



**STUDIO MACRI'
TECNICI ASSOCIATI**

Progetti integrati
d' Ingegneria
ed Architettura



Ing. Renato BARRA

RECAPITI e - mail:
studiomacri@interfree.it
[pec: domenico.macri1@ingpec.eu](mailto:pec:domenico.macri1@ingpec.eu)

SEDE OPERATIVA ED
AMM.VA
Centro Lucrezia della Valle
Via Lucrezia della Valle n.19/40

88100 CATANZARO (CZ)

Tel. e Fax 0961 753475

COMUNE DI CARDINALE

(PROVINCIA DI CATANZARO)

PROGETTO ESECUTIVO

DATA:	A.T.P. (ASSOCIAZIONE TEMPORANEA TRA PROFESSIONISTI)	
DICEMBRE 2020	PROGETTISTI :	DIREZIONE LAVORI:
	ING. DOMENICO MACRI' - CAPOGRUPPO MANDATARIO	ING. DOMENICO MACRI'
	ING. RENATO BARRA - MANDANTE	
	ARCH. MADDALENA TROMBY - MANDANTE GIOVANE PROFESSIONISTA	

	TITOLO DEL PROGETTO: INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DELLE PENDICI SOVRASTANTI IL CENTRO STORICO DEL COMUNE DI CARDINALE – CODICE CZ042A/10.
--	---

Prot. Dis.	Modifiche:	1]
	Sostituisce il N.	2]
	Sostituito dal N.	3]
ALL. N.	Oggetto del Disegno:	
A7.4.2	SOLETTA PISTA DI SERVIZIO ZONA CAVALIERE – FASCICOLO DEI CALCOLI	

SCALA:	ENTE APPALTANTE:
	AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CARDINALE.
	RESPONSABILE UTC – ING. S. LUPICA e-mail: ufficio.tecnico @ comune.cardinale.cz.it

A TERMINI DI LEGGE – ART. 2578 DEL C.C. CI RISERVIAMO L'ESCLUSIVA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO TECNICO, CON DIVIETO DI COPIARLO O RIPRODURLO SENZA IL NOSTRO CONSENSO SCRITTO

FASCICOLO DEI CALCOLI

Comune: CARDINALE (CZ)

Titolo del progetto: Sistemazione pendici sovrastanti il Centro Storico di Cardinale CZ

Committente: Comune di Cardinale (CZ)

Opera: SOLETTA PISTA DI SERVIZIO

Data:
DICEMBRE 2020

Progettista:
Ing. Domenico Macrì, Ing. Renato Barra

FASCICOLO DEI CALCOLI

DIMOSTRAZIONE NUMERICA DELLA SICUREZZA DELL'OPERA E DEL RAGGIUNGIMENTO DELLE PRESTAZIONI ATTESE

INDICE:

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	4
TABULATI DI INPUT	7
Dati generali	7
Impalcati	7
Percentuali Spostamento masse impalcati	7
Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale	7
Caratteristiche del terreno	7
Materiali	8
Nodi - Geometria e vincoli	8
Pareti - geometria e vincoli	8
Muri - Carichi	8
TABULATI DI VERIFICA	9
Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni Massime - Muri discretizzati	9
VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO	10
Verifica dei Muri in calcestruzzo	9

Il Progettista

Ing. Domenico Macrì,
Ing. Renato Barra

MODELLAZIONE

La struttura è costituita da diversi elementi distinti, in base alla loro funzione, in

- Fondazione in c.a. costituita da: platea

I livelli di sicurezza scelti dal Committente e dal Progettista in funzione del tipo e dell'uso della struttura, nonché in funzione delle conseguenze del danno, con riguardo a persone, beni, e possibile turbativa sociale, compreso il costo delle opere necessarie per la riduzione del rischio di danno o di collasso, hanno indirizzato al progetto di una struttura con i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU)

