



Provincia di Ravenna

Settore Lavori Pubblici

U.O. Progettazione strade ed Espropri

REALIZZAZIONE DEL PERCORSO CICLO-PEDONALE
LUNGO LA S.P.71bisR DAL CONFINE CON LA
PROVINCIA DI FORLI'-CESENA ALLA S.S.16 ADRIATICA
IN COMUNE DI CERVIA
PROGETTO ESECUTIVO

| | | | | | |
|--|--|------------|---------------------------------------|------------|------------|
| Presidente: Sig. Michele De Pascale | Consigliere delegato ai LL.PP.-Viabilità: Sig. Davide Ranalli | | | | |
| Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile | Resp. dell' U.O.: Ing. Chiara Bentini | | | | |
| RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: | Ing. Chiara Bentini | _____ | <i>Documento firmato digitalmente</i> | | |
| PROGETTISTA COORDINATORE: | Geom. Giancarlo Riccardi | _____ | <i>Firmato</i> | | |
| PROGETTISTA OPERE STRADALI E FOGNARIE: | Geom. Giancarlo Riccardi | _____ | <i>Firmato</i> | | |
| COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE OPERE STRADALI E FOGNARIE: | Geom. Lorenza Battistini | _____ | <i>Firmato</i> | | |
| RILIEVI TOPOGRAFICI: | Geom. Giancarlo Riccardi | _____ | <i>Firmato</i> | | |
| | Geom. Lorenza Battistini | _____ | <i>Firmato</i> | | |
| ELABORAZIONE GRAFICA: | Geom. Lorenza Battistini | _____ | <i>Firmato</i> | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | EMISSIONE | 22/12/2017 | | APP n. 176 | 28/12/2017 |
| Rev. | Descrizione | Redatto: | Controllato: | Approvato: | Data: |

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA

| | | | | |
|----------------|------------|------------|--------|---|
| Elaborato num: | Revisione: | Data: | Scala: | Nome file: |
| R003 | Rev.1 | 07/02/2018 | - | PE_SS71BIS-CICLABILE_RELAZIONE GEOTECNICA.doc |

REGIONE
EMILIA
ROMAGNA

PROVINCIA
DI RAVENNA

COMUNE DI
CERVIA

"REALIZZAZIONE DI UN PERCORSO CICLO - PEDONALE
LUNGO LA S.P. N. 71 BIS R "CESENA - CERVIA" DAL
CONFINE CON LA PROVINCIA DI FORLI' - CESENA ALLA
S.S. 16 "ADRIATICA" NEL COMUNE DI CERVIA"

PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO

Ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni

ELABORATO:

2

DESCRIZIONE:

RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015

DATA:

20/11/2017

COMMITTENTE:

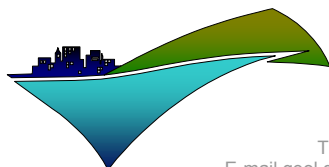


PROVINCIA
DI RAVENNA

TIMBRO e FIRMA

STUDIO INCARICATO

GEO.TER
Geologia e Territorio



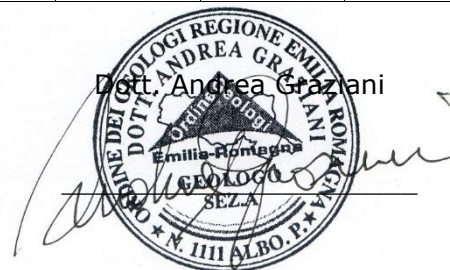
Via Montebello 2
41012 Classe (RA)
Tel 0533-8727317
E-mail geol.graziani@gmail.com
P.I. 0210336037 e C.F. GRZNR72S121

GRUPPO DI
LAVORO

Dott. Andrea Graziani
Iscritto al n. 1111 Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna

| EMISSIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO | NOTE |
|-----------|------------|---------|------------|-----------|-----------|
| 0.0 | 20.11.2017 | AG | AG | AG | Emissione |

Dott. Andrea Graziani



| | | | |
|--|--|--|--|
|  <p>GEO.TER DI GRAZIANI ANDREA</p> | | | |
|--|--|--|--|

INDICE

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | MODELLO STRATIGRAFICO | □ |
| 3 | POSSIBILIT  DI OCCORRENZA DELLA LI UEFAZIONE (DGR 21 3/201 )..... | 6 |
| 3.1 | “METODI SEMPLIFICATI” CON CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA FL Z ..... | 6 |
| 3.2 | INDICE DEL POTENZIALE DI LI UEFAZIONE | 8 |

