



REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO DEI BENI CULTURALI DELL'IDENTITA' SICILIANA
DIPARTIMENTO DEI BENI CULTURALI E DELL'IDENTITA' SICILIANA

PARCO ARCHEOLOGICO DI SEGESTA

PATTO PER IL SUD SICILIA 2014/2020

Adeguamento dei servizi e risistemazione logistica accoglienza



Unione Europea

Fondo Europeo Di Sviluppo Regionale



IL DIRETTORE DEL PARCO

Dott.ssa Rossella Giglio

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott.ssa Rossella Giglio

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Antonella Ricotta

Geom. Vincenzo Tumminia

Geom. Elisa Rizzo

STRUTTURA TECNICA ORGANIZZATIVA

Parco Archeologico di Segesta

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

Arch. Benedetto Musillami



PROGETTO ESECUTIVO - CALCOLI STATICI

■ ELABORATO I - B:

relazione di calcolo

interventi su bagni utenza

			DATA	NOME	FIRMA
REDDATTO					
VERIFICATO					
APPROVATO					
DATA			2020	TAV. 1 - B	
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI	SCALA		
			CODICE FILE		

NORMATIVA DI RIFERIMENTO.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO.

- D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche sulle Costruzioni”
- Circolare ntc 2019 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- OPCM 3274/2003 e s.m.i. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- D.M.LL.PP. 02/07/1981 " Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia";
- Circolare LL.PP. 30/07/1981 n° 21745 "Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma";

DESCRIZIONE GENERALE

Oggetto dell'intervento è la riorganizzazione funzionale degli spazi interni del corpo bagni utenze “Parco Archeologico di Segesta”.

In particolare si prevede di modificare le aperture nei muri portanti e di demolire porzioni di muri rinforzando poi le varie pareti interessate mediante l'inserimento di cerchiature metalliche, in modo da ripristinare la rigidità e la resistenza che la parete possedeva prima dell'intervento. Si prevede altresì la realizzazione di un pergolato in legno con copertura leggera (< di 15 kg/mq), dalle caratteristiche poco invasive; questa, grazie ad un'opportuna pannellatura, assolverà anche alla funzione di “schermo” di questo spazio, utile per garantire una maggiore privacy.

L'intervento rientra nella categoria “*interventi di riparazione o locali*” ai sensi delle NTC 2018, ossia interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti.

La Circolare 2019 prevede al punto C8.4.3 che l'apertura di un vano in una parete muraria accompagnata da opportuni rinforzi non indebolisca l'elemento variato sia per quanto riguarda la rigidità che la resistenza. La presente relazione tecnica vuole pertanto dimostrare che rigidità finale non varia significativamente rispetto a quella iniziale e che la resistenza e lo spostamento ultimo della parete nello stato finale non sono inferiori ai corrispondenti valori dello stato iniziale.

Ai sensi del punto 8.4.1. delle NTC 2018, la relazione di calcolo allegata dimostra che l'intervento in progetto non produce sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che non produce riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

Ai sensi del punto 8.4.1. delle NTC 2018, la relazione di calcolo allegata dimostra che l'intervento in progetto non produce sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che non produce riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

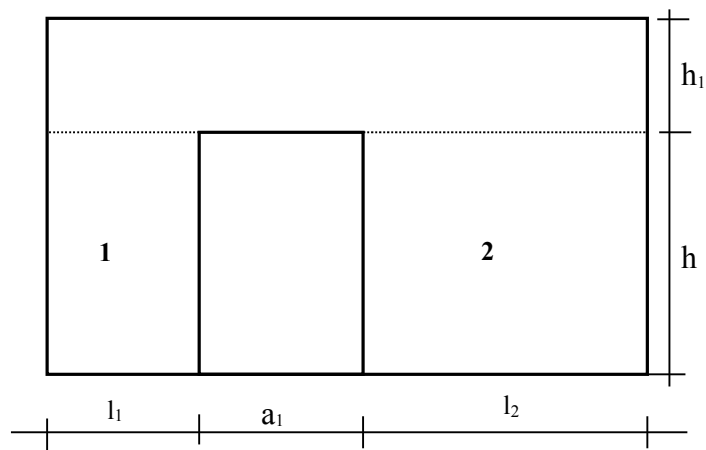
APERTURE NEI VANI

VERIFICA DELLE RIGIDEZZE.

