

DOTT. GEOLOGO FABIO FORTUNATO
TOPOGRAFIA - IDROGEOLOGIA - GEOLOGIA - ACUSTICA EDILIZIA



COMUNE DI BOLOGNA

Dichiarazione in materia di vincolo sismico riguardante i terreni di fondazione del nuovo ponte d'attraversamento (allargamento del ponte su Scolo Zenetta) sito in Via Bertolazzi (Via Frullo) tra Via Piratino e la nuova rotatoria di Via San Donato.

24 NOVEMBRE 2010

COMMITTENTE - HERA S.p.A. Holding Energia Risorse Ambiente Bologna

PREMESSA

La presente integrazione riguarda il progetto di realizzazione del ponte di attraversamento (allargamento del ponte su Scolo Zenetta) compreso nei lavori di sistemazione di Via Bertolazzi tra Via Piratino e la nuova rotatoria di Via San Donato.

L'area oggetto di studio è ubicata sul confine comunale Bologna – Granarolo dell'Emilia.

Nel dettaglio l'intervento sorgerà lungo il lato Sud del ponte esistente e dunque nel

Comune di Bologna; esaminando il POC (che trae riferimento dal PSC esistente) e osservando la Tav.E3 - Carta di sintesi dei livelli di approfondimento - si desume che l'area oggetto di studio necessita di analisi di livello II.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)



Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico.

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale.

VINCOLO SISMICO

La misura sismica passiva, a stazione singola, eseguita con tomografo digitale,

ha consentito di ricavare il parametro di Vs30:

con quota iniziale = -1m dal piano campagna attuale si ottiene il seguente valore:

$$Vs\ 30 = 238 \pm 35\ (m/s);$$

con quota iniziale = -10m dal piano campagna attuale si ottiene il seguente valore:

$$Vs\ 30 = 264 \pm 35\ (m/s).$$

Il sito in esame dunque appartiene, congruentemente al POC (PSC) del Comune di Granarolo dell'Emilia, alla categoria di sottosuolo C, secondo la tab. 3.2.11 del Decreto Ministeriale 14.01.2008

C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni grana grossa e $70 < CU30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

L'area oggetto di studio è costituita da depositi prevalentemente limosi e argillosi di piana alluvionale.

Gli effetti attesi nell'area sono di amplificazione sismica e sono possibili cedimenti.

Si è realizzata dunque una indagine sismica H.V.S.R. per la valutazione dei fattori di amplificazione ed una campagna geognostica (n° 3 CPT) per definire i parametri geomeccanici dei terreni interessati.

I risultati sono riportati nella loro interezza nella relazione geologica.

Si riportano di seguito le considerazioni sull'amplificazione sismica effettuata in via L. Bertolazzi in confronto con il quadro emerso dallo studio di micro - zonazione sismica del PSC – POC di Granarolo dell' Emilia.



Nel suddetto Comune sono stati difatti rilevati dati (Tr10 PSC Granarolo) vicini all'area oggetto di studio e quindi rappresentativi nel successivo confronto con quelli dell'area in esame (figura 1).

Da " PSC – Comune di Granarolo dell' Emilia"

