

COMUNE DI MONTE DI PROCIDA  
Provincia di Napoli



**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**



**INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA  
DI PIAZZA XXVII GENNAIO E STRADE ANNESSE**

*Relazioni strutturali*

TAVOLA n. 12

*Progettista*

ING. PIETRO D'ORAZIO S.R.L.S.

*Tecnico designato progettazione*

ARCH. LUIGI CESARO

IL R.U.P.  
UFFICIO TECNICO COMUNALE

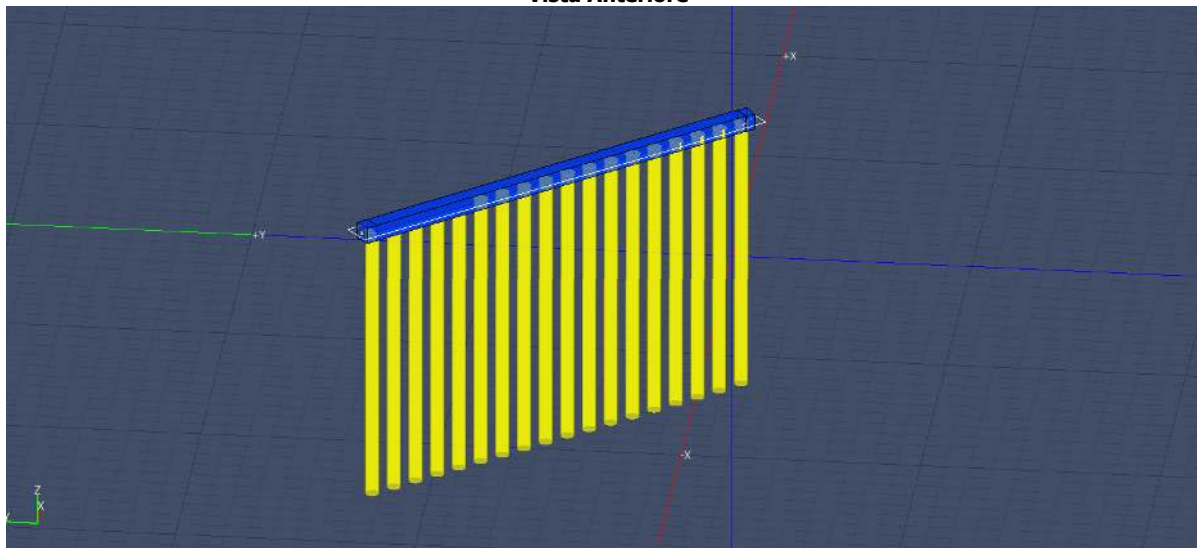
# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

## DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

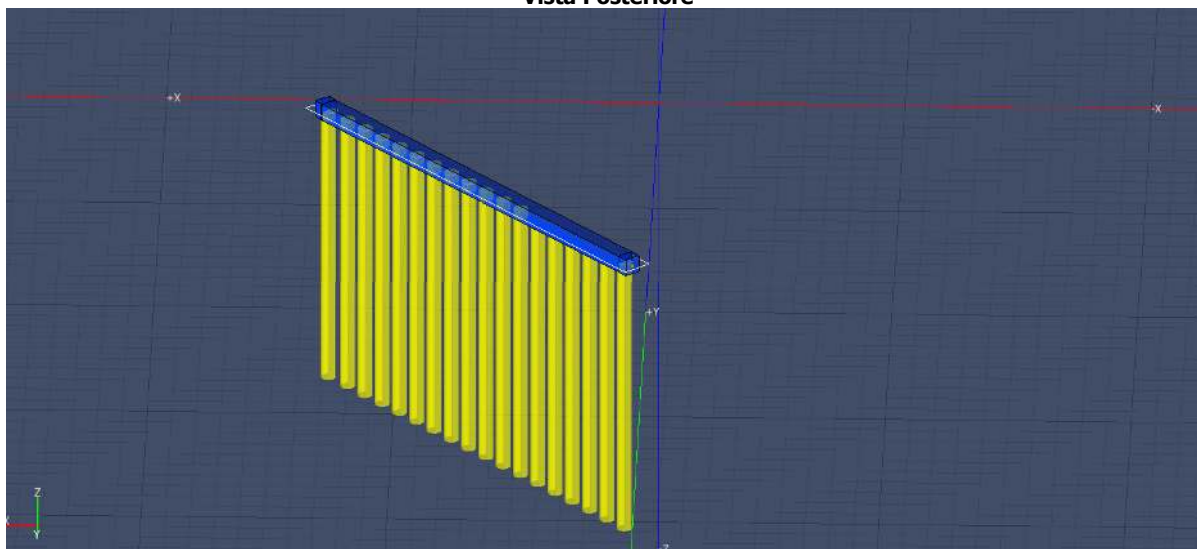
La struttura oggetto del presente calcolo è ubicata Nel Comune di Monte di Procida (prov. di Napoli) in Via Panoramica. La struttura è costituita da una paratia di pali di sezione 60 cm collegati da una trave in cemento armato di sezione 70x70 cm. La paratia ha funzione di contenimento e contrasto delle spinte che si sono generate sul setto murario costituito da materiale pietra lavica. I pali vengono attestati fino ad una profondità di circa 12 metri in modo da raggiungere lo strato di terreno di caratteristiche tecniche migliori.

Vengono riportate di seguito due viste assometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

**Vista Anteriore**



**Vista Posteriore**



## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguente elenco sono riportate le norme di riferimento secondo le quali sono state condotte le fasi di calcolo e verifica degli elementi strutturali:

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

## Legge regionale

Regione Campania n. 9/83 e s.m.i.

## D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")

Nel seguito denominate NT (norme tecniche)

*Il calcolo delle sollecitazioni e la loro combinazione è stato eseguito seguendo le indicazioni delle NT secondo l'APPROCCIO 2*

## VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La costruzione in oggetto è definita dalla seguente tipologia (p.to 2.4 delle NT):

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale(anni)	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1.000
Periodo di riferimento(anni)	50.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=50.0
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=475.0

Per maggiori dettagli riguardo l'azione sismica si veda la definizione degli spettri di risposta

## MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, di cui si riportano nell'ordine le proprietà meccaniche adottate nel calcolo elastico e le resistenze di calcolo per le verifiche di sicurezza:

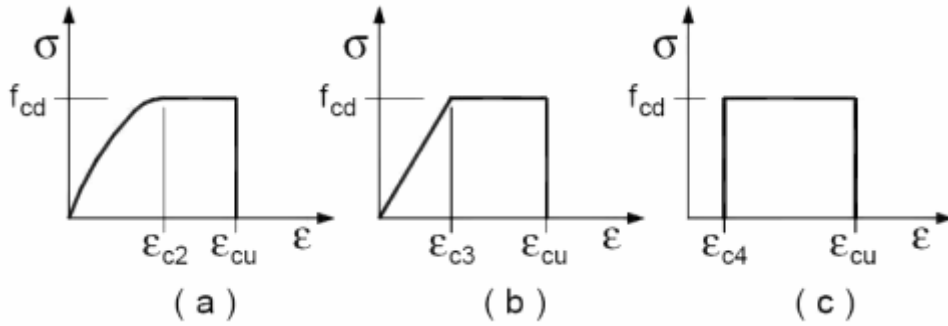
### Materiali

<b>Materiale: C25/30</b>		
Peso specifico	kg/mc	2500
Modulo di Young E	kg/cmq	3E05
Modulo di Poisson $\nu$		0.13
Coefficiente di dilatazione termica $\lambda$	1/°C	1e-05

Parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Clc C25/30
Resistenza cubica $R_{ck}$	kg/cmq	300
Resistenza di calcolo $f_{cd}$	kg/cmq	141
Resistenza a trazione di calcolo $f_{ctd}$	kg/cmq	12
Resistenza cilindrica $f_{ck}$	kg/cmq	249
Resistenza a trazione media $f_{ctm}$	kg/cmq	26
Classe acciaio		Acciaio B450C
Resistenza allo snervamento $f_{yk}$	kg/cmq	$\geq 4500$
Resistenza alla rottura $f_{tk}$	kg/cmq	$\geq 5400$

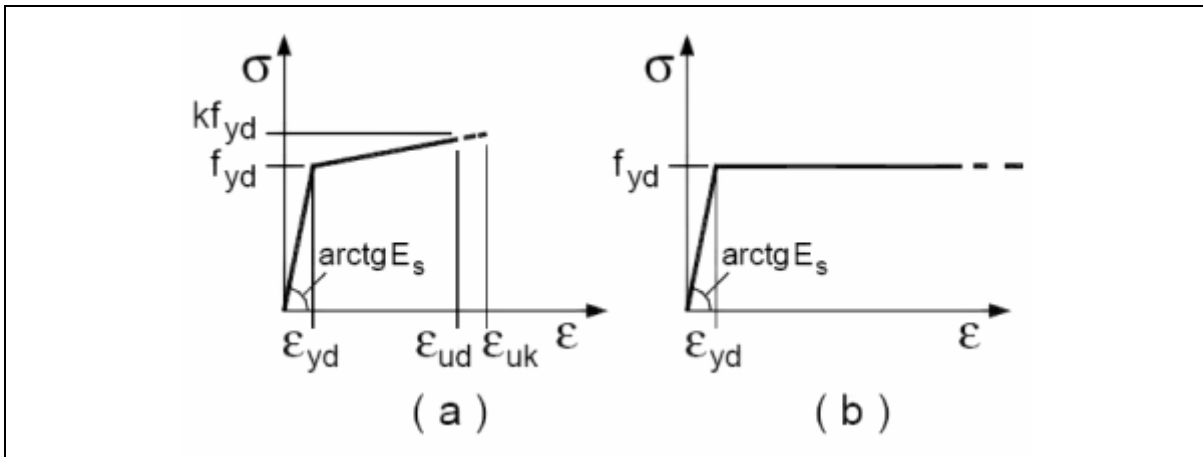
I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 delle NT; in particolare per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato è stato adottato il modello di calcestruzzo riportato in (a) della figura seguente

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

ed il modello di acciaio riportato in a) o b) della figura seguente



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio per calcestruzzo.

La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk} / \gamma_f$ . Il coefficiente di sicurezza è  $\gamma_f$ .

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa. Riguardo ai coefficienti di sicurezza parziali, alle deformazioni del calcestruzzo e dell'acciaio per modello incrudente si faccia riferimento ai criteri di verifica nella sezione "Verifica Elementi Strutturali"

## TERRENO DI FONDAZIONE

Dalla Relazione Geologica redatta dal geologo Luciano Scotto di Carlo risulta che nell'area in oggetto, si ha un terreno con la seguente stratigrafia:

Strato n°		1	2	3	4	5	6
Spessore	cm	380	260	480	300	200	80
Peso spec.	kg/mc	1350	1400	1540	1350	1570	2150
Peso spec. Sat.	kg/mc	1830	1830	1850	1830	1860	2150
Angolo attrito	°	20	21	22	20	22	31
Addensato		No	No	No	No	No	No
OCR		--	--	--	--	--	--
coesione	kg/cm <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
cu	kg/cm <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Modulo edometrico	kg/cmq	4E01	5E01	6E01	4E01	7E01	2E02
Coeff. Poisson		0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Descrizione		Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4	Strato 5	Strato 6

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione, pertanto, si sono assunti i parametri fisico-meccanici precedentemente indicati. Per maggiori dettagli riguardo i parametri che caratterizzano il terreno si rimanda alla relazione geologica e a quella geotecnica.

## ANALISI DEI CARICHI

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni contenute nel **D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")**

I carichi relativi ai pesi propri vengono valutati in automatico in funzione della geometria degli elementi ed al loro peso specifico i tamponamenti vengono valutati per metro lineare di trave su cui insistono maggiori dettagli ad essi relativi sono riportati nel tabulato di calcolo alla sezione dei carichi relativi alle aste, nodi ed shell.

## VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 delle NT

La valutazione degli spettri di risposta per un dato Stato Limite avviene attraverso le seguenti fasi:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, in base ai quali si determina il Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Determinazione attraverso latitudine e longitudine dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per lo Stato Limite di interesse; l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio secondo quanto disposto dall'allegato alle NTC "Pericolosità Sismica", dove:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerati, per ogni direzione dell'azione sismica.

Oltre alla determinazione dei parametri sismici del sito si è considerata la tipologia di terreno, la posizione topografica e la tipologia strutturale (classe di duttilità, regolarità, ecc..) che ha condotto alla determinazione dei seguenti spettri di risposta:

### Spettri di risposta

#### Spettro :SpettroNT\_2018

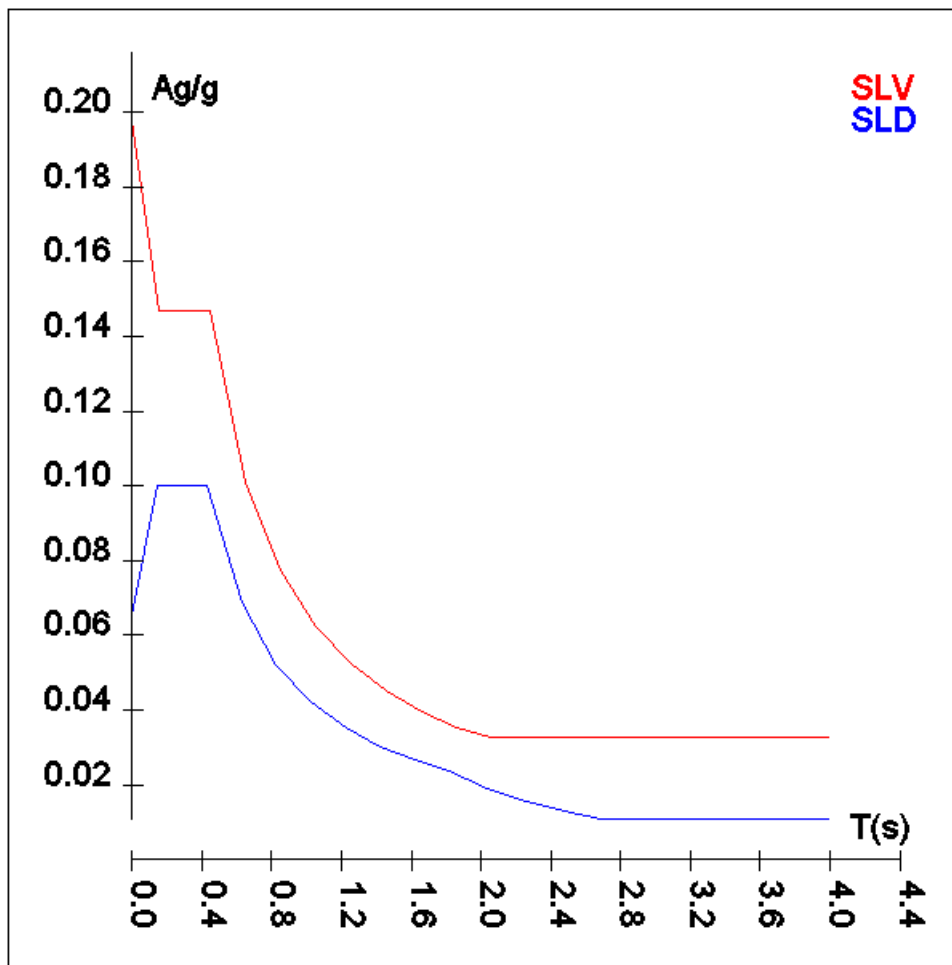
Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale(anni)	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1.000
Periodo di riferimento(anni)	50.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=50.0
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=475.0
Parametri del sito	
Comune	Monte di Procida - (NA)
Longitudine	14.052
Latitudine	40.797
Id reticolo del sito	33197-33419-33420-33198
Valori di riferimento del sito	

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Ag/g(TR=50.0) SLD	0.0544
F0(TR=50.0) SLD	2.3009
T°C(TR=50.0) SLD	0.310
Ag/g(TR=475.0) SLV	0.1647
F0(TR=475.0) SLV	2.3159
T°C(TR=475.0) SLV	0.324
Coefficiente Amplificazione Topografica	St=1.000
Categoria terreno B	
stato limite SLV	
	Ss=1.20
	TB=0.15
	TC=0.45
	TD=2.26
stato limite SLD	
	Ss=1.20
	TB=0.14
	TC=0.43
	TD=1.82
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Struttura non regolare in altezza	Kr=0.800000
	Kw=1.000
Regolare in pianta	SI
Tipologia : struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	Ce=3.000
Telaio + piani + campate	Au/A1=1.300
Fattore di comportamento $q=Kw*Kr*q0=Kw*Kr*Ce*au/a1$	3.120
Fattore di comportamento q SLD	1.500

TSLV [s]	SLV[a/g]	TSLD [s]	SLD[a/g]
0.00000	0.19767	0.00000	0.06529
0.14880	0.14673	0.14367	0.10015
0.44640	0.14673	0.43100	0.10015
0.64779	0.10111	0.62909	0.06861
0.84918	0.07713	0.82718	0.05218
1.05057	0.06235	1.02527	0.04210
1.25196	0.05232	1.22336	0.03528
1.45334	0.04507	1.42145	0.03037
1.65473	0.03958	1.61954	0.02665
1.85612	0.03529	1.81763	0.02375
2.05751	0.03294	2.03587	0.01893
2.25890	0.03294	2.25410	0.01544
2.47654	0.03294	2.47234	0.01284
2.69417	0.03294	2.69058	0.01088
2.91181	0.03294	2.90882	0.01088
3.12945	0.03294	3.12705	0.01088
3.34709	0.03294	3.34529	0.01088
3.56472	0.03294	3.56353	0.01088
3.78236	0.03294	3.78176	0.01088
4.00000	0.03294	4.00000	0.01088



**ELEMENTI DI FONDAZIONE.**

Il calcolo della struttura di fondazione è condotto considerando le azioni che la struttura sovrastante le trasmette amplificate per un  $\gamma_{Rd}$  pari a 1,1 in CD "B" e 1,3 in CD "A", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di comportamento  $q=1$  e non maggiori delle resistenze degli elementi sovrastanti la fondazione. Le precedenti limitazioni comprendo anche il caso di struttura calcolata con spettro elastico o con  $q=1$ .