La struttura è stata schematizzata con un modello spaziale agli elementi finiti che tengono conto dell'effettivo stato deformativo e di sollecitazione, secondo l'effettiva realizzazione. I vincoli esterni della struttura sono stati caratterizzati, a seconda degli elementi in fondazione se presenti, con: platee; ovvero con vincoli perfetti di incastro, appoggio, carrello, ecc. I vincoli interni sono stati schematizzati secondo le sollecitazioni mutuamente scambiate tra gli elementi strutturali, inserendo, ove opportuno, il rilascio di alcune caratteristiche della sollecitazione per schematizzare il comportamento di vincoli interni non iperstatici (cerniere, carrelli, ecc.). il calcolo viene eseguito considerando il comportamento elastico lineare della struttura. I solai sono schematizzati come aree di carico, sulle quali vengono definiti i carichi permanenti (QP Solai), carichi fissi (QFissi Solai) e variabili (QV solai); tali carichi vengono assegnati alle aste in modo automatico in relazione all'influenza delle diverse aree di carico. Le masse corrispondenti ai carichi variabili sui solai nelle combinazioni sismiche vengono trattate in maniera automatica mediante un coefficiente

moltiplicativo definito insieme alla tipologia del solaio.

Il modello utilizzato è stato valutato alla luce dei diversi scenari di carico a cui viene sottoposta la struttura durante la sua costruzione e la sua vita, atto a garantire la sicurezza e la durabilità della stessa. Per la tipologia strutturale affrontata non è stato necessario definire scenari di contingenza, quindi non è stata schematizzata la struttura durante le fasi costruttive, e si ritiene che non ci siano variazioni del modello di calcolo e degli schemi di vincolo, durante la vita dell'opera. Per il dettaglio degli scenari di calcolo si faccia riferimento alla "Relazione di Calcolo"

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali è stato effettuato seguendo la teoria degli Stati limite. I parametri relativi alle verifiche effettuate sono riportati nella Relazione di Calcolo.

Il solutore agli elementi finiti impiegato nell'analisi è SpaceSolver, per il calcolo di strutture piane e spaziali schematizzabili da un insieme di elementi finiti tipo

- PLATE-SHELL,

interagenti tra loro attraverso i nodi, con la possibilità di tenere in conto tutti i possibili disassamenti, mediante l'introduzione di concetti rigidi e traslazioni degli elementi bidimensionali. Il solutore lavora in campo elastico lineare, si basa sulle routines di Matlab ed è stato sviluppato in collaborazione con l'Università di Roma – Tor Vergata. Il solutore offre la possibilità di risolvere anche travi su suolo alla Winkler con molle spalmate sull'intera suola, anziché sul solo asse, plinti diretti e su pali, pali singoli, platee, piastre sottili e spesse con controllo delle rotazioni attorno all'asse normale alla piastra (drilling). Inoltre, per gli elementi BEAM considera il centro di taglio e non il baricentro.

L'affidabilità del solutore è stata testata su una serie di esempi campioni calcolati con altri procedimenti o con formule note, di cui si rende disponibile la documentazione.

AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI

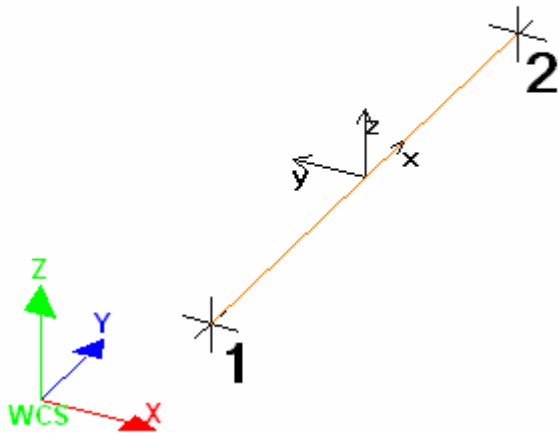
Il programma è dotato di una serie di filtri di auto diagnostica che segnalano i seguenti eventi:

- labilità della struttura
- assenza di masse
- nodi collegati ad aste nulle
- mancanza di terreno sugli elementi in fondazione
- controllo sull'assegnazione dei nodi all'impalcato
- correttezza degli spettri di progetto
- fattori di partecipazione modali
- assegnazione dei criteri di verifica agli elementi
- numerazione degli elementi strutturali
- congruenza delle connessioni tra elementi shell
- congruenza delle aree di carico
- definizione delle caratteristiche d'inerzia delle sezioni
- presenza del magrone sotto la travi tipo wink
- elementi non verificati per semi progetto allo SLU, con inserimento automatico delle armature secondo i criteri di verifica.
- elementi non verificati allo SLU per armature già inserite nell'elemento strutturale
- elementi non verificati allo SLE per armature già inserite nell'elemento strutturale

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

I disegni dello schema statico adottato sono riportati nel fascicolo allegato alla presente relazione

E' stato impiegato il Sistema Internazionale per le unità di misura, con riferimento al daN per le forze.



Il sistema di riferimento globale rispetto al quale è stata riferita l'intera struttura è una terna di assi cartesiani sinistrorsa OXYZ (X,Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).

La terna di riferimento locale per un'asta è pure una terna sinistrorsa O'xyz che ha l'asse x orientato dal nodo iniziale I dell'asta verso il nodo finale J e gli assi y e z diretti secondo gli assi geometrici della sezione con l'asse y orizzontale e orientato in modo da portarsi a coincidere con l'asse x a mezzo di una rotazione oraria di 90° e l'asse z di conseguenza.

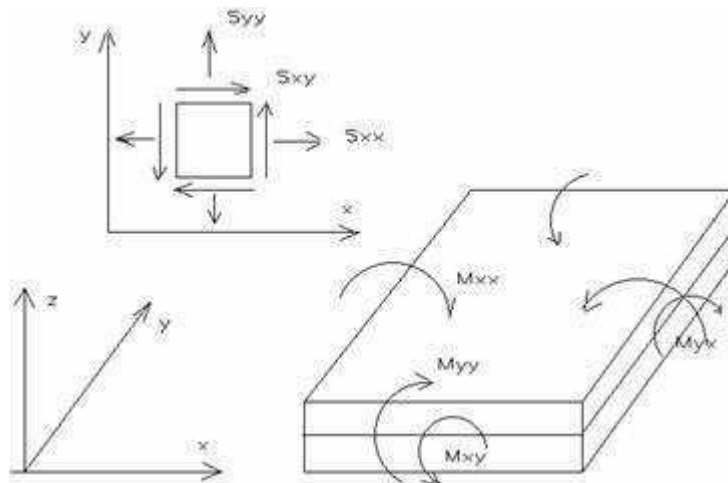
Per un'asta comunque disposta nello spazio la sua terna locale è orientata in modo tale da portarsi a coincidere con la terna globale a mezzo di rotazioni orarie degli assi locali inferiori a 180°.

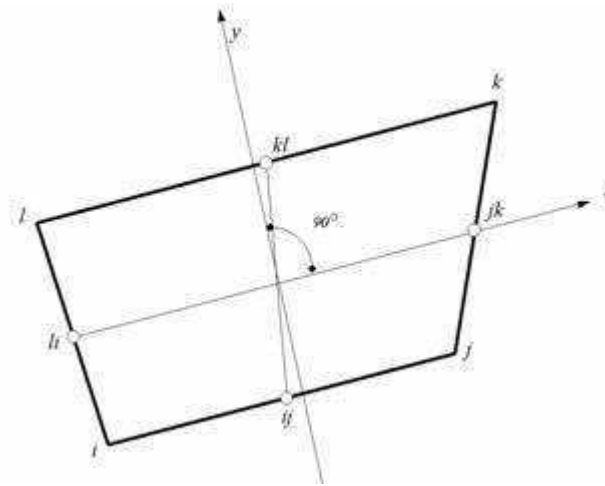
- Le forze, sia sulle aste che sulle pareti o lastre, sono positive se opposte agli assi locali;
- Le forze nodali sono positive se opposte agli assi globali;
- Le coppie sono positive se sinistrorse.

Le caratteristiche di sollecitazione sono positive se sulla faccia di normale positiva sono rappresentate da vettori equiversi agli assi di riferimento locali; in particolare il vettore momento positivo rappresenta una coppia che ruota come le dita della mano destra che si chiudono quando il pollice è equi verso all'asse locale.