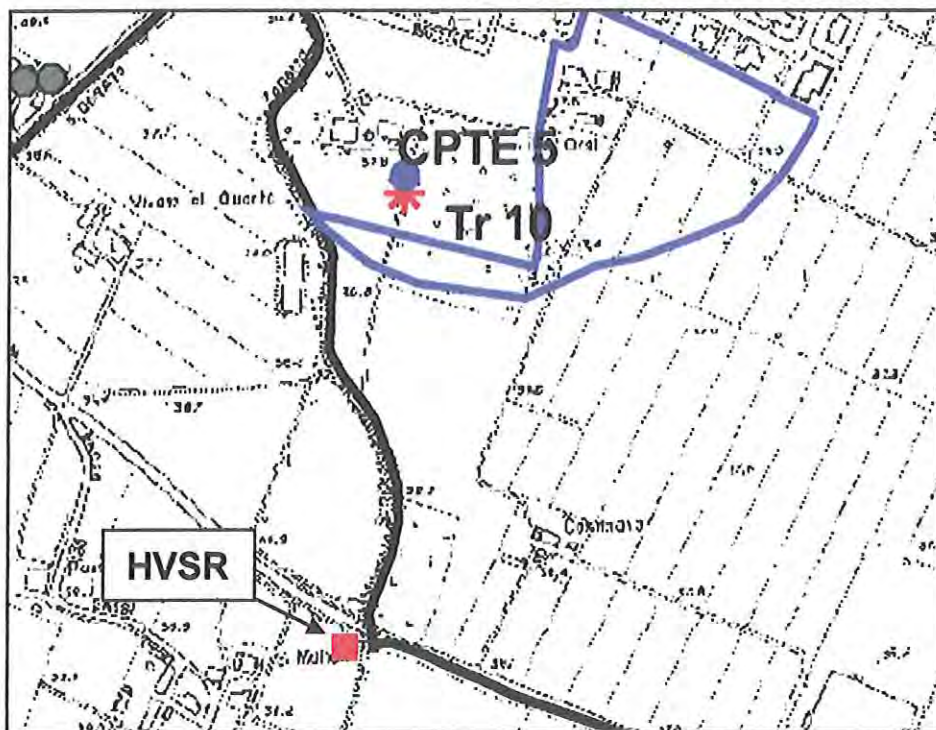
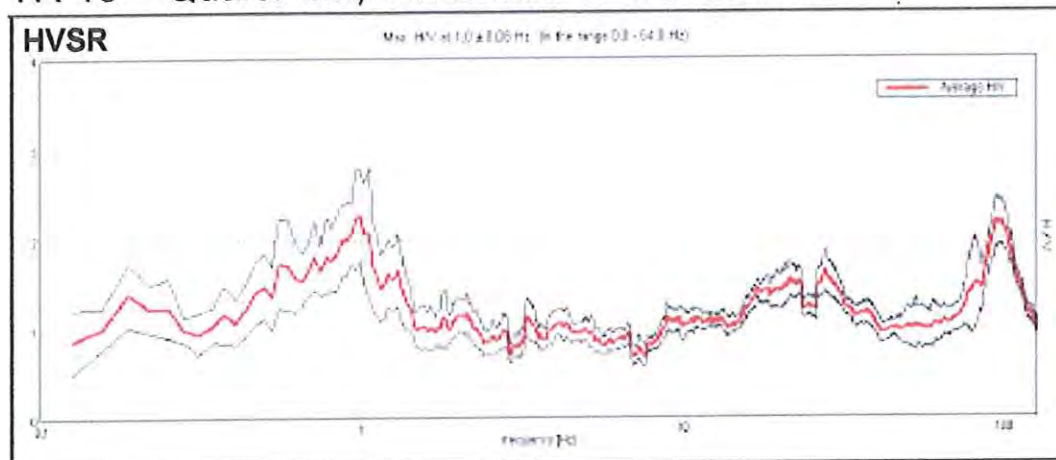


Figura 1: Confronto curve HVSR, TR10 rif. PSC Granarolo dell'Emilia (sopra), HVSR sito in esame (sotto).



TR 10 – Quarto inf., Via Bettini - PSC Granarolo dell'Emilia



HVSR – Bologna, Via Bertolazzi (torrente Zenetta)

