

VALUTAZIONE STATICA E SISMICA DI UNA CIMINIERA IN MURATURA
Proprietà: Edilprodotti s.r.l.

La ciminiera, edificata nei primi anni del '900, è classicamente in muratura di mattoni pieni e malta cementizia; la sua geometria è a sezione quadrata cava per i primi 6,75 m, tronco-conica cava per i successivi 18,00 m; la cavità interna costituisce la canna fumaria vera e propria, è a sezione costante circolare di 1,00 m di diametro ed'è (internamente) rivestita di materiale refrattario per proteggere la muratura portante dagli effetti del calore, e dunque degli sbalzi termici in esercizio.

Oggi dunque la ciminiera risulta complessivamente alta 24,75 m; alcuni anni fa ne venne demolita la parte sommitale e il materiale demolito fu fatto precipitare al suolo lungo la canna fumaria, che ad un dato momento alla quota di circa 8,00 m da terra si ostruì, ripienandosi di materiale fino alla quota di circa 15,00 m.

Di tale materiale occorre tenere conto nella determinazione del peso proprio e delle masse sismiche.

Sebbene non oggetto di specifica verifica in questa prima fase di analisi, il basamento di queste strutture è tradizionalmente a platea in calcestruzzo; per le esigenze di semplificazione adesso necessarie, la struttura è stata considerata incastrata alla base su suolo indeformabile.

Il presente lavoro si prefigge lo scopo di investigare la situazione statica e sismica della struttura, descrivendone con indicatori semplici il comportamento sotto l'azione del vento e del sisma, oltre ovviamente al peso proprio.

Proprio per limitare l'analisi all'ambito di indicatori corretti e semplici, con valenza comunque non solo qualitativa, in questa fase non si è fatto ricorso ad analisi agli elementi finiti, ma ricorrendo ad una discretizzazione del modello a conci di altezza 0,50 m (ad eccezione della porzione sommitale della prima parte a sezione quadrata cava, che risulta di altezza pari a 0,75 m) è stato possibile valutare congruamente gli stati tensionali presenti.

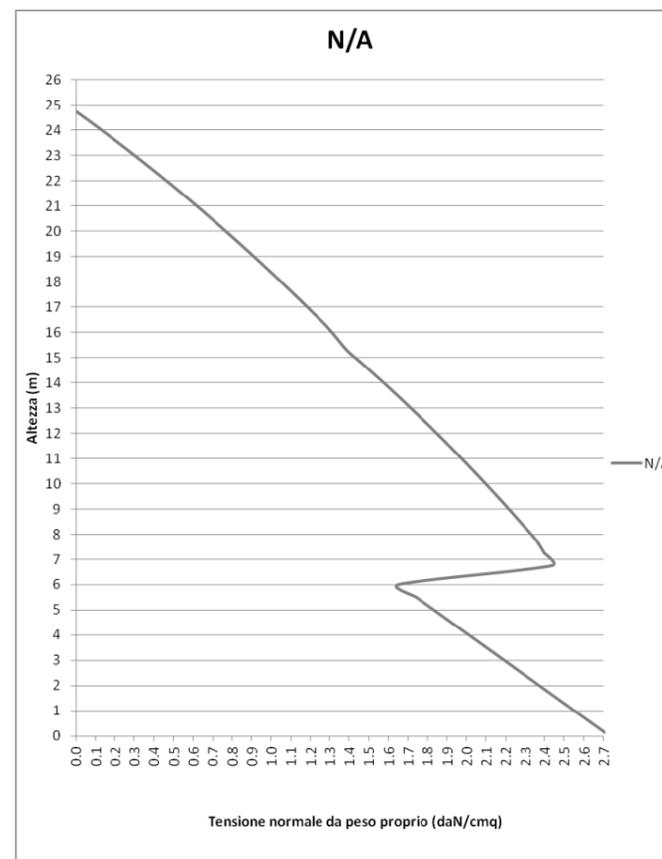
Tale discretizzazione semplifica ovviamente il problema della variabilità della sezione lungo l'altezza, ma senza alterare la valenza dei risultati.

Circa le azioni, oltre al peso proprio si prende in considerazione il vento ed il sisma, quest'ultimo con l'azione calcolata sia ai sensi del D.M. 14.01.2008 e relativa C.M. n. 617 del 02.02.2009, che con il precedente D.M. 09/16 Gennaio 1996, a scopo di raffronto.

