

**OGGETTO : P.U.A. DI AREA POSTA IN VIA BOLOGNA N. 27 NEL
COMUNE DI FERRARA**

COMMITTENTE : SILLA S.A.S. DI A. MATTEI
Via Bologna, 27 – 44124 Ferrara (FE)

VERIFICA CEDIMENTI POST SISMICI

ai sensi del D.M. 17.01.2018

Reg. Int.:
Prt. 1842

Data : **26 Luglio 2019**

Dr. Geologo Leonardo Calzolari
Geologo Specialista
Ordine dei Geologi della Lombardia
N. 1165 Sez. A



Comune di Ferrara
Data: 30/07/2019 09:19:24 PG/2019/0095297

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	1
2. VERIFICA CEDIMENTI POST SISMICI.....	1
2.1. Cedimenti post sismici in terreni coesivi.....	1

Comune di Ferrara
Data: 30/07/2019 09:19:24 PG/2019/0095297



Via Carpi 29 - 42018 San Martino in Rio (RE)
tel. 333.42.73.452

e.mail geostudiocalzolari@gmail.com

Dott. Geologo Leonardo Calzolari

Iscritto all' Ordine dei Geologi della Lombardia - n. 1165 - Sez. A

1. PREMESSA

La presente relazione si propone di analizzare le problematiche di natura sismica dei terreni individuati al Foglio 162 Particella 6-7-8-555-558-560561-566-578 posti in Via Bologna n. 27 nel territorio comunale di Ferrara (FE), oggetto di Piano Urbanistico Attuativo.

La fase di indagine in sito è stata realizzata in data 14 marzo 2018 con il fine di ricostruire la successione litologica del sottosuolo investigato, che nel caso in esame è stata effettuata per uno spessore massimo di 29,90 metri dal piano campagna. Allo scopo sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche elettriche con Piezocono (CPTU).

2. VERIFICA CEDIMENTI POST SISMICI

La generazione di sovrappressioni interstiziali durante l'applicazione di carichi ciclici, in condizioni non drenate, provoca all'interno dei terreni una riduzione degli sforzi efficaci.

Terminata l'azione ciclica legata al sisma, la pressione in eccesso si dissipa e il terreno è soggetto a una variazione dell'indice dei vuoti. In questo modo si generano deformazioni volumetriche negative, che comportano l'instaurarsi di cedimenti permanenti all'interno del terreno stesso.

Per tale motivo, durante input sismico, i terreni subiscono un fenomeno di riconsolidazione dovuta all'applicazione di un carico ciclico. Pertanto risulta essenziale stimare la potenziale deformazione volumetrica del sottosuolo, considerando l'azione sismica di riferimento.

Per tale stima sono state considerate le n. 2 prove CPTU eseguite all'interno del sito in oggetto.

2.1. CEDIMENTI POST SISMICI IN TERRENI COESIVI

Il cedimento dei terreni fini è dovuto principalmente a fenomeni di riconsolidazione conseguenti alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto e al manifestarsi di deformazioni da taglio indotte dalle sollecitazioni cicliche, mentre i cedimenti per terreni granulari si manifestano in seguito ad addensamento.

Il metodo proposto da Robertson (2009) prevede la definizione di un Rapporto di Resistenza ciclica ($CRR_{\gamma=3\%}$) che valuta la resistenza dei terreni fini a manifestare deformazioni se soggetti a sollecitazioni sismiche, in base alla seguente espressione:

$$CRR_{\gamma=3\%,M=7.5} = 0.053 \cdot Q_{tn} \cdot K_{\alpha}$$

con:

$CRR_{\gamma=3\%,M=7.5}$ = rapporto di resistenza ciclica del terreno corrispondente al raggiungimento di una deformazione di taglio pari al 3% per un terremoto avente magnitudo di riferimento pari a 7.5.

Q_{tn} = resistenza alla punta penetrometrica normalizzata e corretta in base alla procedura di Robertson (2009).

K_{α} = fattore che considera l'inclinazione del piano campagna (pari ad 1 per piano di campagna orizzontale).

Si definisce quindi un fattore di sicurezza nei confronti della deformazione post-sismica dei terreni fini come segue:

$$F_{S,\gamma=3\%} = \frac{CRR_{\gamma=3\%,M=7.5}}{CSR} \cdot MSF$$

con:

MSF = fattore di scala della magnitudo calcolato per il valore di Magnitudo di a 5.9 in base all'espressione di Boulanger & Idriss (2005) valida per terreni fini e differente dal fattore di scala della magnitudo valevole per i terreni granulari adottata per la valutazione dei fenomeni di liquefazione

CSR = rapporto di sollecitazione.