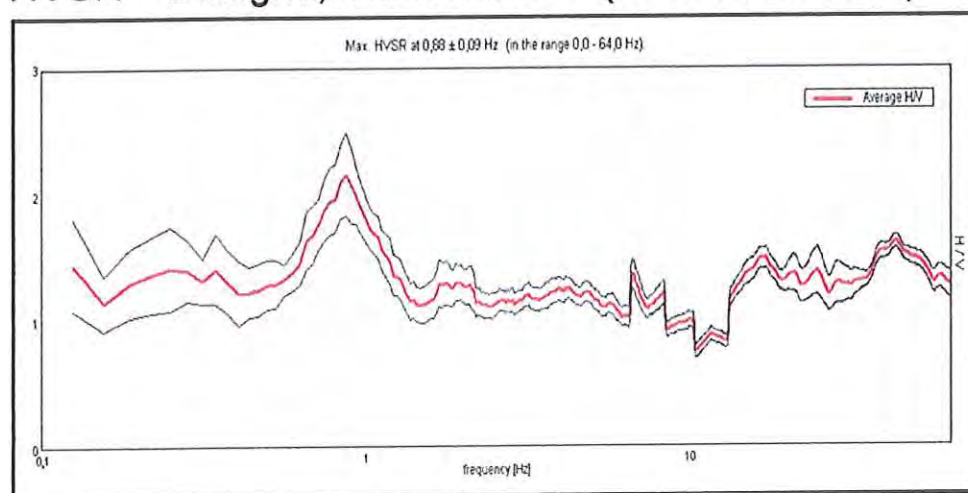


Figura 2

Dal confronto delle curve HVSR sopra illustrate emerge una buona coerenza in termini di amplificazione sismica locale. Appare evidente, infatti, che la misura HVSR, condotta per il sito oggetto di studio, è conforme con la curva HVSR (TR10) pubblicata, come allegato allo studio di microzonazione sismica redatto per il PSC di Granarolo dell'Emilia.

Dal punto di vista della profondità del bedrock sismico di riferimento, è plausibile pensare che, in un contesto di pianura, misure distanti poco più di 350m (figura 2) abbiano esiti non discordanti fra loro. I picchi di frequenza rilevati intorno ad 1 Hz (e rapporto HV circa 2), per entrambe le indagini, riferiscono un contrasto d'impedenza significativo₄



e quindi la probabile profondità del bedrock sismico di riferimento, ad oltre 90-100 di profondità dal piano campagna.

Tale considerazione è supportata sia dal modello di sottosuolo ricavato per questo studio dal fitting della curva HVSR, sia dalla stratigrafia di riferimento schematica utilizzata per il modello denominato "Quarto", elaborato per l'analisi di amplificazione sismica del PSC (cfr. Relazione Geologica PSC-POC Granarolo dell'Emilia).

Per quanto detto, in termini di amplificazione sismica, il contesto locale è assimilabile al quadro proposto nel PSC-POC di Granarolo dell'Emilia, desumibile dalla microzonazione sismica della frazione di Quarto inferiore (cfr. FIGURA 5 - Relazione Geologica PSC Granarolo dell'Emilia). Poiché inoltre, eseguito il calcolo della Vs30 dal piano campagna ($V_s = 231 \text{ m/s} \rightarrow$ cautelativamente classe $V_{s30}=200 \text{ m/s}$) ed incrociando tale dato con il contesto sismico "PIANURA 2" (cfr. Delibera progr. 112 RER, tabella X.X), si ottengono i medesimi valori di amplificazione sismica proposti nello studio di microzonazione sismica del PSC di Granarolo dell'Emilia (nella zonizzazione relativa alla frazione "Quarto inferiore").

$$F.A. (PGA) = 1.5$$

$$F.A. S.I. 0.1 < T_0 < 0.5 \text{ s} = 1.8$$

$$F.A. S.I. 0.5 < T_0 < 1.0 \text{ s} = 2.5$$

CEDIMENTI E LIQUEFAZIONE :

L'opera in progetto sarà realizzata in prossimità dell'area IV (figura 3).

Notiamo come l'area IV, avente possibilità di liquefazione e cedimenti significativi, vada ad assottigliarsi in direzione sud. L'area oggetto di studio ne risulta in questo caso, anche se di poco, al di fuori.

Sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche statiche (CPT) al fine di definire i reali parametri geotecnici dei terreni interessati dall'opera e confrontarli con quelli osservati nel POC del comune di Granarolo dell'Emilia. I parametri misurati sono riportati in relazione.