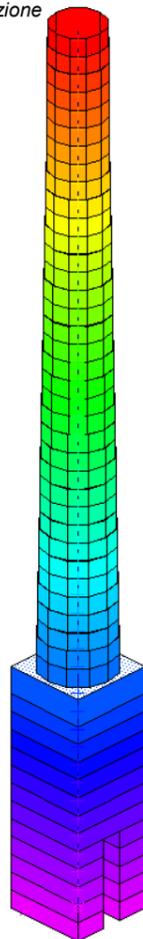
I risultati numerici sono rappresentati mediante appositi grafici, di immediata lettura e coerenti con le attese qualitative:

- il grafico "N" mostra l'andamento crescente del peso proprio della struttura, scendendo dalla sommità verso la base, con una variazione di inclinazione della curva in corrispondenza dell'ostruzione della canna fumaria;
- il grafico "N/A" mostra l'andamento delle pressioni sulla muratura derivanti dal peso proprio; la variazione significativa che si riscontra all'altezza di 6,75 m dipende dal repentino cambio di sezione (da circolare cava a quadrata cava);
- il grafico "M (v)" mostra l'andamento del momento flettente prodotto dall'azione del vento, schematizzata come carico distribuito lungo l'altezza della struttura, con andamento trapezoidale;

segue ->



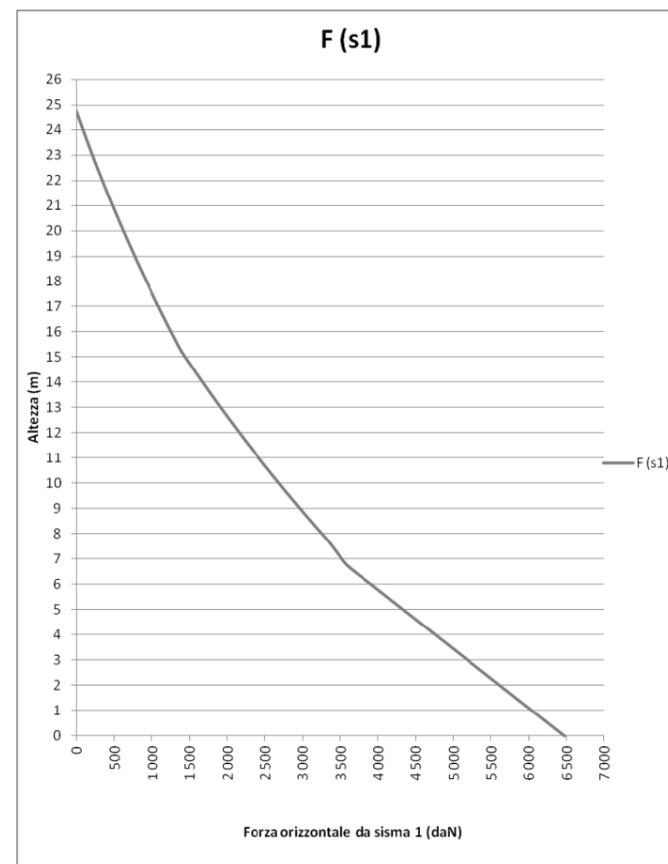
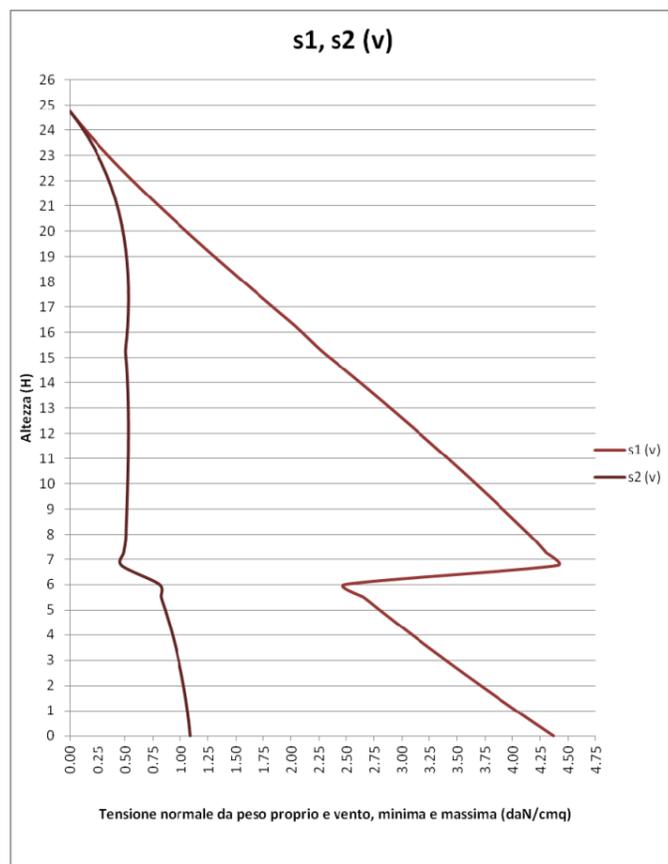
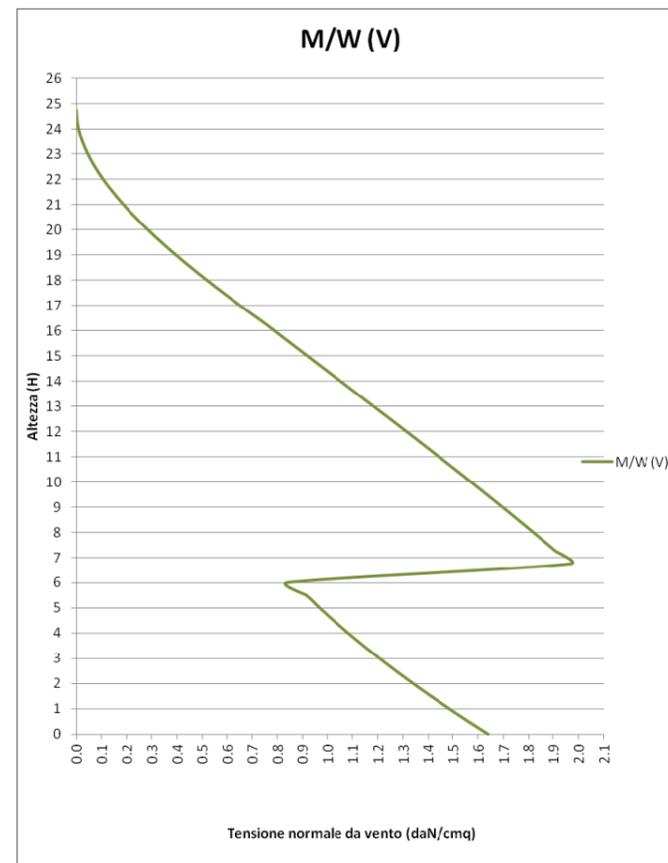
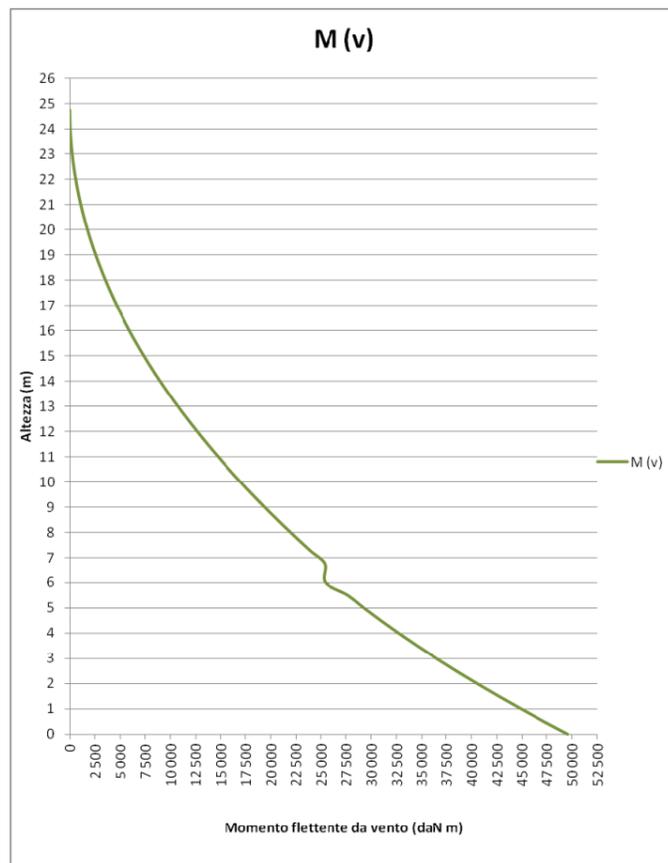
Ipotesi di modellazione ad elementi finiti



