

# REGIONE EMILIA ROMAGNA - PROVINCIA DI FERRARA

## PROGETTO ESECUTIVO

### IN VARIANTE AL PROGETTO DEFINITIVO OFFERTO NUOVA SEDE DEL CENTRO UNIFICATO PER L'EMERGENZA DELLA PROTEZIONE CIVILE A FERRARA

redatto secondo il Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 e il DPR 207/2010

REV	DATA	DESCRIZIONE	COLLABORATORI
	17/09/2018	CONSEGNA PROGETTO ESECUTIVO	<b>COORDINAMENTO e OPERE ARCHITETTONICHE</b> <b>STUDIO ARCHILINEA – Arch. Giuseppe Gervasi</b>
			<b>OPERE STRUTTURALI</b> <b>Ing. Luca Capellari</b>
Committente: <b>REGIONE EMILIA ROMAGNA</b>			<b>IMPIANTI MECCANICI e ANTINCENDIO</b> <b>ZECCHINI &amp; ASSOCIATI srl – Per.Ind. Nicola Zecchini</b>
Verificato da Ing. Giulio Rimini			<b>IMPIANTI ELETTRICI</b> <b>STUDIO TECNICO PS – Per. Ind. Paolo Scuderi</b>
 I.T.I. IMPRESA GENERALE S.p.A. Il Presidente MAZZINI ANDREA			<b>GEOLOGO</b> <b>GEOGROUP SRL – Geol. Pier Luigi Dallari</b>
			<b>RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO</b> <b>Ing. Mauro Monti</b>
			<b>CENSIMENTO E PROGETTO DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE</b>  <b>ELABORATO C.6</b>



## **INTRODUZIONE:**

La presente relazione ha lo scopo di illustrare il censimento e la risoluzione delle interferenze che si sono potute riscontrare all'interno dell'area di cantiere. A seguito della chiusura della seconda conferenza di servizi è emersa la necessità di approfondire le indagini nel sottosuolo al fine di verificare la potenziale liquefacibilità dei terreni.

Questa rappresenta l'unica interferenza riscontrata per la realizzazione delle opere in oggetto di appalto

A seguito dei risultati provenienti dalle indagini geotecniche svolte, è emersa la necessità di realizzare interventi di consolidamento dei terreni e di traslare la sagoma del fabbricato all'interno del lotto al fine di evitare di modificare in modo sostanziale le caratteristiche del fabbricato.

Inoltre, a seguito dell'incontro avvenuto in Regione assieme ai funzionari della Protezione Civile in data 13 Giugno 2018, è emersa l'opportunità di prevedere ulteriori opere di consolidamento e di predisposizione delle urbanizzazioni necessarie alla realizzazione di un eventuale ampliamento dell'edificio sempre all'interno dello stesso lotto.

## INTERFERENZA N.1

### LIQUEFAZIONE DEL TERRENO

Nei mesi di ottobre 2017, aprile e maggio 2018 sono state eseguite diverse campagne geognostiche, propedeutiche alla realizzazione del Centro Unificato dell'Emergenza della Protezione Civile in progetto in Via Bologna in località Chiesuol Del Fosso nel Comune di Ferrara (FE).

Sulla base dei risultati ottenuti ed esposti nelle specifiche relazioni Geo Group, si evidenzia che nel settore nordest del lotto indagato è presente una fascia di larghezza di pochi metri interessata da un rischio di liquefazione da alto a moderato, secondo la classificazione di Somnez (2003), come illustrato nella figura seguente, in cui sono illustrate anche l'ubicazione delle CPTU eseguite e i relativi rischi di liquefazione risultanti dai calcoli, e le possibili posizioni del fabbricato da realizzare.