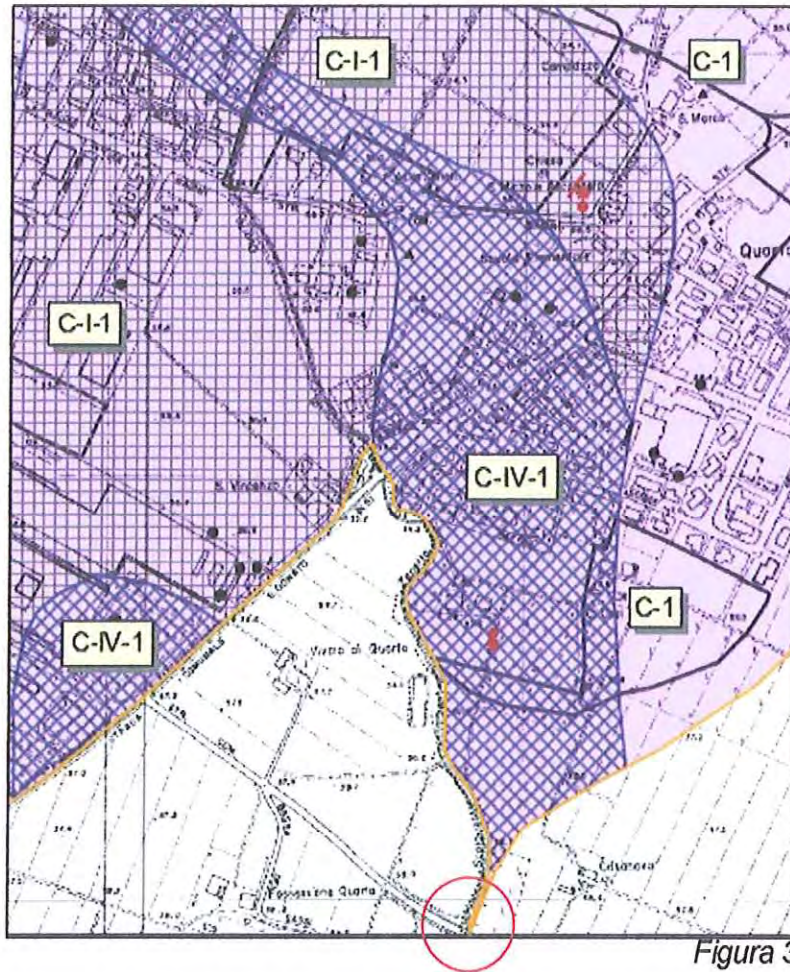
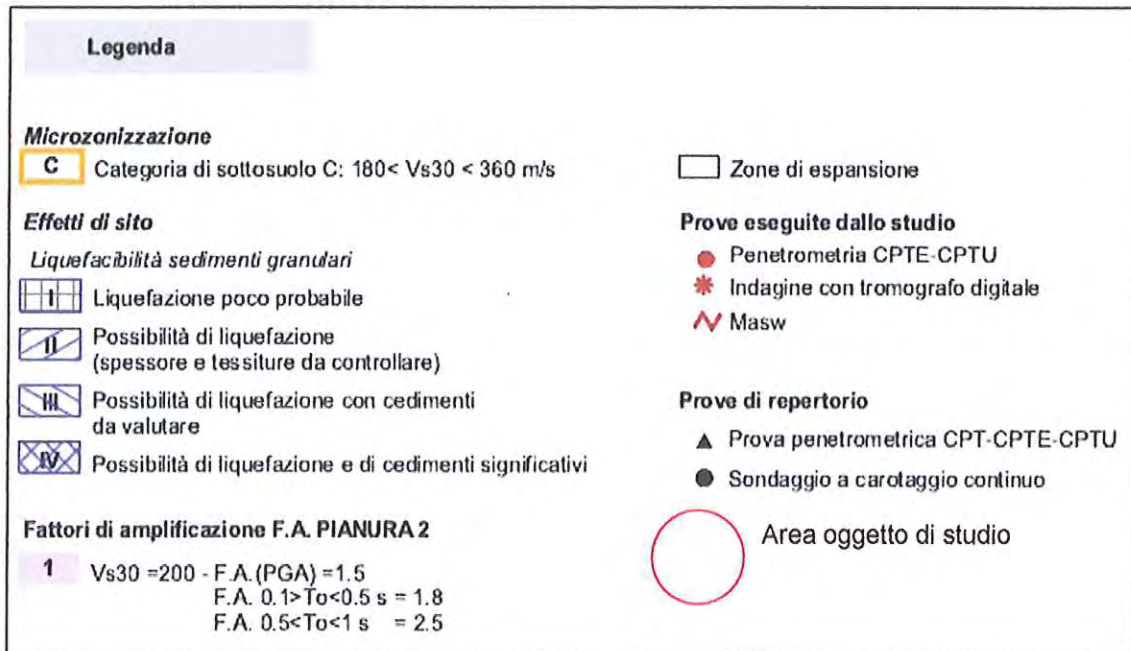


