

PROPRIETÀ: COMUNI DI CESENATICO, GATTEO, GAMBETTOLA, LONGIANO, MONTIANO E RONCOFREDDO

UBICAZIONE: COMUNI DI CESENATICO, GATTEO, GAMBETTOLA, LONGIANO, MONTIANO E RONCOFREDDO

OGGETTO: PISTA CICLABILE LUNGO IL TORRENTE RIGOSSA NEI COMUNI DI CESENATICO, GATTEO, GAMBETTOLA, LONGIANO, MONTIANO E RONCOFREDDO
BANDO DI FINANZIAMENTO "PR FESR 2021-2027 - AZIONE 2.8.1: BANDO PER FAVORIRE LA REALIZZAZIONE DI PISTE CICLABILI E PROGETTI DI MOBILITA' DOLCE E CICLOPEDONALE" DI CUI ALLA DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE 658 DEL 27/04/2023
CUP: D51B23000230006

CONTENUTO: Relazione di calcolo strutturale - Integrativa
Opere di fondazione in c.a.

PROGETTISTA: RTI COSTITUITA DA: ING. MARCO NORI (CAPOGRUPPO),
DOTT. LORIS VENTURINI, (MANDATARIO), MONITORA SAS (MANDATARIO)

P.F.T.E.

Data 10/03/2025

ELABORATO

2.1

FIRMA COMMITTENTE/I

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA

2.1 ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Il progetto in esame è relativo alla realizzazione di una passerella ciclo-pedonale da realizzare sul rio Rigossa nel comune di Gambettola (FC), in prossimità della via Montello.

L'intervento suddetto rientra fra quelli individuati dal D.M. 17/01/2018 come **“nuova costruzione”**.

La presente relazione riguarda la parte fondale su cui poggerà la nuova passerella avente struttura lignea. Le fondazioni saranno costituite da due selle in c.c.a. (una per ogni argine), ciascuna composta da una trave in elevazione appoggiata su due pali di fondazione, che hanno il compito di trasmettere il carico agli strati più resistenti del terreno.

2.1.A DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, MORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO E CON L'INDICAZIONE, PER ENTRAMBE LE TEMATICHE, DI EVENTUALI PROBLEMATICHE RISCONTRATE E DELLE SOLUZIONI IPOTIZZATE, TENUTO CONTO ANCHE DELLE INDICAZIONI DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA

Il progetto in esame è relativo alla nuova costruzione di una passerella ciclo-pedonale da realizzare sul Rio Rigossa, in prossimità di via Montello, in Gambettola (FC), in zona di pianura a media densità edificatoria, in zona classificata sismica di “tipo 2” ai sensi del D.M. 17/01/2018.

L'intervento descritto nella presente relazione riguarda le sole fondazioni della nuova passerella, da realizzare in C.C.A. gettato in opera, costituite da pali trivellati di lunghezza 8 m, collegati in testa da una trave in elevazione che funge da sella di appoggio per la passerella lignea sovrastante; il tutto come da disegno allegato.

L'intervento è previsto sugli argini del rio Rigossa posti in prossimità della via Montello, da realizzare nel rispetto degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica (come da relazioni e disegni già allegati alle pratiche edilizie depositate al competente Ufficio Comunale) e quindi non vi sono interazioni con aree o strutture esterne di altra proprietà.

Dal punto di vista geologico (come riportato nelle specifiche relazioni allegate alla presente pratica sismica) si può affermare che si ha a che fare con una tipologia di terreno costituita da un susseguirsi di strati argillosi con buone caratteristiche meccaniche e strati più sottili di sabbie. Pertanto si è deciso di utilizzare come tipologia fondale quella di tipo profonda con pali trivellati.

I pali avranno lunghezza pari a 8m in modo da ancorare la nuova passerella al di sotto del livello dell'alveo del Rio Rigossa direttamente negli strati aventi consistenza e caratteristiche geotecniche migliori, idonee per il progetto in esame. La falda è stata rilevata durante le prove a quota 3.6/3.7 m e quindi si consiglia di prevedere idonei accorgimenti contro l'acqua durante le perforazioni per la realizzazione dei pali di fondazione.

Il sito in oggetto, nella configurazione attuale, si presenta stabile e si può ipotizzare che l'intervento in progetto sia tale da non alterare la stabilità complessiva dell'area in esame (argini del rio).

2.1.B DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA, SIA IN ELEVAZIONE CHE IN FONDAZIONE, E DELLA TIPOLOGIA DI INTERVENTO, CON INDICAZIONE DELLE DESTINAZIONI D'USO PREVISTE PER LA COSTRUZIONE, DETTAGLIATE PER OGNI LIVELLO ENTRO E FUORI TERRA, E DEI VINCOLI IMPOSTI DAL PROGETTO ARCHITETTONICO;

La nuova struttura sarà realizzata in area pubblica, in corrispondenza degli argini rialzati del rio Rigossa, senza alcuna interazione con le costruzioni private che si trovano in prossimità dell'area di intervento.

L'intervento prevede la realizzazione una nuova passerella ciclopedonale avente struttura in legno lamellare, in grado di svolgere autonomamente la funzione portante (sia statica che sismica) con nuove travi principali e secondarie come da disegni esecutivi strutturali allegati.

La strutturalinea poggerà su di una trave in acciaio a sua volta posta al di sopra delle fondazioni profonde costituite da una trave orizzontale che fungerà da sella tra due pali trivellati, questo in corrispondenza di ogni argine, il tutto in C.C.A. gettato in opera, in modo tale da creare un sicuro vincolo per la sovrastruttura in elevazione.

L'intervento in oggetto e' classificabile fra' quelli di **"nuova costruzione"** ai sensi del D.M. 17/01/2018.

La nuova passerella sarà di tipo ciclo-pedonale, per i carichi considerati si veda la relazione 2.3 dedicata alla passerella ligna.

Le verifiche dei vari elementi strutturali sono state condotte nel rispetto della normativa vigente facendo riferimento al metodo degli stati limite ultimi (SLU) e degli stati limite di esercizio (SLE) ai sensi del D.M.17/01/2018.

La valutazione della sicurezza rispetta le specifiche di legge, in particolare l'equazione formale $R_d \geq E_d$, con R_d resistenza di progetto e E_d valore di progetto dell'effetto delle azioni.

Data la presenza di nuove strutture Lignee ed in C.C.A. l'intervento rientra nel campo di applicazione della Legge 1086/71.

2.1.C NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI , TRA CUI LE EVENTUALI PRESCRIZIONI SISMICHE CONTENUTE NEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA;

Il calcolo ed il progetto delle strutture è stato eseguito in conformità alle norme vigenti ed in particolare modo seguendo le indicazioni delle NTC 2018.

Norme di riferimento cogenti

TESTO UNICO SULLE COSTRUZIONI

- D.M. 17 Gennaio 2018.

Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni.

Altre norme e documenti tecnici integrativi.

- Circolare n°7 C.S.LL.PP. del 21 Gennaio 2019.

Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018".

La presente circolare costituisce un sicuro compendio alla norma tecnica indicata e quindi viene presa a base del calcolo per tutto quanto non meglio definito nelle NTC 2018 stesse.

2.1.D DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO CHE CONCORRONO ALLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE DEL SITO (VITA NOMINALE - VN, CLASSE D'USO, PERIODO DI RIFERIMENTO VR, CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO, CATEGORIA TOPOGRAFICA, AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA, ZONA SISMICA DEL SITO, COORDINATE GEOGRAFICHE DEL SITO), DELLE AZIONI CONSIDERATE SULLA COSTRUZIONE E DEGLI EVENTUALI SCENARI DI AZIONI ECCEZIONALI;

Per tale paragrafo si rimanda ai calcoli della struttura della passerella lignea presenti nella relazione dedicata 2.3.

Per le coordinate geografiche e per i parametri caratterizzanti la pericolosità sismica di base che sono stati utilizzati si rimanda sempre alla relazione di calcolo 2.3 della passerella in legno.

L'azione sismica individuata dalla pericolosità sismica di base deve quindi essere variata per tener conto delle effettive condizioni stratigrafiche e topografiche del sito di costruzione.

A tal proposito si sono definiti , in funzione delle categorie topografiche e di sottosuolo individuate nelle **Relazioni Geologica e Geotecnica**, i valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s) e topografica (S_r) come di seguito indicati e in accordo con il punto 3.2 del D.M. 17-01-2018:

Categoria di sottosuolo C	$S_s=1,42$ (SLV) = 1,5 (SLD)
Categoria topografica T2	$S_r=1,2$

Struttura posta in “**zona sismica 2**” ai sensi delle NTC. 2018.