Ubicazione delle CPTU eseguite e relativi rischi di liquefazione calcolati; il rettangolo giallo identifica l'area di sedime iniziale, il rettangolo viola la nuova area di sedime traslata;

Vista la distribuzione del rischio di liquefazione, si è ritenuto opportuno delocalizzare l'area di sedime del futuro fabbricato, traslandola in direzione NO in corrispondenza del settore dotata di un rischio di liquefazione mediamente "basso". Nonostante la nuova ubicazione, l'area risulta ricadere parzialmente in corrispondenza di un settore (CPTU 11) caratterizzata da rischio di liquefazione "moderato" ( $LPI > 2.00$ ).

# INTERFERENZA N.1

## RISOLUZIONE DELL'INTERFERENZA

Tale condizione impone di realizzare interventi di consolidamento finalizzati alla mitigazione del rischio di liquefazione. A tal fine si propone di intervenire mediante la formazione di colonne di ghiaia vibro-compattate CGV nel settore interessato da rischio "moderato" di liquefazione.

Il progetto preliminare (tavola allegata) prevede la formazione di colonne di ghiaia nelle seguenti quantità:

INTERVENTO CONSOLIDAMENTO CERPIC						
	(m)	(m)	(mq)	(m)	n	(m)
PROVA DI RIFERIMENTO	Z	i	Cella	$\Phi$	colonne	lunghezza totale colonne
CPTU11	13.50	2.50	6.25	0.70	129	1741.5
INTERVENTO CONSOLIDAMENTO CERPIC + AMPLIAMENTO (ipotesi)						
	(m)	(m)	(mq)	(m)	n	(m)
PROVA DI RIFERIMENTO	Z	i	Cella	$\Phi$	colonne	lunghezza totale colonne
CPTU11	13.50	2.50	6.25	0.70	174	2349

Il dimensionamento preliminare dell'intervento è stato eseguito per la verticale CPTU11 (LPI 2.14) secondo l'approccio proposto da Priebe (1995), considerando gli effetti di **consolidamento attivo** per effetto della vibro-compattazione operata durante la formazione delle colonne di ghiaia.

Il dimensionamento geotecnico delle colonne di ghiaia vibro-compattate è stato svolto secondo quanto proposto da Priebe (1995). Il miglioramento delle caratteristiche del sottosuolo, conseguente alla realizzazione di una colonna di ghiaia, viene valutata sulla assunzione che, durante input sismico, il materiale ghiaioso è soggetto a rottura per taglio mentre il suolo al contorno reagisce elasticamente. Il risultato del miglioramento è espresso con il fattore  $n_0$ , ricavabile dalle seguenti relazioni:

$$n_0 = 1 + \frac{A_C}{A} \cdot \left[ \frac{1/2 + f(\mu_s, A_C/A)}{K_{ac} \cdot f(\mu_s, A_C/A)} - 1 \right]$$

$$f(\mu_s, A_C/A) = \frac{(1 - \mu_s) \cdot (1 - A_C/A)}{1 - 2\mu_s + A_C/A}$$

$$K_{ac} = \tan^2(45^\circ - \phi_c/2)$$

Per eventi sismici di breve durata, nei quali le deformazioni dei terreni avvengono in condizioni di volume costante, risulta più realistico considerare ai fini del calcolo di  $n_0$ , un valore di  $\mu_s$  pari a 0.5, comportando una semplificazione delle relazioni appena proposte. Così facendo è possibile determinare il fattore migliorativo secondo la seguente relazione:

$$n_0 = 1 + \frac{A_c}{A} \cdot \left[ \frac{1}{K_{ac} \cdot (1 - A_c/A)} - 1 \right] \quad K_{ac} = \tan^2(45^\circ - \varphi_c/2)$$

Dove  $A_c$  rappresenta l'area della sezione della colonna di consolidamento,  $A$  è l'area di influenza della singola colonna di consolidamento,  $K_{ac}$  è il coefficiente di spinta attiva delle colonne e  $\varphi_c$  è l'angolo di resistenza al taglio della ghiaia utilizzata.