Figura 3



Vista la vicinanza al sito d'indagine, sono state osservate le proiezioni logaritmiche di Robertson (1996) e di Olsen, Koester & Hynes (1996) ricavate dagli esiti ottenuti dalla CPT 5 (POC – PSC di Granarolo dell'Emilia).

Nella figura 4 si osserva che i punti plottati nel primo riquadro a sinistra (Robertson 1996) ricadono in campi identificati con lettere maiuscole:

- campo A = liquefazione ciclica possibile, in dipendenza dall'ampiezza e dal tempo del carico ciclico;
- campo B = liquefazione improbabile, I_c (Indice di Comportamento) $> 2,6$;
- campo C = liquefazione fluida ciclica possibile, in dipendenza dall'ampiezza e dal tempo del carico ciclico dalla plasticità e sensitività.

Qui di seguito si riporta il diagramma che integra i logaritmi del valore di "Qc", con i logaritmi dei valori "Fr".

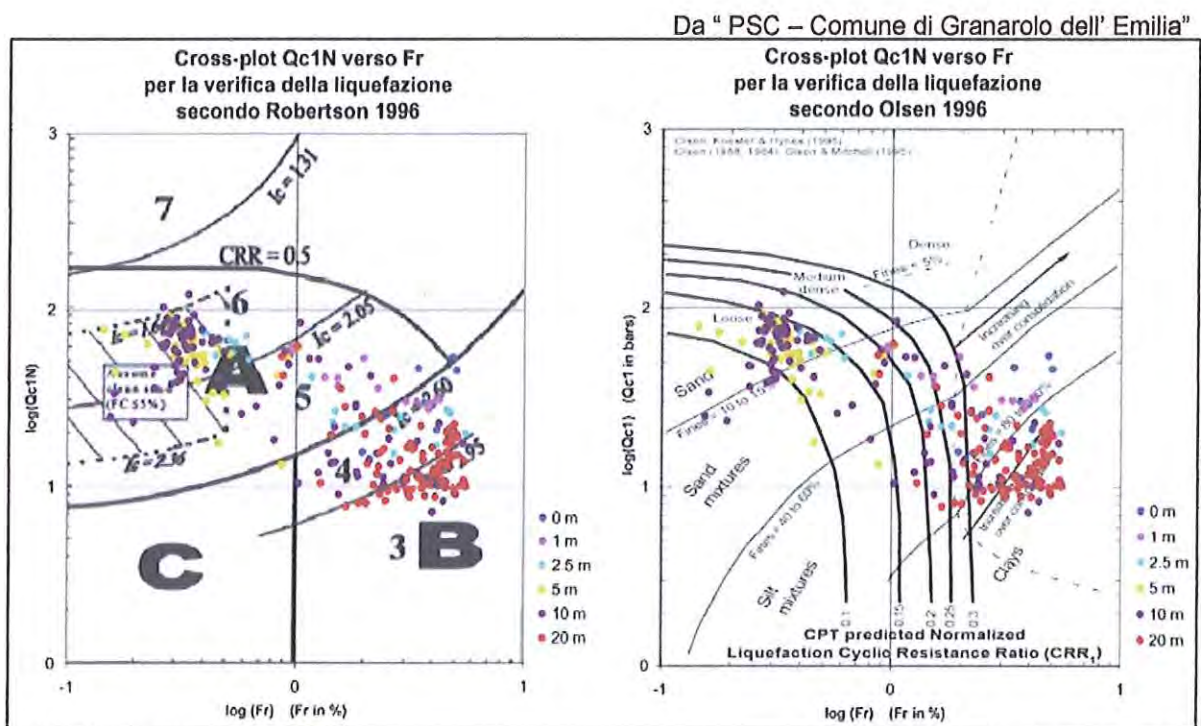


Fig. 4 - Proiezione dei dati meccanici relativi alla CPT 5 nei diagrammi di identificazione indiretta della liquefazione e del CRR.



CONCLUSIONI:

- *I pali di fondazione dovranno essere di tipo trivellato e infissi ad una profondità di -14 mt previo scavo e rimozione dei primi 2 mt di terreno antropico;*
- *si consiglia di eseguire i lavori in periodo secco e privo di piogge persistenti che potrebbero aumentare il livello di falda acquifera e ridurre l'efficacia nell'ancoraggio dei pali;*
- *data la situazione geomorfologica relativa alle acque superficiali si consiglia, se possibile, di provvedere alla progettazione di una rete di regimazione e di raccolta delle acque percolanti nell'intorno dell'intervento allo scopo di prevenire fenomeni di eccessiva infiltrazione sia in superficie che in profondità rispetto alla palificata in progetto.*