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|--|---|----------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | 2 |

1 PREMESSA

È stata eseguita un'indagine geologica finalizzata all'individuazione delle caratteristiche fisico meccaniche e sismiche del terreno di fondazione di una passerella ciclo-pedonale da eseguire sul canale valle Felici in corrispondenza dell'intersezione fra la S.P. 71 bis R e la S.P. 6 presso la zona Industriale di Montaletto in Provincia di Ravenna. Figura 1



FIGURA 1: UBICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

Scopo della presente relazione è quello di restituire un'analisi della possibilità di occorrenza della liquefazione eseguita secondo le direttive della DGR 21/3/201 della Regione Emilia-Romagna.

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|--|---|----------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | 3 |

2 MODELLO STRATIGRAFICO

L'ubicazione delle prove eseguite è riportata nella seguente Figura 2.



FIGURA 2 – UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE.

Dalle prove eseguite viene restituito un modello stratigrafico che presenta una buona continuità laterale. I terreni dunque risultano omogenei nella struttura della sezione (Figura 3). In particolare si nota la presenza di 28-20 metri di materiale fine, argilloso limoso; tale dato si inserisce perfettamente nel contesto dell'area oggetto di studio.

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|--|---|--------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | □ |

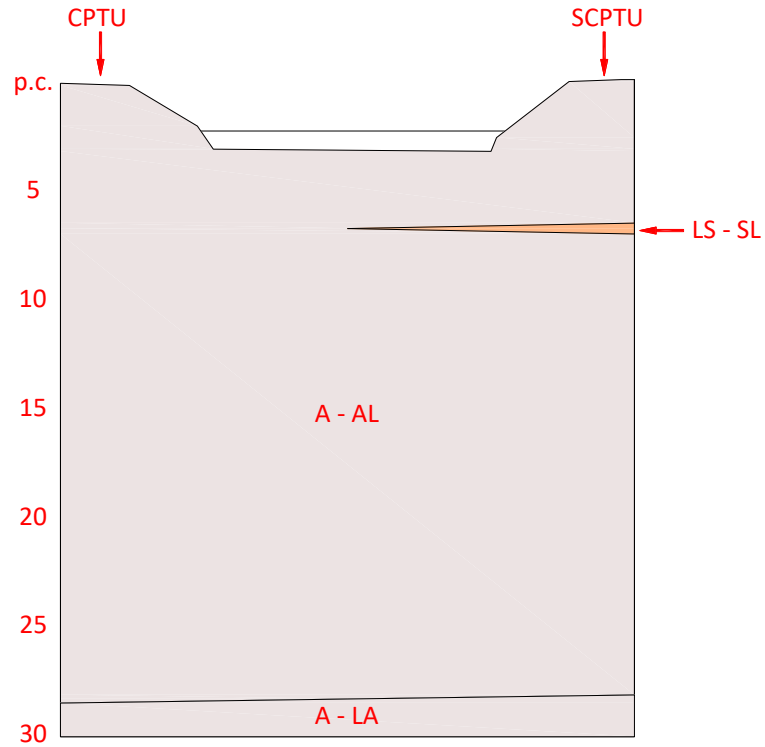



FIGURA 3 – SEZIONE STRATIGRAFICA.

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|--|---|--------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | □ |

| | | | |
|--|--|--|--|
|  <p>GEO.TER DI GRAZIANI ANDREA</p> | | | |
|--|--|--|--|

3 POSSIBILITÀ DI OCCORRENZA DELLA LIQUEFAZIONE (DGR 2193/2015)

Ai sensi della DGR 2193/2015 il rischio di liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti (susceptibilità dei terreni).

La susceptibilità del terreno alla liquefazione è stata valutata sulla base di prove in sito CPTU esplorando un numero di 2 verticali, ritenuto adeguato all'estensione dell'area e alla variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del deposito. Durante le prove sono stati rilevati i livelli di falda (risultati attestati su 3,0 m e 3,5 m da p.c.) ma nelle analisi si è considerata una condizione estremamente gravosa pari alla falda presente a 1,0 m da p.c..