canna fumaria, vista nadirale

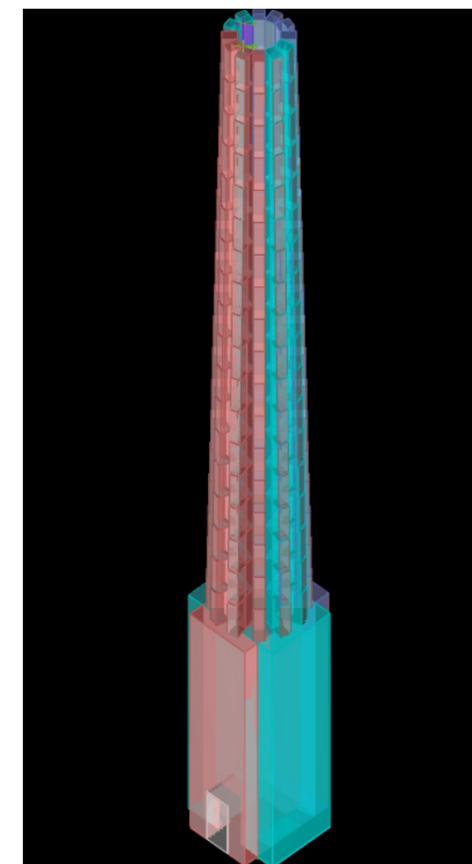
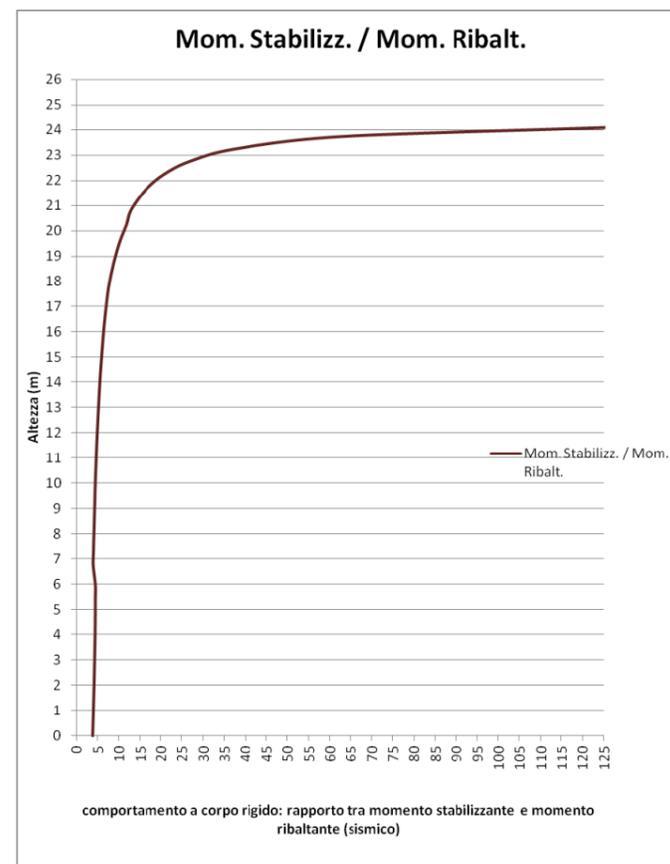