- Le traslazioni sono positive se concorde con gli assi globali;
- Le rotazioni sono positive se sinistrorse.

Il sistema di riferimento locale per gli elementi bidimensionali è quello riportato in figura





La terna locale per l'elemento shell è costituita dall'asse x locale che va dal nodo li al nodo jk, l'asse y è diretto secondo il piano dell'elemento e orientato verso il nodo l e l'asse z di conseguenza in modo da formare la solita terna sinistrorsa. L'asse z locale rappresenta la normale positiva all'elemento.

Le sollecitazioni dell'elemento sono:

a) sforzi membranali.

$$S_{xx} = s_x$$

$$S_{yy} = s_y$$

$$S_{xy} = t_{xy}$$

b) sforzi flessionali:

M_{xx} momento flettente che genera s_x , cioè intorno ad y.

M_{yy} momento flettente che genera s_y , cioè intorno ad x

M_{xy} momento torcente che genera t_{xy} .

Le sollecitazioni principali dell'elemento sono:

$$M_{1,2} = \frac{M_{xx} + M_{yy}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{M_{xx} - M_{yy}}{2}\right)^2 + M_{xy}^2}$$

$$S_{1,2} = \frac{S_{xx} + S_{yy}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{S_{xx} - S_{yy}}{2}\right)^2 + S_{xy}^2}$$

$$\tan 2\theta = \frac{M_{xy}}{M_{xx} - M_{yy}}$$

dove θ è l'angolo formato dagli assi principali di M_1 e M_2 con quelli di riferimento e

$$\tan 2\psi = \frac{S_{xy}}{S_{xx} - S_{yy}}$$

dove ψ è l'angolo formato dagli assi principali di S_1 e S_2 con quelli di riferimento

L'elemento shell usato come piastra dà i momenti flettenti e non i tagli in direzione ortogonale all'elemento che possono ottenersi come derivazione dei momenti flettenti;

$$T_{zx} = M_{xx,x} + M_{xy,y}$$

$$T_{zy} = M_{xy,y} + M_{yy,y}$$

quando invece viene usato come lastra ci restituisce una 's' costante ed una 't' costante non adatti a rappresentare momenti flettenti, ma solo sforzi normali e tagli nel piano della lastra.

I tabulati di calcolo contengono due sezioni principali: la descrizione del modello di calcolo e la presentazione dei risultati.

La descrizione del modello di calcolo contiene:

- i dati generali (dimensioni)
- le coordinate nodali;
- i vincoli dei nodi e i vincoli interni delle aste, con le eventuali sconnessioni;
- le caratteristiche sezionali;
- le caratteristiche dei solai;
- le caratteristiche delle aste;
- i carichi sulle aste, sui nodi e sui muri (inclusa la distribuzione delle distorsioni impresse, e delle variazioni e dei gradienti di temperatura);
- configurazione di sistemi che introducono stati coattivi;
- le caratteristiche dei materiali;
- legami costitutivi e criteri di verifica;
- le condizioni di carico;

La stampa dei risultati contiene:

- le combinazioni dei carichi;
- le forze sismiche agenti sulla struttura;
- gli spostamenti d'impalcato, se l'impalcato è rigido;
- gli spostamenti nodali;
- le sollecitazioni sulle membrature per ogni combinazione di carico;
- la sollecitazione sul terreno sotto travi di fondazione o platee;
- deformate;
- diagrammi sollecitazioni;

TABULATI DI INPUT

Dati generali

Nome struttura	

Impalcati

N°	Quota	Rigido	Incr.Soll.Pil	Inc.Soll.Par.
	mm			
0	0	No	1.000	1.000

Caratteristiche del terreno

Terreno1- Cost.Winkler=2.00 kg/cmc Falda assente										
Strato n°	Spessore	γ	γ_{Sat}	ϕ	Addensato	OCR	Coesione	Cu	E	ν
	cm	kg/mc	kg/mc	°			kg/cm ^q	kg/cm ^q	kg/cm ^q	
1	1000	1800	2000	27	No	--	0.00	0.00	2E02	0.30
2	1000	1800	2000	30	Si	--	0.00	0.00	2E02	0.30