La rigidezza iniziale (K_{in}) si calcola con la formula:

$$K = G \cdot A \cdot E \cdot I^2 / (h^3 \cdot G + 1,2 \cdot h \cdot E \cdot I^2)$$

dove: E, G = moduli di elasticità normale e tangenziale della muratura;
 l, h = larghezza ed altezza del maschio murario;
 $A = l \cdot t$ = area del maschio (t =spessore del maschio).



$$K_{in} = K_1 + K_2 + \dots = \Sigma K_i$$

A seguito di modifica delle aperture o di inserimento di nuove, la parete assume una configurazione diversa da quella iniziale; la rigidezza (K_{mod}) nello stato modificato (tenendo conto anche dell'eventuale consolidamento dei maschi murari attraverso tecniche quali le iniezioni di malta, lastre di placcaggio ecc) non deve variare significativamente rispetto a quella iniziale:

$$K_{mod} \approx K_{in}$$

Nella relazione di calcolo è esplicitata la percentuale di scostamento ammessa tra la rigidità iniziale e quella modificata.

Se tale verifica non è soddisfatta allora occorre intervenire con un rinforzo quale la cerchiatura del vano mediante un telaio metallico o in c.a.. In questo caso la rigidità finale deve risultare:

$$K_{fin} = K_{mod} + K_T \approx K_{in}$$

$$K_T = 12xE_x \sum J_p / H^3 \quad (\text{rigidità del telaio})$$

dove:

E = modulo elastico del materiale costituente i piedritti;

$\sum J_p$ = somma dei momenti d'inerzia dei piedritti (possono essere due o più piedritti);

H = altezza del piedritto.

VERIFICA DELLA RESISTENZA DELLA PARETE.

La verifica viene condotta calcolando la resistenza della parete prima e dopo l'intervento e verificando che la resistenza dopo l'intervento (in conseguenza di una migliore distribuzione delle aperture, oppure per l'inserimento di un telaio di rinforzo oppure a seguito di interventi di consolidamento) risulti superiore a quella che la parete possedeva prima dell'intervento di miglioramento. Viene calcolata, per ciascun maschio murario, sia la resistenza a taglio per trazione che quella per presso flessione; il valore di calcolo sarà il minore tra i due.

La resistenza al taglio della parete si calcola ipotizzando un comportamento elasto-plastico dei maschi murari.

$$V_{t,fin} \geq V_{t,in}$$

L'azione tagliante ultima del pannello murario può calcolarsi con la formula:

$$V_t = l * t * 1,5 \frac{(\tau_{od})}{b} \sqrt{1 + \frac{(\sigma_0)}{(1,5 \tau_{od})}} = \frac{l * t * f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{(\sigma_0)}{f_{td}}}$$

dove

l è la lunghezza del pannello;

t è lo spessore del pannello;

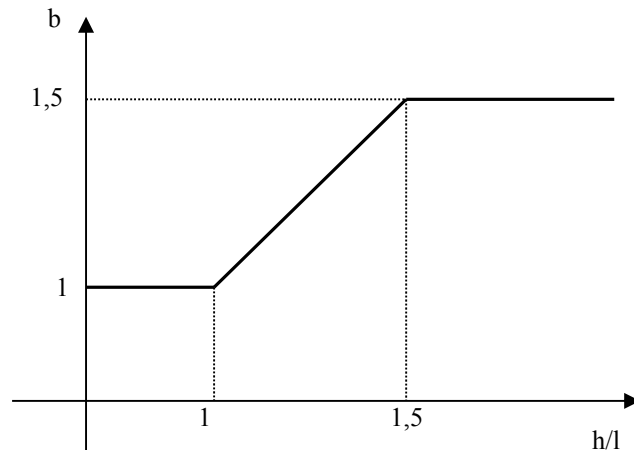
σ_0 è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione ($\sigma_0 = P/lt$, con P forza assiale agente positiva se di compressione);

f_{td} resistenza di calcolo a trazione per fessurazione diagonale della muratura; $f_{td} = 1,5 \tau_{od}$

τ_{od} resistenza di calcolo a taglio della muratura;

b è un coefficiente correttivo legato alla distribuzione delle tensioni tangenziali sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete. Si può assumere $b =$

h/l , comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1, dove h è l'altezza del pannello.