Come meglio spiegato in seguito, la stima del potenziale di liquefazione è stata effettuata con il "metodo semplificato" di Boulanger e Idriss (2014) e a tal fine è stato valutato il picco di accelerazione massima in superficie a_{max} .


I risultati dello studio devono hanno fornito l'andamento del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione $F_L(z)$ per ciascuna delle verticali esplorate fino alla profondità critica z_{crit} da piano campagna (20 m). Per ogni verticale è stato infine valutato l'indice del potenziale di liquefazione I_L secondo le seguenti classi di pericolosità (Sonmez 2003):

- $I_L = 0$ Non liquefacibile ($F_L \geq 1.2$)
- $0 < I_L \leq 2$ Potenziale basso
- $2 < I_L \leq 5$ Potenziale moderato
- $5 < I_L \leq 15$ Potenziale alto
- $I_L > 15$ Potenziale molto alto

3.1 "METODI SEMPLIFICATI" CON CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA $F_L(z)$

I "metodi semplificati" sono applicabili solo nelle condizioni di piano di campagna orizzontale o con deboli pendenze e depositi olocenici. Essi richiedono la valutazione fino alla profondità critica da p.c. del coefficiente di sicurezza:

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|--|---|----------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | 6 |

| | | | |
|--|--|--|--|
|  <p>GEO.TER DI GRAZIANI ANDREA</p> | | | |
|--|--|--|--|

$$F_L(z) = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_{v0}=1atm}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_{\sigma}$$

dove:

$$CRR_{M=7.5; \sigma'_{v0}=1atm} = \frac{\tau_{ult}}{\sigma'_{v0}}$$

□ il rapporto di resistenza ciclica □ ovvero la resistenza normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale σ'_{v0} □ per terremoto di magnitudo $M \approx 7$ □ e pressione efficace di riferimento $\sigma'_{v0} \approx 1atm$

MSF è il fattore di scala della Magnitudo che è funzione, oltre che del valore della magnitudo dell'azione sismica di riferimento □ anche del metodo di stima di CRR □


K_{σ} □ il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{maxs}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

□ il rapporto di tensione ciclica □ ovvero la tensione di taglio ciclica media indotta dall'azione sismica di riferimento □ normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale σ'_{v0} □ ove a_{maxs} □ il picco di accelerazione al piano campagna, g è l'accelerazione di gravità, σ_{v0} e σ'_{v0} sono le tensioni verticali rispettivamente totale e efficace alla profondità considerata □ ed r_d □ un coefficiente riduttivo dell'azione sismica per effetto della deformabilità del terreno che pu□ essere stimato con relazioni empiriche associate ai diversi metodi di stima di CRR □ e di MSF □ Il valore della tensione tangenziale media $\tau_{media} = 0.65 \tau_{max}$ al variare della profondità pu□ essere pi□ precisamente determinato con analisi di risposta sismica locale.

Tra i metodi semplificati di stima del potenziale di liquefazione □ da preferire □ quello basato sui risultati di prove CPT elettriche □ CPTe/CPTu □ Nel caso di studio □ stato □ infatti □ utilizzato il metodo basato sui risultati di prove CPTe/CPTu proposto da Boulanger e Idriss nel 201 □. Tutti i metodi semplificati di stima del rischio di liquefazione che utilizzano i risultati di prove penetrometriche statiche sono calibrati sull'apparecchiatura a

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|--|---|----------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | 7 |

| | | | |
|---|--|--|--|
|  | | | |
|---|--|--|--|

punta elettrica (CPTe). L'uso di tali metodi con i risultati di prove CPT a punta meccanica può condurre ad una sovrastima della resistenza CRR e quindi del fattore di sicurezza.

Il metodo proposto da Boulanger e Idriss (2014) permette di ottenere, dopo diversi passaggi, l'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione F_L lungo le verticali indagate.