Una volta ricavato il fattore  $n_0$  viene calcolato il parametro  $\alpha$ . Tale parametro definisce il rapporto tra il livello tensionale rimanente sul terreno tra le colonne di consolidamento e la sovrappressione totale. Il parametro  $\alpha$  costituisce l'inverso del fattore di miglioramento  $n_0$  apportato dalle colonne.

$$\alpha = \frac{p_s}{p} = \frac{1}{n_0} = \frac{k_{a,c} \left(1 - \frac{A_c}{A}\right)}{\frac{A_c}{A} + k_{a,c} \left(1 - \frac{A_c}{A}\right)^2}$$

Tale valutazione si basa sull'efficienza meccanica delle colonne di ghiaia addensata per le quali si può considerare un angolo di resistenza al taglio  $\varphi_c$  pari a  $45^\circ$  e un modulo operativo  $E_c > 100$  MPa.

Il dimensionamento dell'intervento di consolidamento è stato svolto considerando la realizzazione di una maglia regolare di colonne di ghiaia vibro-compattate (CGV). Il calcolo delle caratteristiche geometriche della maglia e delle colonne è stato svolto al fine di raggiungere la condizione di  $LPI_{RESIDUO} < 2$ , per la quale è possibile garantire la riduzione dei fenomeni di liquefazione osservati e ricondurre la classe di rischio all'interno della classe di rischio basso (Classificazione Somnez). Le verifiche alla liquefazione post-intervento secondo le formulazioni precedentemente illustrate sono state svolte considerando l'analoga parametrizzazione eseguita per le verifiche della liquefazione in condizioni free-field.

Trattandosi di progetto preliminare, oltre all'analisi dell'abbattimento del rischio di liquefazione sviluppata in dettaglio, occorre definire un progetto esecutivo attraverso il quale valutare l'interazione della struttura con le colonne di ghiaia in termini di capacità portante e cedimenti (assoluti e differenziali).

Per quanto riguarda l'intervento di consolidamento proposto alla tavola allegata per l'ampliamento del fabbricato CERPIC, vista la modesta densità di verticali di indagine CPTU in corrispondenza della futura area di sedime, il progetto esecutivo dovrà essere redatto a seguito di opportune nuove indagini CPTU volte ad accertare l'effettivo rischio di liquefazione dell'area interessata dall'ampliamento.

COMUNE

**FERRARA**

PROVINCIA DI FERRARA

COMMITTENTE

**REGIONE EMILIA ROMAGNA**

OGGETTO

**Planimetria interventi di riduzione del rischio di liquefazione  
mediante realizzazione di colonne di ghiaia vibrocompattate  
CGV**