Nel caso di pannelli snelli, la rottura a pressoflessione potrebbe precedere quella per taglio da fessurazione diagonale (taglio per trazione). La valutazione dell'entità del taglio che produce la rottura per pressoflessione, si sviluppa secondo le seguenti fasi:

Si calcola il momento ultimo:

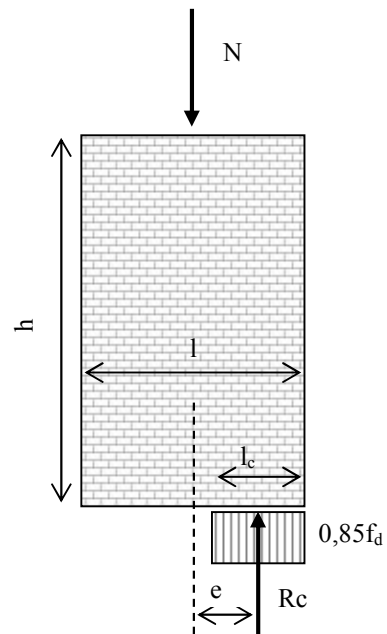
$$M_u = \sigma_0 \cdot l^2 \cdot t / 2 \cdot [1 - \sigma_0 / (0,85 \cdot f_d)]$$

dove:

$\sigma_0 = N / (l \cdot t)$ = tensione media verticale
 f_d è la resistenza a compressione di calcolo della muratura che potrà essere assunta pari al valore medio tra quelli riportati in tabella C8A.2.1 della circ 617/2009 diviso il fattore di confidenza.

Pertanto, l'azione tagliante che produce la rottura per pressoflessione, è:

$$V_{pf} = 2 \cdot M_u / h$$



Quindi la resistenza al taglio ultima del maschio murario potrà essere assunta quale valore minimo tra il taglio che produce rottura per fessurazione diagonale e quello che produce rottura per pressoflessione:

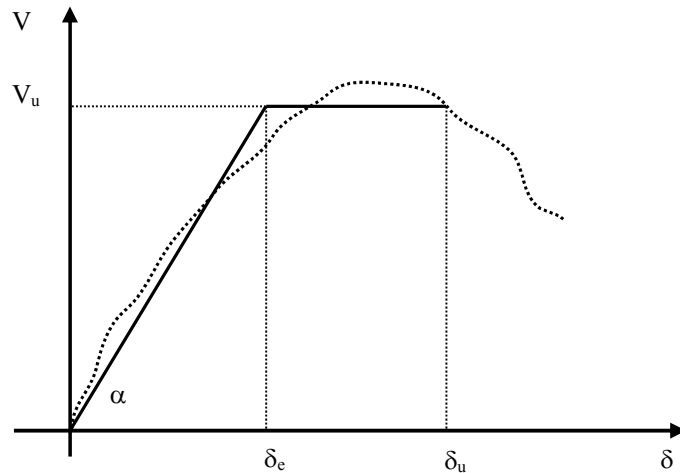
$$V_u = \min (V_t ; V_{pf})$$

VERIFICA DELLO SPOSTAMENTO ULTIMO

Lo spostamento ultimo della parete nello stato finale non deve essere inferiore a quello nello stato iniziale.

Riportando su un grafico i valori V, δ ottenuti calcolando lo spostamento in sommità in funzione del corrispondente valore del taglio, si ottiene la cosiddetta "curva caratteristica" del maschio murario in oggetto.