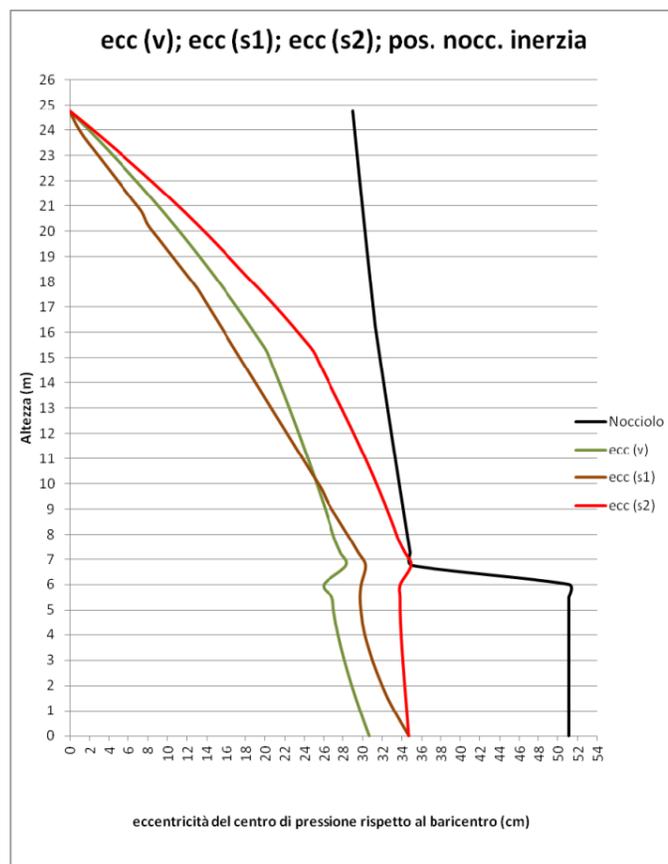
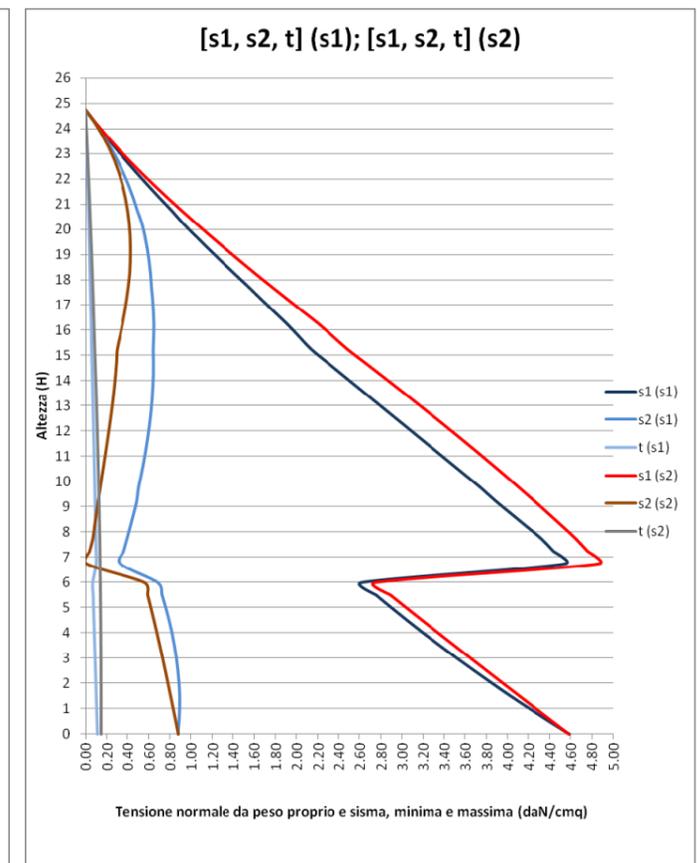
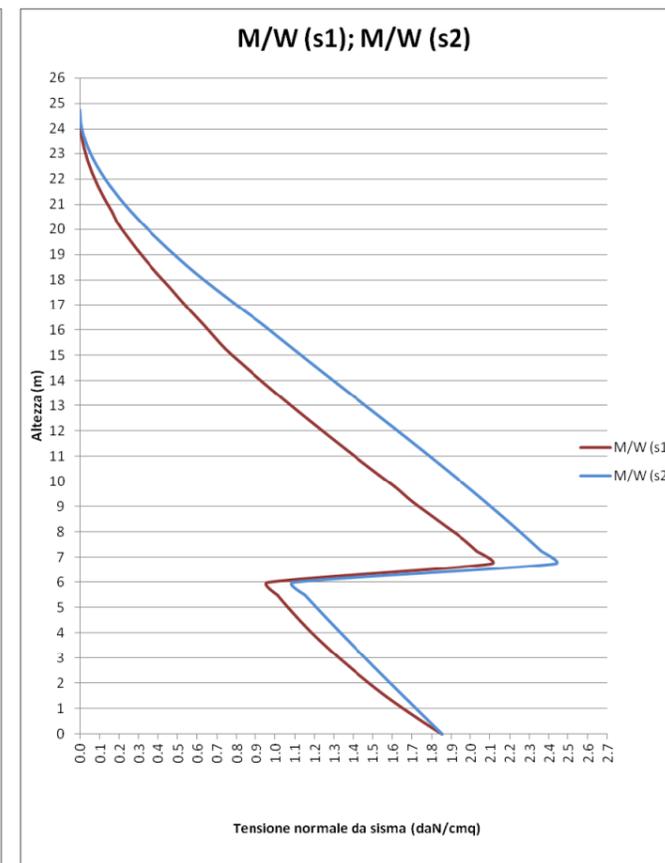