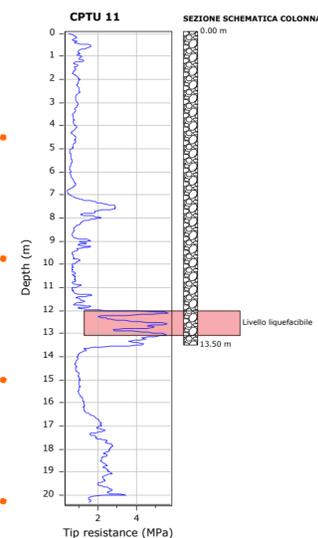
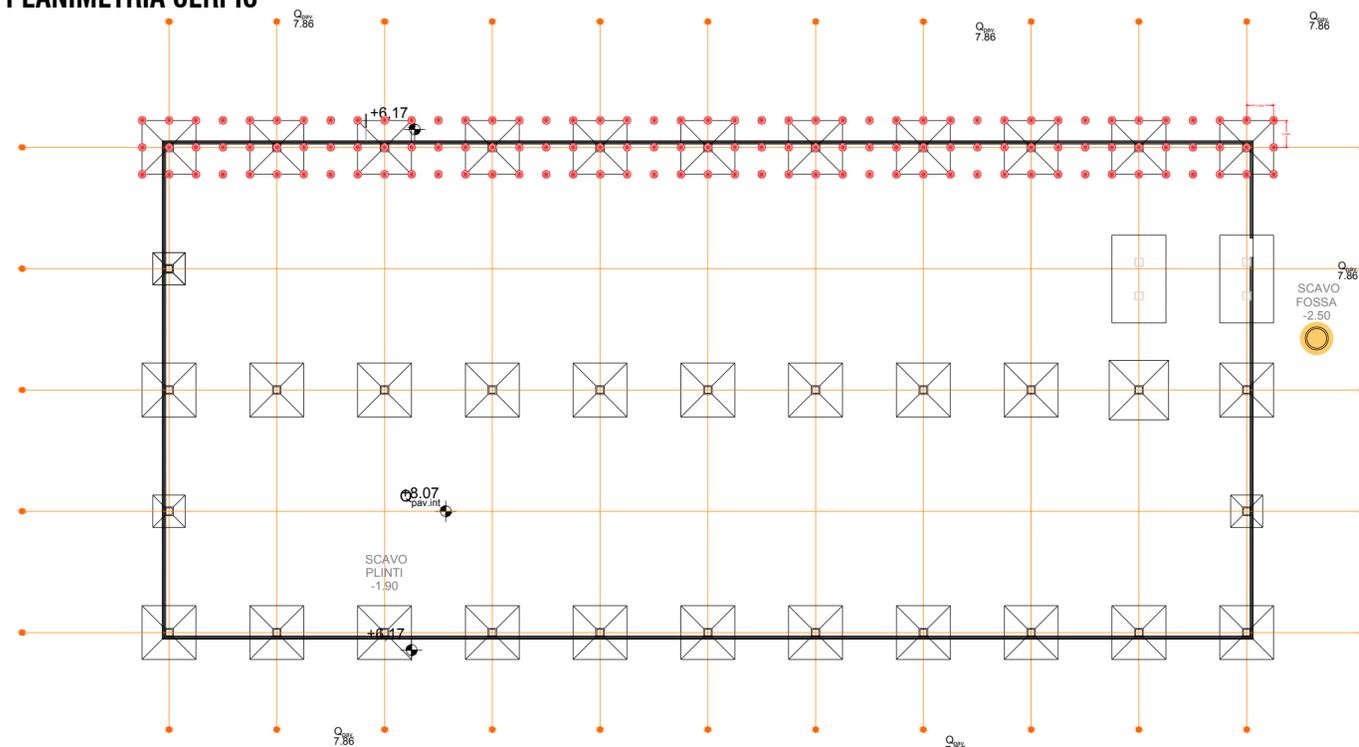
SCALA