La curva reale (andamento parabolico) può essere sostituita da una bilatera (comportamento elastico-perfettamente plastico) che ne approssima il comportamento reale (fig. 2.15). Il valore dello spostamento al limite elastico si calcola con:



$\delta_e = V_u/K$
che corrisponde ad un valore della forza tagliante V_u

L'inclinazione del tratto elastico è tale per cui: $\text{tg}\alpha = K$

L'analisi statica non lineare consente di sfruttare le riserve plastiche del materiale oltre il limite elastico, attraverso l'introduzione del tratto plastico della bilatera che si estende fino all'ascissa

$$\delta_u = \delta_e \cdot \mu$$

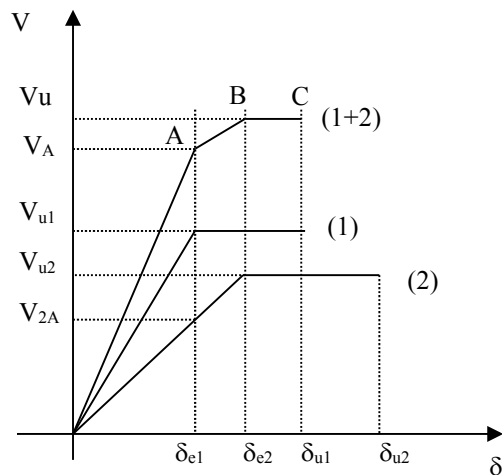
dove μ è il *fattore di duttilità* variabile tra 1,5 e 2 nel caso di rottura per taglio e tra 2 e 5 nel caso di rottura per pressoflessione.

La normativa sismica prevede di considerare, per lo spostamento ultimo massimo δ_u , il valore di 0,4% dell'altezza "h" del pannello nel caso di rottura per taglio e 0,6% di h nel caso di rottura per pressoflessione.

Nel caso di parete costituita da più maschi murari, si riportano le curve caratteristiche di ciascuno sullo stesso grafico (V - δ). La curva caratteristica della parete si ottiene dalla somma delle curve di ciascun maschio murario ossia dalla somma delle ordinate delle curve stesse. Questo in accordo con il principio della congruenza degli spostamenti ovvero che i maschi murari della stessa parete devono subire il medesimo spostamento. La curva caratteristica della parete si arresta all'ascissa corrispondente al valore minimo degli spostamenti ultimi dei singoli maschi murari:

$$\delta_{u, \text{ parete }} = \min (\delta_{u,i}) \text{ con "i" indice variabile tra 1 ed n dove n = numero di maschi murari.}$$

Sommando le ordinate delle curve caratteristiche in corrispondenza dell'ascissa comune $\delta_{u, \text{ parete }}$, si trova il valore corrispondente alla resistenza ultima a taglio della parete ($V_{u, \text{ parete }} - \text{SLU} = \text{stato limite ultimo}$).



CERCHIATURA METALLICA

Per quanto riguarda il calcolo della resistenza della cerchiatura metallica si procede nel seguente modo.

1- si calcola il momento al limite elastico (nella sezione di incastro) del telaio:

$$M_{el} = f_{yk} * W_{x,el} / \gamma_{m0}$$

dove:

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio impiegato, ricavabile dalla seguente tabella:

	Tipo di acciaio				
	S235 N/mm ²	S275 N/mm ²	S355 N/mm ²	S420 N/mm ²	S460 N/mm ²
f_{yk}	235	275	355	420	460

$\gamma_{m0} = 1,05$ coeff. parziale di sicurezza

$W_{x,el}$ = modulo di resistenza elastico della sezione

2- si calcola il corrispondente spostamento "d" che determina il momento al limite elastico (spostamento al limite elastico):

$$d = M_{el} * H^2 / (6 * E * J)$$

3- si calcola la forza F che provoca lo spostamento "d", nota la rigidezza K_T del telaio:

$$F = d * K_T$$

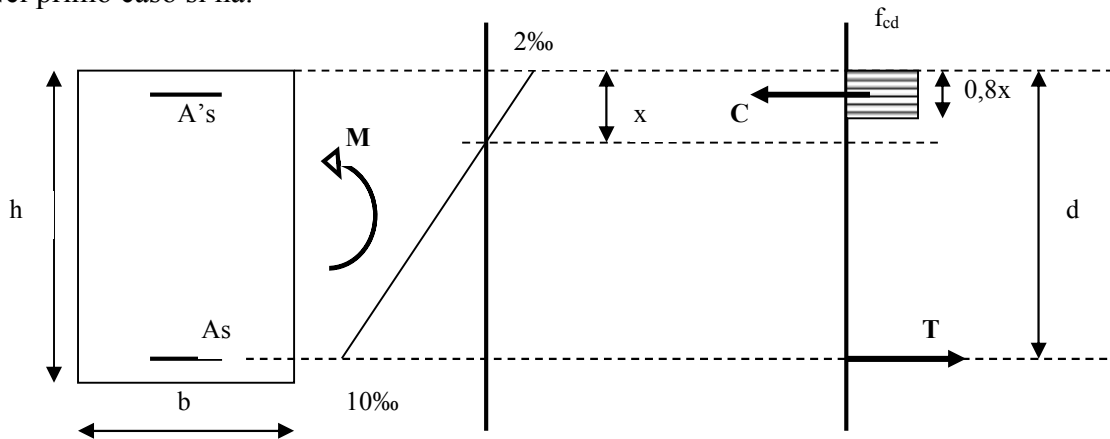
CERCHIATURA IN C.A.

Per quanto riguarda il calcolo della resistenza della cerchiatura in c.a. si procede nel seguente modo.

- 1) si calcola il momento resistente M_R del telaio nella sezione di incastro, ipotizzando una configurazione di rottura della sezione che preveda per l'acciaio teso il raggiungimento del limite di rottura pari al 10‰ e per il calcestruzzo compresso il raggiungimento della deformazione del 2‰ corrispondente al limite elastico (si trascura il contributo dell'acciaio compresso) oppure

ipotizzando un'altra configurazione di rottura, come quella che prevede il raggiungimento del limite di rottura per il calcestruzzo e il limite di snervamento per l'acciaio.

Nel primo caso si ha:



In questo caso, per la similitudine dei triangoli, si ha:

$$x : 2\text{‰} = d : (10\text{‰} + 2\text{‰})$$

$$x : 2 = d : 12$$

$$x = d/6 = 0,167 \cdot d$$

Per l'equilibrio alla traslazione:

$$C = T$$

$$C = 0,8 \cdot (0,167 \cdot d) \cdot b \cdot f_{cd} = 0,1336 \cdot d \cdot b \cdot f_{cd}$$

Per l'equilibrio alla rotazione si ha:

$$M_R = C \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 0,124676 \cdot d^2 \cdot b \cdot f_{cd}$$

Nel secondo caso, invece, (raggiungimento del limite di rottura per il calcestruzzo e il limite di snervamento per l'acciaio) si perviene all'espressione del momento resistente mediante le solite considerazioni (trascurando il contributo dell'acciaio compresso) e si ottiene:

$$M_R = C \cdot (d - 0,4 \cdot x) = 0,3859 \cdot d^2 \cdot b \cdot f_{cd}$$

In pratica per determinare M_R in fase di predimensionamento si può utilizzare la formula:

$$M_R = C \cdot (d - 0,4 \cdot x) = \alpha \cdot d^2 \cdot b \cdot f_{cd}$$

con α coefficiente compreso tra 0,12 e 0,38.

