

PROVINCIA DI AREZZO

OGGETTO
CONSOLIDAMENTO DELLE SPALLE DEL PONTE SUL CANALE
MAESTRO DELLA CHIANA LUNGO LA S.P. 27 DI
CASTRONCELLO-BROLIO

CATEGORIA PROGETTO

STRUTTURE - PFTE

CONTENUTO TAVOLA

RELAZIONE DI CALCOLO - PRIMO LOTTO

ALLEGATO

A08_1

ARCHIVIO

ST-22-042

COMMITTENTE

Provincia di Arezzo

PROPRIETARIO

Provincia di Arezzo

DATA

16/12/2024

STATO

-

UNITA' DI MISURA

-

SCALA

-

REVISIONI

-

-

-

-

ELABORATO N°

—



STUDIO TECNICO CAPPELLETTI

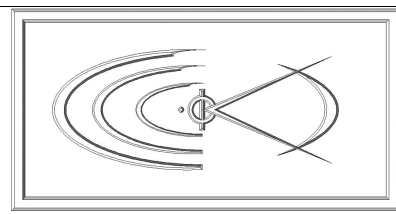
Via Adua, 60 - 52043 Castiglion Fiorentino
tel 0575/657108 - fax 0575/1710180
e-mail: info@cappellettiassociati.it
www.cappellettiassociati.it

IL PROGETTISTA

Ing. Nicola Cappelletti

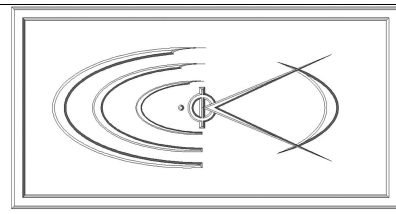
IL DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. Nicola Cappelletti



Indice

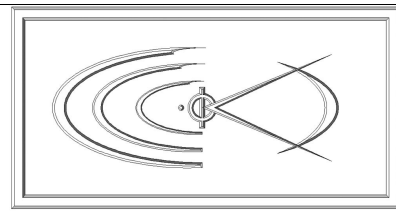
1 TIPO DI ANALISI E MOTIVAZIONE.....	3
2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	4
2.1 Affidabilità dei codici utilizzati.....	4
2.2 Validazione dei codici.....	4
3 AZIONI SULLA COSTRUZIONE.....	5
3.1 Azione sismica.....	5
3.2 Azione della neve.....	5
3.3 Azioni del vento.....	5
3.4 Azioni dovute alla temperatura.....	6
3.5 Azioni antropiche e pesi propri.....	6
3.5.1 Carreggiata.....	6
4 VERIFICHE STRUTTURALI ELEMENTI MODELLATI.....	7
4.1 Nota sulla modellazione	7
4.2 Informazioni sull'elaborazione.....	7
4.3 Giudizio motivato di accettabilità.....	8
4.4 Tabulati di calcolo.....	8
5 VERIFICHE STRUTTURALI.....	9
5.1 Nota sulla realizzazione della palificata.....	9



1 TIPO DI ANALISI E MOTIVAZIONE

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per maggiori dettagli fare riferimento al fascicolo di calcolo A09.



2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Produttore	S.T.S. s.r.l.
Titolo	CDB
Versione	Rel. 2024
Nro Licenza	21298

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. - Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri

95030 Sant'Agata li Battiati (CT)

2.1 Affidabilità dei codici utilizzati

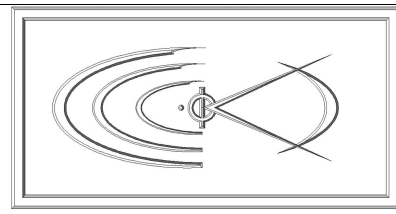
L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all'indirizzo:

<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>

2.2 Validazione dei codici

L'opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro calcolista.



3 AZIONI SULLA COSTRUZIONE

3.1 Azione sismica

Ai fini delle NTC 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 2 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

L'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle NTC, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

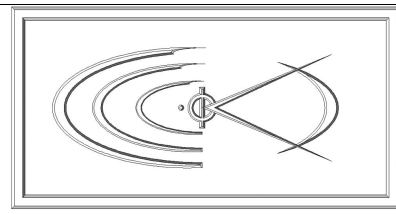
L'entità e le caratteristiche che hanno condotto alla determinazione dell'azione sismica sono tutte riportate all'interno del fascicolo di calcolo (**A09**).

3.2 Azione della neve

L'azione della neve risulta essere trascurabile per il tipo di intervento non agendo nelle combinazioni sismiche.

3.3 Azioni del vento

L'azione orizzontale del vento risulta essere trascurabile rispetto al tipo di intervento e al tipo di struttura.