Gli spettri di risposta elastica per il sito in oggetto sono riportati nelle relazioni di calcolo della **Passerella in legno**.

I carichi complessivi considerati nel calcolo delle fondazioni sono quelli riportati nei tabulati di stampa e negli esecutivi della sovrastruttura in legno.

Le travi lignee principali della passerella sono vincolate alla fondazione in C.C.A. mediante vincoli schematizzabili a cerniere e trasmettono alla stessa sforzi normali e tagli nei due versi, nei relativi punti di applicazione derivanti dalla sollecitazioni statiche e sismiche.

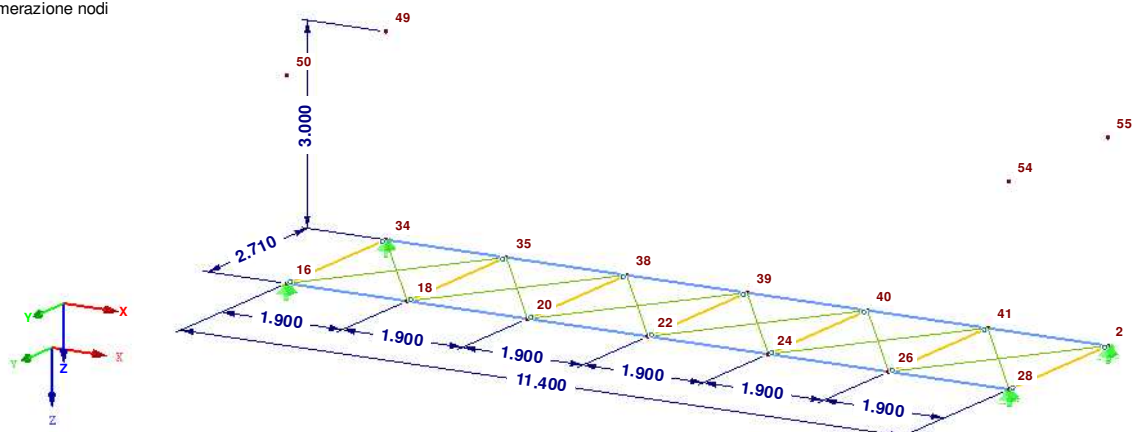
- Si e' fatto riferimento al punto 7 delle NTC 2018, per verifica fondazioni e portanza terreno (Azioni con sisma).
- Si e' fatto riferimento alle NTC 2018 con azioni ultime non sismiche, per verifica fondazioni e portanza terreno (Azioni SLU senza sisma).
- Si e' infine fatto riferimento alle NTC 2018 con azioni in esercizio, per verifica fondazioni, portanza terreno e cedimenti (Azioni SLE valutate a favore di sicurezza sia per il modello con Azioni con sisma sia per quello con Azioni SLU senza sisma).

A favore di sicurezza è stata calcolata una sola sella di fondazione, alla quale sono state applicate le sollecitazioni massime assolute derivanti dalle varie combinazioni di carico anche qualora queste non fossero agenti contemporaneamente.

Sono stati presi in considerazione tali calcoli, dimensionando i vari elementi strutturali in modo tale che le verifiche siano sempre soddisfatte.

Non sono state previste, in quanto non richieste , azioni eccezionali.

Si riportano di seguito le sollecitazioni considerate e i carichi da cui sono state dedotte:



Combinazioni di carichi considerate

Carichi statici

CR1 - Involuppo SLU finale

Nodo nr.		Forze vincolari [kN]			Momenti vincolari [kNm]		
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z
2	Max	0,00	29,00	74,15	0,00	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min P _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _y	0,00	29,00	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 6
	Min P _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _x	0,00	0,00	74,15	0,00	0,00	0,00 CO 2
	Min P _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Max	6,04	1,30	74,15	0,00	0,00	0,00
	Min	-4,13	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _z	6,04	-0,05	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 5
	Min P _z	-4,13	1,30	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 6
	Max P _y	-4,13	1,30	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 6
	Min P _y	6,04	-0,05	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 5
	Max P _x	0,00	0,00	74,15	0,00	0,00	0,00 CO 2
	Min P _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	Max	0,00	1,31	74,15	0,00	0,00	0,00
	Min	0,00	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min P _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _y	0,00	1,31	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 6
	Min P _y	0,00	-0,05	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 5
	Max P _x	0,00	0,00	74,15	0,00	0,00	0,00 CO 2
	Min P _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34	Max	6,04	30,97	74,15	0,00	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _z	6,04	0,05	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 5
	Min P _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _y	4,13	30,97	22,01	0,00	0,00	0,00 CO 6
	Min P _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max P _x	0,00	0,00	74,15	0,00	0,00	0,00 CO 2
	Min P _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Min M _x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

CR17 - Involuppo tra CR14, CR15, CR16								
Nodo nr.		Forze vincolari [kN]			Momenti vincolari [kNm]			
		P _{x'}	P _{y'}	P _z	M _{x'}	M _{y'}	M _z	
2	Max	0,00	0,55	19,89	0,00	0,00	0,00	
	Min	0,00	-0,55	11,93	0,00	0,00	0,00	
	Max P _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _y	0,00	0,55	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _y	0,00	-0,55	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _z	0,00	0,00	19,89	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _z	0,00	0,00	11,93	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
16	Max	9,54	16,22	19,86	0,00	0,00	0,00	
	Min	-9,54	-16,22	11,96	0,00	0,00	0,00	
	Max P _x	9,54	-4,86	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _x	-9,54	4,86	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _y	-1,55	16,22	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _y	1,55	-16,22	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _z	0,00	0,00	19,86	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _z	0,00	0,00	11,96	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
28	Max	0,00	15,74	19,86	0,00	0,00	0,00	
	Min	0,00	-15,74	11,96	0,00	0,00	0,00	
	Max P _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _y	0,00	15,74	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _y	0,00	-15,74	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _z	0,00	0,00	19,86	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _z	0,00	0,00	11,96	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
34	Max	9,54	0,55	19,89	0,00	0,00	0,00	
	Min	-9,54	-0,55	11,93	0,00	0,00	0,00	
	Max P _x	9,54	0,16	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _x	-9,54	-0,16	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _y	1,53	0,55	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _y	-1,53	-0,55	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max P _z	0,00	0,00	19,89	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min P _z	0,00	0,00	11,93	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _x	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _y	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Max M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12
	Min M _z	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	0,00	CC 1,2,7-12

Riassumendo, in corrispondenza della testa del palo sono state considerate le seguenti azioni massime:

	Forze vincolari [kN]			Momenti vincolari [kNm]		
	P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z
Max	9,54	30,97	74,15	0,00	0,00	0,00

Inoltre sono stati considerati i carichi riportati in precedenza inputati direttamente sulla fondazione fattorizzati come di seguito:

- Peso proprio TRAVE e PALI fattorizzato per 1,3
- Pesi permanenti portati fattorizzati per 1,1 (essendo i valori già stati incrementati per 1,5)
- Carichi accidentali fattorizzati per 1,1 (essendo i valori già stati incrementati per 1,5)

2.1.E DESCRIZIONE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI PER USO STRUTTURALE , DEI REQUISITI DI RESISTENZA MECCANICA E DI DURABILITA' CONSIDERATI;

Per pali di fondazione e Trave in C.C.A. verrà usato calcestruzzo di classe di resistenza C32/40 con $f_{cd} = 181 \text{ kg/cm}^2$, classe di esposizione XF1 , classe di consistenza S4-S5 , diametro massimo inerte 16 mm..

L'acciaio per cemento armato sarà del tipo B450C con $1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$, $(f_y/f_{ynom})_k \leq 1,25$ e $f_{yd} = 3913 \text{ kg/cm}^2$.

E' possibile comunque utilizzare acciaio B450A , con diametri compresi fra 5 e 10 mm. , per le reti elettrosaldate nonché per le staffe in strutture aventi CD "B".

Verranno usati inerti pulitissimi e di granulometria appropriata in modo da conferire al calcestruzzo ottenuto l'adeguata durabilità.

La posa in opera dei suddetti materiali avverrà nel rispetto delle norme di legge.

Valori di calcolo.

Le massime tensioni considerate per il calcolo delle strutture fondali sono:

calcestruzzo per pali di fondazione e trave in C.C.A.

$f_{cd} = 181 \text{ kg/cm}^2$.

acciaio per calcestruzzo

$f_{yd} = 3913 \text{ kg/cm}^2$.