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

## METODO DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA.

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare. Le masse sono applicate nei nodi del modello queste vengono generate attraverso i carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi come la massa relativa alla azione di incastro perfetto del carico considerato. La risposta massima di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, è valutata con la tecnica della combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^3}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati
- $\xi$  è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- $\beta_{ij}$  è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state calcolate per varie posizioni dei baricentri delle masse e composte secondo combinazioni di posizioni prestabilite, come riportato in seguito, il risultato di tali combinazioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Per tener conto della eccentricità accidentale delle masse si sono considerate varie posizioni delle masse ad ogni impalcato modificando la posizione del baricentro di una distanza, rispetto alla posizione originaria, come percentuale della dimensione della struttura nella direzione considerata. Le azioni risultanti dai calcoli per le varie posizioni delle masse, in fase di verifica vengono combinati al fine di ottenere le azioni più sfavorevoli; di seguito vengono riportate sia le posizioni che le combinazioni delle masse, le due tabelle vanno lette nel seguente modo:

la prima indica la percentuale delle dimensione della struttura secondo cui viene spostato il baricentro ad ogni impalcato la percentuale è assegnata nelle due direzioni ortogonali secondo cui agisce il sisma, per ognuna di tali posizioni è eseguito un calcolo modale della struttura; la seconda tabella è usata in fase di verifica per la valutazione dell'azione sismica nel seguente modo l'effetto del sisma in una direzione è combinato con quello ortogonale di un'altra posizione con i fattori specificati nelle due colonne:

### Percentuali Spostamento masse impalcati

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

### Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

Comb	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	2	1	0.3	0.3
2	1	2	0.3	1	0.3
3	1	2	0.3	0.3	1
4	1	4	1	0.3	0.3
5	1	4	0.3	1	0.3
6	1	4	0.3	0.3	1
7	3	2	1	0.3	0.3
8	3	2	0.3	1	0.3
9	3	2	0.3	0.3	1
10	3	4	1	0.3	0.3
11	3	4	0.3	1	0.3
12	3	4	0.3	0.3	1

Comb. = Numero di combinazione dei sismi

Pos. SismaX = Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X

Pos. SismaY = Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y

Fx = Fattore con cui il sisma X partecipa

Fy = Fattore con cui il sisma Y partecipa

Fz = Fattore con cui il sisma Verticale partecipa (quando richiesto)

Ogni combinazione genera al massimo 8 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy ed Fz



# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Si è considerato un numero di modi di vibrazione sufficiente ad eccitare almeno l'85% della massa sismica in ogni posizione delle masse, di seguito si riportano i risultati salienti dell'analisi modale sia per il calcolo allo Stato Limite Ultimo che per quello di Esercizio:

[begin\_modi\_vibrare]

## AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del **D.M. 17.01.2018**. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono assegnati alle aste in modo automatico in relazione all'influenza delle diverse aree di carico. I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste. In presenza di platee il tamponamento è inserito considerando delle speciali aste (aste a sezione nulla) che hanno la sola funzione di riportare il carico su di esse agente nei nodi degli elementi della platea ad esse collegati. Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite. Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

I solai, oltre a generare le condizioni di carico per carichi fissi e variabili, generano anche altre condizioni di carico che derivano dal carico accidentale moltiplicati per i coefficienti  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  e  $\psi_2$  da utilizzare per le varie combinazioni di carico e per la determinazione delle masse sismiche.

Le azioni sono state assegnate su aste e piastre, definendo le seguenti condizioni di carico

Descrizione	Tipo
Peso Proprio	Automatica
QP Solai	Automatica
QFissi Solai	Automatica
QV Solai	Automatica
QV SolaiPsi0	Automatica
QV SolaiPsi1	Automatica
QV SolaiPsi2	Automatica
Tamponamento	Automatica
Spinta terreno	Utente

In fase di combinazione delle condizioni di carico si è agito su coefficienti moltiplicatori delle condizioni per definirne l'esatto contributo sia in termini di carico che di massa, e sono stati infine definiti gli scenari di calcolo come gruppi omogenei di combinazioni di carico. Di seguito vengono riportate le combinazioni di carico usate per lo Stato Limite Ultimo e per lo Stato Limite di Esercizio. Le verifiche sono riportate nel fascicolo dei calcoli.

Le tabelle riportano nell'ordine:

- il nome della combinazione di carico
- il tipo di analisi svolta: STR=Strutturale, Statica STR=Sismica statica Strutturale, Modale STR=Sismica modale strutturale, SLE Rara=Stato Limite Esercizio combinazione rara, SLE Freq=Stato Limite Esercizio combinazione frequente, SLE Q.Perm=Stato Limite Esercizio combinazione quasi Permanente, GEO=Geotecnica, Statica GEO=Sismica Statica Geotecnica, Modale GEO=Sismica modale Geotecnica, STR+GEO=Strutturale+Geotecnica, Statica STR+GEO=Sismica Statica Strutturale+Geotecnica, Modale STR+GEO=Sismica modale Strutturale+Geotecnica, Modale SLE= Combinazione sismica modale con spettro di progetto SLD, Statica SLE=Combinazione sismica statica con spettro di progetto SLD. I termini "**Strutturale**", "**Geotecnica**" e "**Strutturale+Geotecnica**" indicano che la combinazione è usata dal programma per la determinazione delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali, delle sole verifiche geotecniche, sia per le verifiche strutturali che geotecniche.
- lo spettro usato, se sismica
- il fattore amplificativo del sisma
- l'angolo di ingresso del sisma, se trattasi di analisi sismica
- il nome della condizione di carico e per ogni condizione di carico
- il fattore di combinazione per i carichi verticali
- se la condizione (con il suo coefficiente di peso) è inclusa nella combinazione (colonna Attiva)
- se la condizione partecipa alla formazione della massa (colonna Massa)
- il fattore con cui partecipa alla formazione della massa (se non è esclusa dalla formazione della massa)

### Scenario di calcolo

Scenario : ScenarioNT 2018 A2 SLV SLD STR GEO

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	$\alpha$	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
1) Solo Permanenti	STR				0.60					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1

RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	$\alpha$	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Tamponamento	1.5	Si	Si	1
						Spinta terreno	1.3	Si	No	1
2) AD QV Solai	STR+GEO				0.90					
						Peso Proprio	1.3	Si	Si	1
						QP Solai	1.3	Si	Si	1
						QFissi Solai	1.5	Si	Si	1
						QV Solai	1.5	Si	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Tamponamento	1.5	Si	Si	1
						Spinta terreno	1.3	Si	No	1
3) SISMAX1_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
4) SISMAX1_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
5) SISMAX2_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
6) SISMAX2_SLV	Modale STR+GEO	SpettroNT_2018	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
7) AD QV Solai	SLE Rara				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1

COMUNE DI MONTE DI PROCIDA - C\_F488 - 01 - 0021024 - Ingresso - 27/12/2022 - 10:13

RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Combinazione	Tipo	Spettro	F.Sisma	$\alpha$	K mod	Cond.Carico	Fatt. cv.	Attiva	Massa	Fattore m.
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
8) AD QV Solai	SLE Freq.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	Si	No	1
						QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
9) Quasi P1	SLE Q.Perm.				1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
10) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT_2018	1	0	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1
11) SISMAX_SLD	Modale SLE	SpettroNT_2018	1	90	1.00					
						Peso Proprio	1	Si	Si	1
						QP Solai	1	Si	Si	1
						QFissi Solai	1	Si	Si	1
						QV Solai	1	No	No	1
						QV SolaiPsi0	1	No	No	1
						QV SolaiPsi1	1	No	No	1
						QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
						Tamponamento	1	Si	Si	1
						Spinta terreno	1	Si	No	1

**CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO**

Autori:	dott. ing. Dario PICA prof. ing. Paolo BISEGNA dott. ing. Donato Sista
Produzione e distribuzione	<b>SOFT.LAB srl</b> <b>via Borgo II - 82030 PONTE (BN)</b> tel. ++39 (824) 874392 fax ++39 (824) 874431 internet: <a href="http://www.soft.lab.it">http://www.soft.lab.it</a> e.mail: <a href="mailto:info@soft.lab.it">info@soft.lab.it</a>
Sigla:	<b>IperSpaceBIM 1.0.2</b>
Licenza n.	<b>Codice utente C05334</b>

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Il modello di calcolo assunto è di tipo spaziale e l'analisi condotta è una Analisi Elastica Lineare, esso è fondamentalmente definito dalla posizione dei nodi collegati da elementi di tipo Beam o elementi di tipo shell a comportamento sia flessionale che membranale, l'elemento finito shell utilizzato è anche in grado di esprimere una rigidità rotazionale in direzione ortogonale al piano dello shell.

L'analisi sismica utilizzata è l'analisi modale con Combinazione Quadratica Completa degli effetti del sisma. Il modello è stato analizzato sia per le combinazioni dei carichi verticali sia per le combinazioni di carico verticale e sisma. Un particolare chiarimento richiede la definizione delle masse nell'analisi sismica. Pur avendo considerato il modello con impalcati rigidi non si rende necessario calcolare il modello con la metodologia del MASTER-SLAVE, in quanto gli impalcati rigidi sono stati modellati con elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza dei campi di solaio. Per ottenere tale modellazione il programma inserisce in automatico elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza del campo di solaio intercluso tra una maglia di travi, la loro rigidità membranale è sufficientemente alta da rendere il campo di solaio rigido nel proprio piano, ma tale da non mal condizionare la matrice di rigidità della struttura. Qualora una maglia di travi non è collegata da solaio lo shell non viene inserito rendendo tale campo libero di deformarsi con il solo vincolo dato dalle travi della. La loro rigidità flessionale è trascurabile rispetto a quella degli elementi che contornano il campo, per cui lo shell impone un vincolo orizzontale solo nel piano dell'impalcato tra i nodi collegati, quindi non è necessario definire preventivamente definire il centro di massa e momento d'inerzia delle masse, questo perché le masse sono trasferite direttamente nei nodi del modello (modello Lumped Mass) dal codice di calcolo, il metodo per calcolare le masse nei nodi può essere quello per aree di influenza, ma questa richiederebbe l'intervento diretto dell'operatore; il codice di calcolo utilizza una metodologia leggermente più raffinata per tener conto del fatto che su un elemento il carico portato non è uniforme, quindi il codice di calcolo considera i carichi presenti sull'asta che sono stati indicati come quelli che contribuiscono alla formazione della massa (tipicamente  $G + \psi_2 \cdot Q$ ) e calcola le reazioni di incastro perfetto verticali, tali reazioni divise per l'accelerazione di gravità  $g$  danno il contributo dell'elemento alla massa del nodo, sommando i contributi di tutti gli elementi che convergono nel nodo si ottiene la massa complessiva nel nodo; per gli elementi shell invece si utilizza il metodo delle aree di influenza ossia in ognuno dei 3 oppure 4 nodi che definiscono lo shell si assegna  $\frac{1}{3}$  oppure  $\frac{1}{4}$  del peso dello shell e  $\frac{1}{3}$  oppure  $\frac{1}{4}$  dell'eventuale carico variabile ridotto, sommando su tutti gli shell che convergono nel nodo si ottiene la massa da assegnare al nodo.

## VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche di resistenza degli elementi è condotta considerando le sollecitazioni di calcolo ed imponendo che le resistenze siano superiori alle azioni. Gli elementi sono verificati e/o progettati applicando la gerarchia delle resistenze in particolare la gerarchia flessione-taglio per la verifica/progetto dell'elemento e la gerarchia pilastro-trave per la determinazione delle resistenze del pilastro. Le verifiche sono condotte secondo i seguenti criteri di verifica validi sia per lo SLU che per lo SLD, i criteri di verifica sono una raccolta di parametri che vengono usati in fase di verifica secondo le esigenze strutturali, ognuno di essi contiene i dati per tutti gli elementi, è sottinteso che nella verifica di un elemento (es. trave) non sono presi in considerazione i dati relativi agli altri elementi (ad es. se si verifica una trave non sono presi in considerazione i dati relativi a pilastri e shell, così come se si esegue una verifica agli SLU non sono presi in considerazione i dati relativi agli SLE). Ognuno di essi è identificato da un nome a scelta dell'operatore, per cui nei tabulati di verifica il nome del criterio ne identifica i parametri usati. Riguardo alle verifiche agli SLU le resistenze sono determinate in base a quanto specificato dalla norma attraverso il modello plastico-incrudente o elastico-perfettamente plastico, la verifica consiste nel verificare che assegnate le sollecitazioni di verifica le deformazioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori a quelle ultime cioè equivale ad affermare che nello spazio tridimensionale  $N, My, Mz$  il punto rappresentativo delle sollecitazioni è interno al dominio di resistenza della sezione.

Le verifiche agli SLE riguardano le verifiche di:

- deformabilità degli impalcati con  $\delta \leq 0.0050 \cdot h$
- fessurazione
- tensioni in esercizio

### Criteri di verifica

<b>Criterio di verifica: CLS Pali</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica $R_{ck}$	kg/cmq	300
Tensione caratteristica snervamento acciaio $f_{yk}$	kg/cmq	4500
Deformazione unitaria $\epsilon_{c0}$		0.002
Deformazione ultima $\epsilon_{cu}$		0.0035
$\epsilon_{fu}$ (solo incrudimento)		0.0019
Modulo elastico E acciaio	kg/cmq	2E06
Copriferro di calcolo	cm	4.1
Copriferro di disegno	cm	2.5
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Cl}$		1.5
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Acc}$		1.15
Riduzione $f_{cd}$ calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		Si
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento $E_y/E_0$		0.000
Elemento esistente		No
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile $\sigma$	kg/cmq	97.5
Tensione ammissibile $\sigma$ in trazione	kg/cmq	21.8
Tensione ammissibile $\sigma$ acciaio	kg/cmq	2600.0

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	kg/cmq	6.0
Tensione tangenziale massima $\tau_{c1}$	kg/cmq	18.3
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC2
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
fc efficace	kg/cmq	25.99
Coefficiente di breve o lunga durata kt		0.40
Coefficiente di aderenza kl		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$	kg/cmq	149
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$	kg/cmq	112
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesoro - Cls compresso		0.5
<b>Armatura pali</b>		
Diametro ferri palo	mm	16
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1
Incremento angolo di attrito strato alla punta per carico limite punta dei pali battuti	°	0
<b>Pali singoli</b>		
Vincola pali in testa in direzione X		No
Vincola pali in testa in direzione Y		No
<b>Verifica plinti/pali</b>		
Copriferro verifiche	cm	4.0
Step armatura di verifica	cmq	0.50
Resistenza a taglio per elementi non armati		No
Verifica a pressoflessione deviata		Si
<b>Verifica D.M. 96 plinti/pali</b>		
Coefficiente di sicurezza per carico limite verticale $\gamma_V$		3.000
Coefficiente di sicurezza per carico limite orizzontale $\gamma_H$		1.700
Coefficiente di gruppo per carico limite verticale $\eta_V$		1.000
Coefficiente di gruppo per carico limite orizzontale $\eta_H$		1.000
<b>Verifica N.T. plinti/pali</b>		
Tecnologia pali		Trivellati
Coefficiente parziale sicurezza alla base $\gamma_b$		1.350
Coefficiente parziale sicurezza laterale in compressione $\gamma_s$		1.150
Coefficiente parziale sicurezza laterale in trazione $\gamma_{st}$		1.250
Coefficiente parziale sicurezza per carico limite orizzontale $\gamma_T$		1.300
Coefficiente di gruppo per carico limite verticale $\eta_V$		1.000
Coefficiente di gruppo per carico limite orizzontale $\eta_H$		1.000
Parametri meccanici del terreno		Valori medi
Numero di verticali indagate		5
Coefficiente di correlazione in funzione delle verticali $\xi_3$		1.500
Coefficiente di correlazione in funzione delle verticali $\xi_4$		1.340
<b>Stampa plinti/pali</b>		
Stampa verifiche per tutte le combinazioni di carico		No
Stampa verifiche fusto pali		No
Stampa verifiche per tutti i pali		No

<b>Criterio di verifica: CLS TraviAlte</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica $R_{ck}$	kg/cmq	300
Tensione caratteristica snervamento acciaio $f_{yk}$	kg/cmq	4500
Deformazione unitaria $\epsilon_{c0}$		0.002
Deformazione ultima $\epsilon_{cu}$		0.0035

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

efu (solo incrudimento)		0.01
Modulo elastico E acciaio	kg/cmq	2E06
Copriferro di calcolo	cm	4.1
Copriferro di disegno	cm	2.5
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Cl}$		1.5
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Acc}$		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		Si
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Elasto-plastico
Elemento esistente		No
<b>Generici D.M. 96 T.A.</b>		
Tensione ammissibile $\sigma_c$	kg/cmq	97.5
Tensione ammissibile $\sigma_c$ in trazione	kg/cmq	21.8
Tensione ammissibile $\sigma_c$ acciaio	kg/cmq	2600.0
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	kg/cmq	6.0
Tensione tangenziale massima $\tau_{c1}$	kg/cmq	18.3
Coefficiente di omogeneizzazione n		15
Coefficiente di omogeneizzazione n in trazione		0.5
Sezione interamente reagente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica a decompressione		No
Verifica formazione fessure		No
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		X0
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
fc efficace	kg/cmq	25.99
Coefficiente di breve o lunga durata kt		0.40
Coefficiente di aderenza k1		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$	kg/cmq	149
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$	kg/cmq	112
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	kg/cmq	3600
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesoro - Cls compresso		0.5
<b>Armatura travi</b>		
Numero di bracci delle staffe		2
Numero minimo di ferri superiori		2
Numero minimo di ferri inferiori		2
Numero minimo di ferri di parete		1
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		0
Numero reggistaffe inferiori		0
Diametro ferri superiori	mm	16
Diametro ferri inferiori	mm	16
Diametro staffe	mm	8
Percentuale armatura rispetto alla base per verifica a taglio	%	100.00
Minima percentuale armatura compressa rispetto alla tesa	%	50.00
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	0.31
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.55
<b>Calcolo travi</b>		
Traslazione momento		Si
<b>Verifica travi</b>		
Verifica a torsione		No
Verifica a pressoflessione retta		No
Trave a spessore		No
<b>Verifica N.T. travi</b>		
Trave tozza		Si
Gerarchia Flessione-Taglio		Si

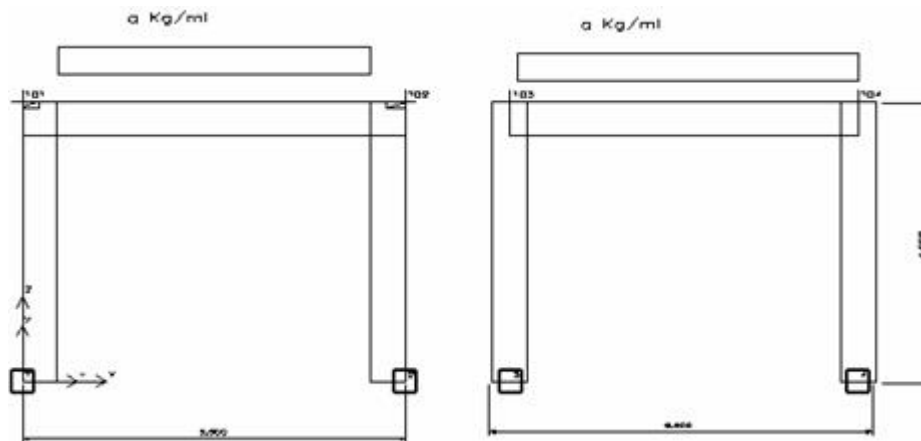
# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
<b>Verifica a taglio travi</b>		
Coefficiente di sovraresistenza $\gamma_{Rd}$		1.2
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Includi effetto della pressoflessione nel taglio		Si
<b>Verifica a taglio N.T. travi</b>		
Coefficiente di sovraresistenza $\gamma_{Rd}$ (CDA)		1.2
Coefficiente di sovraresistenza $\gamma_{Rd}$ (CDB)		1.1
<b>Verifica a taglio D.M. 96 T.A. travi</b>		
Percentuale taglio alle staffe	%	60
Percentuale taglio ferri parete	%	40
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
<b>Stampa travi</b>		
Stampa informazioni relative all'asse neutro		Si

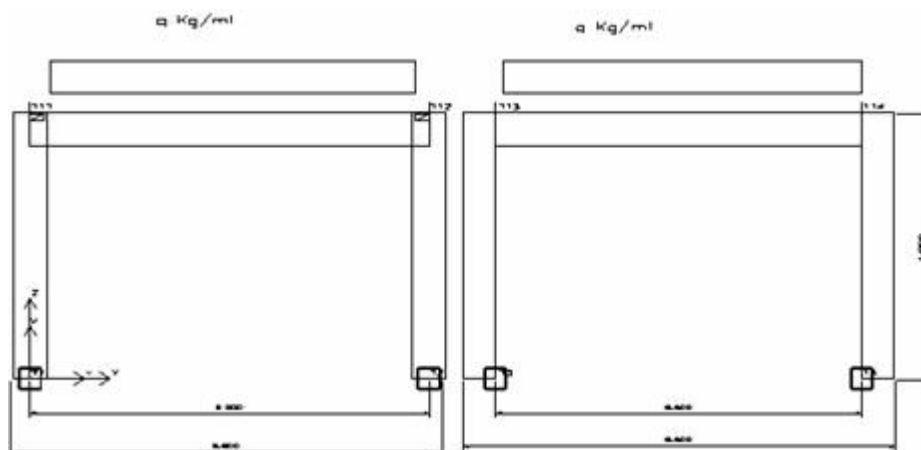
## VALIDAZIONE DEL CALCOLO-INFORMAZIONI SULL'ELABORAZIONE

Di seguito si riportano alcuni dati significativi del calcolo in base ai quali si ritiene che il codice di calcolo è affidabile ed i risultati accettati dal progettista.