3.2 INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

L'indice del potenziale di liquefazione, I_L è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

in cui

$$w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

La variabile F vale (Sonmez 2003)

$$F = 0 \quad \text{per} \quad F_L \geq 1.2$$

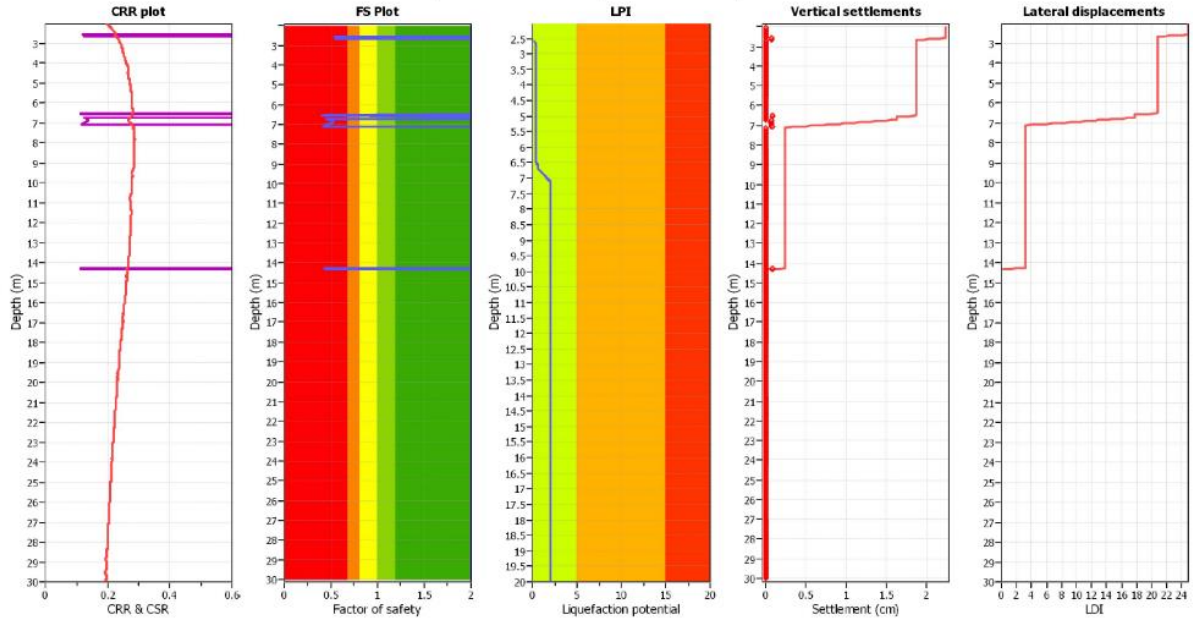
$$F(z) = 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_L) \quad \text{per} \quad 1.2 \geq F_L \geq 0.95$$

$$F = 1 - F_L \quad \text{per} \quad F_L \leq 0.95$$

L'area di studio è caratterizzata dalla presenza di terreni argilloso-limosi ma essendo presenti livelli sia pur minimi di sabbia in falda entro i primi 20 metri dal p.c. si è proceduto ugualmente al calcolo dell'indice di liquefazione per ogni punto di indagine.

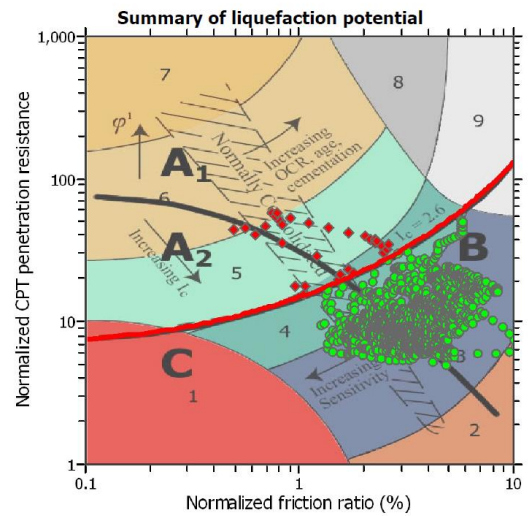
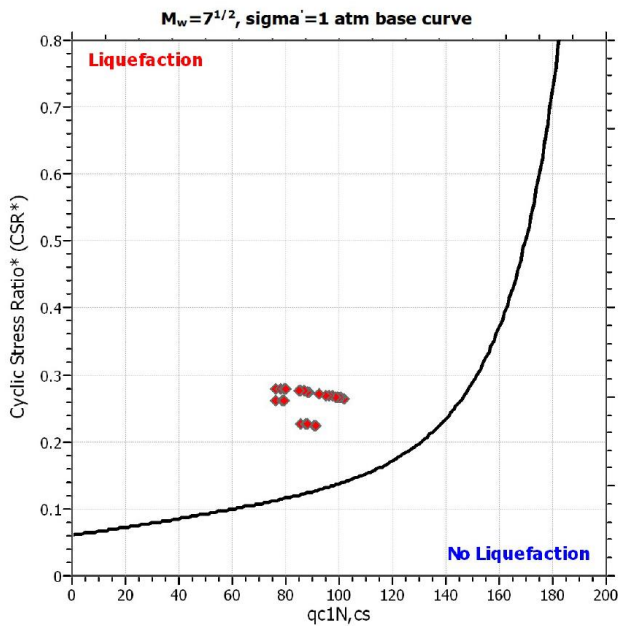
| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|---|--|--------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | 8 |