2.1.F ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI MODELLAZIONE: CLASSE DI DUTTILITA'-CD , REGOLARITA' IN Pianta ED IN ALZATO , TIPOLOGIA STRUTTURALE , FATTORE DI STRUTTURA – Q E RELATIVA GIUSTIFICAZIONE , STATI LIMITE INDAGATI , GIUNTI DI SEPARAZIONE FRA STRUTTURE CONTIGUE , CRITERI PER LA VALUTAZIONE DI ELEMENTI NON STRUTTURALI E DEGLI IMPIANTI , REQUISITI DELLE FONDAZIONI E COLLEGAMENTI TRA FONDAZIONI , SVINCOLAMENTI INTERNI E/O ESTERNI , SCHEMI STATICI ADOTTATI;

L'intervento prevede la realizzazione di una nuova passerella ciclo-pedonale sul rio rigossa in legno lamellare e acciaio in grado di svolgere la funzione portante (sia statica che sismica), con travi e controventi come da disegni esecutivi strutturali allegati.

A tali esecutivi e relazioni di calcolo si rimanda per la definizione dei criteri di progettazione adottati.

Le fondazioni saranno in C.C.A. gettato in opera con pali di fondazione trivellati di lunghezza 8 m collegati in testa da una trave in elevazione che fungerà da sella di appoggio per la nuova passerella, idonea per il caso in esame.

Il calcolo delle fondazioni è stato eseguito tramite modello di calcolo che tiene in conto degli scarichi più graviosi della sovrastruttura lignea. Si sono considerati pali trivellati di diametro 60 cm e lunghezza 8 m misurati dall'intradosso della trave di collegamento in elevazione su cui appoggerà la nuova passerella.

Nel modello di calcolo sono stati considerati i carichi massimi derivanti dalle varie combinazioni di carico utilizzate per la verifica della sovrastante passerella lignea, agenti contemporaneamente in direzione x e in direzione y (tutto ciò a sicuro vantaggio della sicurezza, il tutto fattorizzato per 1,1).

Le verifiche dei vari elementi strutturali sono state condotte nel rispetto della normativa vigente facendo riferimento al metodo degli stati limite ultimi (SLU) e degli stati limite di esercizio (SLE) ai sensi del D.M.17/01/2018.

La valutazione della sicurezza rispetta le specifiche di legge , in particolare l'equazione formale $R_d \geq E_d$, con R_d resistenza di progetto e E_d valore di progetto dell'effetto delle azioni.

La nuova costruzione ha un comportamento strutturale autonomo e non è influenzata da altre costruzioni vicine.

La struttura non presenta dei giunti sismici.

Si evidenzia che le fondazioni della passerella in esame sono state calcolate in automatico dal programma di calcolo CDSWIN in modo conforme alle specifiche del punto 7.2.5 del D.M. 17/01/2018.

Il calcolo strutturale ed il calcolo della portanza delle fondazioni è eseguito considerando un calcolo secondo NTC 2018 con **“approccio tipo 2”**.

Le fondazioni presenti sono tali da formare un reticolo rigido in grado di fare fronte positivamente alle eventuali azioni assiali definite al punto 7.2.5 del D.M. 17/01/2018.

Sono allegati alla presente tutti i tabulati di stampa delle verifiche condotte nelle varie combinazioni di calcolo.

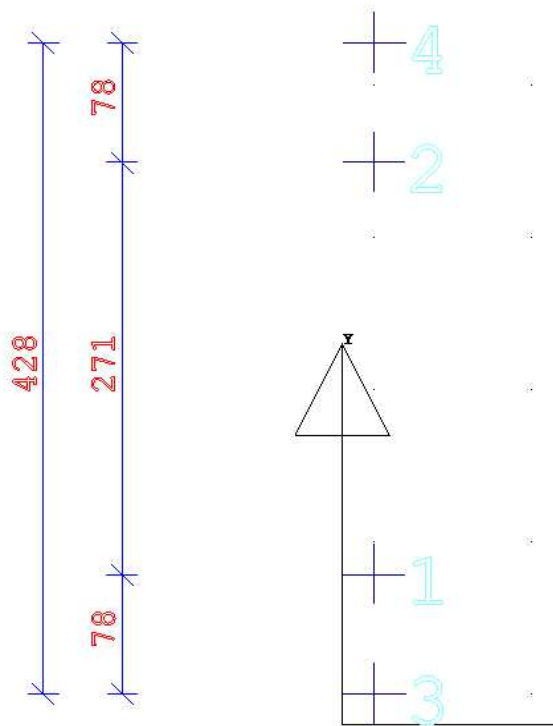
Modello numerico.

Di seguito vengono riportate le considerazioni relative al modello di calcolo utilizzato per la fondazione della struttura in esame.

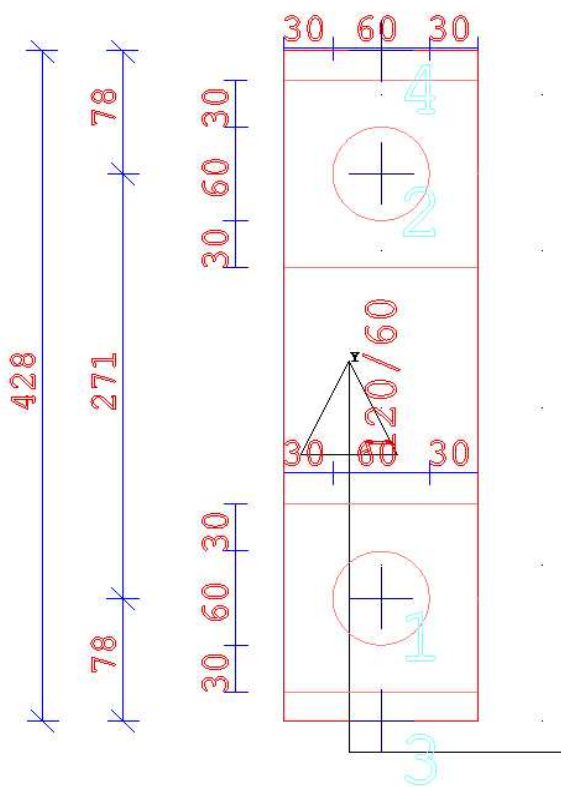
Il calcolo è stato eseguito per la singola sella presente sull'argine e vale per entrambi gli argini.

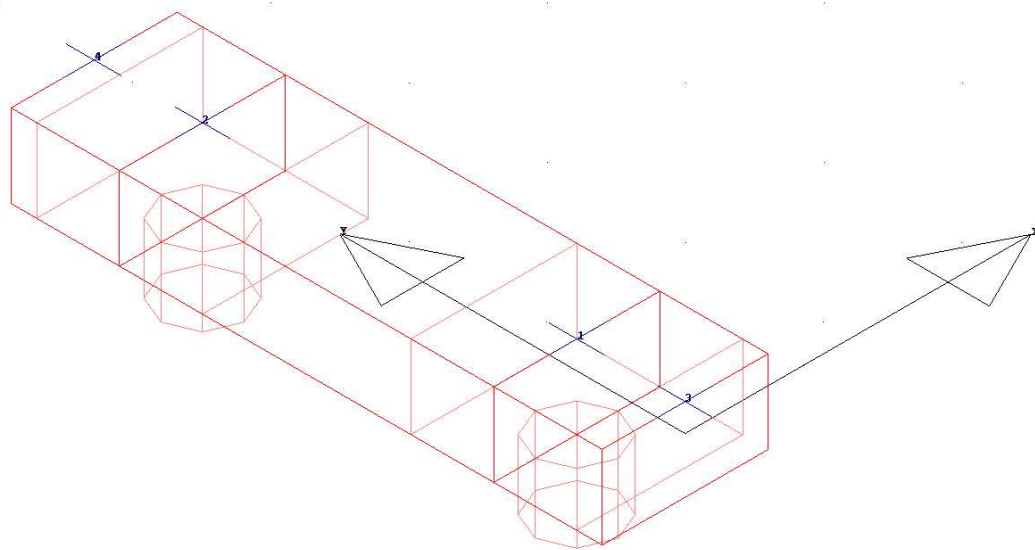
Si allegano inoltre viste bidimensionali per una migliore interpretazione degli schemi adottati.

Pianta fili fissi



Pianta SELLA DI APPOGGIO





2.1.G INDICAZIONE DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI IN RELAZIONE AGLI SLU E SLE INDAGATI: COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI , COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE;

Combinazioni e/o percorsi di carico.