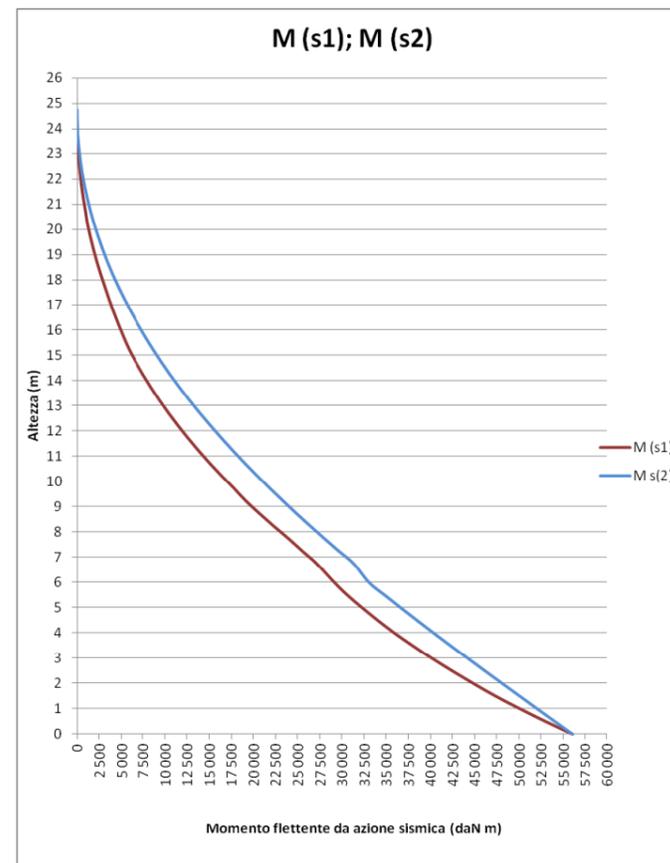
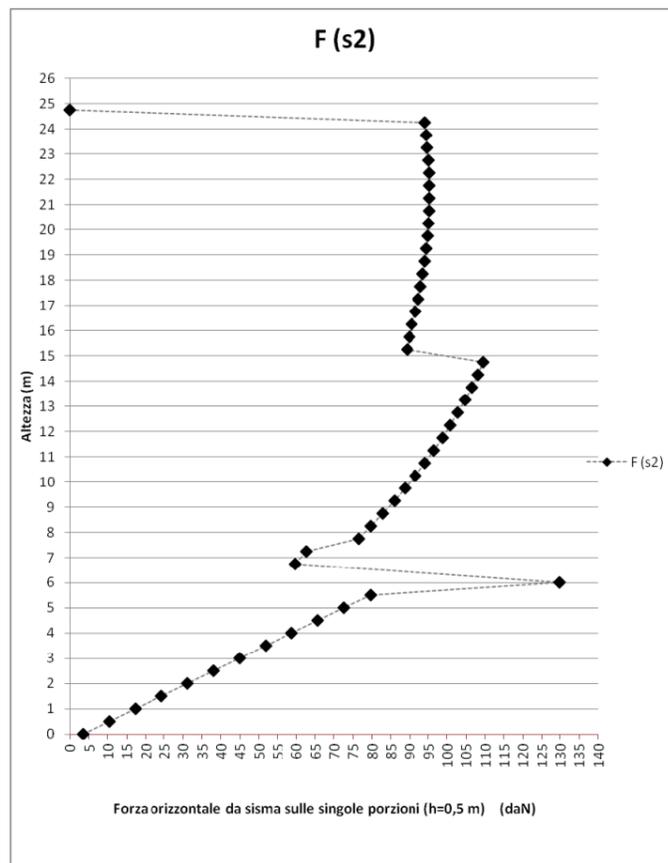
canna fumaria e sua ostruzione, vista nadirale