CASO PROVA 1 - Influenza della posizione dei nodi rispetto agli assi delle aste



I due portali sono due strutture identiche, ma il primo ha la luce teorica (da nodo a nodo) del traverso di lunghezza maggiore ( $5.50 > 5.00$ ) e i risultati di calcolo sono diversi; se però si introducono nel traverso del primo telaio dei conci rigidi pari a 25 cm, cioè mezzo pilastro, allora la luce flessibile dei due telai coincide praticamente e i risultati sono perfettamente coincidenti.



Anche in questo esempio i portali sono due strutture identiche, però il traverso del primo è più lungo e quindi i risultati saranno gli stessi se vengono introdotti sul traverso del primo portale dei conci rigidi pari a metà pilastro.

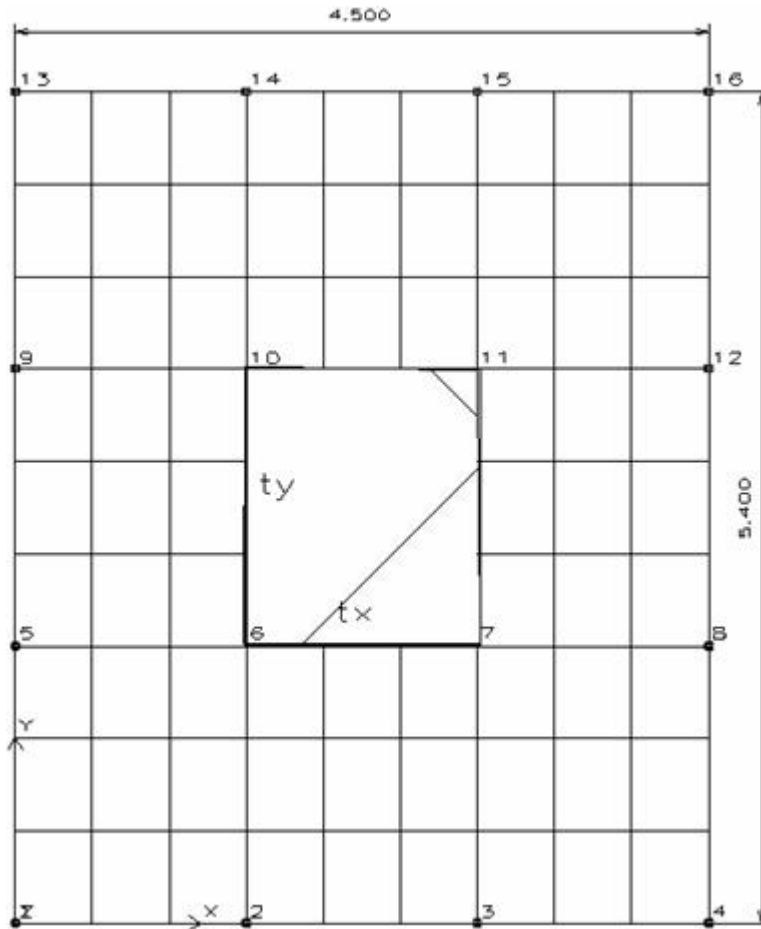
In entrambi gli esempi (anziché introdurre i conci rigidi) si potevano avere gli stessi risultati modificando il filo fisso del traverso del primo portale rispettivamente 8585 per l'esempio I e 8684 per l'esempio II.

Concludendo qualunque sia la posizione dei nodi rispetto agli assi delle travi e dei pilastri, le sollecitazioni (vengono prese

## RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

sugli assi delle aste) sono sempre le stesse se la geometria 3D è la stessa e si scelgono oculatamente i fili fissi o si introducono i concetti rigidi. Al riguardo si ribadisce che lo schema di calcolo è quello 3D e NON lo schema unifilare. Infine si fa notare che l'equilibrio nel nodo (ad esempio N° 101) non sussiste in quanto le sollecitazioni nel traverso vengono prese sull'asse dello stesso, mentre le sollecitazioni del pilastro vengono prese nel nodo e quindi in punti diversi. Per l'equilibrio quindi non bisogna prendere in considerazione solo i momenti, ma anche gli effetti delle altre sollecitazioni sul nodo rigido.

### CASO PROVA 2 - Piastra rettangolare



Siano  $L_x$  ed  $L_y$  i lati della piastra ( $L_y \geq L_x$ ) e  $t_x$   $t_y$  i corrispondenti lati del rettangolo caricato, si ha:

$p$  carico uniforme;

$P = p \cdot t_x \cdot t_y$  carico totale;

$M_{xm} = a_{xm} \cdot P$  momento al centro, agente parallelamente al lato  $L_x$  (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato  $L_y$ );

$M_{ym} = a_{ym} \cdot P$  momento al centro, agente parallelamente al lato  $L_y$  (cioè nella sezione di mezzeria parallela al lato  $L_x$ ).

Nel caso in esame essendo:

$L_x = 4.5$  [m];  $L_y = 5.4$  [m];  $t_x = 1.5$  [m];  $t_y = 1.8$  [m];  $p = 5000$  [dN/mq]; si ha:

$P = 13500$  [dN]

e per  $n = 0$  sarà:  $a_{xm} = 0.1377$ ;  $a_{ym} = 0.1050$  e pertanto si ha:

$M_{xm} = 1860$  [dNm];  $M_{ym} = 1418$  [dNm].

Se consideriamo la piastra discretizzata come in figura (9 x 9) con IperSpace si hanno i seguenti valori:

$M_{xx} = 1731$  [dNm];  $M_{yy} = 1314$  [dNm] con un errore < 8 %

Se la discretizzazione è di 15 x 15 elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1810$  [dNm];  $M_{yy} = 1382$  [dNm] con un errore < 3 %

Se la discretizzazione è di 21 x 21 elementi i valori sono:

$M_{xx} = 1832$  [dNm];  $M_{yy} = 1400$  [dNm] con un errore < 1.5 %.

### CASO PROVA 3 - Mensola inflessa

Prendiamo in considerazione la mensola di acciaio ( $E = 20.000$  kN/cmq. e  $n = 0.25$ ) delle dimensioni 48x4x1 cm, sollecitata all'estremità da un taglio di 40 kN, riportata a pag. 121 del testo di C.A. BREBBIA e J.J. CONNOR. Il limite superiore dello spostamento all'estremo caricato, ottenuto con la Teoria delle travi è : cm 0.53374.

Nella tabella che segue vengono riportati i valori dello spostamento per vari tipi di elementi finiti e varie discretizzazioni.



# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

## Risultati estratti dal Testo di Trebbia e Connor

Tipo di elemento	Numero elementi	Freccia di estremità	Errore %
Elemento triangolare a deformazione costante	160	0.45834	14.59
	576	0.51282	3.92
Elemento triangolare a deformazione lineare	160	0.53259	0.22
	576	0.53353	0.04
Elemento triangolare a deformazione quadratica	68	0.53059	0.17
	214	0.53259	0.22
Elemento rettangolare di primo ordine	160	0.51679	3.18
Elemento rettangolare del terzo ordine	52	0.52807	1.25

## Risultati del solutore di IperSpace

Tipo di elemento	Numero elementi	Freccia di estremità	Errore %
Elemento rettangolare	16	0.5198	2.60
"	36	0.5298	0.74
"	64	0.5311	0.49
"	100	0.5322	0.29
"	144	0.5328	0.18

L'elemento piastra consente, con una discretizzazione molto piccola ( $12 \times 3 = 36$  elementi), di avere un errore inferiore all'1%. Per ottenere risultati simili occorre eseguire non solo discretizzazioni più spinte, ma scegliere anche elementi a deformazione quadratica o di ordine superiore. L'impiego di tale elemento risulta particolarmente indicato per seguire le prescrizioni delle Norme Tecniche (D.M. 2005), che impongono la sostituzione ai pilastri snelli delle pareti. La risoluzione di questo problema di modellazione consente di evitare errori grossolani sulla stima di sforzi e deformazioni degli elementi bidimensionali.

### CASO PROVA 4 - Analisi Dinamica

Si consideri la struttura a telaio riportata nelle successive figure, costituita da un materiale con modulo elastico  $E=250.000$  dN/mq, nella quale le dimensioni delle sezioni trasversali dei pilastri sono:

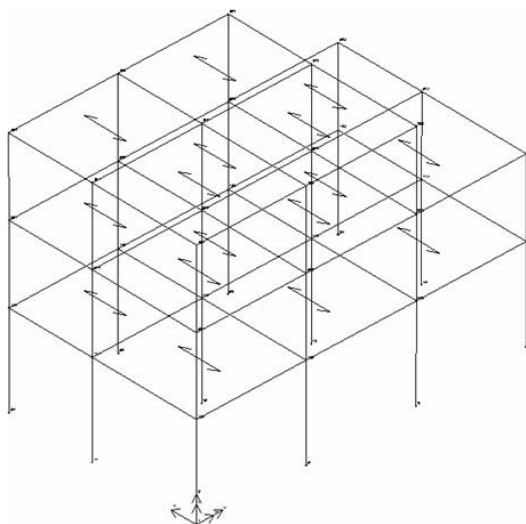
50x50 al primo piano

40x40 al secondo piano

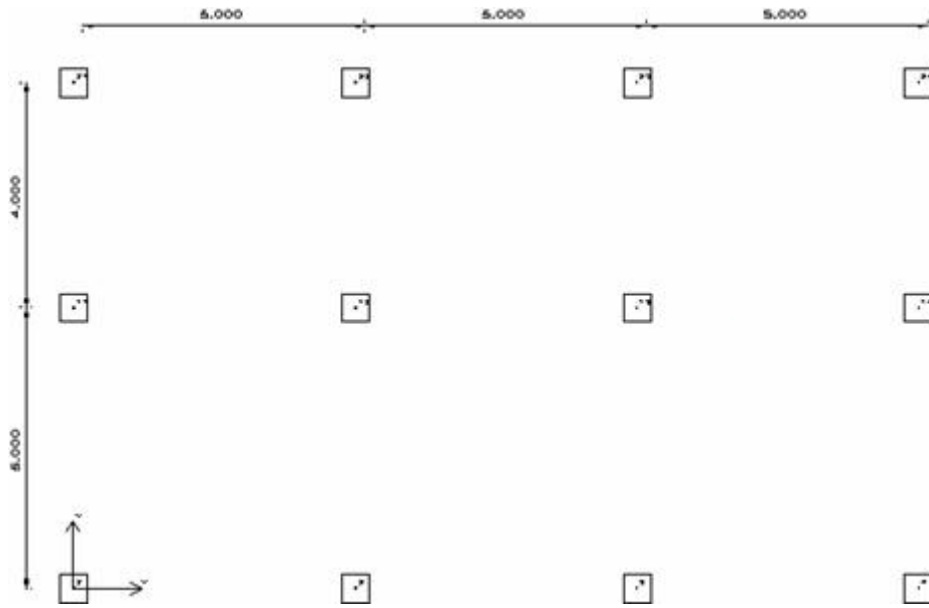
35x35 al terzo piano

e le dimensioni delle sezioni trasversali delle travi sono tutte 25x60.

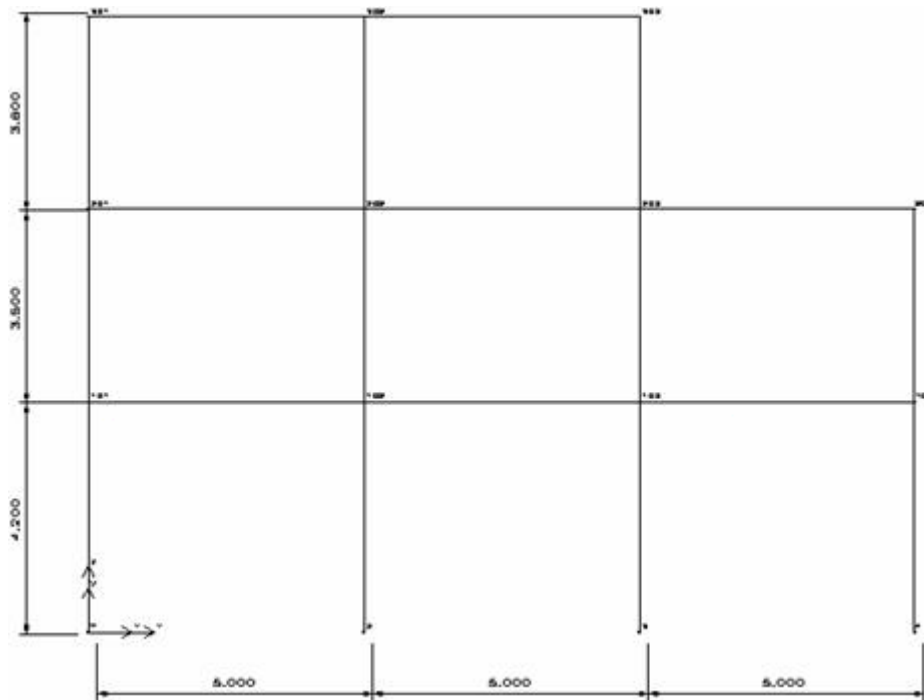
I carichi gravitazionali sono tutti nulli a meno di un carico uniformemente distribuito, dato attraverso le aree di carico costituite dai solai, sulla struttura è di 850 dN/mq.



# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

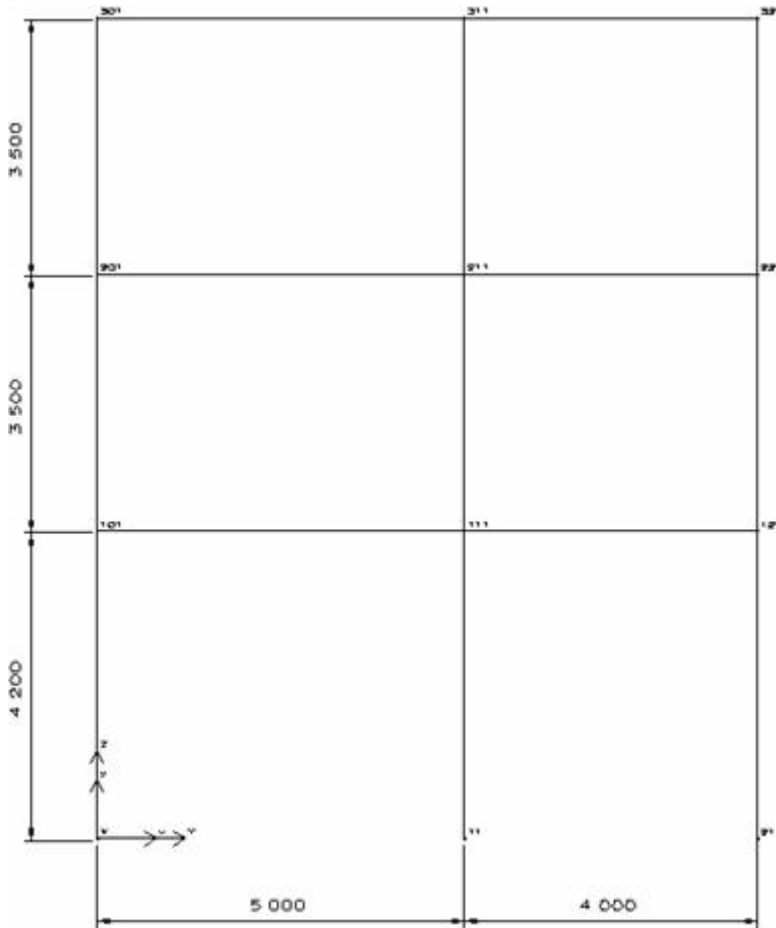


Pianta



Telaio 1

# RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE



Telaio 4

Nell'ipotesi di telai shear-type, cioè con traversi infinitamente rigidi, il calcolo eseguito a mano dai *proff. Carlo Greco e Roberto Ramasco* dell' Università di Napoli (esempio riportato nella pubblicazione *PROGETTAZIONE E PARTICOLARI ESECUTIVI IN ZONA SISMICA* – ed. ANCE), fornisce, per  $S=12$ , i seguenti risultati:

	Modo	Periodo in sec.	Spostamenti dir y dei nodi del telaio 4 in mm	
1		0.3227	piano primo	1.204
2		0.3160	piano secondo	2.667
3		0.2175	piano terzo	4.332
4		0.1466		
5		0.1450		

I momenti nei pilastri del telaio 4, dovuti solo al primo modo di vibrare, (uguali al piede ed in testa di ogni pilastro, essendo i traversi infinitamente rigidi) sono:

$$M1=5309 \text{ dNm}; M2=3840 \text{ dNm}; M3=2622 \text{ dNm}.$$

Risultati di IperSpace:

a) traversi deformabili, cioè travi di sezione effettiva (25x60)

Modo	Periodo in sec	Spostamenti in mm dei nodi del pilastro N° 1	
1	0.431	piano primo	2.157
2	0.416	piano secondo	5.000
3	0.326	piano terzo	7.300
4	0.173		
5	0.170		

I momenti nel pilastro N° 1 (telaio N° 4), dovuti al primo modo (non più uguali in testa e piede come nel modello shear-type) sono :

$$M1 \text{ max}=6633 \text{ dNm}; M2 \text{ max}=3210 \text{ dNm}; M3 \text{ max}=2045 \text{ dNm}.$$

Dai risultati si evince che ci sono le seguenti variazioni:

## RELAZIONE TECNICA GENERALE E DI CALCOLO STRUTTURALE

- 25% circa sul periodo del primo modo di vibrare;
- 40% sullo spostamento del terzo piano;
- 20% sul momento d'incastro al piede del piano primo.

b) traversi rigidi (travi di sezione 200x200 e modulo 21000000 dN/mq)

Modo	Periodo in sec.	Spostamenti in mm dei nodi del pilastro N° 1	
1	0.326	piano primo	1.244
2	0.317	piano secondo	2.728
3	0.251	piano terzo	4.203
4	0.151		
5	0.148		

I momenti nel pilastro N° 1, dovuti al primo modo (uguali in testa e piede) sono:

$M_1 = 5509$  dNm;  $M_2 = 3878$  dNm;  $M_3 = 2258$  dNm.