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17.01.2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare , ai fini delle verifiche degli stati limite , sono state definite le seguenti combinazioni delle azioni (Cfr. al punto 2.5.3 NTC 2018):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) (2.5.1)
- Combinazione caratteristica (rara) , generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili , da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al punto 2.7 (2.5.2)
- Combinazione frequente , generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili (2.5.3)
- Combinazione quasi permanente (SLE) , generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4)
- Combinazione sismica , impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. punto 3.2 form. 2.5.5)
- Combinazione eccezionale , impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. punto 3.6 form. 2.5.6)

Nelle combinazioni per SLE, sono stati omessi i carichi Qkj dal momento che hanno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G2.

Altre combinazioni sono state considerate in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.), ove nelle formule il simbolo “+” è da intendersi “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono stati desunti dalle norme (Cfr. punto 2.6.1, Tab. 2.6.1)

Per le combinazioni sismiche:

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio sono state effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni (Cfr. punto 2.5.7 form. 3.2. delle NTC 2018).

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 2.5.7).

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono stati desunti dalle norme (Cfr. Tabella 2.5.I)

La struttura è stata progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, con manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado sono state stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado è stata ottenuta con un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'utilizzo, ove necessario, dell'applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Al punto i) sono riportate le caratteristiche generali di verifica agli SLU ed SLE, con i relativi coefficienti di Legge.

COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico della sovrastruttura sono riportate all'interno della relazione di calcolo 2.3 della passerella lignea.

Le combinazioni della verifica fondazioni utilizzate nel Modello di calcolo sono di seguito riportate:

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,30
Perm.Non Strutturale	1,10

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00

2.1.H INDICAZIONE MOTIVATA DEL METODO DI ANALISI SEGUITO PER L'ESECUZIONE E DELLA STESSA: ANALISI LINEARE O NON LINEARE (PRECISAZIONE DEL FATTORE Θ) , ANALISI STATICA O DINAMICA (PERIODO $T_1 < 2.5 T_C$ O T_D , REGOLARITA' IN ALTEZZA);

Per tale punto si rimanda alle verifiche riportate all'interno della relazione di calcolo 2.3 della passerella lignea.

Per i pali di fondazione e la soletta in elevazione è stato effettuato un calcolo statico lineare, con azioni dovute alle sovrastrutture lignee agenti staticamente.

2.1.I CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE INDAGATI , IN PRESENZA DI AZIONE SISMICA;**VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI.**

Le norme NTC 2018 , precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale. Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto con il Committente in funzione dell'utilizzo della struttura , della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17.01.2018 e s.m. ed i.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (**SLU**) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti , crolli parziali o globali , dissesti , che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni , provocare danni ambientali e sociali , mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (**SLE**) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni.
- Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

I principali Stati Limite Ultimi che si possono verificare sono di seguito riportati:

- a) perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- b) spostamenti o deformazioni eccessive;
- c) raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- e) raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- f) rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- g) rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- h) instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

Per le verifiche allo stato limite ultimo, in assenza di azione sismica, le sollecitazioni di calcolo vanno definite attraverso l'utilizzo della seguente combinazione di carico:

$$F_{d,SLU} = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + ..$$

dove:

G_1 è il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G_2 è il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P è il valore delle azioni di precompressione e pretensione;

Q_{k1} è il valore caratteristico dell'azione variabile dominante;

Q_{ki} valori caratteristici delle azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante;

$\gamma_{G1} = 1,3$ (1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza) per stato limite di resistenza della struttura (STR);

$\gamma_{G2} = 1,5$ (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza) per stato limite di resistenza della struttura (STR);

$\gamma_p = 1$;

$\gamma_{Qi} = 1,5$ (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza) per stato limite di resistenza (STR);

ψ_{0i} coefficiente di definizione del valore raro (o di combinazione) delle azioni variabili, rappresenta il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili. Varia in funzione dell'azione variabile considerata.

Di seguito sono riportati i valori di tabellati di γ_{Gi} , γ_{Qi} , ψ_{0i} :

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nel caso in specie trattandosi di opere di Classe II, gli stati limite da verificare ed il tipo di verifica da effettuare secondo norma sono i seguenti:

- Stato Limite di Danno (SLD) con controllo degli spostamenti;
- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con verifica di resistenza e duttilità'.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.

I principali Stati Limite di Esercizio che si possono verificare sono di seguito elencati:

- danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione.

Per le verifiche agli stati limite di esercizio, in assenza di azione sismica, le sollecitazioni di calcolo vanno definite attraverso l'utilizzo delle seguenti combinazioni di carico:

Combinazione Rara:

$$F_r = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Sigma(\Psi_{0i} Q_{ki})$$

Combinazione Frequente:

$$F_f = G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} Q_{k1} + \Sigma(\Psi_{2i} Q_{ki})$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_p = G_1 + G_2 + P + \Sigma(\Psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

G_1 è il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G_2 è il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

P è il valore delle azioni di precompressione e pretensione;

Q_{k1} è il valore caratteristico dell'azione variabile dominante;

Q_{ki} valori caratteristici delle azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante;

Ψ_{0i} coefficiente di definizione del valore raro (o di combinazione) delle azioni variabili, rappresenta il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili. Varia in funzione dell'azione variabile considerata;

Ψ_{1i} coefficiente di definizione del valore frequente delle azioni variabili, rappresenta il valore corrispondente al frattile 95 % della distribuzione temporale dell'intensità e cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento;

Ψ_{2i} coefficiente di definizione del valore quasi permanente delle azioni variabili, rappresenta la media della distribuzione temporale dell'intensità.

I coefficienti di combinazione Ψ_{0i} , Ψ_{1i} , Ψ_{2i} , possono assumere i seguenti valori:

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Nel caso in specie trattandosi di opere di Classe II, gli stati limite da verificare ed il tipo di verifica da effettuare secondo norma sono i seguenti:

- Stato Limite di Danno (SLD) con controllo degli spostamenti;
- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con verifica di resistenza e duttilità'.

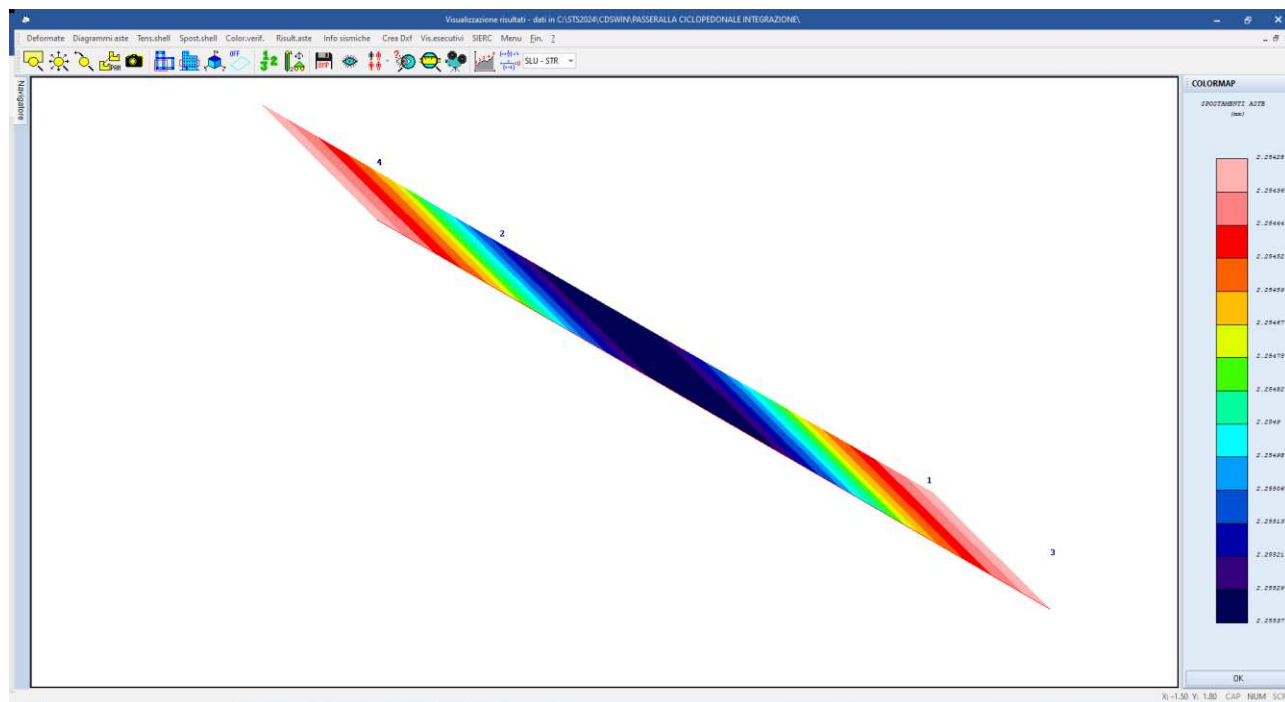
2.1.J RAPPRESENTAZIONE DELLE CONFIGURAZIONI DEFORMATE E DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE DELLE STRUTTURE PIU' SIGNIFICATIVE, COSI' COME EMERGENTI DAI RISULTATI DELL'ANALISI, SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA, E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI;

Per tale punto si rimanda alle verifiche riportate all'interno della Relazione di calcolo 2.3 della passerella lignea.

Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico.

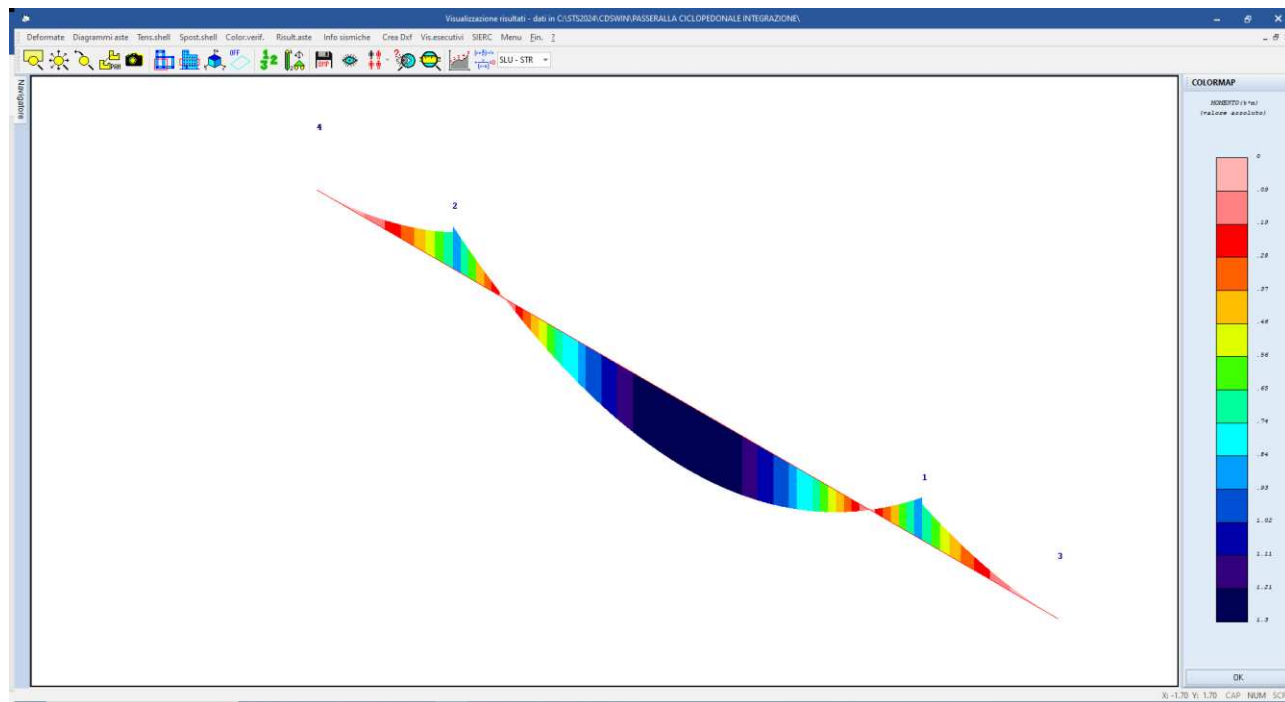
Si riportano di seguito gli schemi strutturali con evidenziate le deformate e le principali sollecitazioni agenti nei casi considerati.

Spostamenti trave

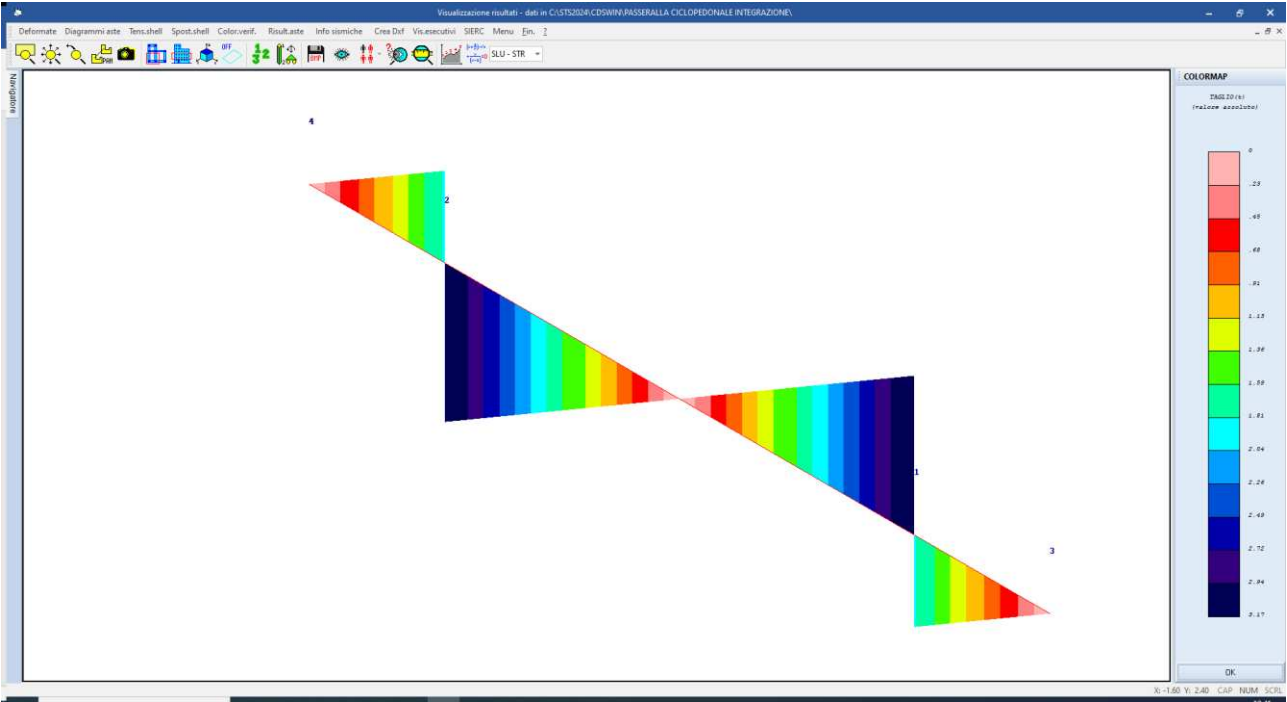


Spostamento massimo $S=2.25537$ mm.

Involuppo Momento su trave di appoggio in c.c.a.



Inviluppo Momento su trave di appoggio in c.c.a.



Si riportano di seguito a titolo esemplificativo alcuni dei risultati delle sollecitazioni e deformazioni dei pali di fondazione.

I risultati per intero sono riportati nei tabulati di stampa allegati.

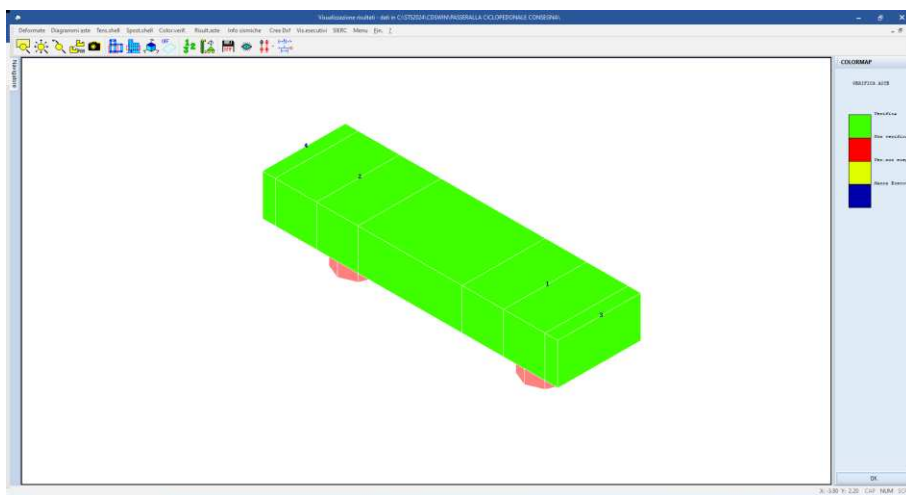
SOLLECITAZIONI PALI/MICROPALI

SOLLECITAZIONI PALI/MICROPALI									
Combinazione di calcolo Tab. A1 - Combinazione Numero: 1									
Plinto N.	Fila N.	Sez. N.	Dist. cm	Kwin Kg/cmc	N Kg	M Kgm	T Kg	Spost. mm	Press. Kg/cm ^q
1	1	1	60	0,0	15972	-2261	-3565	0,00	0,0
		2	120	0,0	16396	-4400	-3565	0,00	0,0
		3	180	0,2	16593	-6037	-2097	15,04	0,2
		4	280	1,7	13740	-2744	4433	5,93	1,0
		5	380	0,4	12388	-27	5	30,24	1,2
		6	480	0,0	16679	-22	5	0,00	0,0
		7	580	0,0	16679	-17	4	0,00	0,0
		8	680	0,0	16679	-11	6	0,00	0,0
		9	720	0,0	16962	-9	6	0,00	0,0
		10	820	0,0	16679	-5	5	0,00	0,0
		11	860	0,0	16255	-8	-14	0,00	0,0

