

SERBATOIO IDRICO PENSILE “MARCONI” – CARONNO VARESIANO (VA)

Oggetto	Verifica di sicurezza strutturale e vulnerabilità sismica. Progetto di intervento
Luogo	Caronno Varesino (VA), via Bianchi
Committente	ACSM AGAM Reti Gas Acqua S.p.A. / Lereți S.p.A.
Classe d'uso	III
Zona sismica	4
Tempistiche	06.03.2019 – 16.08.2019
Progettista	ing. Marco Brognoli (verifica di vulnerabilità sismica) IDES srl (prove in situ)

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il serbatoio pensile ha un fusto portante di diametro alla base pari a 8 metri, costituito da n.6 pilastri in cemento armato di dimensione 30x50 cm e tre file di travi aventi sezione 20x35 cm. Il fusto sostiene una vasca di accumulo a pianta circolare di diametro pari a 7 m. Il fondo della vasca si trova a +20,70 m sul p.c., la quota del bordo esterno della copertura a +24,90 m sul p.c. e la quota massima a +26,35 m sul p.c. La copertura della vasca è semicircolare. L'accesso all'interno della vasca avviene tramite una scala a pioli. Le fondazioni sono a plinti in cemento armato per i pilastri e continue per il muro del basamento.



INDAGINI ESEGUITE

Le prove in situ hanno consentito di indagare la geometria della struttura, i dettagli costruttivi e le proprietà dei materiali. In particolare sono state eseguite le seguenti indagini: analisi magnetometriche finalizzate ad individuare il posizionamento, la direzione ed il diametro dei ferri d'armatura; ispezioni visive a seguito di microdemolizione per definire la tipologia costruttiva degli elementi strutturali in cemento armato con rilievo diretto delle barre d'armatura; analisi endoscopiche. scavo in fondazione. Per le proprietà dei materiali: n. 3 carotaggi nel calcestruzzo, determinazioni della profondità di carbonatazione sulle carote estratte e prove a compressione, in laboratorio riconosciuto ai sensi della Legge 1086/71; prelievi di barre d'armatura e prove a trazione in laboratorio; prove di durezza su barre d'armatura; misure del potenziale di corrosione delle armature.



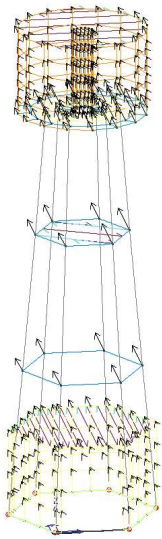
LIVELLO DI CONOSCENZA

Nelle verifiche di vulnerabilità è stato raggiunto il livello di conoscenza **LC3**.

ANALISI DELLA STRUTTURA E VULNERABILITÀ SISMICHE DELLO STATO DI FATTO

Il calcolo strutturale è stato condotto con l'ausilio del software *Pro_SAP*, acronimo di *Professional Structural Analysis Program*. Nello specifico, *Pro_SAP* è stato utilizzato per:

- i) la definizione delle azioni agenti sulla costruzione;
- ii) la modellazione numerica della struttura;
- iii) l'analisi delle azioni sollecitanti (*domanda*);
- iv) le relative verifiche di *capacità* in resistenza allo *Stato Limite Ultimo* (SLU).



Sono state considerate le *azioni statiche e pseudo-statiche, permanenti* (strutturali e non) e *variabili* (sovraccarichi, acqua, neve e vento) di cui al § 3.1, § 3.3 e § 3.4 delle *NTC18*. Tali azioni sono state combinate come indicato dal § 2.5.3 delle *NTC18*, generando n° 132 combinazioni possibili.

Sono state considerate anche le *azioni dinamiche*, ossia l'azione sismica di cui § 3.2 delle *NTC18*, facendo riferimento sia alle mappe iterative di pericolosità sismica dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), sia alla natura del sottosuolo, tramite l'individuazione della categoria stratigrafica e della categoria topografica. Ai sensi del § 7.3.5 delle *NTC18*, la combinazione delle due componenti orizzontali (X e Y) è stata ottenuta sommando ai valori ottenuti per l'azione applicata in una direzione (X o Y), il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione (Y o X). Tenendo conto della variabile spaziale sul moto sismico, al centro di massa derivante dal calcolo è stato attribuito, in entrambe le direzioni X e Y, una eccentricità accidentale pari al 5% della dimensione media della costruzione, misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica. La combinazione delle azioni dinamiche così ottenute ha generato, quindi, n° 32 combinazioni possibili.