In questo caso le variazioni sono contenute entro il 3%. E' da presupporre che esse siano dovute essenzialmente al differente tipo di arrotondamento praticato tra il calcolo manuale ed il calcolo numerico, nonchè al fatto che il calcolo eseguito da IperSpace è di tipo spaziale.

Si può concludere che il test su IperSpace è nettamente positivo. Inoltre la e che la qualità della soluzione il modello shear-type fornisce risultati tanto più piuttosto grossolani quanto più ci si allontana dall'ipotesi di traversi infinitamente rigidi.

---

### SCelta DEI CODICI

---

La scelta del codice di calcolo è stata effettuata tendo conto di una serie di elementi relativi al progetto quali:

- la tipologia strutturale,
- le azioni,
- i vincoli esterni ed interni,
- il campo sforzi-deformazioni dei materiali,
- le caratteristiche di funzionamento dei singoli elementi.

In base a queste considerazioni e alle prescrizioni normative sul calcolo automatico delle strutture, si ritengono soddisfacenti i risultati ottenuti attraverso l'analisi in campo lineare, avendo compiuto un'accurata modellazione sia dal punto di vista geometrico che della discretizzazione.

Pertanto i risultati si ritengono accettabili per quanto riguarda la correttezza del calcolo automatico.

### TABULATI DI CALCOLO

*Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda all'allegato "Tabulati di calcolo" costituente parte integrante della presente relazione.*

# FASCICOLO DEI CALCOLI DI STABILITA'

## FASCICOLO DEI CALCOLI

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

#### INDICE:

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI  
TABULATI DI INPUT  
Dati generali  
Impalcati  
Percentuali Spostamento masse impalcati  
Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale  
Spettri di risposta  
Caratteristiche del terreno  
Materiali  
Nodi - Geometria e vincoli  
Input - Aste - Tabella sezioni tipo  
Aste - Geometria e vincoli  
Aste - Carichi  
Pali - Geometria e vincoli  
TABULATI DI VERIFICA  
Centri di rigidezza e Centri di massa  
Verifica Degli Spostamenti Relativi  
VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO  
Verifica delle travi  
Verifica Pali  
VERIFICHE STATO LIMITE DI ESERCIZIO  
Verifica delle travi (Stati limite esercizio)  
Verifica Pali (Stati limite esercizio)

#### **MODELLAZIONE**

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

[lista elementi del modello]

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)
- ? sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE)
- ? sicurezza nei confronti di deformazioni permanenti inaccettabili: Stato Limite di Danno (SLD).

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: travi winkler, plinti diretti, plinti su pali, 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 modello agli elementi finiti è stato calcolato tenendo conto dell'interazione tra strutture in fondazione e strutture in elevazione, consentendo un'accurata distribuzione delle azioni statiche e sismiche; 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

- ? BEAM,
- ? PLATE-SHELL,
- ? WINK,
- ? BOUNDARY,

interagenti tra loro attraverso i nodi, con la possibilità di tenere in conto tutti i possibili disassamenti, mediante l'introduzione di conci 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**

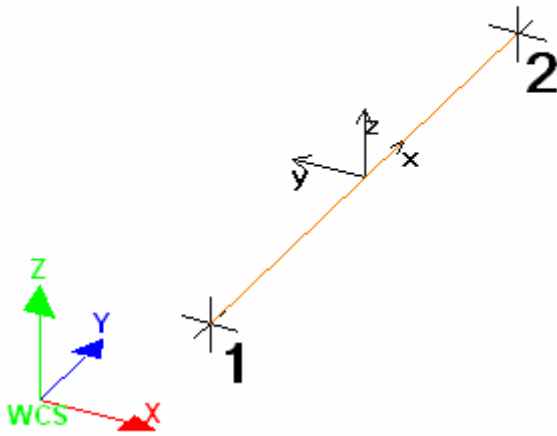
Il programma è dotato di una serie di filtri di auto diagnostica che segnalano i seguenti eventi:

- ? 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.

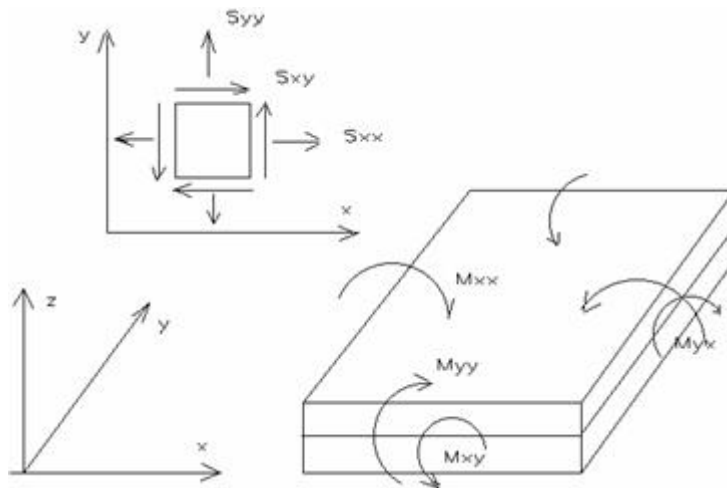
Per un'asta comunque disposta nello spazio la sua terna locale è orientata in modo tale da portarsi a coincidere con la terna globale a mezzo di rotazioni orarie degli assi locali inferiori a 180°.

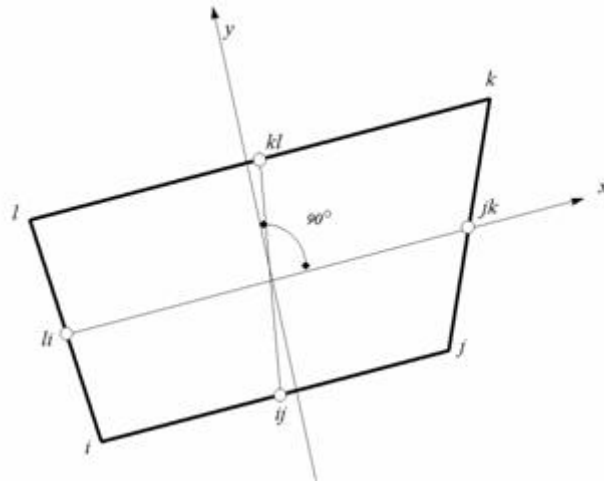
- ? Le forze, sia sulle aste che sulle pareti o lastre, sono positive se opposte agli assi locali;
- ? Le forze nodali sono positive se opposte agli assi globali;
- ? Le coppie sono positive se sinistrorse.

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  $\theta$  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  $\psi$  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;
- ? deformati;
- ? diagrammi sollecitazioni;

**TABULATI DI INPUT**

**Dati generali**

Nome struttura	
Numero di frequenze	3
% Filtro masse libere	0.1
% Coefficiente di smorzamento viscoso	5
Spostamenti nodali con segno	Si
Deformabilità a taglio delle aste	Si
Spostamento ammissibile impalcati	0.0050*h

**Impalcati**

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

**Percentuali Spostamento masse impalcati**

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

**Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale**

Comb	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	2	1	0.3	0.3

Comb	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
2	1	2	0.3	1	0.3
3	1	2	0.3	0.3	1
4	1	4	1	0.3	0.3
5	1	4	0.3	1	0.3
6	1	4	0.3	0.3	1
7	3	2	1	0.3	0.3
8	3	2	0.3	1	0.3
9	3	2	0.3	0.3	1
10	3	4	1	0.3	0.3
11	3	4	0.3	1	0.3
12	3	4	0.3	0.3	1

Comb. = Numero di combinazione dei sismi

Pos. SismaX = Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X

Pos. SismaY = Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y

Fx = Fattore con cui il sisma X partecipa

Fy = Fattore con cui il sisma Y partecipa

Fz = Fattore con cui il sisma Verticale partecipa (quando richiesto)

Ogni combinazione genera al massimo 8 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy ed Fz

#### Spettri di risposta

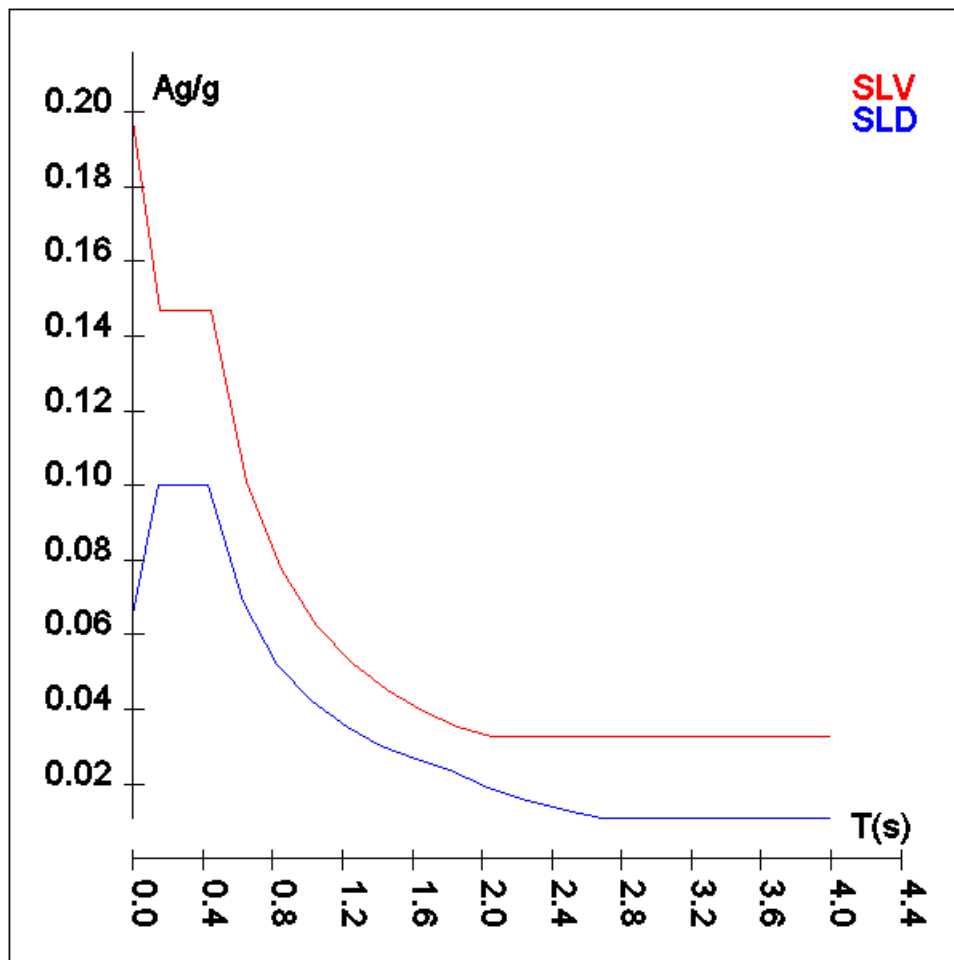
#### Spettro :SpettroNT 2018

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale(anni)	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1.000
Periodo di riferimento(anni)	50.000
Stato limite di esercizio - SLD	PVR=63.0%
Stato limite ultimo - SLV	PVR=10.0%
Periodo di ritorno SLD(anni)	TR=50.0
Periodo di ritorno SLV(anni)	TR=475.0
Parametri del sito	
Comune	Monte di Procida - (NA)
Longitudine	14.052
Latitudine	40.797
Id reticolo del sito	33197-33419-33420-33198
Valori di riferimento del sito	
Ag/g(TR=50.0) SLD	0.0544
F0(TR=50.0) SLD	2.3009
T°C(TR=50.0) SLD	0.310
Ag/g(TR=475.0) SLV	0.1647
F0(TR=475.0) SLV	2.3159
T°C(TR=475.0) SLV	0.324
Coefficiente Amplificazione Topografica	St=1.000
Categoria terreno B	
stato limite SLV	
	Ss=1.20
	TB=0.15
	TC=0.45
	TD=2.26
stato limite SLD	
	Ss=1.20
	TB=0.14
	TC=0.43
	TD=1.82
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Struttura non regolare in altezza	K <sub>r</sub> =0.800000
	K <sub>w</sub> =1.000
Regolare in pianta	SI
Tipologia : struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	Ce=3.000

Telaio + piani + campate	Au/A1=1.300
Fattore di comportamento $q=Kw*Kr*q0=Kw*Kr*Ce*au/a1$	3.120
Fattore di comportamento q SLD	1.500

TSLV [s]	SLV[a/g]	TSLD [s]	SLD[a/g]
0.00000	0.19767	0.00000	0.06529
0.14880	0.14673	0.14367	0.10015
0.44640	0.14673	0.43100	0.10015
0.64779	0.10111	0.62909	0.06861
0.84918	0.07713	0.82718	0.05218
1.05057	0.06235	1.02527	0.04210
1.25196	0.05232	1.22336	0.03528
1.45334	0.04507	1.42145	0.03037
1.65473	0.03958	1.61954	0.02665
1.85612	0.03529	1.81763	0.02375
2.05751	0.03294	2.03587	0.01893
2.25890	0.03294	2.25410	0.01544
2.47654	0.03294	2.47234	0.01284
2.69417	0.03294	2.69058	0.01088
2.91181	0.03294	2.90882	0.01088
3.12945	0.03294	3.12705	0.01088
3.34709	0.03294	3.34529	0.01088
3.56472	0.03294	3.56353	0.01088
3.78236	0.03294	3.78176	0.01088
4.00000	0.03294	4.00000	0.01088



**Caratteristiche del terreno**

<b>Terreno1-</b> Cost.Winkler=2.00 kg/cmc Falda assente										
Strato	Spessore	$\gamma$	$\gamma_{Sat}$	$\phi$	Addensato	OCR	Coesione	Cu	E	v

TerrenoI- Cost.Winkler=2.00 kg/cm <sup>c</sup> Falda assente										
n°	cm	kg/mc	kg/mc	°			kg/cm <sup>q</sup>	kg/cm <sup>q</sup>	kg/cm <sup>q</sup>	
1	380	1350	1830	20	No	--	0.00	0.00	4E01	0.35
2	260	1400	1830	21	No	--	0.00	0.00	5E01	0.35
3	480	1540	1850	22	No	--	0.00	0.00	6E01	0.35
4	300	1350	1830	20	No	--	0.00	0.00	4E01	0.35
5	200	1570	1860	22	No	--	0.00	0.00	7E01	0.35
6	80	2150	2150	31	No	--	0.00	0.00	2E02	0.35

**Materiali**

<b>Materiale: C25/30</b>		
Peso specifico	kg/mc	2500
Modulo di Young E	kg/cm <sup>q</sup>	3E05
Modulo di Poisson v		0.13
Coefficiente di dilatazione termica λ	1/°C	1e-05

**Nodi - Geometria e vincoli**

Nodo	X	Y	Z	Tx	Ty	Tz	Rx	Ry	Rz	Impalcato
Coordinate [mm]				Vincoli						
1	998	15087	0	1	1	1	1	1	1	0
2	1723	14259	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2447	13431	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3172	12604	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3896	11776	0	0	0	0	0	0	0	0
6	4621	10948	0	0	0	0	0	0	0	0
7	5345	10120	0	0	0	0	0	0	0	0
8	6070	9293	0	0	0	0	0	0	0	0
9	6795	8465	0	0	0	0	0	0	0	0
10	7519	7637	0	0	0	0	0	0	0	0
11	8244	6810	0	0	0	0	0	0	0	0
12	8968	5982	0	0	0	0	0	0	0	0
13	9693	5154	0	0	0	0	0	0	0	0
14	10417	4327	0	0	0	0	0	0	0	0
15	11142	3499	0	0	0	0	0	0	0	0
16	11866	2671	0	0	0	0	0	0	0	0
17	12591	1844	0	0	0	0	0	0	0	0
18	13400	1016	0	0	0	0	0	0	0	0
19	13644	640	0	0	0	0	0	0	0	0
20	669	15463	0	0	0	0	0	0	0	0

**Input - Aste - Tabella sezioni tipo**

Tipo	Nome	Base	Altezza	Larg.mag.
<b>R</b>		cm	cm	cm
	TRAVE TESTA PALO	70	70	0

**Aste - Geometria e vincoli**

Ni	Nf	Vinc	Sez.	Mat.	Crit.pr.	Rot.	f.f.	xi	yi	zi	xf	yf	zf	Tipo	L2	L3
														cm	cm	
1	18	19	I-I	TRAVE TESTA PALO	C25/30	CLS_Tra viAlte	0	5050	0	-0	0	0	0	Trave	45	45
1	1	18	I-I	TRAVE TESTA PALO	C25/30	CLS_Tra viAlte	0	5050	0	0	0	-0	0	Trave	1876	1876
1	20	1	I-I	TRAVE TESTA	C25/30	CLS_Tra viAlte	0	5050	0	0	0	0	0	Trave	50	50

Ni	Nf	Vinc	Sez.	Mat.	Crit.pr.	Rot.	f.f.	xi	yi	zi	xf	yf	zf	Tipo	L2	L3
			PALO													

#### Aste - Carichi

Descrizione carichi aste

UnifG	Uniforme globale
UnifL	Uniforme locale
VarG	Variabile lineare globale
VarL	Variabile lineare locale
PolG	Poligonale globale
Termico	Distorsione termica
Torcente	Carico torcente
Precomp.	Carico da precompressione
PolL	Poligonale locale

Sezione	Ni	Nf	Cond.	Tipo c.	Xi	QXi	QYi	QZi	Xf	QXf	QYf	QZf
					cm	car. dist. kg/m coppie torc. kg*m/m			cm	car. dist. kg/m coppie torc. kg*m/m		
<b>Trave 1</b>												
TRAVE TESTA PALO	1	18	Peso Proprio	UnifG	0	0	0	1225	1876	0	0	1225
TRAVE TESTA PALO	18	19	Peso Proprio	UnifG	0	0	0	1225	45	0	0	1225
TRAVE TESTA PALO	20	1	Peso Proprio	UnifG	0	0	0	1225	50	0	0	1225

#### Pali - Geometria e vincoli

N°	Nodo	Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
		mm	cm	cm				cm	cm	cm
1	1	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
2	2	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
3	3	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
4	4	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
5	5	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
6	6	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
7	7	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
8	8	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
9	9	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
10	10	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
11	11	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
12	12	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
13	13	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
14	14	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
15	15	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
16	16	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
17	17	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0
18	18	600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

#### 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:

- Baricentri rigidzze e masse
- Spostamenti Relativi dei nodi (SLD)

**Centri di rigidezza e Centri di massa**

Centri rigidzze

Piano	Kx	Ky	Kxy	Kφ	X	Y	r/ls
	kg/cm	kg/cm	kg/cm	kg*cm/rad	cm	cm	
0	1.280683E05	1.290563E05	3.902247E03	4.628481E10	716	805	1.053

Ellissi delle rigidzze

Piano	K <sub>ξ</sub>	K <sub>η</sub>	alfa	r <sub>ξ</sub>	r <sub>η</sub>
	kg/cm	kg/cm	°	cm	cm
0	1.246289E05	1.324957E05	41	591	609

**Nessun Calcolo attivo. (Stampa delle masse disabilitata)**

**Verifica Degli Spostamenti Relativi**

Scenario di calcolo : ScenarioNT\_2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO

Interp.	Comb.	ηXv	ηXh	ηYv	ηYh	Nodo1	Nodo2	η	ηAmm	Cs
		mm	mm	mm	mm			mm	mm	

**VERIFICHE STATO LIMITE ULTIMO**

**Verifica delle travi**

Scenario di calcolo : ScenarioNT\_2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO

**Trave : 1 | 18 , 19 | Pilastrate [- , -]**

Sez. R: By= 70.0 cm Bz=70.0 cm L=44.9 cm Ln=44.9 cm

Criterio : CLS TraviAlte - Verifica a flessione : **Verificato**

X	M-	M+	ΔM-	ΔM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	C-	C+	CS
cm	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m			
ILN	160	--	--	--	16.93	16.93	41755	41755	1	1	>100
4.5	130	--	30	--	16.93	16.93	41755	41755	1	1	>100
CAMP	26	-30	135	30	16.93	16.93	41755	41755	1	(3+4)-XI-1	>100
40.4	2	--	92	--	16.93	16.93	41755	41755	1	(3+4)-XI-1	>100
FLN	--	--	70	--	16.93	16.93	41755	41755	1	(3+4)-XI-1	>100

X	x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	C-	C+	Stato-	Stato+
cm	cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m				
ILN	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	1	Parz.	--
4.5	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	1	Parz.	--
CAMP	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	(3+4)-XI-1	Parz.	--
40.4	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	(3+4)-XI-1	Parz.	--
FLN	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	(3+4)-XI-1	Parz.	--

Verifica a taglio:cot(θ)=2.500

Comb =2

Sez	Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
Sin	714	--	101001	65012	65012	0	41755	44.9	11.21	91
Des							41755			

**Trave : 1 | 1, 18 | Pilastrate [-, -]**

Sez. R: By= 70.0 cm Bz=70.0 cm L=1875.6 cm Ln=1875.6 cm

Criterio : CLS TraviAlte - Verifica a flessione : **Verificato**

X	M-	M+	ΔM-	ΔM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	C-	C+	CS
cm	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m			
ILN	62390	--	--	--	27.71	16.93	67665	41756	1	1	1.1
187.6	32804	--	4678	--	18.47	16.93	45473	41756	1	1	1.2
CAMP	8820	31091	3792	--	16.93	16.93	41755	41755	1	1	1.3
1688.1	-2199	2199	3294	2408	16.93	16.93	41755	41755	1	1	9.1
FLN	18637	--	--	--	16.93	16.93	41755	41755	1	1	2.2

X	x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	C-	C+	Stato-	Stato+
cm	cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m				
ILN	21.6	65.9	0.327	--	--	--	67665	41756	1	1	Parz.	--
187.6	17.7	65.9	0.268	--	--	--	45473	41756	1	1	Parz.	--
CAMP	16.6	65.9	0.251	16.9	65.9	0.256	41755	41755	1	1	Parz.	Parz.
1688.1	16.4	65.9	0.249	16.4	65.9	0.250	41755	41755	1	1	Parz.	Parz.
FLN	16.7	65.9	0.253	--	--	--	41755	41755	1	1	Parz.	--

Verifica a taglio:cot(θ) Sin=2.500,cot(θ) Cen=2.500,cot(θ) Des=2.500

Comb Sin=2 Cen=2 Des=2

Sez	Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
Sin	17267	--	101182	66661	66661	0	0	70.0	11.49	3.9
Cen	14281	--	101182	64860	64860	--	--	--	11.18	4.5
Des	12602	--	101182	66661	66661	0	0	70.0	11.49	5.3

**Trave : 1 | 20, 1 | Pilastrate [-, -]**

Sez. R: By= 70.0 cm Bz=70.0 cm L=50.0 cm Ln=50.0 cm

Criterio : CLS TraviAlte - Verifica a flessione : **Verificato**

X	M-	M+	ΔM-	ΔM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	C-	C+	CS
cm	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m			
ILN	--	--	70	--	16.93	16.93	41755	41755	1	(3+4)-II-2	>100
5.0	2	-2	94	2	16.93	16.93	41755	41755	1	(3+4)-II-2	>100
CAMP	127	-6	72	6	16.93	16.93	41755	41755	1	(3+4)-II-2	>100
45.0	161	--	38	--	16.93	16.93	41755	41755	1	1	>100
FLN	199	--	--	--	16.93	16.93	41755	41755	1	1	>100

X	x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	C-	C+	Stato-	Stato+
cm	cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m				
ILN	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	(3+4)-II-2	Parz.	--
5.0	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	(3+4)-II-2	Parz.	--
CAMP	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	(3+4)-II-2	Parz.	--
45.0	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	1	Parz.	--
FLN	16.4	65.9	0.249	--	--	--	41755	41755	1	1	Parz.	--

Verifica a taglio:cot(θ) =2.500

Comb =2

Sez	Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
Sin	796	--	101001	69994	69994	0	41755	50.0	12.06	88
Des							41755			

**Verifica Pali**

Scenario di calcolo : ScenarioNT\_2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO

Palo n°:1(Nodo 1) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	TerrenoI	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:2(Nodo 2) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:3(Nodo 3) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:4(Nodo 4) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:5(Nodo 5) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:6(Nodo 6) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:7(Nodo 7) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:8(Nodo 8) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:9(Nodo 9) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:10(Nodo 10) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:11(Nodo 11) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:12(Nodo 12) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:13(Nodo 13) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:14(Nodo 14) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm



Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
600	1200.0	0.0	CLS Pali	TerrenoI	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:15(Nodo 15) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	TerrenoI	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:16(Nodo 16) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	TerrenoI	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:17(Nodo 17) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	TerrenoI	5	0.0	0.0	0.0

Palo n°:18(Nodo 18) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	TerrenoI	5	0.0	0.0	0.0

Palo: **Verificato**

C.	Nmin	Nmax	Plim	Slim	Ql min	Ql max	Cs
	t	t	t	t	t	t	
1	--	21.80	13.79	36.91	--	28.21	1.3

C.	Hy	H <sub>z</sub>	ecc.Y	ecc.Z	N	vinc.Y	vinc.Z	Mult	HlimY	HlimZ	Cs
	kg	kg	cm	cm	kg			kg*m	kg	kg	
1	2923	3316	418	418	13316	Lib	Lib	36847	3570	3574	1.1

Area acciaio : 59.69[cmq](≤ Amax=169.65)

Tipo palo a rottura:

N° palo	TipoXmin	ZXmin	TipoXmax	ZXmax	TipoYmin	ZYmin	TipoYmax	ZYmax
		cm		cm		cm		cm
1	lungo	124	lungo	187	lungo	137	lungo	183

**VERIFICHE STATO LIMITE DI ESERCIZIO**

<b>Verifica delle travi (Stati limite esercizio)</b>	
Scenario di calcolo : ScenarioNT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO	

Trave : 1 [ 1 , 18 ] Pilastrate [- , -]

Sez. R: B<sub>y</sub>=70.0 cm B<sub>z</sub>=70.0 cm L=1875.6 cm L<sub>n</sub>=1875.6 cm L<sub>2</sub>=1875.6 cm L<sub>3</sub>=1875.6 cm

Criterio : CLS TraviAlteVerifica snellezza: fcd=141 [kg/cmq] **Verificato**

Cb	N	fcd*Ac	v	λmax	λlim
	kg	kg			
7	3400	691390	0.005	92.820	356.499

Combinazione Rara: σca[kg/cmq]=149 σfa[kg/cmq]=3600

X	M+	M-	Afsup	Afinf	σc+	σf+	σc-	σf-	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	--	47992	27.71	16.93	--	--	-87	2903	7	7	Si	1.2
187.6	--	25234	18.47	16.93	--	--	-53	2254	7	7	Si	1.6
937.8	22705	--	16.93	16.93	-49	2207	--	--	7	7	Si	1.6
1688.1	1691	--	16.93	16.93	-4	164	--	--	7	7	Si	22
1875.6	--	14336	16.93	16.93	--	--	-31	1393	7	7	Si	2.6

Combinazione QP:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=112$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	--	47992	27.71	16.93	--	--	-87	2903	9	9	Si	1.2
187.6	--	25234	18.47	16.93	--	--	-53	2254	9	9	Si	1.6
937.8	22705	--	16.93	16.93	-49	2207	--	--	9	9	Si	1.6
1688.1	1691	--	16.93	16.93	-4	164	--	--	9	9	Si	22
1875.6	--	14336	16.93	16.93	--	--	-31	1393	9	9	Si	2.6

Verifica aperture fessure:Wamm Freq[mm]=0.400 Wamm Qp[mm]=0.300

X	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Cb	Ver.	Cs
cm	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm			
0.0	47992	0.1	27.71	79.17	14.7	2903	0.173	0.173	8(Fr)	Si	2.3
0.0	47992	0.1	27.71	79.17	14.7	2903	0.173	0.173	9(Qp)	Si	1.7
187.6	25234	0.1	18.47	52.78	17.7	2254	0.143	0.143	9(Qp)	Si	2.1
187.6	25234	0.1	18.47	52.78	17.7	2254	0.143	0.143	8(Fr)	Si	2.8
937.8	-22705	0.1	16.93	48.38	18.6	2207	0.142	0.142	9(Qp)	Si	2.1
937.8	-22705	0.1	16.93	48.38	18.6	2207	0.142	0.142	8(Fr)	Si	2.8
1688.1	-1691	0.1	16.93	48.38	18.6	164	0.009	0.009	9(Qp)	Si	34
1688.1	-1691	0.1	16.93	48.38	18.6	164	0.009	0.009	8(Fr)	Si	46
1875.6	14336	0.1	16.93	48.38	18.6	1393	0.074	0.074	9(Qp)	Si	4.1
1875.6	14336	0.1	16.93	48.38	18.6	1393	0.074	0.074	8(Fr)	Si	5.4

**Trave : 1 | 18 , 19 | Pilastrate [- , -]**

Sez. R:  $B_y=70.0$  cm  $B_z=70.0$  cm  $L=44.9$  cm  $L_n=44.9$  cm

Criterio : CLS\_TraviAlte

Combinazione Rara:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=149$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	--	123	16.93	16.93	--	--	-0	12	7	7	Si	>100
4.5	--	100	16.93	16.93	--	--	-0	10	7	7	Si	>100
22.4	--	31	16.93	16.93	--	--	-0	3	7	7	Si	>100
40.4	--	1	16.93	16.93	--	--	-0	0	7	7	Si	>100
44.9	--	0	16.93	16.93	--	--	-0	0	7	7	Si	>100

Combinazione QP:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=112$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	--	123	16.93	16.93	--	--	-0	12	9	9	Si	>100
4.5	--	100	16.93	16.93	--	--	-0	10	9	9	Si	>100
22.4	--	31	16.93	16.93	--	--	-0	3	9	9	Si	>100
40.4	--	1	16.93	16.93	--	--	-0	0	9	9	Si	>100
44.9	--	0	16.93	16.93	--	--	-0	0	9	9	Si	>100

Verifica aperture fessure:Wamm Freq[mm]=0.400 Wamm Qp[mm]=0.300

X	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Cb	Ver.	Cs
cm	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm			
0.0	123	0.1	16.93	48.38	18.6	12	0.001	0.001	8(Fr)	Si	>100
0.0	123	0.1	16.93	48.38	18.6	12	0.001	0.001	9(Qp)	Si	>100
4.5	100	0.1	16.93	48.38	18.6	10	0.001	0.001	9(Qp)	Si	>100
4.5	100	0.1	16.93	48.38	18.6	10	0.001	0.001	8(Fr)	Si	>100
22.4	31	0.1	16.93	48.38	18.6	3	0.000	0.000	9(Qp)	Si	>100
22.4	31	0.1	16.93	48.38	18.6	3	0.000	0.000	8(Fr)	Si	>100
40.4	1	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	9(Qp)	Si	>100
40.4	1	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	8(Fr)	Si	>100
44.9	0	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	9(Qp)	Si	>100
44.9	0	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	8(Fr)	Si	>100

**Trave : 1 | 20 , 1 | Pilastrate [- , -]**

Sez. R:  $B_y=70.0$  cm  $B_z=70.0$  cm  $L=50.0$  cm  $L_n=50.0$  cm

Criterio : CLS\_TraviAlte

Combinazione Rara:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=149$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	--	0	16.93	16.93	--	--	-0	0	7	7	Si	>100
5.0	--	2	16.93	16.93	--	--	-0	0	7	7	Si	>100
25.0	--	38	16.93	16.93	--	--	-0	4	7	7	Si	>100
45.0	--	124	16.93	16.93	--	--	-0	12	7	7	Si	>100

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_c+$	$\sigma_f+$	$\sigma_c-$	$\sigma_f-$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
50.0	--	153	16.93	16.93	--	--	-0	15	7	7	Si	>100

Combinazione QP:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=112$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_c+$	$\sigma_f+$	$\sigma_c-$	$\sigma_f-$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	--	0	16.93	16.93	--	--	-0	0	9	9	Si	>100
5.0	--	2	16.93	16.93	--	--	-0	0	9	9	Si	>100
25.0	--	38	16.93	16.93	--	--	-0	4	9	9	Si	>100
45.0	--	124	16.93	16.93	--	--	-0	12	9	9	Si	>100
50.0	--	153	16.93	16.93	--	--	-0	15	9	9	Si	>100

Verifica aperture fessure: Wamm Freq[mm]=0.400 Wamm Qp[mm]=0.300

X	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Cb	Ver.	Cs
cm	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm			
0.0	0	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	8(Fr)	Si	>100
0.0	0	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	9(Qp)	Si	>100
5.0	2	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	9(Qp)	Si	>100
5.0	2	0.1	16.93	48.38	18.6	0	0.000	0.000	8(Fr)	Si	>100
25.0	38	0.1	16.93	48.38	18.6	4	0.000	0.000	9(Qp)	Si	>100
25.0	38	0.1	16.93	48.38	18.6	4	0.000	0.000	8(Fr)	Si	>100
45.0	124	0.1	16.93	48.38	18.6	12	0.001	0.001	9(Qp)	Si	>100
45.0	124	0.1	16.93	48.38	18.6	12	0.001	0.001	8(Fr)	Si	>100
50.0	153	0.1	16.93	48.38	18.6	15	0.001	0.001	9(Qp)	Si	>100
50.0	153	0.1	16.93	48.38	18.6	15	0.001	0.001	8(Fr)	Si	>100

#### Verifica Pali (Stati limite esercizio)

Scenario di calcolo : ScenarioNT\_2018 A2\_SLV\_SLD\_STR\_GEO

Palo n°:1(Nodo 1) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:2(Nodo 2) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS_Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:3(Nodo 3) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:4(Nodo 4) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:5(Nodo 5) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:6(Nodo 6) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:7(Nodo 7) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:8(Nodo 8) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:9(Nodo 9) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 **Verificato**

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:10(Nodo 10) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 **Verificato**

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_{fa}$	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:11(Nodo 11) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 **Verificato**

$\emptyset$	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σc	σf	σca	σfa	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σfmed	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:12(Nodo 12) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 **Verificato**

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σc	σf	σca	σfa	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σfmed	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:13(Nodo 13) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 **Verificato**

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σc	σf	σca	σfa	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σfmed	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:14(Nodo 14) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σc	σf	σca	σfa	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σfmed	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:15(Nodo 15) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σc	σf	σca	σfa	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σfmed	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:16(Nodo 16) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 *Verificato*

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σc	σf	σca	σfa	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σfmed	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			



Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σ <sub>fmed</sub>	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:17(Nodo 17) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 **Verificato**

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>ca</sub>	σ <sub>fa</sub>	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	149	3600	7(Rara)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	31.42	--	0	0	112	3600	9(QP)	Si	>100

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σ <sub>fmed</sub>	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.400	8(Freq.)	Si	>100
Pl(z=-0)	0	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0	0.000	0.000	0.300	9(QP)	Si	>100

Palo n°:18(Nodo 18) tipo Trivellato: tipologia calcestruzzo ,Terreno : Terreno1 **Verificato**

Ø	L	Aff.to	Criterio	Terr.	FF	TR.X	TR.Y	TR.Z
mm	cm	cm				cm	cm	cm
600	1200.0	0.0	CLS Pali	Terreno1	5	0.0	0.0	0.0

Geometria sezioni

Pos	B/R	H
	cm	cm
Pl(z=-0)	30.0	--

Verifica tensioni di esercizio

Pos	N	M	AfSup/Af	Afinf	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>ca</sub>	σ <sub>fa</sub>	Comb	Ver	Cs
	kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq			
Pl(z=-0)	-10243	14214	59.69	--	-67	1407	149	3600	7(Rara)	Si	2.2
Pl(z=-0)	-10243	14214	59.69	--	-67	1407	112	3600	9(QP)	Si	1.7

Verifica apertura fessure

Pos	N	M	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	σ <sub>fmed</sub>	Wd	Wk	Wamm	Cb	Ver	Cs
	kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm	mm			
Pl(z=-0)	-10243	14214	0.0	31.42	62.83	14.1	476	0.019	0.019	0.400	8(Freq.)	Si	21
Pl(z=-0)	-10243	14214	0.0	31.42	62.83	14.1	476	0.019	0.019	0.300	9(QP)	Si	16

## RELAZIONE SUI MATERIALI

I materiali impiegati per la costruzione sono:

inserire l'elenco dei materiali per esempio

- cemento armato
- acciaio
- legno

### CEMENTO ARMATO

- **LEGANTI:** I leganti impiegati nell'opera in progetto, sono quelli previsti dalle disposizioni vigenti in materia (Legge 26-05-1965 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2. In presenza di ambienti chimicamente aggressivi si fa riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).
- **AGGREGATI:** La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 15 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.
- **AGGIUNTE**
- **ADDITIVI**
- **ACQUA DI IMPASTO:** L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali in percentuale dannosa e non aggressiva.
- **CARATTERISTICHE RESISTENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

I parametri relativi alle caratteristiche resistenti sono riportati di seguito, secondo la notazione in tabella.