In riferimento alla Variante al POC del Comune di Bologna relativa alla realizzazione dell' allargamento del ponte esistente sullo scolo Zenetta, in Via Bertolazzi) e In base alla nota dell'Amm. Provinciale di Bologna del 21/12/2005 - Prime indicazioni applicative per l'adempimento delle nuove disposizioni normative - viste le osservazioni della presente integrazione, si può affermare che in vista dei prossimi interventi in progetto non verranno effettuate modifiche sostanziali e significative rispetto al rischio sismico, geologico ed idrogeologico.

Bologna, 24 novembre 2010

Dott. Geol. Fabio Fortunato



ALLEGATI

Allegato 1

Metri da p.c.	Log(Qc1N)	Log Fr (Fr in %)
0,2	0	2,158362
0,4	0,954243	0,477121
0,6	0,845098	1,146128
0,8	1,342423	0,845098
1	1,732394	0,845098
1,2	1,748188	0,60206
1,4	1,819544	0,69897
1,6	1,70757	0,69897
1,8	1,633468	0,90309
2	1,556303	0,845098
2,2	1,50515	0,69897
2,4	1,079181	0,778151
2,6	1	0,60206
2,8	0,778151	0,477121
3	0,845098	0,64836
3,2	0,69897	0,686636
3,4	0,778151	0,477121
3,6	0,778151	0,477121
3,8	0,60206	0,778151
4	0,69897	0,556303
4,2	0,60206	0,477121
4,4	0,69897	0,357935
4,6	0,90309	0,176091
4,8	0,845098	0,954243
5	1,518514	0,298853
5,2	0,845098	0,544068
5,4	0,778151	0,60206
5,6	0,778151	1,20412
5,8	1,851258	0,30103
6	1,079181	0,477121
6,2	0,90309	0,845098
6,4	0,845098	0,778151
6,6	1,113943	0,39794
6,8	0,90309	0,778151
7	1	0,477121
7,2	1,322219	0,32838
7,4	1,255273	0,687529
7,6	1,322219	0,477121
7,8	1,278754	0,477121
8	1,255273	1,041393
8,2	1,342423	0,176091
8,4	1,176091	0,893207
8,6	1,079181	0,741152
8,8	1,176091	0,729165
9	1,041393	0,737987
9,2	0,845098	0,800717
9,4	0,778151	0,733999
9,6	0,845098	0,678518
9,8	0,845098	0,940018