segue ->

- il grafico "M/W (v)" mostra invece, sezione per sezione, la massima pressione (in valore assoluto) prodotta sulla muratura dal momento M (v), da sommarsi e sottrarsi al valore di N/A per la determinazione delle tensioni sulla muratura, rappresentate con il grafico "s1, s2 (v)", in cui s1 (v) è quella massima e s2 (v) quella minima (anche in questo caso il passaggio di sezione produce un "salto" nei grafici, che nella realtà ci si attende ben più mitigato, tuttavia inevitabile in un ambito analitico discreto come il presente); mentre nel caso di N/A la pressione massima si ha in corrispondenza della base della struttura, nel caso di M/W (v) questa si osserva alla base del corpo tronco conico cavo;
- il grafico "F (s1)" mostra l'andamento, crescente verso la base, del valore della forza orizzontale da pensarsi applicata nel baricentro della porzione di struttura considerata, derivante dall'azione sismica, prendendo a riferimento il D.M. 09/16 Gennaio 1996;
- il grafico "M (s1); M (s2)", rappresenta invece l'andamento del momento flettente alle varie quote della struttura, determinato rispettivamente dalle forze F (s1) ed F (s2);
- a differenza delle forze orizzontali F (s1) di cui si è già detto, le forze orizzontali F (s2) sono determinate ai sensi del D.M. 14.01.2008 e sono relative alle singole porzioni di muratura (conci) di altezza pari a 0,50 m, con cui si è discretizzata la struttura; il grafico F (s2) ne illustra l'andamento e mette in risalto sia la presenza della massa che ostruisce la canna, sia una pseudo-concentrazione di massa in corrispondenza del cambio di sezione, cui contribuisce anche la variazione di altezza del concio considerato (0,75 m anziché 0,50 m);
- dal grafico "M (s1); M (s2)" si osserva come con le due diverse normative l'andamento del grafico sia sostanzialmente identico, con un leggero scostamento nelle zone centrali;
- tale scostamento è leggermente più marcato, anche in funzione della scala del grafico, osservando "M/W (s1); M/W (s2)", che ha analogo significato a quello descritto nel caso del vento; anche nel caso dell'azione sismica, la tensione massima si registra in corrispondenza della base della porzione tronco-conica cava;
- nel grafico "[s1, s2, t] (s1); [s1, s2, t] (s2)" si rappresenta l'andamento della tensione normale prodotta dallo sforzo normale e dall'azione sismica, rispettivamente massima e minima, con riferimento alla normativa di cui al D.M. 09/16 Gennaio 1996 e D.M. 14.01.2008; viene inoltre rappresentata anche la tensione tangenziale prodotta, nei 2 casi, dall'azione orizzontale del sisma (come si vede, per le caratteristiche della struttura, tale contributo è ampiamente secondario rispetto alle tensioni normali);
- le sollecitazioni di sforzo normale e vento e sforzo normale e sisma (con i 2 riferimenti normativi anzidetti), sono riconducibili a un problema di pressoflessione, in cui l'eccentricità del centro di pressione rispetto al baricentro della sezione di volta in volta considerata è semplicemente pari al rapporto tra momento flettente e sforzo normale; in tal modo è possibile costruirne l'andamento, rappresentato con il grafico "ecc (v); ecc (s1); ecc (s2); pos. nocc. inerzia", e confrontarlo con quello del limite esterno (perimetro) del nocciolo centrale di inerzia, espresso come distanza dal baricentro della sezione, tenendo conto delle simmetrie presenti; si osserva che essendo le eccentricità di cui sopra sempre inferiori al limite del nocciolo centrale di inerzia, la posizione del centro di pressione è sempre interna al nocciolo centrale di inerzia e dunque l'asse neutro è esterno alla sezione, configurando uno stato tensionale che non prevede parzializzazione della sezione, che risulta dunque sempre compressa, con valori variabili da 0,00 daN/cm² a 5,00 daN/cm², compatibile con il materiale in questione; è altresì interessante osservare come il cambio di sezione, nelle considerazioni della progettazione originaria, sia probabilmente tutt'altro che privo di considerazioni statiche;
- infine il grafico "Mom. Stabilizz. / Mom. Ribalt.", nell'ambito di una schematizzazione a corpo rigido della struttura, mostra l'andamento del rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante: esso risulta sempre maggiore dell'unità e dunque la non attivazione del meccanismo di ribaltamento rigido. Il momento ribaltante è determinato in funzione delle azioni orizzontali indotte dal sisma (D.M. 09/16 Gennaio 1996), quello stabilizzante dal peso proprio della struttura, moltiplicato per il raggio (o semi-lato), sezione per sezione.



ipotesi di modellazione ad elementi finiti