Parametro	Descrizione	simbolo	Correlazioni
<b>Resistenza caratteristica cubica a compressione</b>	valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cubici confezionati e conservati secondo la norma EN12390-2, e sottoposti a prova di compressione uniassiale dopo 28 giorni, secondo la norma EN12390-3.	$R_{ck}$	
<b>Resistenza caratteristica cilindrica a compressione</b>	valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cilindrici, di diametro 150mm ed altezza 300mm.	$f_{ck}$	$f_{ck}=0.83 R_{ck}$
<b>Resistenza di calcolo cilindrica a compressione</b>		$f_{cd}$	$f_{ck}/\gamma_c$
<b>Resistenza a trazione</b>	Resistenza media a trazione semplice (assiale)	$f_{ctm}$	
<b>Resistenza caratteristica</b>		$f_{tk}$	$f_{tk} = 0.7 f_{ctm}$
<b>Resistenza a trazione per flessione</b>		$f_{fk}$	$f_{fk} = 1,2 f_{tk}$
<b>T.A. in esercizio combinazione rara</b>			
<b>T.A. in esercizio combinazione frequente</b>			
<b>T.A. in esercizio combinazione quasi perm.</b>			
<b>Modulo elastico</b>	Viene come funzione della resistenza a rottura media su provino cubico ( $R_{cm}$ )	$E_c$	$E_c = 22000 \cdot \left[ \frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$ con $f_{cm}=f_{ck}+8$ (N/mm <sup>2</sup> )
<b>Coefficiente di Poisson</b>	viene adottato un valore maggiore di zero (calcestruzzo fessurato) e minore di 0.2 (non fessurato)	$\nu_c$	$0 < \nu_c \leq 0.2$
<b>Coefficiente di dilatazione termica</b>	In fase di progettazione viene assunto il valore riportato nella presente tabella	$\alpha_c$	

Parametro	Descrizione	simbolo	Correlazioni
-----------	-------------	---------	--------------

Parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Cls C25/30
Resistenza cubica $R_{ck}$	kg/cmq	300
Resistenza di calcolo $f_{cd}$	kg/cmq	141
Resistenza a trazione di calcolo $f_{ctd}$	kg/cmq	12
Resistenza cilindrica $f_{ck}$	kg/cmq	249
Resistenza a trazione media $f_{ctm}$	kg/cmq	26
Classe acciaio		
Resistenza allo snervamento $f_{yk}$	kg/cmq	$\geq 4500$
Resistenza alla rottura $f_{tk}$	kg/cmq	$\geq 5400$

### DOSATURE DEI MATERIALI

La dosatura dei materiali è orientativamente la seguente per  $m^3$  d'impasto, salvo la preparazione dei provini:

sabbia	[sabbia] $m^3$
ghiaia	[ghiaia] $m^3$
acqua	[acqua] litri
cemento tipo [tipo_cemento]	[dose_cemento] $q/m^3$

### ACCIAI

Le armature metalliche saranno costituite da acciaio saldabile e qualificato secondo le procedure di cui ai punti 11.3.1.2 11.3.2  
**D.M. 17.01.2018:**

Tipo acciaio [tipo]

$f_{v\ nom}$  = [ $f_{v\ nom}$ ] – Tensione nominale di snervamento

$f_{t\ nom}$  = [ $f_{t\ nom}$ ] – Tensione nominale di rottura

$f_{yk}$  = [ $f_{yk}$ ] – Tensione caratteristica di snervamento

$f_{tk}$  = [ $f_{tk}$ ] – Tensione caratteristica di rottura

$t$  aderenza [ $\tau_{aderenza}$ ]

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili e pieghe. E' tollerata una ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

Normativa di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l' esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018.  
Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018

Criteri di verifica

Per la verifica a carico limite si adotta l'approccio 2 con una unica combinazione di carico A1+M1+R3, secondo le modalità espote al p.to 6.4.3 NTC.

Modello di Calcolo del palo

Carico limite verticale

La valutazione del carico limite verticale del palo è effettuato attraverso le formule statiche. Ai fini del calcolo, il carico limite di un palo  $Q_{lim}$  viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta P e la resistenza laterale S:

$$Q_{lim} = P + S = \frac{\pi d^2}{4} p + \int_0^L s(z) dz$$

dove con 'p' si indica la resistenza unitaria alla punta, con 's' la resistenza allo scorrimento all'interfaccia laterale palo-terreno, con 'd' il diametro e con 'L' la lunghezza del palo. La suddivisione è convenzionale in quanto gli sforzi laterali ed alla punta vengono mobilitati con il cedimento secondo leggi alquanto diverse e non necessariamente monotonicamente crescenti; pertanto non è detto che, a rottura, siano contemporaneamente agenti le resistenze massime P ed S. Nel calcolo di 'p' ed 's' si prescinde dall' interazione dei due fenomeni di rottura.

Resistenza alla punta

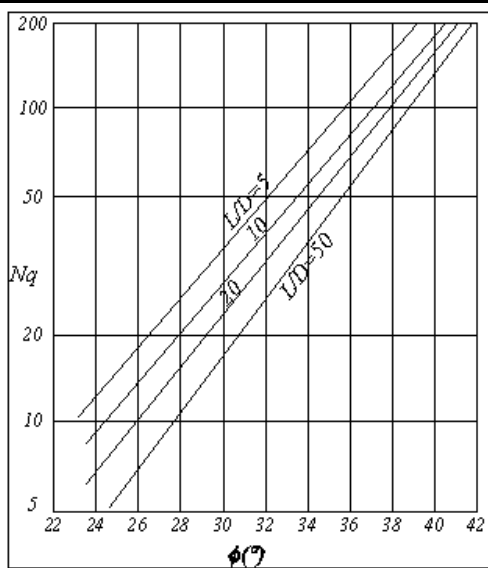
Come per le fondazioni dirette si pone:

$$p = N_q \sigma_{vi} + N_c c$$

dove  $\sigma_{vi}$  rappresenta la tensione litostatica verticale alla profondità L, e cioè quella che agisce sul piano orizzontale passante per la punta del palo. Per  $N_c$  vale la formula di trasformazione:

$$N_c = (N_q - 1) \cot(\phi)$$

Il valore di  $N_q$  è dato dall' abaco di Berentzantzev:



Esso è valido per pali di piccolo diametro.

Resistenza Laterale

Detta  $\sigma'_h = k\sigma'_{vz}$  la tensione normale orizzontale agente alla profondità z si pone:

$$s = \alpha + k\mu\sigma'_{vz}$$

nella quale 'a' è un termine coesivo,  $\mu$  un coefficiente di attrito tra palo e terreno, 'k' un coefficiente di spinta e  $\sigma'_{vz}$  la tensione effettiva litostatica alla profondità z.

Il coefficiente  $\mu$  dipende dalla scabrezza dell' interfaccia tra palo e terreno ed ha come limite superiore  $\tan(\phi)$ , I valori di 'k' adottati sono individuati nella tabella seguente:

Tipo di palo	Valori di k per stato di addensamento		Valori di $\mu$
	Sciolto	denso	
Prefabbricato	1	2	$\tan(3\phi/4)$
Gettato in opera	1	3	$\tan(\phi)$
Trivellato	0,5	0,4	$\tan(\phi)$
Trivellato - pressato con elica continua	0,7	0,9	$\tan(\phi)$

Per il termine coesivo si assume:

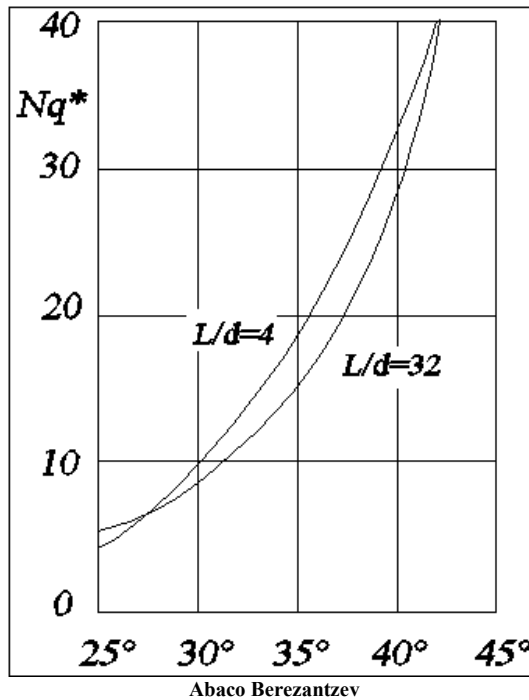
$$s = \alpha + c$$

con  $\alpha$  dato da:

Tipo di palo	Valori di c (kPa)	Valori di $\alpha$
Battuto	$c \leq 25$	1,0
	$25 < c < 70$	$1 - 0,011(c - 25)$
	$c > 70$	0,5
Trivellato	$C \leq 25$	0,7
	$25 < c < 70$	$0,7 - 0,008(c - 25)$
	$c > 70$	0,35

Carico limite di pali trivellati di grande diametro

Per pali trivellati di grande diametro si adotta l'abaco ridotto di Berezantzev(AGI). Si è osservato che la resistenza laterale dei pali raggiunge il suo valore limite in corrispondenza di cedimenti del palo relativamente ridotti dell'ordine di 1-2 cm ed indipendenti dal diametro del palo. La resistenza alla punta al contrario si mobilita per spostamenti proporzionali al diametro pari a circa il 10% di questo per pali battuti ed al 25% per i pali trivellati. Nel caso di pali trivellati di grande diametro, pertanto, la resistenza alla punta si mobilita per spostamenti dell'ordine di 15-20 cm. In corrispondenza di spostamenti così elevati la resistenza laterale potrebbe addirittura assumere valori minori di quelli massimi, nel caso di andamento instabile. In ogni caso, applicando gli usuali valori dei coefficienti di sicurezza al carico limite calcolato come somma di P + S sotto i carichi di esercizio il palo avrebbe dei cedimenti troppo elevati. Per questi motivi il progetto dei pali di grande diametro è basato sulla considerazione di uno stato limite di servizio e non di rottura, pertanto, il carico limite del palo di grande diametro non è tanto quel carico che produrrebbe la rottura del terreno, ma quello che produrrebbe cedimenti troppo elevati incompatibili con la stabilità della struttura.



Analogamente ai pali di piccolo diametro il valore di 'p' è dato dalla relazione:

$$p = N_q^* \sigma_{vj} + N_c c$$

In entrambi i casi, in condizioni non drenate, si porrà  $c = c_u$  e  $\phi = 0$ .

Per pali trivellati il valore dell'angolo  $\phi$  da introdurre nei calcoli sarà  $\phi = \phi' - 3^\circ$ , dove  $\phi'$  rappresenta l'angolo di attrito del terreno indisturbato.

#### Carichi orizzontali

Il calcolo del carico limite orizzontale del palo è condotto attraverso la teoria di Broms, essa assume che il comportamento dell'interfaccia palo terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico, inoltre il valore della pressione mobilitata sia indipendente dalla forma della sezione ma dipenda solo dalla dimensione trasversale 'd' (diametro del palo, lato di una sezione quadrata ecc.). Immaginando di imprimere una traslazione orizzontale al palo per effetto della resistenza mobilitata nel terreno, lungo il fusto del palo si destano momenti flettenti e la rottura del complesso terreno palo può presentare diverse caratteristiche anche in funzione del vincolo che si ha in testa al palo.

Se il momento di plasticizzazione del palo è talmente grande che in nessun punto del fusto non è superato dal valore massimo del momento flettente, il comportamento è di 'Palo Corto'; se il palo è libero di ruotare in testa e se il momento massimo supera il momento di plasticizzazione della sezione del palo, lungo il fusto si forma una cerniera plastica ed il comportamento del palo è quello di 'Palo Lungo'; per i pali impediti di ruotare in testa può accadere che si formi una sola cerniera plastica in testa ed il palo ha comportamento di 'Palo Intermedio', ovvero si formano due cerniere plastiche una in testa e l'altra lungo il fusto, in questo caso il palo ha il comportamento di 'Palo lungo'.

La valutazione della pressione di contatto palo-terreno è valutata secondo la relazione:

$$p = 9cd + 3k_p \gamma d$$

il primo termine, costante, è esteso tra le profondità  $1,5d$  ed  $L$ ; il secondo variabile linearmente è esteso tra  $0$  ed  $L$ . Il valore di  $k_p$  (coefficiente di spinta passiva) è dato dalla relazione  $k_p = \tan(45 + \phi/2)$ . In condizioni non drenate si porrà  $c = c_u$  e  $\phi = 0$ , quando si individua che  $\phi = 0$  si trascura automaticamente il secondo termine (esso potrebbe essere trascurato imponendo  $\gamma = 0$ , ma il calcolo automatico condurrebbe ad una errata valutazione del carico limite verticale), per terreni incoerenti si porrà  $c = 0$ .

#### Simbologia

D	Diametro del palo
e	Eccentricità della forza orizzontale (solo pali liberi)
L	Lunghezza del palo
Hf	profondità della falda
Mu	Momento ultimo della sezione del palo
V	Azione verticale in testa al palo
H	Azione orizzontale in testa al palo/spessore strato
$\gamma_b$	Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza alla punta
$\gamma_s$	Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza laterale in compressione
$\gamma_{st}$	Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza laterale in trazione
$\gamma_T$	Coefficiente di sicurezza per carico limite orizzontale

---

$\xi_3, \xi_4$	Coefficiente di correlazione in funzione del numero di verticali indagate
effV,effH	Efficienza di gruppo per carico limite verticale e orizzontale
$\phi$	Angolo di attrito interno terreno
c	Coesione
$\gamma$	Peso specifico terreno
$\gamma_{sat}$	Peso specifico terreno saturo
P	Resistenza alla punta
S	Resistenza laterale
Nd	Carico limite verticale di progetto
Hl	Carico limite orizzontale del palo
Hd	Carico orizzontale di progetto del palo
Z0	Profondità del punto di rotazione (M=0 Teoria di Broms) del palo (solo per pali corti liberi e intermedi vincolati)
Zmax	Profondità in cui si verifica il momento massimo (Teoria di Broms)
Mmax	Momento corrispondente a Zmax(Teoria di Broms)



GD = Palo di **Grande** diametro per  $D > D_g=0.60$  [m]

Tipologie Palo:PR=Prefabbricato,G=Gettato,TR=Trivellato,TRP=TrivellatoPressato

Palo	Tipo	Testa	GD	D [m]	e [m]	L [m]	Mu [kg*m]
2 (Nodo 2)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
3 (Nodo 3)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
4 (Nodo 4)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
5 (Nodo 5)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
6 (Nodo 6)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
7 (Nodo 7)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
8 (Nodo 8)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
9 (Nodo 9)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
10 (Nodo 10)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
11 (Nodo 11)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
12 (Nodo 12)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
13 (Nodo 13)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
14 (Nodo 14)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
15 (Nodo 15)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
16 (Nodo 16)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
17 (Nodo 17)	TR	Lib.	No	0.60	0.00	12.00	19446.43
18 (Nodo 18)	TR	Lib.	No	0.60	2.13	12.00	58273.06

Coefficienti di sicurezza:

Palo	$\gamma_b$	$\gamma_s$	$\gamma_{st}$	$\gamma_T$	$\xi$	effV	effH
2 (Nodo 2)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
3 (Nodo 3)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
4 (Nodo 4)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
5 (Nodo 5)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
6 (Nodo 6)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
7 (Nodo 7)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
8 (Nodo 8)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
9 (Nodo 9)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
10 (Nodo 10)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
11 (Nodo 11)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
12 (Nodo 12)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
13 (Nodo 13)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
14 (Nodo 14)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
15 (Nodo 15)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
16 (Nodo 16)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
17 (Nodo 17)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00
18 (Nodo 18)	1.35	1.15	1.25	1.30	1.50	1.00	1.00

Stratigrafie:

H [m]	$\phi$ [°]	OCR	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	$c_u$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [t/mc]	$\gamma_{sat}$ [t/mc]	Addens.	Descrizione
<b>Palo n° 2 (Nodo 2), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 3 (Nodo 3), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 4 (Nodo 4), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 5 (Nodo 5), Falda assente</b>								

H [m]	φ [°]	OCR	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	c <sub>u</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	γ [t/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>sat</sub> [t/m <sup>3</sup> ]	Addens.	Descrizione
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 6 (Nodo 6), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 7 (Nodo 7), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 8 (Nodo 8), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 9 (Nodo 9), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 10 (Nodo 10), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 11 (Nodo 11), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 12 (Nodo 12), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 13 (Nodo 13), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 14 (Nodo 14), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6

H [m]	φ [°]	OCR	c [kg/cmq]	cu [kg/cmq]	γ [t/mc]	γ <sub>sat</sub> [t/mc]	Addens.	Descrizione
<b>Palo n° 15 (Nodo 15), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 16 (Nodo 16), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 17 (Nodo 17), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6
<b>Palo n° 18 (Nodo 18), Falda assente</b>								
3.80	20.42	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 1
2.60	20.73	--	0.00	--	1.40	--	No	Strato 2
4.80	21.62	--	0.00	--	1.54	--	No	Strato 3
3.00	20.45	--	0.00	--	1.35	--	No	Strato 4
2.00	21.88	--	0.00	--	1.57	--	No	Strato 5
0.80	30.73	--	0.00	--	2.15	--	No	Strato 6

Verifica Carico Verticale

Palo	N [kg]	P [kg]	S [kg]	Peso Palo [kg]	(*)Nd [kg]	Nq	Nc	Verifica
2 (Nodo 2)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
3 (Nodo 3)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
4 (Nodo 4)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
5 (Nodo 5)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
6 (Nodo 6)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
7 (Nodo 7)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
8 (Nodo 8)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
9 (Nodo 9)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
10 (Nodo 10)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
11 (Nodo 11)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
12 (Nodo 12)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
13 (Nodo 13)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
14 (Nodo 14)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
15 (Nodo 15)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
16 (Nodo 16)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
17 (Nodo 17)[1]	8482	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>
18 (Nodo 18)[1]	21788	13795	36912	8482	28211	2.83	15.18	<b>VERIFICATO</b>

Verifica Carico Orizzontale

Palo	H [kg]	Hl [kg]	Hd [kg]	Meccanis mo di rottura	Z0 [m]	Zmax [m]	Mmax [kg*m]	Verifica
2 (Nodo 2)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
3 (Nodo 3)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
4 (Nodo 4)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
5 (Nodo 5)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
6 (Nodo 6)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
7 (Nodo 7)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
8 (Nodo 8)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
9 (Nodo 9)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
10 (Nodo 10)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
11 (Nodo 11)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
12 (Nodo 12)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
13 (Nodo 13)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
14 (Nodo 14)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
15 (Nodo 15)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>

Palo	H [kg]	Hl [kg]	Hd [kg]	Meccanis mo di rottura	Z0 [m]	Zmax [m]	Mmax [kg*m]	Verifica
16 (Nodo 16)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
17 (Nodo 17)[1]	650	12890	6610	Lungo	--	2.26	19446.31	<b>VERIFICATO</b>
18 (Nodo 18)[1]	7724	15422	7908	Lungo	--	2.48	58272.30	<b>VERIFICATO</b>

$Nd=(P/\gamma b+S/\gamma s)*\text{eff}V/\xi$  (per pali in trazione  $\gamma s=\gamma_{st}$  e  $P=0$ )

$Hd=(H/(\xi*\gamma T))*\text{eff}H$

## 1.0 INDAGINI

Per la redazione del progetto delle strutture sono state preliminarmente raccolti i dati bibliografici e quelli relativi a vari sondaggi geognostici già realizzati nell'area, integrati con un rilevamento geologico geomorfologico e idrogeologico dell'area.