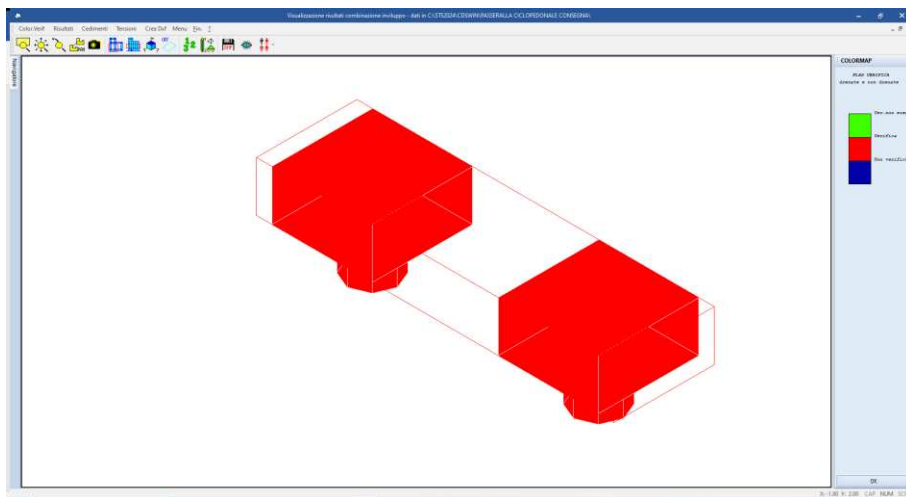
SOLLECITAZIONI PALI/MICROPALI

SOLLECITAZIONI PALI/MICROPALI									
Combinazione di calcolo Tab. A1 - Combinazione Numero: 1									
Plinto N.	Fila N.	Sez. N.	Dist. cm	Kwin Kg/cm ²	N Kg	M Kgm	T Kg	Spost. mm	Press. Kg/cm ²
2	1	1	60	0,0	15972	-2017	-3565	0,00	0,0
		2	120	0,0	16396	-4156	-3565	0,00	0,0
		3	180	0,2	16593	-5806	-2135	14,70	0,2
		4	280	1,7	13740	-2659	4293	5,70	1,0
		5	380	0,4	12388	-27	4	29,34	1,2
		6	480	0,0	16679	-21	5	0,00	0,0
		7	580	0,0	16679	-16	4	0,00	0,0
		8	680	0,0	16679	-11	5	0,00	0,0
		9	720	0,0	16962	-9	5	0,00	0,0
		10	820	0,0	16679	-5	4	0,00	0,0
		11	860	0,0	16255	-5	-4	0,00	0,0

Schema di Verifica aste in c.a.



Schema di Verifica pali in c.a.



2.1.K CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO;

Metodologia di modellazione ed analisi.

E' stata condotta l'analisi sismica considerando l'azione di forze orizzontali e verticali proporzionali alle masse presenti. La risoluzione del problema strutturale è stata eseguita adottando il metodo degli stati limite ultimi (SLU) e degli stati limite di esercizio (SLE) , secondo quanto indicato dal D.M. 17/01/2018.

In fase di modellazione si definiscono le opportune condizioni di carico cui , in fase di calcolo automatico , si associano le combinazioni di calcolo ed i relativi coefficienti moltiplicativi. Nel caso di condizioni sismiche , ogni sisma verrà considerato per ogni direzione di ingresso nei due versi ; la prima combinazione di carico è relativa ai soli carichi statici , cioè peso proprio , permanente ed accidentale , con esclusione degli effetti sismici.

Per la tabella completa delle combinazioni di carico analizzate si rimanda alle pagine successive della relazione di calcolo.

Informazione sul codice di calcolo.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo: CDSWin - CDGWin

Autore/Produttore: S.T.S. srl - Software Tecnico Scientifico

Versione: Rel. 2024

Licenza: chiave n°36077.

Affidabilità dei codici utilizzati

E' stata preliminarmente esaminata la documentazione a corredo del software e ne è stata valutata l'idoneità , con particolare riferimento al caso in oggetto. La documentazione fornita dal produttore contiene tutte le specifiche tecniche e teoriche , nonché i relativi files di input , per la corretta valutazione dell'affidabilità del codice stesso.

Informazioni generali sull'elaborazione

Al termine del calcolo automatico sono stati controllati i risultati ottenuti e la valutazione complessiva del comportamento del modello di calcolo risulta nel complesso soddisfacente: i valori delle deformazioni e delle sollecitazioni hanno ordini di grandezza del tutto compatibili con quanto l'esperienza e il predimensionamento manuale suggeriscono.

Validazione dei codici utilizzati

Si allega alla presente pratica il fascicolo di verifica e validazione del codice di calcolo , fornito dalla ditta STS e successivamente controllato e verificato dal sottoscritto progettista strutturale.

Si riportano inoltre ulteriori indicazioni generali sulla modellazione adottata e sulle procedure di verifica utilizzate dal programma di calcolo.

Modellazione della geometria e delle proprietà meccaniche.

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

In particolare le travi ed i pilastri sono state schematizzate con elementi trave a due nodi deformabili assialmente , a flessione e taglio utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite , modello finito che ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali. Gli elementi finiti a due nodi possono essere utilizzati in analisi di tipo non lineare potendo modellare non linearità sia di tipo geometrico che meccanico con i seguenti modelli :

1. Matrice geometrica per gli effetti del II° ordine;
2. Non linearità meccanica per comportamento assiale solo resistente a trazione o compressione;
3. Non linearità meccanica di tipo elasto-plastica con modellazione a plasticità concentrata e duttilità limitata con controllo della capacità rotazionale ultima delle cerniere plastiche. (per le analisi sismiche di tipo **PUSHOVER** con le modalità previste dal D.M. 17/01/2018 e s.m.i).

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio , setti , nuclei irrigidenti , piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo **shell** che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra).

Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM.

Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH.

Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Le verifiche sono state effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto , per le azioni di tipo statico e di esercizio. Per le azioni dovute al sisma (ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica) , le verifiche sono state effettuate sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

La presenza di eventuali orizzontamenti sono stati tenuti in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni è stata condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

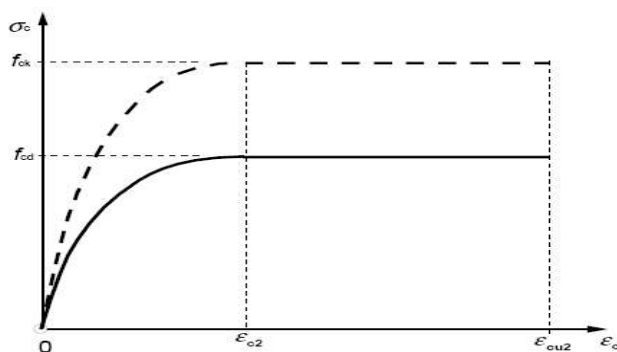
Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche sono state ottenute sia con da analisi statiche equivalenti che con da analisi dinamiche modali.

Nel caso di calcolo della capacità di una struttura progettata , o di una esistente , a resistere al sisma , con verifica dell'effettiva duttilità strutturale si è ricorso ad una analisi statica di tipo non lineare (PUSHOVER).

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare , mentre nelle eventuali analisi non lineari di tipo PUSHOVER i legami costitutivi utilizzati sono di tipo elastoplastico - incrudente a duttilità limitata , elasto-fragile , elastoplastico a compressione e fragile a trazione.