2) Si calcola il corrispondente spostamento "d" che determina il momento resistente

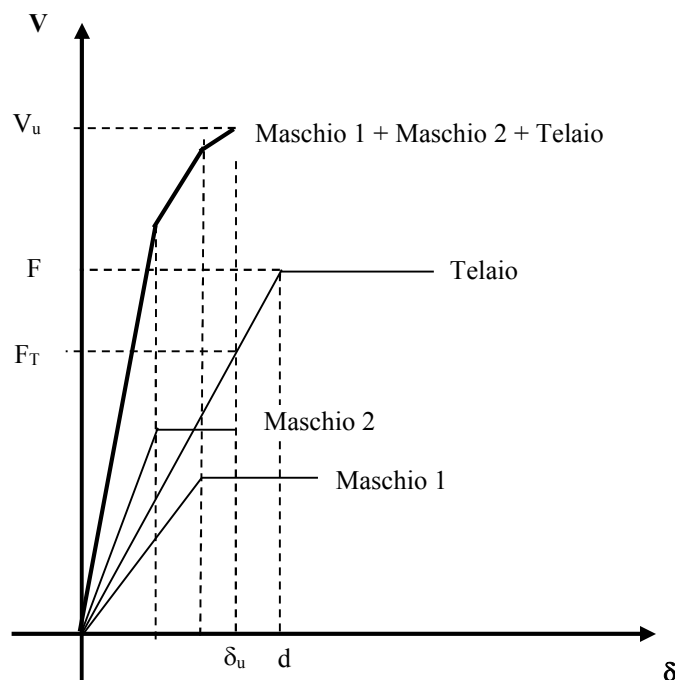
M_R :

$$d = M_R \cdot H^2 / (6 \cdot E \cdot J)$$

3) Si calcola la forza orizzontale F che provoca lo spostamento “ d ”, nota la rigidezza “ K_T ” del telaio:

$$F = d \cdot K_T$$

La resistenza complessiva della parete nello stato finale, comprensiva del contributo dei maschi murari e del telaio, si calcola in analogia a quanto fatto per lo stato iniziale riportando, sul medesimo grafico, le curve caratteristiche dei maschi murari e del o dei telai metallici o in c.a. (figura sotto).



Le verifiche previste dalle NTC 2018 sul telaio completano la relazione di calcolo

Il telaio metallico, i relativi collegamenti e l'eventuale architrave devono essere verificati agli SLU e SLE rispetto a quanto previsto dalle NTC 2018.

In sintesi, le verifiche che vengono effettuate sul telaio metallico sono:

1. resistenza delle membrature;
2. deformabilità del traverso;
3. collegamento saldato tra piedritto e traverso superiore o inferiore;
4. collegamento saldato tra piedritto e piastra di base;
5. giunto di base

La verifica di stabilità flessione torsionale può, generalmente, essere omessa perché le ali dei profilati sono di solito collegate efficacemente alla muratura adiacente per mezzo di

barre d'acciaio inghisate nella muratura stessa; in questo modo, l'ala compressa è vincolata alla muratura che quindi ne contrasta efficacemente gli spostamenti e le rotazioni, costituendo quindi un valido vincolo rispetto all'instabilità flessione torsionale.

Nel caso in cui sia necessario mettere in opera un'architrave, questo viene verificato nei confronti di:

1. resistenza delle membrature;
2. deformabilità dell'architrave;
3. verifica della muratura per carichi concentrati (tensioni sull'appoggio);

Il telaio in cemento armato e l'eventuale architrave devono essere verificati agli SLU e SLE rispetto a quanto previsto dalle NTC 2018.

In sintesi, le verifiche che vengono effettuate sul telaio in c.a. sono:

1. Resistenza dei piedritti e del traverso alle sollecitazioni di sforzo normale, flessione e taglio (SLU);
2. Deformabilità del traverso (SLE)
3. Tensioni di esercizio (SLE)

Analogamente a quanto detto per il telaio metallico, la verifica di stabilità del piedritto può essere omessa in quanto questo risulta collegato alla muratura adiacente per mezzo di perforazioni armate che quindi ne contrastano gli spostamenti laterali.

Le verifiche da fare invece sulla sola architrave, qualora appunto l'intervento preveda solo questo tipo di elemento strutturale, sono:

1. Resistenza dell'architrave alla sollecitazione di flessione e taglio (SLU);
2. Deformabilità dell'architrave (SLE);
3. Tensioni di esercizio (SLE)
4. Verifica della muratura per carichi concentrati (tensioni sull'appoggio - SLU).

IL PROGETTISTA STRUTTURALE