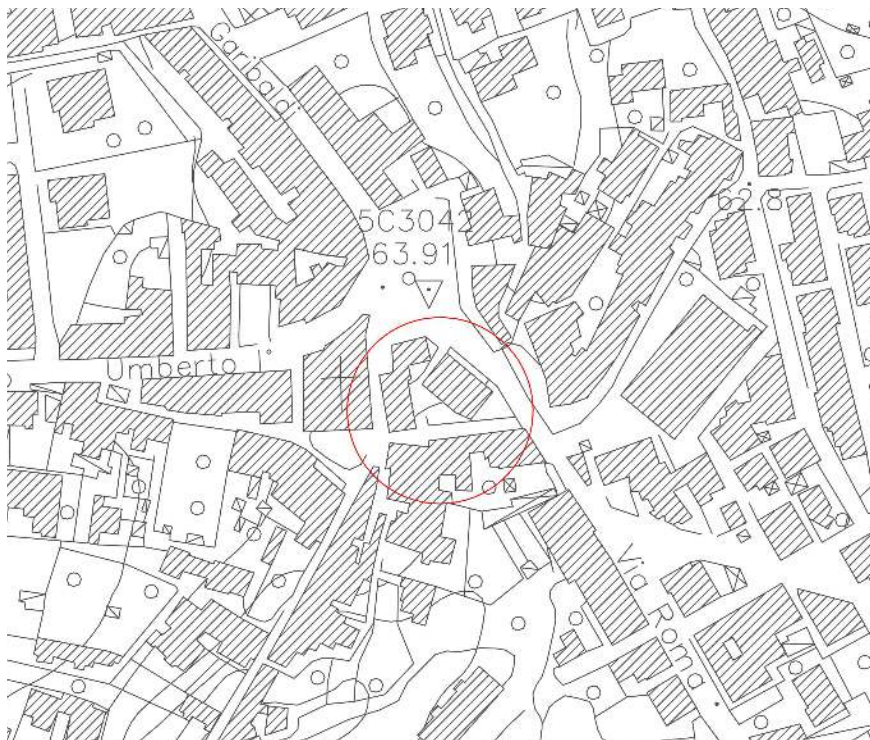
E' stato quindi predisposto apposito piano delle indagini in sito consistente in:

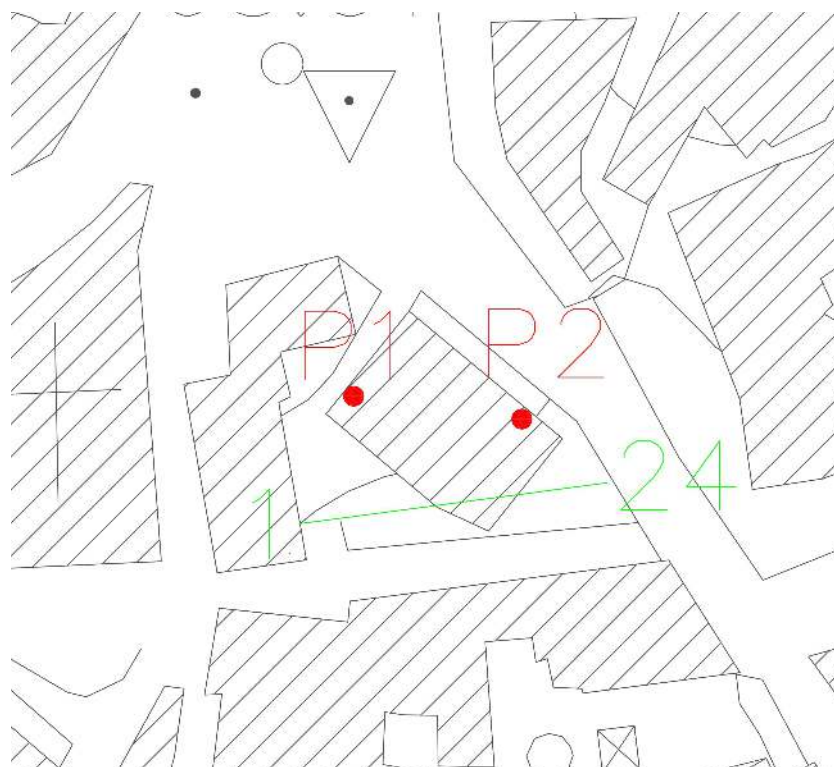
**N° 2 PROVA PENETROMETRICA CONTINUA SUPER PESANTE;**




**N° 1 PROVA SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)**

### 1.1 PROVA PENETROMETRICA

Sia la prova M.A.S.W. che la prova penetrometrica dinamica sono state effettuate sul lotto in esame.





-  Area in oggetto
-  Prova Penetrometrica super pesante DPSH
-  Prova sismica MASW

Per la caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo, è stata eseguita n. 2 prove penetrometriche dinamiche super pesante spinta ad una profondità di 17,00 m dal p.c



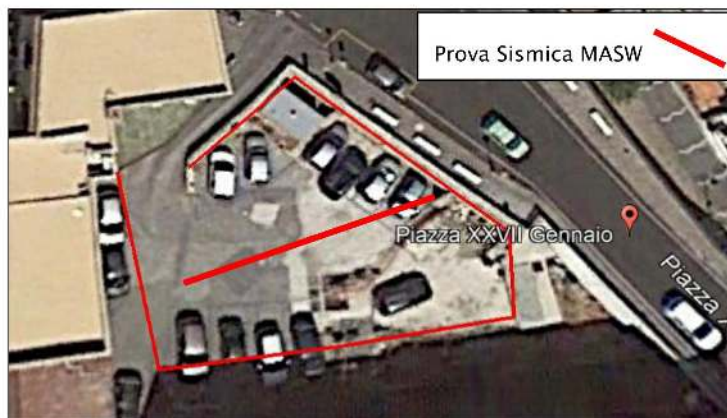
Di seguito viene riportata la tabella in forma sintetica, nella quale si espongono i parametri geotecnici scaturiti dalla prova penetrometrica.

PROVA DPSH1									
Terreni Incoerenti									
Prof. Strato (m)	NSPT	Angolo d'attrito (°)	Gamma (KN/m <sup>3</sup> )	Gamma saturo (KN/m <sup>3</sup> )	Cu (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Poisson	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo di taglio G (Mpa)
3.80	1.47	20.42	13.53	18.34	0	4.37	0,35	1.15	9.16
6.40	2.54	20.73	14.02	18.34	0	4.84	0,35	1.99	15.31
11,20	5.67	21.62	15.4	18.53	0	6.21	0,34	4.45	32.57
14.20	1.57	20.45	13.53	18.34	0	4.41	0,35	1.23	9.74
16.20	6.57	21.88	15.69	18.63	0	6.6	0,34	5.15	37.41
17.00	37.56	30.73	21.48	0.0	0	20.15	0,28	29.47	192.61

PROVA DPSH2									
Terreni Incoerenti									
Prof. Strato (m)	NSPT	Angolo d'attrito (°)	Gamma (KN/m <sup>3</sup> )	Gamma saturo (KN/m <sup>3</sup> )	Cu (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Poisson	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo di taglio G (Mpa)
1.20	0.00	20.00	12.57	18.24	0	3.73	0,35	0	0.0
3.80	3.16	20.90	14.32	18.44	0	5.11	0,35	2.48	18.8
5.4	1.9	20.54	13.73	18.34	0	4.56	0,35	1.49	11.65
6.6	3.54	21.01	14.42	18.44	0	5.27	0,35	2.78	20.92
10.00	6.26	21.79	15.59	18.53	0	6.46	0,34	4.91	35.75
12.00	8.36	22.39	16.38	18.73	0	7.38	0,34	6.56	46.92
15.80	15.76	24.50	18.63	19.12	0	10.62	0,32	12.36	85.14
17.00	43.06	32.30	21.67	0.0	0	22.56	0,27	33.78	219.01

## 1.2 PROVA SISMICA

Al fine di caratterizzare la sismicità del suolo sono state eseguite indagini geofisiche per la determinazione del valore del  $V_{S30}$  attraverso la prova MASW



**È STATA**

eseguita una campagna di indagine geofisica per determinare il valore del  $V_{Seq}$ , ai sensi del D.M. 17/01/2018, presso il parcheggio ubicato nei pressi di Piazza XXVII Gennaio, nel comune di Monte di Procida (NA)

Attraverso tale prova sono stati individuati n. 5 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S: è stata

<b>Strato <i>n°</i></b>	<b>Spessore <i>(m)</i></b>	<b>Profondità <i>(m)</i></b>	<b>Vs <i>(m/sec)</i></b>
<b>1</b>	1,30	1,30	155
<b>2</b>	4,80	6,10	271
<b>3</b>	3,50	9,60	320
<b>4</b>	semispazio	> 9,60	490

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s].}$$

In caso di depositi con profondità del substrato superiore ai 30 metri dal p.c., la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ . Nel caso in esame, gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una  $V_{S30}$  pari a 380 m/sec, calcolato a partire dal piano di campagna, così come stabilito dal D.M. 17/01/2018; pertanto, il sito in esame risulta caratterizzato da una Categoria di Suolo B.

**1.3 VERIFICA A LIQUEFAZIONE**



La liquefazione delle sabbie è un processo che può avvenire durante un evento sismico: essa nasce dall'incremento della pressione dell'acqua interstiziale (  $u$  ) durante sollecitazioni di tipo ciclico.

Se questo aumento è tale da eguagliare la pressione litostatica totale (  $s$  ), si ha l'annullamento della resistenza al taglio (  $t$  ), secondo la seguente relazione:  $t = (s - u)tgj$

Sulla base di studi statistici le NTC 2018, suggeriscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC 2018, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC 2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel caso oggetto della presente relazione, sono verificate le condizioni al punto 3 e al punto 5 pertanto si può omettere la verifica alla liquefazione ritenendo il sito come non soggetto alla liquefazione delle sabbie.

## 2.0 MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO

La fondazione si presenta come una fondazione superficiale costituita da plinti isolati di varie dimensioni, pali e travi di collegamento dei plinti di sezione 30x40 cm. Il piano di posa di tale fondazione si trova ad una profondità di 6.50 m rispetto al piano di campagna. Da quanto si evince dalla relazione geologica redatta dal dott. Giancarlo Ferriero la profondità di 6.50 m dal piano di campagna (da quanto si nota dalla stratigrafia sopra riportata) i terreni presentano buone caratteristiche meccaniche, sia in termini di rigidezza che di resistenza e tali proprietà migliorano all'aumentare della profondità.

# PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

## PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

### 1 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione;
- il programma di manutenzione;

di seguito vengono riportati nel seguente paragrafo, in modo sommario, i contenuti dei suddetti documenti che accompagnano il progetto strutturale dell'opera:

**1.1 Il manuale d'uso** contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione della struttura, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

**1.2 Il manuale di manutenzione** si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti della struttura. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- d) il livello minimo delle prestazioni;
- e) le anomalie riscontrabili;
- f) le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

**1.3 Il programma di manutenzione** prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporali o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione della struttura e delle sue parti nel corso degli anni.

Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

- *il sottoprogramma delle prestazioni*, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dalla struttura e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- *il sottoprogramma dei controlli*, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita della struttura, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- *il sottoprogramma degli interventi di manutenzione*, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione della struttura.

### 1.4 Normative di riferimento

Il presente "piano di manutenzione riguardante le strutture" previsto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (**D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")**) e relativa Circolare Esplicativa) è redatto seguendo le indicazioni contenute sull'articolo 40 del D.P.R. 554/99.

## MANUALE D'USO

### 2 MANUALE D'USO

Nel presente manuale d'uso è specificato come utilizzare le strutture che compongono l'opera in progetto. Non è consentito apportare modifiche o comunque compromettere l'integrità delle strutture per nessuna ragione. Occorre controllare periodicamente il grado di usura delle parti a vista al fine di riscontrare eventuali anomalie. In caso di accertata anomalia occorre consultare al più presto un tecnico abilitato.

Per i dettagli tecnici e per collocazione dei diversi elementi strutturali fare riferimento agli allegati grafici.

Detta opera verrà suddivisa per semplicità, in tre grandi parti strutturali:

- **Strutture di fondazioni;**
- **Strutture orizzontali e/o inclinate;**

# PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

## - Strutture verticali.

### 2.1 Strutture di fondazioni.

Dette strutture hanno la funzione di trasferire il carico al terreno e possono essere costituite, in funzione della tipologia strutturale, in funzione dei carichi trasmessi ed in funzione del tipo di terreno, da:

- Fondazioni dirette;
- Fondazioni indirette;

Di seguito verranno riportati le procedure nonché le prescrizioni d'uso dell'opere in fondazioni.

#### **Modalità di uso corretto:**

L'utente dovrà soltanto accertarsi della comparsa di eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali. In caso di accertata anomalia occorre consultare al più presto un tecnico abilitato.

#### **Anomalie riscontrabili:**

##### **Cedimenti**

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

##### **Distacchi murari**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

##### **Fessurazioni**

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

##### **Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

##### **Non perpendicolarità del fabbricato**

Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

##### **Umidità**

Presenza di umidità meteorica, da condensa, da infiltrazione, da risalita.

### 2.2 Strutture orizzontali e/o inclinate

Le strutture orizzontali o inclinate sono elementi strutturali con funzione di sostenere e trasferire, i carichi agenti, sia verticali che orizzontali, trasmettendoli alle strutture verticali.

Di seguito verranno riportati le procedure nonché le prescrizioni d'uso di dette strutture.

#### **Modalità di uso corretto:**

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

Controllare sempre che i carichi variabili non superino i valori di progetto; in particolare porre attenzione nella disposizione di particolari arredamenti che possano determinare carichi concentrati non previsti in progetto. Per un uso corretto occorre che i solai non siano caricati con carichi variabili superiori a quelli di progetto riportati nella seguente tabella, ed indicati con "QVar.":

[begin\_solai]

#### **Anomalie riscontrabili:**

##### **Alveolizzazione**

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a caratura.

##### **Bolle d'aria**

Alterazione della superficie del calcestruzzo caratterizzata dalla presenza di fori di grandezza e distribuzione irregolare, generati dalla formazione di bolle d'aria al momento del getto.

##### **Cavillature superficiali**

Sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo.

##### **Crosta**

Deposito superficiale di spessore variabile, duro e fragile, generalmente di colore nero.

##### **Decolorazione**

Alterazione cromatica della superficie.

## PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

### **Deposito superficiale**

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

### **Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

### **Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede

### **Efflorescenze**

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di cripto-efflorescenza o subefflorescenza.

### **Erosione superficiale**

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

### **Esfoliazione**

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.

### **Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

### **Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.

### **Macchie e graffi**

Imbrattamento della superficie con sostanze macchianti in grado di aderire e penetrare nel materiale.

### **Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

### **Patina biologica**

Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.

### **Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

### **Polverizzazione**

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

### **Presenza di vegetazione**

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.

### **Rigonfiamento**

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

### **Scheggiature**

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo

### **2.2.1 Coperture piane e/o inclinate**

Insieme degli elementi tecnici orizzontali o suborizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso dallo spazio esterno sovrastante. Le coperture piane (o coperture continue) sono caratterizzate dalla presenza di uno strato di tenuta all'acqua, indipendentemente dalla pendenza della superficie di copertura, che non presenta soluzioni di continuità ed è composto da materiali impermeabili che posti all'esterno dell'elemento portante svolgono la funzione di barriera alla penetrazione di acque meteoriche.

L'organizzazione e la scelta dei vari strati funzionali nei diversi schemi di funzionamento della copertura consente di definire la qualità della copertura e soprattutto i requisiti prestazionali. Gli elementi e i strati funzionali si possono raggruppare in: elemento di collegamento; elemento di supporto; elemento di tenuta; elemento portante; elemento isolante; strato di barriera al vapore; strato di continuità; strato della diffusione del vapore; strato di imprimitura; strato di ripartizione dei carichi; strato di pendenza; strato di protezione; strato di separazione o

## PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

scorrimento; strato di tenuta all'aria; strato di ventilazione; strato drenante; strato filtrante, ecc.

### **Modalità di uso corretto:**

Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali (fessurazioni, lesioni, ecc.).

Controllare sempre che i carichi variabili non superino i valori di progetto.

Tenere pulite le gronde e le discese per evitare infiltrazioni di acqua che possa danneggiare la struttura portante

### **Anomalie riscontrabili:**

#### **Disgregazione**

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

#### **Distacco**

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede

#### **Esposizione dei ferri di armatura**

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

#### **Fessurazioni**

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.

#### **Lesioni**

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

#### **Mancanza**

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

#### **Penetrazione di umidità**

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

### **2.3 Strutture verticali**

Le strutture verticali, hanno la funzione di collegare le strutture orizzontali, con quelle in fondazioni.

Dette strutture, in funzione delle dimensioni dell'opera, dei carichi e dei sovraccarichi portati nonché dell'azione sismica a cui sono sottoposte, possono essere suddivise in tre grandi categorie:

- strutture a telaio;
- strutture ad arco;
- strutture a pareti portanti

Di seguito verranno riportati le procedure nonché le prescrizioni d'uso dell'opere verticali.

### **Modalità di uso corretto:**

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

### **Anomalie riscontrabili:**

Come per le strutture orizzontali

## **MANUALE DI MANUTENZIONE**

### **3 MANUALE DI MANUTENZIONE**

In detto manuale (di manutenzione delle strutture) verranno prescritte, e programmate, la manutenzione della struttura suddividendola in tre parti:

- **manutenzione delle strutture in fondazioni;**
- **manutenzione delle strutture in orizzontali e/o inclinate;**
- **manutenzione delle strutture verticali.**

Per quando concerne gli interventi di manutenzione ovvero al verificarsi delle anomalie, così come riportate nel manuale d'uso bisogna effettuare degli interventi tali da garantire il livello minimo delle prestazioni globali della struttura.

### **LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI**

Le strutture devono garantire la durabilità nel tempo in funzione della classe di esposizione prevista in fase di progetto, in modo da garantire la giusta resistenza alle diverse sollecitazioni di esercizio previste in fase di progettazione. Esse devono garantire stabilità, resistenza e durabilità nel tempo. Per i livelli minimi prestazionali si rimanda alle norme vigenti in materia al momento della progettazione.

### **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DIRETTAMENTE DALL'UTENTE**

Nessuna manutenzione può essere eseguita direttamente dall'utente, se non i controlli a vista dello stato di conservazione del manufatto.

# PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

## MANUTENZIONI ESEGUIBILI A CURA DI PERSONALE SPECIALIZZATO

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), occorrerà consultare tecnici qualificati, per effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture. Una volta individuate la causa/effetto del dissesto, occorrerà procedere al consolidamento delle parti necessarie, a secondo del tipo di dissesto riscontrato. Inoltre una volta individuato il tipo di intervento, occorre affidarsi ad idonea impresa edile.

### 3.1 MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE IN FONDAZIONI

I controlli periodici da effettuare su dette strutture, sono in funzione, del tipo di struttura, dei carichi e sovraccarichi portati, della classe d'uso della stessa, nonché dell'importanza dell'opera. In particolare, in via generale si vuole dare un indicazione sulla periodicità dei controlli da effettuare, ovvero eseguire la manutenzione delle fondazioni in corrispondenza di eventuali anomalie (come riportate nel manuale d'uso) o disfunzioni della struttura in fondazione e/o elevazione.

#### LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE:

**Resistenza meccanica:** Le strutture in sottosuolo dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.)

**Classe di Requisiti: Di stabilità**

**Classe di Esigenza: Sicurezza**

**Prestazioni:** Le strutture in sottosuolo, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

Per i **livelli minimi** si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

#### ANOMALIE RISCOINTRABILI:

Si rimanda al Manuale d'uso

#### CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE:

##### Controllo struttura

**Cadenza: ogni 12 mesi**

**Tipologia: Controllo a vista**

Controllare l'integrità delle pareti e dei pilastri verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni. Controllare eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali. Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Cedimenti*; 2) *Distacchi murari*; 3) *Fessurazioni*; 4) *Lesioni*; 5) *Non perpendicolarità del fabbricato*; 6) *Umidità*.

#### MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO:

##### Interventi sulle strutture

**Cadenza: quando occorre**

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a secondo del tipo di dissesti riscontrati.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

### 3.2 MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE ORIZZONTALI E/O INCLINATE

I controlli di manutenzione da effettuare su strutture orizzontali e inclinate, sono in funzione, del tipo struttura, dei carichi e sovraccarichi portati della classe d'uso della stessa, nonché dell'importanza dell'opera. In particolare, si vuole dare un indicazione sulla periodicità dei controlli da effettuare.

#### LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE:

**Resistenza meccanica:** Le strutture orizzontali dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

**Classe di Requisiti: Di stabilità**

**Classe di Esigenza: Sicurezza**

**Prestazioni:** Le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza

Per i **livelli minimi** si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

#### ANOMALIE RISCOINTRABILI:

Si rimanda al Manuale d'uso.

#### CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE

##### Controllo struttura

**Cadenza: ogni 12 mesi**

**Tipologia: Controllo a vista**

Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni,

# PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Alveolizzazione*; 2) *Bolle d'aria*; 3) *Cavillature superficiali*; 4) *Crosta*; 5) *Decolorazione*; 6) *Deposito superficiale*; 7) *Disgregazione*; 8) *Distacco*; 9) *Efflorescenze*; 10) *Erosione superficiale*; 11) *Esfoliazione*; 12) *Esposizione dei ferri di armatura*; 13) *Fessurazioni*; 14) *Macchie e graffiti*; 15) *Mancanza*; 16) *Patina biologica*; 17) *Penetrazione di umidità*; 18) *Polverizzazione*; 19) *Presenza di vegetazione*; 20) *Rigonfiamento*; 21) *Scheggiature*.

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **Interventi sulle strutture**

#### **Cadenza: quando occorre**

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

### **3.2.1 MANUTENZIONE DELLE COPERTURE PIANE E/O INCLINATE**

Per la manutenzione delle coperture piane e/o inclinate si tiene conto di ulteriori livelli minimi prestazionali, di seguito elencati

#### **LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE**

**Impermeabilità ai liquidi:** La copertura deve impedire all'acqua meteorica la penetrazione o il contatto con parti o elementi di essa non predisposti.

**Classe di Requisiti: Termici ed igrotermici**

**Classe di Esigenza: Benessere**

**Prestazioni:** Le coperture devono essere realizzate in modo tale da impedire qualsiasi infiltrazione d'acqua piovana al loro interno, onde evitare che l'acqua piovana possa raggiungere i materiali sensibili all'umidità che compongono le coperture stesse. Nel caso di coperture discontinue devono essere rispettate le pendenze minime delle falde, anche in funzione delle località, necessarie ad assicurare la impermeabilità in base ai prodotti utilizzati e alla qualità della posa in opera degli stessi.

**Livello minimo della prestazione:** In particolare, per quanto riguarda i materiali costituenti l'elemento di tenuta, è richiesto che: le membrane per l'impermeabilizzazione devono resistere alla pressione idrica di 60 kPa per 24 ore, senza manifestazioni di gocciolamenti o passaggi d'acqua; i prodotti per coperture discontinue del tipo tegole, lastre di cemento o fibrocemento, tegole bituminose e lastre di ardesia non devono presentare nessun gocciolamento se mantenuti per 24 ore sotto l'azione di una colonna d'acqua d'altezza compresa fra 10 e 250 mm, in relazione al tipo di prodotto impiegato. Gli altri strati complementari di tenuta devono presentare specifici valori d'impermeabilità.

**Resistenza al vento:** La copertura deve resistere alle azioni e depressioni del vento tale da non compromettere la stabilità e la funzionalità degli strati che la costituiscono.

**Classe di Requisiti: Di stabilità**

**Classe di Esigenza: Sicurezza**

**Prestazioni:** Tutte le parti costituenti una copertura, continua o discontinua, devono essere idonee a resistere all'azione del vento in modo da assicurare durata e funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza dell'utenza. L'azione del vento da considerare è quella prevista dal D.M. 12.2.1982, dalla C.M. 24.5.1982 n.22631 e dalla norma CNR B.U. 117 (che dividono convenzionalmente il territorio italiano in quattro zone). I parametri variano anche in funzione dell'altezza dell'edificio e della forma della copertura. In ogni caso le caratteristiche delle coperture, relativamente alla funzione strutturale, devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

**Livello minimo della prestazione:** I livelli minimi variano in funzione degli elementi impiegati per i quali si rinvia alla normativa vigente.

**Resistenza all'acqua:** I materiali costituenti la copertura, a contatto con l'acqua, dovranno mantenere inalterate le proprie caratteristiche chimico-fisiche.

**Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici**

**Classe di Esigenza: Sicurezza**

**Prestazioni:** I materiali costituenti i rivestimenti delle coperture nel caso vengano in contatto con acqua di origine e composizione diversa (acqua meteorica, acqua di condensa, ecc.) devono conservare inalterate le proprie caratteristiche chimico-fisiche, geometriche e funzionali.

**Livello minimo della prestazione:** Tutti gli elementi di tenuta delle coperture continue o discontinue in seguito all'azione dell'acqua meteorica, devono osservare le specifiche di imbibizione rispetto al tipo di prodotto secondo le norme vigenti.

**Isolamento termico:** La copertura deve conservare la superficie interna a temperature vicine a quelle dell'aria ambiente tale da evitare che vi siano pareti fredde e comunque fenomeni di condensazione superficiale. In particolare devono essere evitati i ponti termici.

**Classe di Requisiti: Termici ed igrotermici**

**Classe di Esigenza: Benessere**

**Prestazioni:** Le prestazioni relative all'isolamento termico delle coperture sono valutabili in base alla trasmittanza termica unitaria U ed ai coefficienti lineari di trasmissione kl per ponti termici o punti singolari che essa possiede.

**Livello minimo della prestazione:** Pur non stabilendo specifici limiti prestazionali per le singole chiusure ai fini del contenimento delle dispersioni, tuttavia i valori di U e kl devono essere tali da concorrere a contenere il coefficiente volumico di dispersione Cd dell'intero edificio e quello dei singoli locali nei limiti previsti dalle leggi e normative vigenti.

**(Attitudine al) controllo della condensazione interstiziale:** La copertura dovrà essere realizzata in modo da



# PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

evitare la formazione di condensazione al suo interno.

**Classe di Requisiti: Termici ed igrotermici**

**Classe di Esigenza: Benessere**

**Prestazioni:** La copertura dovrà essere realizzata in modo da evitare la formazione di condensazione al suo interno. In particolare in ogni punto della copertura sia interno che superficiale, il valore della pressione parziale del vapor d'acqua Pv deve essere inferiore alla corrispondente valore della pressione di saturazione Ps.

**Livello minimo della prestazione:** I livelli minimi variano in funzione di prove di laboratorio eseguite secondo le norme vigenti: - UNI 10350. Componenti edilizi e strutture edilizie - Prestazioni igrotermiche - Stima della temperatura superficiale interna per evitare umidità critica superficiale e valutazione del rischio di condensazione interstiziale;

- UNI 10351. Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore;
- UNI EN 12086. Isolanti termici per edilizia - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo.

**Resistenza meccanica:** La copertura deve garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni di carico (carichi concentrati e distribuiti) di progetto in modo da garantire la stabilità e la stabilità degli strati costituenti. Inoltre vanno considerate le caratteristiche dello strato di supporto che dovranno essere adeguate alle sollecitazioni e alla resistenza degli elementi di tenuta.

**Classe di Requisiti: Di stabilità**

**Classe di Esigenza: Sicurezza**

**Prestazioni:** Tutte le coperture devono essere idonee a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni gravi sotto l'azione di sollecitazioni meccaniche in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio e di esercizio, carichi presenti per operazioni di manutenzione quali pedonamento di addetti, sollecitazioni sismiche, carichi dovuti a dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti.

**Livello minimo della prestazione:** Comunque, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle coperture devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

## **ANOMALIE RISCONTRABILI**

Si rimanda al manuale d'uso

## **CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE**

### **Controllo struttura**

**Cadenza: ogni 12 mesi**

**Tipologia: Controllo a vista**

Controllo del grado di usura delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fessurazioni, penetrazione di umidità, ecc.).

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Disgregazione*; 2) *Distacco*; 3) *Fessurazioni*; 4) *Lesioni*; 5) *Mancanza*; 6) *Penetrazione di umidità*.

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **Consolidamento solaio di copertura**

**Cadenza: quando occorre**

Consolidamento del solaio di copertura in seguito ad eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti architettonici di destinazione o dei sovraccarichi.

- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore, Specializzati vari*.

## **3.3 MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE VERTICALI**

La manutenzione delle strutture verticali va effettuata periodicamente ovvero eseguire la in corrispondenza di eventuali anomalie (come riportate nel manuale d'uso) o disfunzioni della struttura, di seguito verranno riportati i controlli da effettuare, il tipo di intervento da effettuare e la tipologia dello stesso nonché i requisiti minimi della ditta che dovrà intervenire.

### **LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE:**

**Resistenza meccanica:** Le strutture orizzontali dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

**Classe di Requisiti: Di stabilità**

**Classe di Esigenza: Sicurezza**

**Prestazioni:** Le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza

Per i **livelli minimi** si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

## **ANOMALIE RISCONTRABILI:**

Si rimanda al Manuale d'uso

## **CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **Controllo struttura**

**Cadenza: ogni 12 mesi**

**Tipologia: Controllo a vista**

Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni,



# PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Alveolizzazione*; 2) *Bolle d'aria*; 3) *Cavillature superficiali*; 4) *Crosta*; 5) *Decolorazione*; 6) *Deposito superficiale*; 7) *Disgregazione*; 8) *Distacco*; 9) *Efflorescenze*; 10) *Erosione superficiale*; 11) *Esfoliazione*; 12) *Esposizione dei ferri di armatura*; 13) *Fessurazioni*; 14) *Macchie e graffi*; 15) *Mancanza*; 16) *Patina biologica*; 17) *Penetrazione di umidità*; 18) *Polverizzazione*; 19) *Presenza di vegetazione*; 20) *Rigonfiamento*; 21) *Scheggiature*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

## **MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO**

### **Interventi sulle strutture**

#### **Cadenza: quando occorre**

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

## **PROGRAMMA DI MANUTENZIONE**

### **4 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE**

#### **Sottoprogramma delle Prestazioni**

Il sottoprogramma delle Prestazioni prende in considerazione, per ciascuna classe di requisito di seguito riportata, le prestazioni fornite dall'opera nel corso del suo ciclo di vita.

#### **Sottoprogramma dei Controlli**

Il sottoprogramma dei Controlli definisce il programma delle verifiche e dei controlli, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita dell'opera. Per i controlli di seguito riportati è previsto, esclusivamente, un tipo di controllo a vista.

#### **Sottoprogramma degli Interventi di Manutenzione**

Il sottoprogramma degli interventi di manutenzione riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione della struttura

### **STRUTTURE IN FONDAZIONI**

#### **Requisito: Resistenza meccanica**

Le strutture in sottosuolo dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

**Livello minimo della prestazione:** Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

#### **Controllo: Controllo struttura**

Controllare l'integrità delle pareti e dei pilastri verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni. Controllare eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali. Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

**Controllo a vista ogni 12 mesi**

### **STRUTTURE DI ELEVAZIONE (orizzontali e verticali)**

#### **Requisito: Resistenza meccanica**

Le strutture di elevazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

**Livello minimo della prestazione:** Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

#### **Controllo: Controllo struttura**

Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

**Controllo a vista ogni 12 mesi**

### **COPERTURE PIANE**

#### **Requisito: Resistenza al vento**

La copertura deve resistere alle azioni e depressioni del vento tale da non compromettere la stabilità e la funzionalità degli strati che la costituiscono.

**Livello minimo della prestazione:** I livelli minimi variano in funzione degli elementi impiegati per i quali si rinvia alla normativa vigente.

#### **Controllo: Controllo dello stato**

Controllo dei parapetti ed elementi di coronamento con particolare attenzione alla loro integrità e stabilità. Controllare periodicamente l'integrità delle superfici dei rivestimenti attraverso valutazioni visive mirate a riscontrare anomalie evidenti.

**Controllo a vista ogni 12 mesi**

# PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

## **Requisito: Resistenza meccanica**

La copertura deve garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni di carico (carichi concentrati e distribuiti) di progetto in modo da garantire la stabilità e la stabilità degli strati costituenti. Inoltre vanno considerate le caratteristiche dello strato di supporto che dovranno essere adeguate alle sollecitazioni e alla resistenza degli elementi di tenuta.

**Livello minimo della prestazione:** Comunque, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle coperture devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti

## **Controllo: Controllo struttura**

Controllo del grado di usura delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fessurazioni, penetrazione di umidità, ecc.).

**Controllo a vista ogni 12 mesi**

## **CANALI DI GRONDA E PLUVIALI**

### **Requisito: Resistenza meccanica per canali di gronda e pluviali**

I canali di gronda e le pluviali della copertura dovranno garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni d'uso.

**Livello minimo della prestazione:** Per i livelli minimi si prendono in considerazione le seguenti norme:

### **Controllo: Controllo dello stato**

#### **Programma di Manutenzione:** Sottoprogramma delle Prestazioni

Controllare le condizioni e la funzionalità dei canali di gronda e delle pluviali. Controllo della regolare disposizione degli elementi dopo il verificarsi di fenomeni meteorologici particolarmente intensi. Verifica dell'assenza di eventuali anomalie. Controllare la funzionalità delle pluviali, delle griglie parafoglie e di eventuali depositi e detriti di foglie ed altre ostruzioni che possono compromettere il corretto deflusso delle acque meteoriche. Controllare gli elementi di fissaggio ed eventuali connessioni.

**Controllo a vista ogni 6 mesi**

## **SOLAI**

### **Requisito: (Attitudine al) controllo della freccia massima**

La freccia di inflessione di un solaio costituisce il parametro attraverso il quale viene giudicata la deformazione sotto carico e la sua elasticità.

**Livello minimo della prestazione:** Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati secondo le norme vigenti

Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali (fessurazioni, lesioni, ecc.).

### **Controllo a vista ogni 12 mesi**

#### **Requisito: Resistenza meccanica**

I solai devono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.

**Livello minimo della prestazione:** Le prestazioni sono generalmente affidate allo strato o elementi portanti. I parametri di valutazione della prestazione possono essere il sovraccarico ammissibile espresso in daN/mq oppure la luce limite di esercizio espresso in m.

## **MANUTENZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO**

La manutenzione rappresenta una fase importante per la vita di una struttura in acciaio e deve essere:

1. tempestiva;
2. con modalità idonee e compatibili con il binomio materiale-ambiente;
3. attuata con investimenti commisurati al valore dell'opera.

L'acciaio utilizzato nel settore civile richiede sia l'adozione di metodi preventivi di protezione nei confronti della corrosione, che interventi manutentivi nel corso della vita delle strutture.

L'azione preventiva si attua mediante il rivestimento superficiale dell'acciaio.

La manutenzione nel caso di un acciaio rivestito si rende necessaria quando cessa l'effetto protettivo del rivestimento (vernici).

La perdita dell'azione protettiva delle vernici può essere attribuita:

1. al degrado provocato dall'atmosfera sulla superficie del rivestimento;
2. alla perdita di adesione al substrato metallico.

Le modalità di ripristino della funzione protettiva di un rivestimento dipendono dal tipo e dalle condizioni del vecchio rivestimento oltre che dalla possibilità che la struttura possa essere smontata e poi rimontata.

Nel caso di strutture in acciaio verniciato si deve stabilire a priori, in base all'entità del degrado subito dal rivestimento, se operare una totale rimozione dello stesso e degli ossidi o se limitare l'azione di preparazione superficiale solo alle zone più danneggiate.

**Per le strutture che non possono essere smontate** l'unico trattamento consigliabile è la sabbiatura, che consiste nello spruzzare mediante aria compressa un materiale abrasivo (sabbia), capace di rimuovere sia il vecchio rivestimento che gli ossidi.

Per il grado di finitura superficiale finale si può far riferimento a normative esistenti da tempo.

Dopo la preparazione superficiale si deve effettuare il ciclo di verniciatura.

Il primo strato protettivo (*primer*), solitamente di spessore 20-40 µm, deve avere tre caratteristiche fondamentali:

- 1-contenere sostanze (pigmenti) passivanti;
- 2-avere un'ottima adesione al substrato metallico;
- 3-consentire un buon ancoraggio con lo strato di vernice successivo (seconda mano).

La verniciatura si eseguirà come segue:

## PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

1. sabbiatura con finitura almeno del tipo *Sa 2,5*;
2. n. 2 mani di *primer* a base di PVC modificato alchidico con cromato di zinco (80-100  $\mu\text{m}$ );
3. n. 2 mani intermedie di vernice a base di PVC modificato alchidico pigmentato con ossido di ferro micaceo (120  $\mu\text{m}$ );
4. n. 1 mano finale di PVC alchidico pigmentato con il colore desiderato (30  $\mu\text{m}$ ). Quando si deve intervenire su strutture con il rivestimento organico ancora in gran parte sufficientemente protettivo il trattamento superficiale può essere effettuato rimuovendo dalle parti corrose la ruggine in modo completo oppure togliendo solo le parti incoerenti. Nel primo caso si può operare a seconda dell'estensione delle zone da trattare con la sabbiatura o la spazzolatura. Contemporaneamente occorrerà riattivare lo strato di vernice già esistente mediante carte abrasive o con una leggera sabbiatura per rimuovere lo strato esterno interessato dagli agenti atmosferici. Successivamente nelle zone riportate a metallo nudo occorrerà applicare uno o due strati di *primer* passivante oppure un *primer* a base di polvere di zinco in veicolo organico e con legante compatibile al tipo di vernice già preesistente sulla struttura; quindi, una o due mani intermedie. Infine, su tutta la struttura sarà apportato lo strato di finitura compatibile sia con il tipo di vernice persistente, sia con il ciclo di ripristino effettuato. La verniciatura su parti rugginose, grossolanamente preparate, sarà costituita da:
  1. *primer* in veicolo organico e legante alchidico con pigmento a base di ossidi rossi di piombo;
  2. una ulteriore mano su tutta la superficie con lo stesso *primer*;
  3. due mani di finitura sempre a base alchidica pigmentate con ossido di ferro micaceo per un totale di 250-300  $\mu\text{m}$  di spessore.

**Le strutture zincate e verniciate** richiedono un'ulteriore attenzione rispetto a quelle in acciaio poichè la superficie dello zinco è molto più reattiva.

La manutenzione delle strutture zincate e verniciate è rivolta a ripristinare lo strato di vernice che si è grossolanamente distaccato dal substrato di zinco.

Il ripristino della verniciatura prevede una pulizia della superficie che può essere fatta ad umido lavando con acqua calda contenente il 5-10% di soda caustica, aiutandosi con spazzole o con getti di vapore additivato sempre con sostanze alcaline.

La preparazione migliore comunque rimane una sabbiatura leggera che rimuova solo i prodotti di corrosione dello zinco (ruggine bianca) e al massimo 2-5  $\mu\text{m}$  di zinco metallico.

Successivamente la superficie deve essere trattata con sostanze capaci di formare strati passivi tipo acido fosforico o cromato o bicromato di sodio che servono anche da ancorante per gli strati di vernice successivi.

Saranno utilizzati *primer* passivanti contenenti zinco cromato, stronzio cromato o piombo silicocromato in concentrazioni pari al 5-10%, seguiti dai soliti cicli di verniciatura.

E' importante, in ogni caso, utilizzare vernici con leganti non saponificabili. Tra le migliori vernici per le superfici zincate si possono annoverare quelle poliviniliche o polivinilideniche, acriliche e metacriliche, epossidiche.

In presenza di macchie di ruggine rossa, l'intervento migliore consiste nel rimuovere tali prodotti di corrosione mediante azione meccanica riportando completamente a nudo l'acciaio e quindi operare una zincatura localizzata mediante spruzzatura di zinco fuso oppure stendere uno strato di *primer* zincante a base di polvere di zinco metallico.

Una concomitante pulitura generale di tutta la superficie della struttura con una successiva verniciatura garantisce una lunga durata del rivestimento.