Per le verifiche sezionali sono stati utilizzati i seguenti legami:

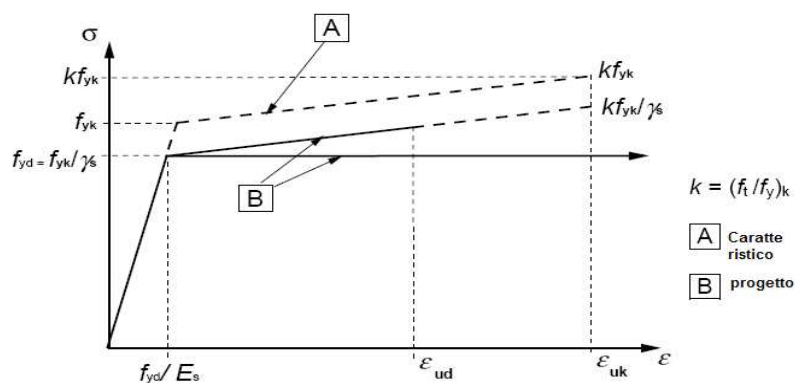
- **LEGAME PARABOLA RETTANGOLO PER IL CALCESTRUZZO**



Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo

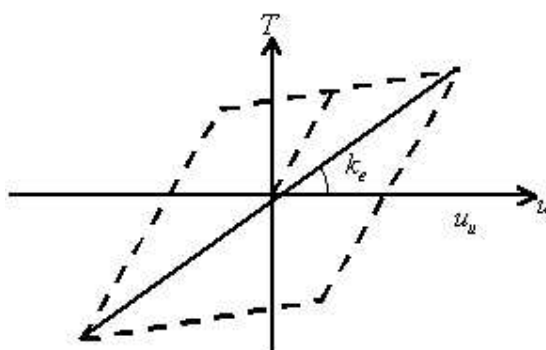
Il valore ϵ_{cu2} nel caso di analisi non lineari è stato valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.

- **LEGAME ELASTICO PREFETTAMENTE PLASTICO O INCRUDENTE O DUTTILITA' LIMITATA PER L'ACCIAIO**



Legame costitutivo di progetto acciaio per c.a.

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4
- legame elastico lineare per le sezioni in legno
- legame elasto-viscoso per gli isolatori



Legame costitutivo isolatori

Il modello di calcolo utilizzato è rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

Modellazione dei vincoli interni ed esterni.

I vincoli interni fra le varie aste in C.C.A. sono stati considerati di tipo rigido , garantendo la idonea continuità' degli elementi stessi.

I vincoli tra i vari elementi strutturali ed il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

Il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazione a platea su suolo elastico alla Winkler.

Azione Sismica.

Come indicato nelle NTC 2018 l'azione sismica è stata caratterizzata da 3 componenti traslazionali , due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z , considerate tra di loro indipendenti , ed 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 state caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono stati 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 stati forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche. In funzione di tali valori , in automatico , il programma di calcolo determina l'azione sismica del luogo considerato.

2.1.L CON RIFERIMENTO ALLE STRUTTURE GEOTECNICHE O DI FONDAZIONE: FASI DI REALIZZAZIONE DELL'OPERA , SINTESI DELLE MASSIME PRESSIONI ATTESE , CEDIMENTI E SPOSTAMENTI ASSOLUTI/DIFFERENZIALI , DISTORSIONI ANGOLARI , VERIFICHE DI STABILITA' TERRENO-FONDAZIONE ESEGUITE ED ALTRI ASPETTI E RISULTATI SIGNIFICATIVI DELLA PROGETTAZIONE DI OPERE PARTICOLARI;

Per la nuova passerella in esame sono state considerate su ogni lato, in corrispondenza di ogni argine, fondazioni profonde costituite da due pali trivellati di diametro 60 cm e lunghezza pari a 8 m, collegati fra di loro da una trave in elevazione sempre in C.A. di spessore 60 cm posta al di sotto della passerella, in modo tale da fungere da appoggio stabile e sicuro per la sovrastruttura, come da esecutivi allegati.

I pali di fondazione verranno realizzati dopo aver riprofilato gli argini dandogli la conformazione definitiva su cui impostare la futura passerella ciclopedonale ed il relativo piano di appoggio.

Le verifiche di portanza del terreno sono state eseguite in automatico dal programma di calcolo CDGWin ed i cedimenti assoluti/differenziali sono contenuti entro limiti ritenuti idonei dal sottoscritto progettista strutturale (verifiche con metodo A.G.I.)

Si evidenzia che i risultati delle verifiche fondali ricavate dal calcolo sono compatibili con il terreno presente e con le risultanze della relazione geologica.

Le verifiche dei pali sono state eseguite tenendo conto sia degli sforzi normali e dei momenti flettenti combinati fra loro, che delle azioni taglianti dovute alle azioni sismiche che si scaricano a livello fondazione.

Le verifiche dei pali inoltre sono state eseguite considerando un fattore di correlazione $\xi=1.70$ (a favore di sicurezza) ai sensi del D.M. 17/01/2018.

Sono state condotte sia verifiche allo SLU che verifiche allo SLE.

Nei tabulati di calcolo allegati sono riportate le verifiche dei pali di fondazioni in oggetto, di cui si allega stralcio.

VERIFICHE PALI

V E R I F I C H E D I R E S I S T E N Z A P A L I																
Filo N.	Sez. N.	Dist cm	Comb fles	Fil fle	Nsdu Kg	Msdu Kgm	Atot cmq	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Comb tagl	Fil tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verifica
1	1	60	1	1	15972	2261	28,3	15972	28868	1	1	4634	74458	12773	3,0	OK
1	2	120	1	1	16396	4400	28,3	16396	28933	1	1	4634	74518	12773	3,0	OK
1	3	180	1	1	16593	6037	28,3	16593	28963	1	1	2726	74546	12773	3,0	OK
1	4	280	1	1	13740	2744	28,3	13740	28525	1	1	5763	74143	12773	3,0	OK
1	5	380	1	1	12388	27	28,3	12388	28319	1	1	6	73952	12773	3,0	OK
1	6	480	1	1	16679	22	28,3	16679	28976	1	1	7	74558	12773	3,0	OK
1	7	580	1	1	16679	17	28,3	16679	28976	1	1	6	74558	12773	3,0	OK
1	8	680	1	1	16679	11	8,5	16679	12334	1	1	7	74558	12773	3,0	OK
1	9	720	1	1	16962	9	8,5	16962	12398	1	1	7	74598	12773	3,0	OK
1	10	820	1	1	16679	5	8,5	16679	12334	1	1	7	74558	12773	3,0	OK
1	11	860	1	1	16255	8	8,5	16255	12238	1	1	18	74498	12773	3,0	OK

VERIFICHE PALI

V E R I F I C H E D I R E S I S T E N Z A P A L I																
Filo N.	Sez. N.	Dist cm	Comb fles	Fil fle	Nsdu Kg	Msdu Kgm	Atot cmq	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Comb tagl	Fil tag	Vsdu Kg	Vrdu c Kg	Vrdu s Kg	A sta cmq/m	Verifica
2	1	60	1	1	15972	2017	28,3	15972	28868	1	1	4634	74458	12773	3,0	OK
2	2	120	1	1	16396	4156	28,3	16396	28933	1	1	4634	74518	12773	3,0	OK
2	3	180	1	1	16593	5806	28,3	16593	28963	1	1	2775	74546	12773	3,0	OK
2	4	280	1	1	13740	2659	28,3	13740	28525	1	1	5581	74143	12773	3,0	OK
2	5	380	1	1	12388	27	28,3	12388	28319	1	1	6	73952	12773	3,0	OK
2	6	480	1	1	16679	21	28,3	16679	28976	1	1	7	74558	12773	3,0	OK
2	7	580	1	1	16679	16	28,3	16679	28976	1	1	5	74558	12773	3,0	OK
2	8	680	1	1	16679	11	8,5	16679	12334	1	1	6	74558	12773	3,0	OK
2	9	720	1	1	16962	9	8,5	16962	12398	1	1	6	74598	12773	3,0	OK
2	10	820	1	1	16679	5	8,5	16679	12334	1	1	5	74558	12773	3,0	OK
2	11	860	1	1	16255	5	8,5	16255	12238	1	1	5	74498	12773	3,0	OK

VERIFICHE FESSURAZIONE PALI

F E S S U R A Z I O N E P A L I											
Filo N.	Tipo Comb	Cmb fes	Fil fes	Sez fes	N fes Kg	M fes Kgm	Dist. cm	W ese mm	W max mm	Verifica	
1	freq	1	1	3	14048	5472	10	0,04	0,40	OK	
0	perm	1	1	3	14048	5472	10	0,04	0,30	OK	
2	freq	1	1	3	14048	5294	10	0,04	0,40	OK	
0	perm	1	1	3	14048	5294	10	0,04	0,30	OK	

VERIFICHE DI ESERCIZIO PALI

T E N S I O N I D I E S E R C I Z I O P A L I																
Filo N.	Tipo Comb	Cmb oc	Fil oc	Sez oc	N oc Kg	M oc Kgm	oc Kg/cmq	oc max Kg/cmq	Cmb of	Fil of	Sez. of	N of Kg	M of Kgm	of Kg/cmq	of max Kg/cmq	Verifica
1	rara perm	1 1	1 1	3 3	14048 14048	5472 5472	49,6 49,6	192,0 144,0	1	1	3	14048	5472	519	3600	OK OK
2	rara perm	1 1	1 1	3 3	14048 14048	5294 5294	47,8 47,8	192,0 144,0	1	1	3	14048	5294	488	3600	OK OK

Dal punto di vista della stabilità globale del terreno si può affermare che nello stato di fatto lo stesso si presenta stabile e la soluzione fondale prevista a pali trivellati, ancorando il fabbricato al terreno a maggiore resistenza, è tale da non avere problematiche di stabilità globale.