Con riferimento al § 7.2.6 delle *NTC18*, la struttura è stata discretizzata mediante un *modello numerico tridimensionale*, per rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidità e resistenza. Nel modello sono state inserite le informazioni acquisite nel corso della *Campagna Diagnostica* (CD), in merito alla geometria, ai dettagli costruttivi ed alle caratteristiche meccaniche dei materiali.

In funzione delle caratteristiche della struttura e del modello di comportamento adottato, l'entità della *domanda* con la quale confrontare la *capacità* della struttura, è stata determinata assumendo il metodo di analisi lineare, che per i materiali strutturali adotta legami costitutivi sforzo-deformazione lineari.

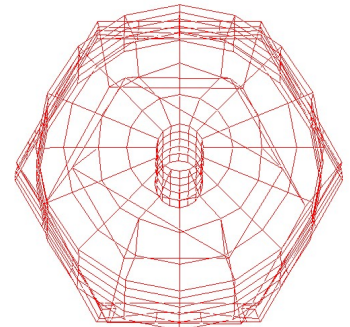
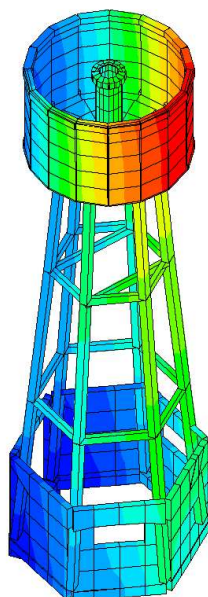
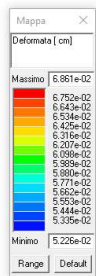
Le capacità dissipative della struttura sono state messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, tramite il fattore di *fattore di comportamento* q . Tale tecnica, conforme al § 7.3 delle *NTC18*, considera in modo semplificato la capacità dissipativa anelastica della struttura, la sua sovrarigidità e l'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. Nello specifico, infatti, viene ridotto del fattore q lo spettro elastico di progetto $S_d(T)$ utilizzato per definire sia le componenti orizzontali, sia la componente verticale delle azioni sismiche.

Poiché le *NTC18* individuano una doppia articolazione con cui effettuare l'analisi lineare, con la possibilità di eseguire un'analisi statica o dinamica, la scelta in presenza di azioni sismiche è ricaduta su quest'ultima. La trattazione dell'equilibrio non è, quindi, avvenuta in modo statico, bensì in modo dinamico, modellando l'azione sismica attraverso lo spettro di risposta elastico in accelerazione definito al § 3.2.3.2 delle *NTC18*.



Tramite *Pro_SAP* è stata eseguita l'*analisi modale con spettro di risposta*, che rappresenta "il metodo di riferimento per determinare gli effetti dell'azione sismica, sia su sistemi dissipativi sia su sistemi non dissipativi" (cfr. § 7.3.2 *NTC18*), per determinare l'entità della *domanda*.

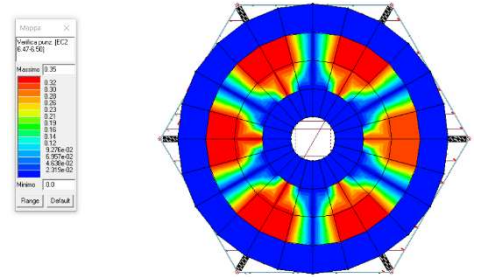
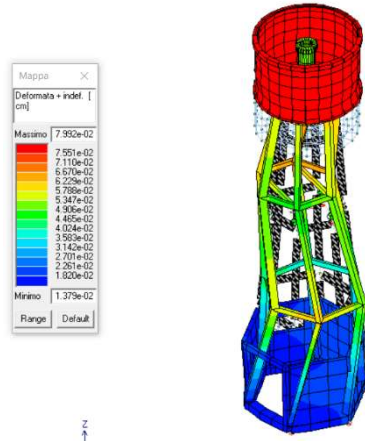
Ai sensi del § 2.3 delle *NTC18*, la sicurezza strutturale è stata verificata allo *Stato Limite Ultimo* (SLU), confrontando la *capacità*, in termini di *resistenza* della struttura con il corrispondente valore della *domanda*, funzione delle azioni di progetto e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura.