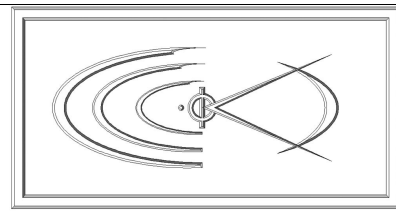
3.4 Azioni dovute alla temperatura

Viste le ridotte dimensioni della struttura gli effetti dovuti alle variazioni termiche sono irrilevanti e non riportati nei calcoli.

3.5 Azioni antropiche e pesi propri

3.5.1 Carreggiata

G₂ (permanenti portati)	Finitura	$0,07\text{m} \cdot 17\text{kN/m}^3$	1,50	q [kN/m ²]
Totale G₂			1,50	q [kN/m²]
Q_{kl} (carichi accidentali)	Vedi combinazioni di carico		-	q [kN/m ²]
Totale Q_{kl}			-	q [kN/m²]



4 VERIFICHE STRUTTURALI ELEMENTI MODELLATI

Come già anticipato le verifiche di **micropali e cordolo** sono state condotte mediante l'utilizzo di apposito software di calcolo agli elementi finiti a cui si fa riferimento (vedi allegati **A09**).

4.1 Nota sulla modellazione

La struttura risulta realizzata da una palificata composta da pali e cordoli, ed è stata modellata mediante apposito software agli elementi finiti.

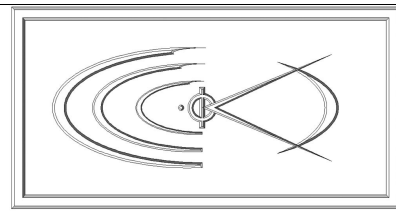
4.2 Informazioni sull'elaborazione

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.
- Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.



4.3 Giudizio motivato di accettabilità

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, è stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del CDSWin, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione.

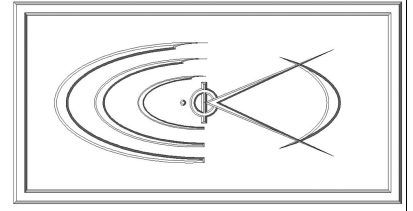
Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

4.4 Tabulati di calcolo

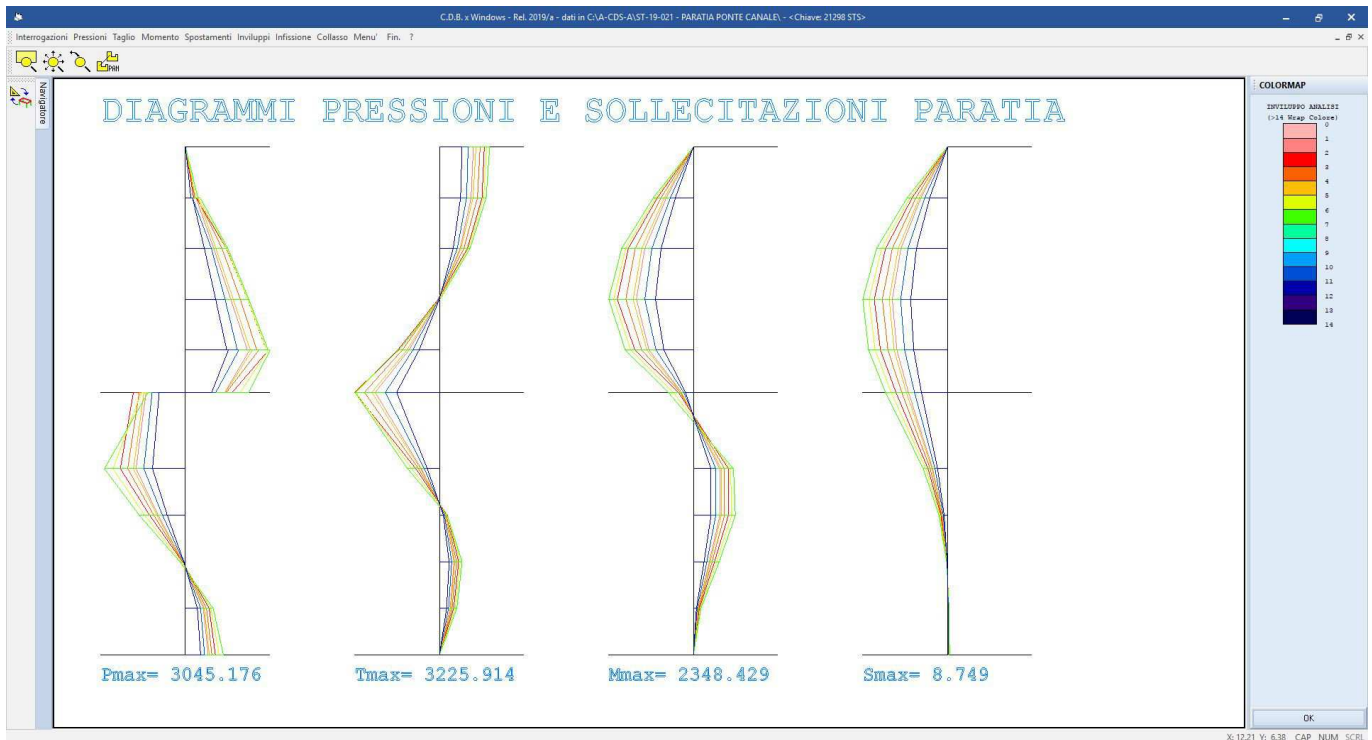
Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda agli allegati "Fascicolo dei calcoli" costituente parte integrante della presente relazione (A09).