Materiali

Materiale: C20/25		
Peso specifico	kg/mc	2500
Modulo di Young E	kg/cm ^q	3E05
Modulo di Poisson ν		0.13
Coefficiente di dilatazione termica λ	1/°C	1e-005

Nodi - Geometria e vincoli

Nodo	X	Y	Z	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz	Impalcato
	Coordinate [mm]			Vincoli						
1	-500	0	0	1	1	0	0	0	1	0
2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
3	2000	0	0	1	1	0	0	0	1	0
4	2500	0	0	1	1	0	0	0	1	0
5	-500	1000	0	1	1	0	0	0	1	0
6	0	1000	0	1	1	0	0	0	1	0
7	2000	1000	0	1	1	0	0	0	1	0
8	2500	1000	0	1	1	0	0	0	1	0

Pareti - geometria e vincoli

Parete	Nodi	Tipo	Materiale	Criterio	N.P.	N.P.X	N.P.Y	Spess.
								cm
1	1-2-6-5	Platea	C20/25	CLS Platee	4			20
1	3-4-8-7	Platea	C20/25	CLS Platee	4			20
1	6-2-3-7	Discreto	C20/25	CLS Platee	8	2	4	20

Parete	Nodi	Tipo	Materiale	Criterio	N.P.	N.P.X	N.P.Y	Spess.
Muri - Carichi								

Par	Pan	Condizione	Tipo	Carico	Vert.1	Vert.2	Vert.3	Vert.4	Altezza	Peso sp.	Coesione	Ang. at.	K0
								kg/mq	cm	kg/mc	kg/cmq	°	
1		Peso Proprio	Peso Proprio kg	1000									
1		Peso Proprio	Peso Proprio kg	250									
1		Peso Proprio	Peso Proprio kg	250									
1		Carico soletta	Uniforme GLOBZ	2500									

TABULATI DI VERIFICA

L'esito di ogni elaborazione viene sintetizzato nei disegni e schemi grafici allegati, che evidenziano i valori numerici nei punti e/o nelle sezioni significative, ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura, e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

Di seguito si riportano le tabelle relative a:

- Massime sollecitazioni muri Discretizzati

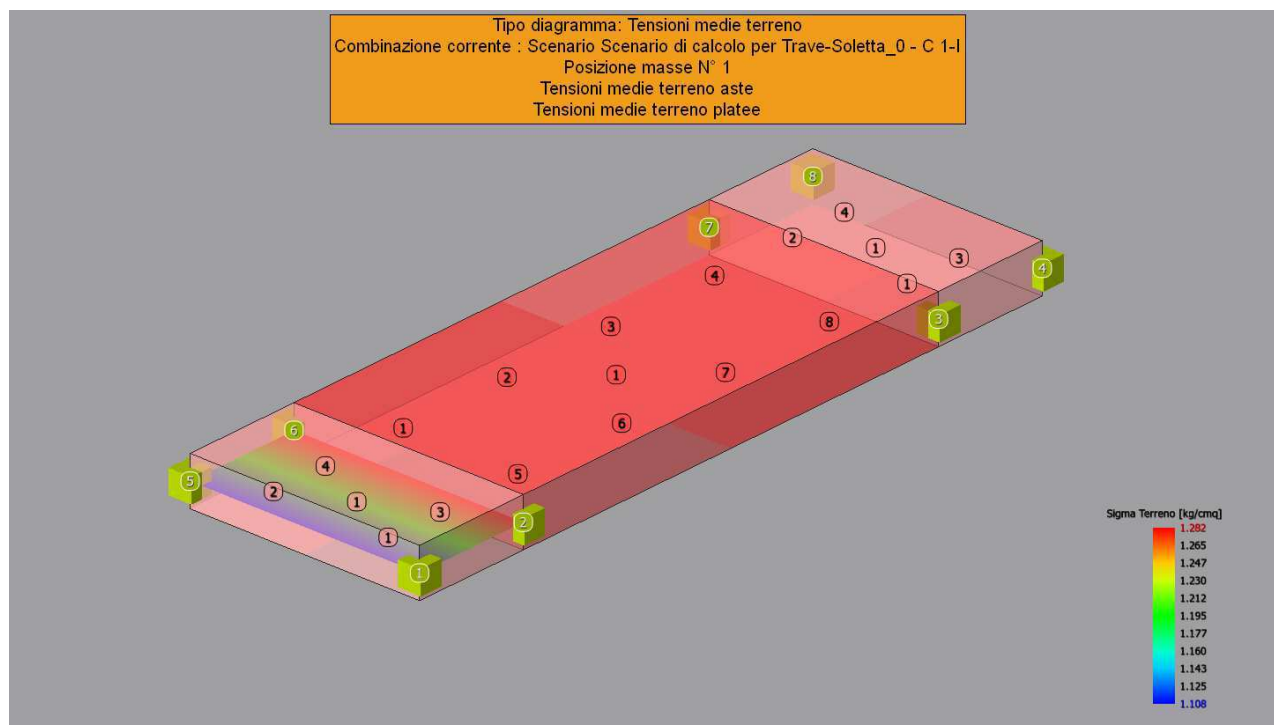
Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni Massime - Muri discretizzati