INTERVENTO PROPOSTO

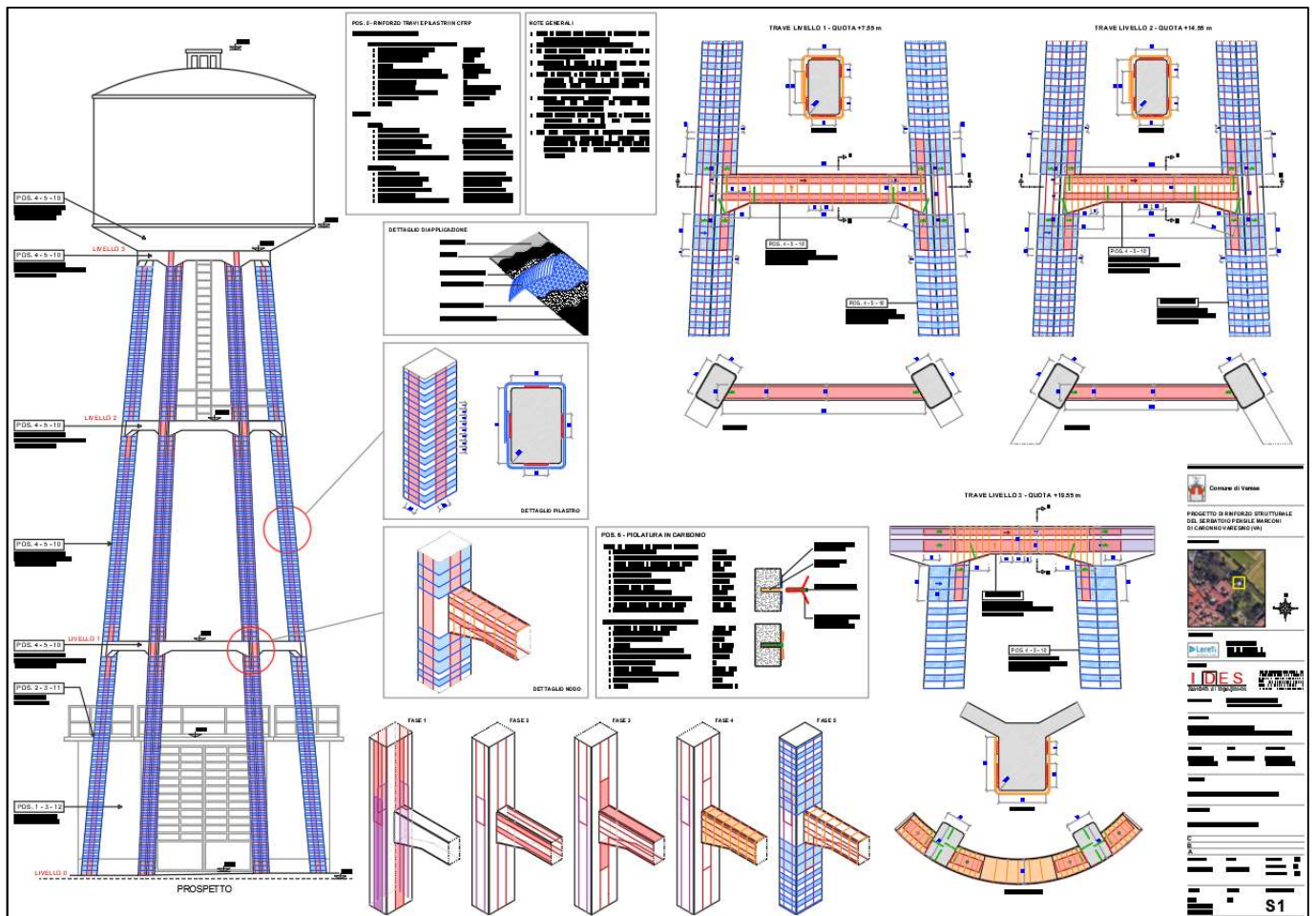
Nel caso di specie, trattasi di un intervento di **miglioramento**, ossia di un "intervento atto ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati" dalle NTC18 per le nuove costruzioni. In ottemperanza al § 8.4.2 delle NTC18, per tale tipologia d'intervento il valore di ξ_E può essere minore dell'unità.

Le NTC18 specificano che per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ξ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ξ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1. Con l'intervento di cui al presente progetto, ξ_E risulta 0,69, a cui corrisponde un incremento della capacità sismica della struttura è pari al 69%.



Verifica post-intervento con CFRP

Per il rinforzo strutturale del serbatoio si prevede un intervento in materiale fibrorinforzato (CFRP – Carbon Fiber Reinforced Polymer).



Progetto dell'intervento