recenti tecnologie di scansione laser.

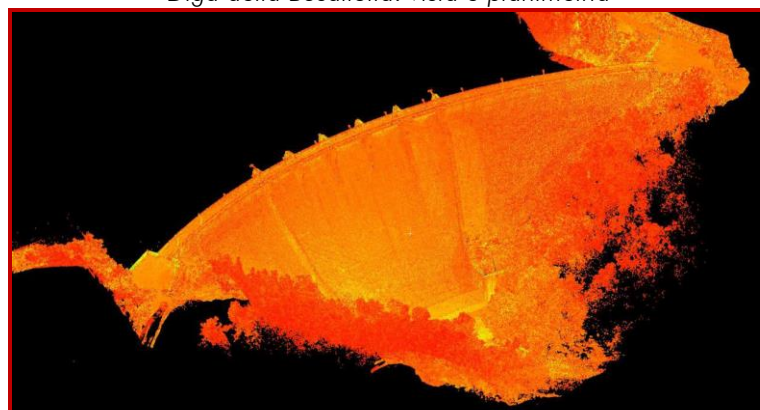
Con la stazione C10 della Leica, opportunamente posizionata nell'intorno della diga si è rilevato velocemente e con elevata precisione un grande numero di punti (dell'ordine dei milioni e denominati "nuvola di punti"), individuati dalle tre coordinate; nel loro insieme essi hanno definito la superficie esterna del manufatto diga. Dalla nuvola di punti si è determinato il volume che poi è stato suddiviso in elementi finiti.

### Flusso del lavoro

La procedura studiata e sviluppata si articola, a grandi linee, nelle seguenti fasi. Si genera un volume di forma adatta a involuppare l'intera "nuvola di punti".



Diga della Busalletta: vista e planimetria



Rilievo mediante tecnologia laser scanner HDS (Leica Geosystem)

Sidercad S.p.A.  
Via B. Bosco 15 – 1° piano  
16121 Genova  
telefono 010 54481  
telefax 010 5448865  
www.sidercad.it

Questo, a sua volta, è costituito dall'insieme di elementi solidi esaedrici di dimensioni, e quindi di numero, definite dal progettista e tale da poter cogliere con buona precisione il comportamento della struttura.

Il successivo passaggio consiste nel far "combaciare" i punti (nodi) sulla superficie del solido generato con quelli più appropriati della "nuvola" rilevata. Per dare un'idea, è un po' quanto fa lo scultore sul pezzo di marmo: lo scalpella per dare forma all'oggetto che vuole raffigurare e ne elimina le parti in esubero, con la differenza che qui l'oggetto da raffigurare non è nella mente dello scultore, ma è costituito dall'ormai nota "nuvola di punti".

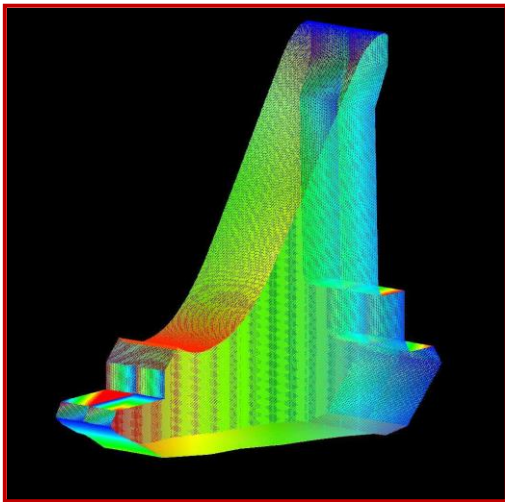
Per questo scopo sono analizzati tutti i "voxel" (volume di pertinenza di ogni nodo) secondo un ordine predefinito, sono individuati i punti della "nuvola" intercettati da ogni "voxel" e quindi vengono aggiornate le coordinate del nodo cui appartiene il "voxel" in esame con quelle del punto della nuvola che

meglio soddisfa il criterio di selezione adottato (in genere minore distanza del punto al nodo).

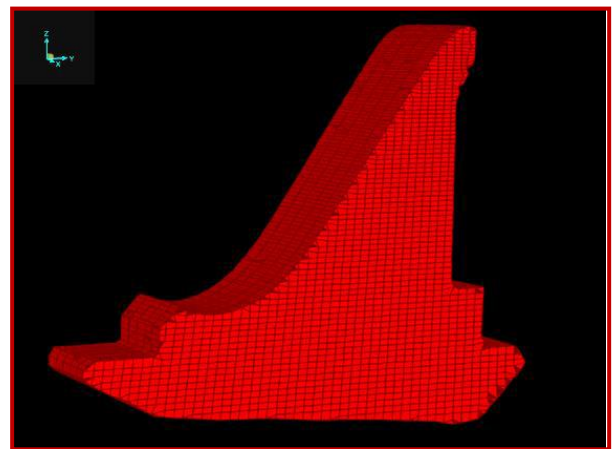
L'algoritmo messo a punto consente, oltre ad eliminare quegli elementi solidi che si trovano esterni al volume rilevato, anche di tener conto di eventuali zone vuote all'interno del manufatto, come cunicoli o pozzi.

Il modello ottenuto è stato poi convertito in un formato compatibile con il codice di calcolo ad elementi finiti utilizzati per le successive analisi strutturali con SAP2000. Ovviamente a questo punto il modello può ancora essere modificato e completato utilizzando i comandi di editing del codice di calcolo.

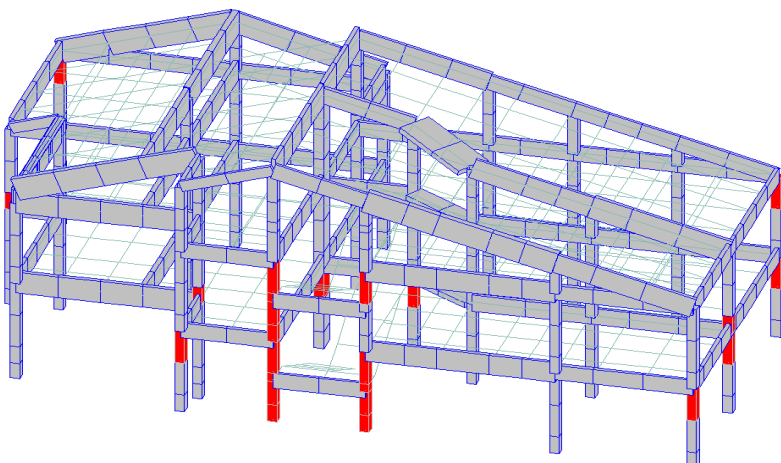
Anche per la successiva verifica della vulnerabilità sismica, vale infine la pena di sottolineare come il disporre di un modello, che rispecchia fedelmente la geometria reale del manufatto, abbia permesso di avere in automatico e con precisione l'effettiva distribuzione delle masse, parametro caratteristico per la definizione delle azioni sismiche.



Modello definitivo per punti



Modello ad elementi finiti solidi con circa 30.000 gradi di libertà



Analisi sismica della casa di guardia della diga della Busalletta.

Gli elementi in rosso sono quelli che risultano maggiormente sollecitati in caso di sisma