SISMA

Accelerazione sismica	0,081
Coefficiente di intensità sismico [Kh]	0,0162
Coefficiente di intensità sismico [Kv]	0,0081

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Descrizione:	
Latitudine:	44,53
Longitudine:	11,42
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,53	2,47	0,26
S.L.D.	50,0	0,66	2,48	0,27
S.L.V.	475,0	1,7	2,42	0,3
S.L.C.	975,0	2,18	2,44	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	k _v [sec]
S.L.O.	0,795	0,2	0,0162	0,0081
S.L.D.	0,99	0,2	0,0202	0,0101
S.L.V.	2,4621	0,24	0,0603	0,0301
S.L.C.	2,9965	0,28	0,0856	0,0428

Archivio materiali**Conglomerati**

Nr.	Classe calcestruzzo	f _{ck} ,cubi [MPa]	E _c [MPa]	f _{ck} [MPa]	f _{cd} [MPa]	f _{ctd} [MPa]	f _{ctm} [MPa]
1	C20/25	250	299600	200	113,3	10,3	22,1
2	C25/30	300	314700	250	141,6	11,9	25,6
3	C28/35	350	323000	280	158,6	12,8	27,6
4	C40/50	500	352200	400	198,3	14,9	32

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	E _s [MPa]	f _{yk} [MPa]	f _{yd} [MPa]	f _{tk} [MPa]	f _{td} [MPa]	ep _{tk}	ep _{d_ult}	β1*β2 iniz.	β1*β2 finale
1	B450C	2000000	4500	3913	5400	3913	0,075	0,0675	1	0,5
2	B450C*	2000000	4500	3913	5400	4500	0,075	0,0675	1	0,5
3	B450C**	2000000	4500	3913	4583	3985	0,012	0,01	1	0,5
4	S235H	2100000	2400	2087	3600	2087	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	2100000	2800	2435	4300	2435	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	2100000	3600	3130	5100	3600	0,012	0,01	1	0,5



Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente di adesione dell'attrito laterale lungo il fusto.. Vs: Velocità onde di taglio.

CPT 3

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kg/m³]	Peso Unità di volume Saturo [kg/m³]	c [kg/cm²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [kg/cm²]	Vs [m/s]	Descrizione litologica
1	4,80	1700,00	1900,00	0,58	22,00	No	0,50	23,57	130	argilla debolmente limosa
2	1,80	1900,00	1900,00	0,95	25,00	Si	0,48	37,00	200	argilla debolmente limosa
3	2,20	1800,00	1900,00	0,76	23,00	Si	0,49	30,31	238	argilla debolmente limosa
4	8,60	1900,00	2000,00	1,22	27,00	Si	0,46	48,86	238	argilla limosa

Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm²]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]	Carico limite orizzontale [kg]
A1+M1+R3	1,00	9,00	0/1,22	1840,78	6819,22	10845,28	-24542,83	40366,56	--

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

=====
Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3
=====

=====
Numero verticali di indagine 1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1,70
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1,70

	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	6819,22	6819,22	6819,22
Laterale	10845,28	10845,28	10845,28
Totale	-24542,83	-24542,83	--

Coefficiente parziale resistenza caratteristica	R3
Base	1,35
Laterale	1,15
Resistenza di progetto base	2971,34 kg
Resistenza di progetto laterale	5547,46 kg
Resistenza di progetto	6678,02 kg

Cedimento

=====
Lunghezza 15,00 m
Diametro testa 0,25 m
Diametro punta 0,25 m
Tratto attrito laterale nullo 0,00 m
Modulo elastico sezione 2,94E+07 kN/mq
Punto di applicazione risultante resistenza attiva 0,45
Fattore flessibilità terreno/palo 1,00E-03
Carico applicato 24,32 kN
Carico limite laterale 3,51 kN
Carico limite di punta 69,47 kN
Modulo elastico terreno corrispondente 2,31E+03 kN/mq
Accorciamento elastico 0,23 mm
Cedimento rigido 30,91 mm
Cedimento totale 31,14 mm

14