5 VERIFICHE STRUTTURALI

5.1 Nota sulla realizzazione della palificata

La palificata è composta da micropali in calcestruzzo armato Ø20/60cm, armati da calcolo con 6 Ø20.

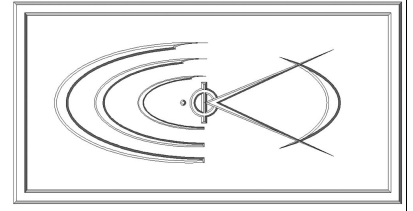


Il momento sollecitante sulla palificata (ogni metro lineare) è pari a:

$$M_{Ed} = 23,50\text{kNm}$$

per cui sul singolo palo (interasse 60cm) si ha un momento sollecitante pari a:

$$M_{Ed} = 0,6 \cdot 23,50\text{kNm} \approx 15,00\text{kNm}$$



Armatura di calcolo del palo:

- 6 Ø20 → $A_s = 18,85\text{cm}^2$

Caratteristiche statiche sezione parzializzata

Area = 408.3 cm^2

Momenti d'inerzia baricentrici

$J_xG = 6,702\text{ cm}^4$

$J_yG = 6,702\text{ cm}^4$

Verifica C.A. S.L.U. - File: sezione palo

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 10 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 6
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 4.8 [cm]

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su} 67.5 %	ϵ_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5
E_s 200,000 N/mm ²	f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 %	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.7333
	τ_{c1} 2.114

Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U., Metodo n

Verifica C.A. S.L.U. - File: sezione palo equivalente

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 10 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 6
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 4.8 [cm]

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su} 67.5 %	ϵ_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5
E_s 200,000 N/mm ²	f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 %	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.7333
	τ_{c1} 2.114

Metodo di calcolo: S.L.U.+, S.L.U., Metodo n

Vertici: 52, N° rett.: 100

σ_c -10.87 N/mm², σ_s 227.2 N/mm²

ϵ_s 1.136 %, d 15.2 cm

x 8.433, x/d 0.5548

Tale armatura può essere sostituita con un profilo tubolare tondo Ø139,7mm sp.8 mm. Ai fini del calcolo dell'equivalenza l'area del profilo viene schematizzata con l'area equivalente di barre metalliche.

Armatura di calcolo del palo equivalente:

- tubolare tondo Ø139,7mm sp.8 mm → $A_s = 33,10\text{cm}^2$
- armatura equivalente 42 Ø10 → $A_s = 32,99\text{cm}^2$

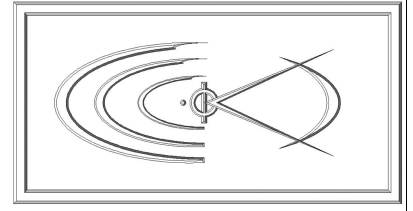
Caratteristiche statiche sezione parzializzata

Area = 630.8 cm^2

Momenti d'inerzia baricentrici

$J_xG = 14,000\text{ cm}^4$

$J_yG = 14,000\text{ cm}^4$



Verifica C.A. S.L.U. - File: sezione palo equivalente

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 10 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 42
- Diametro barre: 1 [cm]
- Copriferro (baric.): 3.4 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 15 kNm
M_{yEd}: 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Materiali

S355 C32/40

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 338.1 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200,000 N/mm² f_{cd}: 18.13 ‰
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.691 ‰ σ_{c,adm}: 12.25
σ_{s,adm}: 0 N/mm² τ_{co}: 0.7333
τ_{c1}: 2.114

Calcola MRd **Dominio M-N**

L_o: 0 cm Col. modello

x: 8.522 x/d: 0.5134 δ: 1

Precompresso

Verifica

Vertici: 52 N° rett.: 100

N° iterazioni: 3

Precompresso

Il palo armato con un profilo tubolare Ø139,7mm sp.8 mm risulta quindi di caratteristiche di resistenza e deformabilità nettamente superiori rispetto al palo armato con 6 Ø20.

Inoltre il momento resistente del solo tubolare è pari a:

$$M_{Rd} = W_{el} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 103119 \text{ mm}^3 \cdot 355 \text{ N/mm}^2 / 1,05 = 34,86 \text{ kNm} \gg 15 \text{ kNm} = M_{cd}$$

Tale soluzione risulta quindi abbondantemente cautelativa ed eventualmente ottimizzabile in fase di progettazione esecutiva.