**1:400**

DATA

AGO 2018

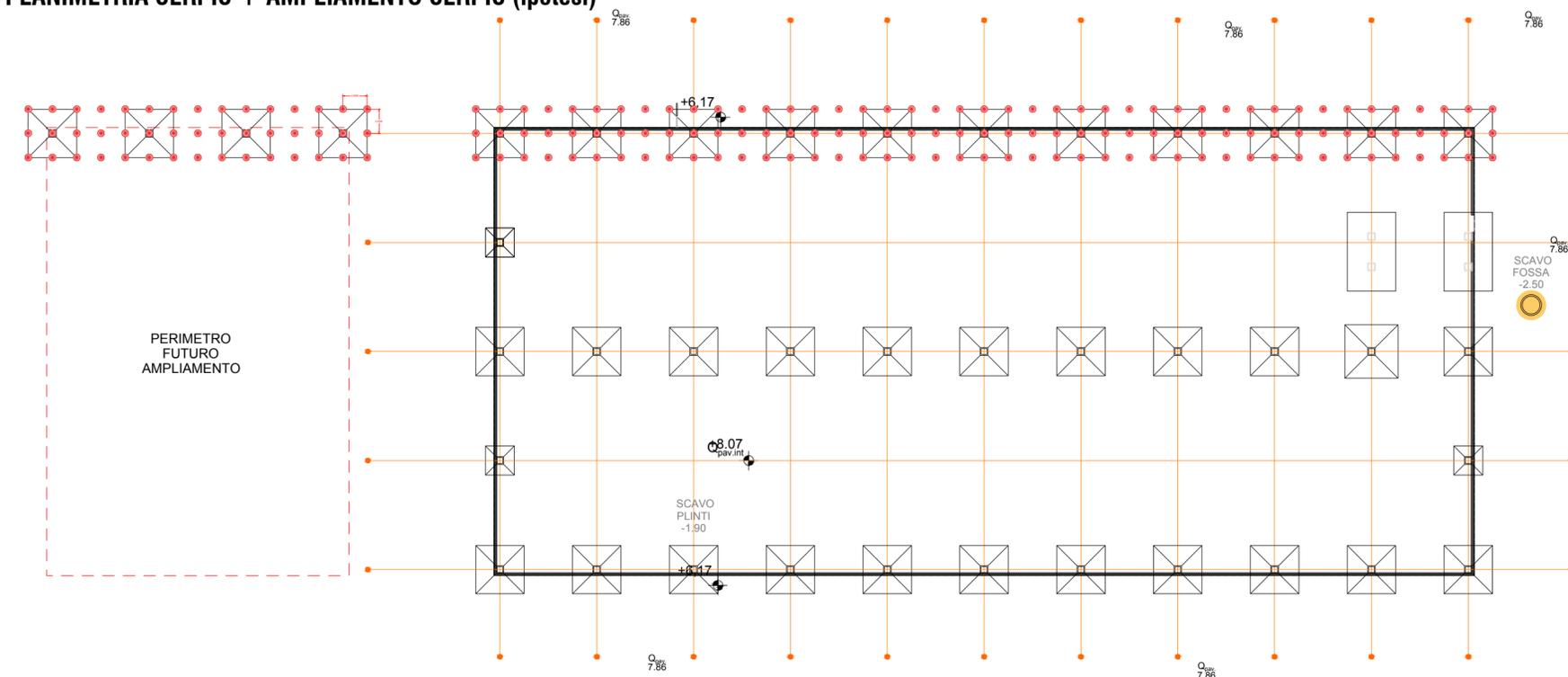
### PLANIMETRIA CERPIC



#### COMPUTO METRICO - INTERVENTO CERPIC

Quantità: 129 colonne / Ø = 700 mm  
Lunghezza: 13.50 m da p.c.  
Lunghezza totale intervento: 1741.5 m

### PLANIMETRIA CERPIC + AMPLIAMENTO CERPIC (ipotesi)



#### COMPUTO METRICO - INTERVENTO CERPIC+AMPLIAMENTO (ipotesi)

Quantità: 174 colonne / Ø = 700 mm  
Lunghezza: 13.50 m da p.c.  
Lunghezza totale intervento: 2349 m

### NOTE TECNICHE ESECUTIVE

- Le colonne dovranno essere realizzate con ghiaia silicea e non carbonatica, al fine di ovviare l'occorrenza di fenomeni di dissoluzione ad opera dei fluidi presenti nel sottosuolo

### CONTROLLI

- Da concordare con D.L. e Collaudatore:

#### A. VERIFICA DELL'ADDENSAMENTO DEI LIVELLI SABBIOSI

1. Con la finalità di individuare l'addensamento raggiunto al termine dell'intervento occorre prevedere di eseguire una prova penetrometrica statica con piezonocono SCPTU (eventualmente da eseguire in corrispondenza dello stesso punto d'indagine eseguita per lo studio)

2. Realizzazione di prove di carico su piastra al fine di valutare il modulo di rigidità raggiunto dalla colonna e per diretto confronto di quello usato in sede di progettazione