Scenario di calcolo : Scenario di calcolo per Trave-Soletta_0

Muro	Pann.	Sxx	Syy	Sxy	Mxx	Myy	Mxy
		kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg*m/m	kg*m/m	kg*m/m
1	1	0	0	0	-619 (2)	31 (2)	49 (2)
1	2	0	0	0	-619 (2)	31 (2)	-49 (2)
1	3	0	0	0	-86 (2)	55 (2)	20 (2)
1	4	0	0	0	-86 (2)	55 (2)	-20 (2)
1	1	0	0	0	-16 (2)	-1989 (2)	-77 (2)
1	2	0	0	0	-27 (2)	-3089 (2)	-30 (2)
1	3	0	0	0	-27 (2)	-3089 (2)	30 (2)
1	4	0	0	0	-16 (2)	-1989 (2)	77 (2)
1	5	0	0	0	-16 (2)	-1989 (2)	77 (2)
1	6	0	0	0	-27 (2)	-3089 (2)	30 (2)
1	7	0	0	0	-27 (2)	-3089 (2)	-30 (2)
1	8	0	0	0	-16 (2)	-1989 (2)	-77 (2)
1	1	0	0	0	-86 (2)	55 (2)	-20 (2)
1	2	0	0	0	-86 (2)	55 (2)	20 (2)
1	3	0	0	0	-619 (2)	31 (2)	-49 (2)
1	4	0	0	0	-619 (2)	31 (2)	49 (2)

Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni massime - Sigma terreno platea

Scenario di calcolo : Scenario di calcolo per Trave-Soletta_0



VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO

Verifica dei Muri in calcestruzzo

Scenario di calcolo : Scenario di calcolo per Trave-Soletta_0

Simbologia:

Muro	Indice del muro in verifica
Nodi	[n1-n2-n3-n4...] Indici dei nodi di attacco del muro
Pann.X	Numero di pannelli in direzione locale X del muro(per muri a pannelli)
Pann.Y	Numero di pannelli in direzione locale Y del muro(per muri a pannelli)
Pann	Numero totale di pannelli (per muri a mesh)
Spess [cm]	Spessore del muro
Criterio	Criterio di verifica adottato per la verifica
Pannello	Indice del pannello
Nx [kg]	Sforzo in direzione x locale per metro lineare ($N_x = s_{xx} \cdot \text{spessore}$)
Ny [kg]	Sforzo in direzione y locale per metro lineare ($N_y = s_{yy} \cdot \text{spessore}$)
Nxy [kg]	Sforzo tagliante locale per metro lineare ($N_{xy} = s_{xy} \cdot \text{spessore}$)
Mx [kg*m]	Momento in direzione x locale per metro lineare