Il cedimento corrispondente è poi ricavato analogamente ai terreni granulari applicando l'equazione $s = \epsilon_v \cdot \Delta H$, con la deformazione ϵ_v definita dalle seguenti espressioni (Robertson, 2009) in funzione della resistenza alla punta normalizzata Q_{tn} e del fattore di sicurezza nei confronti del manifestarsi di deformazioni cicliche:

$$\text{se } FS_{\gamma=3\%} > 0.84 \Rightarrow \epsilon_{vol} = \frac{[0.8 - 2.66 \log(FS_{\gamma=3\%})]}{[0.33 \cdot (10 - 9 \log(0.33 \cdot Q_{tn})) \cdot (Q_{tn})^3]}$$

$$\text{se } FS_{\gamma=3\%} \leq 0.84 \Rightarrow \epsilon_{vol} = \frac{1}{Q_{tn}^2} \leq 1\%$$

Facendo riferimento alla suddivisione stratigrafica definita nella Relazione Geologica e considerando il fattore MSF secondo la relazione $MSF = 1.12^{(-Mw/4)} + 0.828$, per i terreni coesivi, si ottiene la stima dei cedimenti post-simici come riportato nelle seguenti tabelle.

Prova CPTU 1	Quota base strato da p.c.							
Litotipo - Robertson (2009)	Z (cm)	Qtn	CSR	CRR	MSF	FS	ε%	S (cm)
Sabbia pulita - Sabbia limosa	52	276.77	0.142	999.000	1.668	999.00	0.000	0.087
Sabbia limosa - Limo sabbioso	124	57.78	0.141	1.553	1.668	405.82	0.000	0.000
Sabbia limosa - Limo sabbioso	168	27.19	0.140	0.376	1.668	775.15	0.001	0.000
Limo argilloso - Argilla limosa	282	28.20	0.138	1.367	1.668	103.91	0.000	0.027
Sabbia limosa - Limo sabbioso	318	51.09	0.137	0.260	1.668	944.19	0.000	0.000
Limo argilloso - Argilla limosa	328	21.74	0.136	0.838	1.668	209.74	0.001	0.000
Sabbia limosa - Limo sabbioso	564	50.48	0.133	0.271	1.668	890.41	0.000	0.378
Argilla limosa - Argilla	578	14.53	0.131	0.553	1.668	149.51	0.001	0.009
Sabbia limosa - Limo sabbioso	832	44.75	0.137	0.106	1.668	150.51	0.000	0.406
Sabbia pulita - Sabbia limosa	2000	79.68	0.160	0.136	1.668	1.42	0.000	1.869
							Totale	2,77

Comune di Ferrara
Data: 30/07/2019 09:19:24 PG/2019/0095297

Prova CPTU 2	Quota base strato da p.c.							
Litotipo - Robertson (2009)	Z (cm)	Qtn	CSR	CRR	MSF	FS	ε%	S (cm)
Sabbia pulita - Sabbia limosa	78	96.78	0.142	0.204	1.668	757.66	0.000	0.000
Sabbia limosa - Limo sabbioso	180	46.44	0.140	0.741	1.668	653.70	0.000	0.000
Limo argilloso - Argilla limosa	236	32.22	0.138	1.708	1.668	20.56	0.000	0.009
Sabbia limosa - Limo sabbioso	282	55.87	0.137	391.617	1.668	615.74	0.000	0.000
Limo argilloso - Argilla limosa	328	52.61	0.136	348.945	1.668	408.71	0.000	0.000
Sabbia limosa - Limo sabbioso	346	51.95	0.136	555.340	1.668	890.81	0.000	0.000
Limo argilloso - Argilla limosa	440	20.38	0.135	0.878	1.668	159.37	0.001	0.033
Sabbia limosa - Limo sabbioso	468	36.04	0.133	0.254	1.668	928.79	0.001	0.000
Argilla limosa - Argilla	570	10.64	0.132	0.539	1.668	26.38	0.001	0.075
Sabbia pulita - Sabbia limosa	836	49.66	0.137	0.106	1.668	173.81	0.000	0.426
Sabbia pulita - Sabbia limosa	1968	89.03	0.160	0.150	1.668	1.56	0.000	1.811
Argilla limosa - Argilla	1996	8.76	0.160	0.464	1.668	4.84	0.001	0.011
							Totale	2,36

Comune di Ferrara
 Data: 30/07/2019 09:19:24 PGI/2019/0095297