Per le verifiche di portanza è stato determinato il carico limite dei vari pali di fondazione verificando che il coefficiente di sicurezza minimo sia superiore al valore unitario (sia per azioni verticali che per azioni orizzontali).

Le modalità di verifica e le formule applicate per la determinazione della portanza limite sono riportate nel relazione di calcolo geotecnica delle relazioni di calcolo - "Tabulati di stampa".

Nell'allegato suddetto sono evidenziate tutte le verifiche, ottenendo un valore di "Qlimcomp" sempre nettamente maggiore del valore agente sul palo "QPalo" (vi sono pali soggetti a trazione, ma entro limiti ritenuti idonei dal sottoscritto progettista).

Sono state effettuate anche le verifiche dei pali soggetti ad azioni orizzontali ottenendo anche in questo caso valori del coefficiente di sicurezza minimo di molto superiore al valore unitario.

Nelle verifiche di portanza si è considerato fra le azioni permanenti il peso proprio del palo, mentre non è stato preso in conto alcun effetto di "attrito negativo".

I pali sono sufficientemente distanti gli uni dagli altri in modo tale da non avere rilevanti interazioni mutue.

Sono stati inoltre determinati i cedimenti della struttura con le risultanze del modello di calcolo ottenendo i valori che sono allegati ai tabulati di calcolo, con cedimenti molto ridotti che risultano assimilabili per la struttura in oggetto.

Si allegano di seguito le verifiche di portanza suddette e quelle dei cedimenti ottenuti:

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE - SLU

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
Plin N.ro	Quot m	St Nr	SgmEf t/mq	Coeff Ks	Coef Attr	Fi° rid.	Rig. rid.	AlfaQ Berez	EtaV Vesic	Coeff. Nq	Coeff. Nc	QultP (t)	QultL (t)	Peso (t)	Qneg (t)	Eff.	QlimCmp (t)	QlimTrz (t)	Comb.	QPalo (t)	Status Verif.
1	0,6	1	1,1	0,674	0,25																
	1,4	1	2,5	0,674	0,25																
	1,8	2	3,2	1,000	0,00																
	3,0	3	5,5	0,658	0,27																
	3,8	4	7,0	1,000	0,00																
	4,2	5	7,7	1,000	0,00																
	4,8	6	8,8	1,000	0,00																
	6,0	7	10,8	1,000	0,00																
	6,2	8	11,2	1,000	0,00																
	8,0	9	14,4	1,000	0,00	20,0	68	0,000	0,772	15,09	38,72	33,8	1,3	5,23	0,00	1,00	30,51	1,04	A1/1	22,77	OK
2	0,6	1	1,1	0,674	0,25																
	1,4	1	2,5	0,674	0,25																
	1,8	2	3,2	1,000	0,00																
	3,0	3	5,5	0,658	0,27																
	3,8	4	7,0	1,000	0,00																
	4,2	5	7,7	1,000	0,00																
	4,8	6	8,8	1,000	0,00																
	6,0	7	10,8	1,000	0,00																
	6,2	8	11,2	1,000	0,00																
	8,0	9	14,4	1,000	0,00	20,0	68	0,000	0,772	15,09	38,72	33,8	1,3	5,23	0,00	1,00	30,51	1,04	A1/1	22,77	OK

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI NON DRENATE - SLU

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI NON DRENATE															
Plint N.ro	Quota m	Strat Nro	SgmTot t/mq	AlfaC	Coeff. Nq	Coeff. Nc	QultPun (t)	QultLat (t)	Peso (t)	EfPal	QlimCmp (t)	QlimTrz (t)	Comb.	QPalo (t)	Status Verif.
1	0,60	1	1,06	0,560											
	1,40	1	2,48	0,560											
	1,80	2	3,21	1,000											
	3,00	3	5,55	0,500											
	3,80	4	7,02	0,500											
	4,20	5	7,68	1,000											
	4,80	6	8,79	0,500											
	6,00	7	10,80	1,000											
	6,20	8	11,17	1,000											
	8,00	9	14,44	0,500	1,00	9,00	15,87	33,98	5,23	1,00	43,35	27,18	A1/1	22,77	OK
2	0,60	1	1,06	0,560											
	1,40	1	2,48	0,560											
	1,80	2	3,21	1,000											
	3,00	3	5,55	0,500											
	3,80	4	7,02	0,500											
	4,20	5	7,68	1,000											
	4,80	6	8,79	0,500											
	6,00	7	10,80	1,000											
	6,20	8	11,17	1,000											
	8,00	9	14,44	0,500	1,00	9,00	15,87	33,98	5,23	1,00	43,35	27,18	A1/1	22,77	OK

PORTANZA PALI A CARICO ORTOGONALE

PORTANZA PALI A CARICO ORTOGONALE								
Filo N.	Int. cm	Comb.	Q t	Coeff Grupp	Qlim t	Qeser. t	Coeff Sicur	Verifica
1		A1/1	167,400	1,00	128,77	3,56	36,12	OK

PORTANZA PALI A CARICO ORTOGONALE								
Filo N.	Int. cm	Comb.	Q t	Coeff Grupp	Qlim t	Qeser. t	Coeff Sicur	Verifica
2		A1/1	167,400	1,00	128,77	3,56	36,12	OK

CEDIMENTI ELASTICI ED EDOMETRICI

Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm
1	Rare 1	1,78	4,45
	Freq 1	1,78	4,45
	Perm 1	1,78	4,45
	MAX.	1,78	4,45

Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm
2	Rare 1	1,78	4,45
	Freq 1	1,78	4,45
	Perm 1	1,78	4,45
	MAX.	1,78	4,45

Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm

Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm

STATI LIMITE PER VERIFICA FONDAZIONI

La verifica delle fondazioni , in condizioni sismiche o statiche e per i diversi possibili stati limite , è condotta con le medesime combinazioni di carico utilizzate per la sovrastruttura ma utilizzando differenti valori dei coefficienti parziali di sicurezza in funzione del tipo di approccio utilizzato (Cap. 2.6.1 - 6.2.4 - 6.4.2 delle NTC 2018).

Nel dettaglio la verifica delle Fondazioni di Tipo Superficiale viene eseguita ricorrendo all'utilizzo dell'**Approccio 2** e quindi al set di coefficienti parziali identificato come **(A1+M1+R3)**. Con tale approccio non si applicano di fatto riduzioni ai parametri geotecnici caratteristici del terreno con i quali si calcolano le resistenze (**M1 : $\gamma_M=1,0$**) le quali verranno poi però ridotte per il solo fattore parziale di sicurezza delle resistenze [**R3 : $\gamma_R = 2,3$ per la $\sigma_t \text{ slu} = (\sigma_t \text{ lim} / \gamma_R) - \gamma_R = 1,1$ per la Verifica a Scorrimento - Mentre per la Verifica Strutturale delle Fondazioni : $\gamma_R = 1,0$**] .

Per quanto riguarda le azioni da considerare si ha che , in presenza di azioni sismiche , le fondazioni di tipo superficiale vengono verificate assumendo come azioni di progetto massime quelle trasferite dagli elementi soprastanti , amplificate con un (**A1 : $\gamma_F=1,3$ per i Pesi Propri delle Strutture - $\gamma_F=1,5$ per i Carichi Permanenti Portati e per i Carichi Variabili**).

VALIDAZIONE DEL SOFTWARE.

Si allega un elaborato denominato "Validazione del Software" ove si esplicitano alcuni esempi di validazione del Software forniti dalla ditta STS e controllati dal sottoscritto tecnico.