My [kg*m] Momento in direzione y locale per metro lineare
 Mxy [kg*m] Momento torcente locale per metro lineare
 Ax [mq] Armatura totale pannello in direzione x locale ⁽¹⁾
 Ay [mq] Armatura totale pannello in direzione y locale ⁽¹⁾
 εc Deformazione nel cls ⁽²⁾
 εf Deformazione nell'acciaio ⁽²⁾
 Massimi Armature massime riscontrate nel muro
 Massimo massima sigma ideale riscontrata nel muro
 σid+,σid- [kg/cmq] $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2)^{1/2}$ Tensioni ideali ai lembi della lastra (Acciaio)
 σid+,σid- [kg/cmq] $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2)^{1/2}$ Tensioni ideali ai lembi della lastra (Legno)
 Fatt.Ampl.Sisma Fattore moltiplicativo di gruppo per le azioni sismiche (solo se diverso da 1.0)
 Cs Coefficiente di sicurezza definito dal rapporto |Mr(N)|/|Md| (Mr(N)=Momento resistente corrispondente allo sforzo normale N,Md=momento agente), quando richiesto dal criterio di verifica
 ζE Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione sopportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica

Note Verifica muri:

⁽¹⁾: Le armature Ax ed Ay vanno intese come a metro lineare di pannello.

⁽²⁾: Le deformazioni sono stampate a meno del fattore 10⁻³; esse si riferiscono alla verifica considerando quali sollecitazioni di progetto Mx,d=Mx +/- |Mxy|, My,d=My +/- |Mxy| scegliendo il segno in modo tale da rendere massimo in valore assoluto il relativo momento flettente, le sollecitazioni stampate si riferiscono alle sollecitazioni in una data combinazione riferite al sistema locale del pannello

Muro [Platea]: 1 - Nodi: [1-2-6-5] Pann=4 Spess.=20 cm, Terreno=Terreno1, Criterio=CLS_Platee, Materiale=C20/25: **Verificato**

Armatura a maglia doppia

Pannello	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Ax	Ay	C	Cs
	kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq		
1	0	0	0	-86	55	-20	11.31	11.31	2	30
2	0	0	0	-86	55	20	11.31	11.31	2	30
3	0	0	0	-619	31	-49	11.31	11.31	2	4.8
4	0	0	0	-619	31	49	11.31	11.31	2	4.8
Massimi/minimi										
1							11.31			
1								11.31		
4										4.8

Muro : 1 - Nodi: [6-2-3-7], Pann.X=2, Pann.Y=4 Spess.=20 cm, Terreno=--, Criterio=CLS_Platee, Materiale=C20/25: **Verificato**

Armatura a maglia doppia

Pannello	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Ax	Ay	C	Cs
	kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq		
1	0	0	0	-16	-1989	-77	11.31	11.31	2	1.6
2	0	0	0	-27	-3089	-30	11.31	12.00	2	1.1
3	0	0	0	-27	-3089	30	11.31	12.00	2	1.1
4	0	0	0	-16	-1989	77	11.31	11.31	2	1.6

Pannello	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Ax	Ay	C	Cs
5	0	0	0	-16	-1989	77	11.31	11.31	2	1.6
6	0	0	0	-27	-3089	30	11.31	12.00	2	1.1
7	0	0	0	-27	-3089	-30	11.31	12.00	2	1.1
8	0	0	0	-16	-1989	-77	11.31	11.31	2	1.6
Massimi/minimi										
1							11.31			
2								12.00		
7										1.1

Muro [Platea]: 1 - Nodi: [3-4-8-7]Pann=4Spess.=20 cm, Terreno=Terreno1,
, Criterio=CLS_Platee, Materiale=C20/25: **Verificato**

Armatura a maglia doppia

Pannello	Nx	Ny	Nxy	Mx	My	Mxy	Ax	Ay	C	Cs
	kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq		
1	0	0	0	-619	31	49	11.31	11.31	2	4.8
2	0	0	0	-619	31	-49	11.31	11.31	2	4.8
3	0	0	0	-86	55	20	11.31	11.31	2	30
4	0	0	0	-86	55	-20	11.31	11.31	2	30
Massimi/minimi										
1							11.31			
1								11.31		
1										4.8