Liquefaction analysis overall plots



Input parameters and analysis data

| | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|------------|---|------------------|
| Analysis method: | B&I (2014) | Depth to GWL (earthq.): | 1.00 m | Fill weight: | N/A | F.S. color scheme | LPI color scheme |
| Finest correction method: | B&I (2014) | Average results interval: | 3 | Transition detect. applied: | No | Almost certain it will liquefy | Very high risk |
| Points to test: | Based on I_c value | I_c cut-off values: | 2.60 | K_u applied: | Yes | Very likely to liquefy | High risk |
| Earthquake magnitude M_w : | 6.14 | Unit weight calculation: | Based on SBT | Clay like behavior applied: | Sands only | Liquefaction and no liq. are equally likely | Low risk |
| Peak ground acceleration: | 0.25 | Use fill: | No | Limit depth applied: | No | Unlike to liquefy | |
| Depth to water table (insitu): | 3.40 m | Fill height: | N/A | Limit depth: | N/A | Almost certain it will not liquefy | |



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
 Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

FIGURA □ – RISULTATO ANALISI LIQUEFAZIONE SCPTU.

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|---|--|--------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | □ |

Liquefaction analysis overall plots

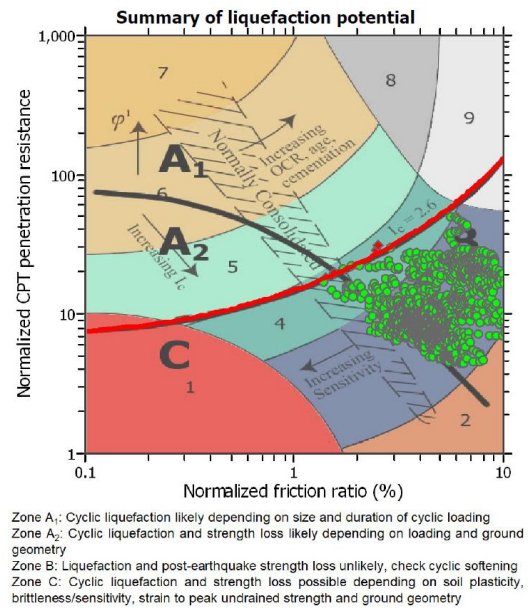
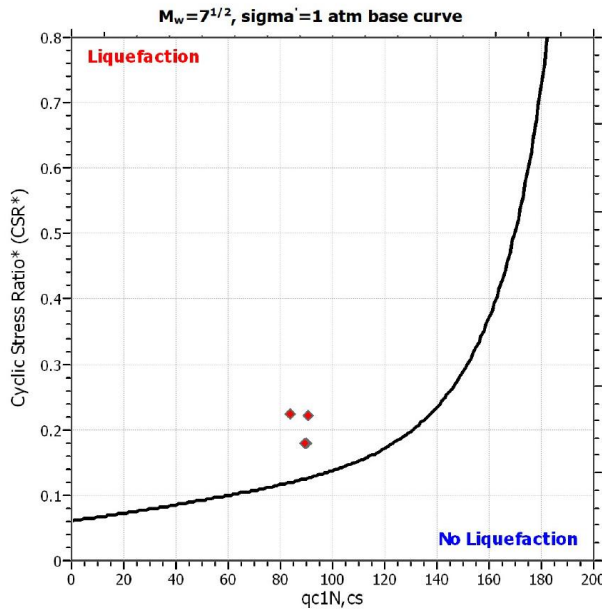
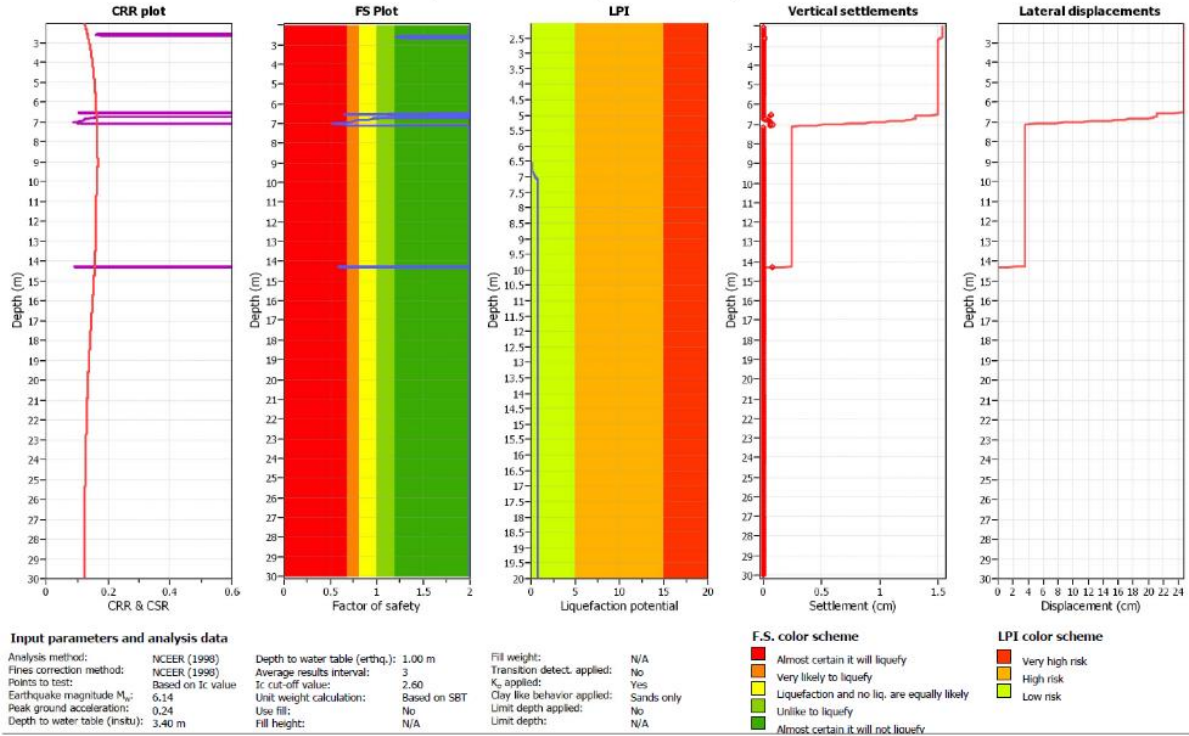



FIGURA □ – RISULTATO ANALISI LIQUEFAZIONE CPTU.

| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|---|--|--------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | 10 |

| | | | |
|---|--|--|--|
|  | | | |
|---|--|--|--|

L'indice del potenziale di liquefazione risultato I_L pari a:

SCPTU $\rightarrow I_L = 2.09$

CPTU $\rightarrow I_L = 0.11$

Facendo riferimento alle classi di pericolosità individuate da Sonmez nel 2003:

- $I_L \geq 0$ Non liquefacibile ($F_L \geq 1.2$)
- $0 < I_L \leq 2$ Potenziale basso
- $2 < I_L \leq 5$ Potenziale moderato
- $5 < I_L \leq 15$ Potenziale alto
- $I_L > 15$ Potenziale molto alto

Il terreno presenta un potenziale di liquefazione che varia da estremamente basso ad appena moderato.

Si ritiene quindi sufficiente un'analisi eseguita secondo il metodo semplificato.

Ravenna, novembre 2017

Dott. Geol. Graziani Andrea



| Data | Intervento | Documento | Pagina |
|------------|--|---|-----------|
| 20/11/2017 | PASSERELLA CICLO-PEDONALE DI MONTALETTO | RELAZIONE SISMICA AI SENSI DELLA DGR 2193/2015 | 11 |