

ANALISI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE PRODOTTI IN EMILIA DALLA SEQUENZA SISMICA DEL 2012 CON METODI BASATI SU SDMT/DMT

Francesco E. M. Montemitro (francescomontemitro@gmail.com)
Università degli Studi “G. d’Annunzio” Chieti-Pescara

Sara Amoroso (sara.amoroso@unich.it)
Università degli Studi “G. d’Annunzio” Chieti-Pescara, Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia, L’Aquila

Paola Monaco (paola.monaco@univaq.it)
Università degli Studi dell’Aquila

Luca Minarelli (luca.minarelli@ingv.it)
Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia, L’Aquila

ABSTRACT. Partendo dai dati raccolti con prove geotecniche (CPT, SCPT, DMT e SDMT), mediante le analisi di liquefazione, si è andati a riprodurre gli eventi sismici che hanno colpito l’Emilia-Romagna nel 2012 per verificare se ci fosse corrispondenza tra i risultati delle analisi previsionali e le osservazioni fatte direttamente sul campo. In questo articolo sono mostrati solo i risultati ottenuti da metodi basati su DMT/SDMT in due siti rappresentativi. Analizzando i risultati dei siti di Scortichino (SDMTA) e Mirandola (via Posta Vecchia, 81) si riscontrano delle anomalie comuni anche ad altri siti. Dai risultati delle analisi si evince che i metodi basati sulle prove DMT, in generale, riescono a interpretare adeguatamente il fenomeno della liquefazione.

1. INTRODUZIONE

Nel 2012 una sequenza sismica ha interessato l’area della Pianura Padana Emiliana causando ingenti danni al patrimonio architettonico ed infrastrutturale. Le due scosse più forti sono state quella del 20 Maggio ($M_w= 5.9$ e epicentro nel comune di Finale Emilia) e quella del 29 Maggio ($M_w= 5.8$ e epicentro a cavallo dei comuni di Mirandola, Medolla e San Felice sul Panaro). A seguito di queste scosse sono stati frequenti i casi di liquefazione delle sabbie. Per verificare se ci fosse corrispondenza tra i risultati delle analisi previsionali e le osservazioni fatte direttamente sul campo, si sono eseguite le analisi di liquefazione su 83 siti utilizzando più metodi di analisi basati su prove CPT (Idriss & Boulanger, 2008) e DMT (Monaco et al., 2005; Tsai et al., 2009; Robertson, 2012; Marchetti, 2016). In questo articolo si farà riferimento ai risultati ottenuti dalle prove DMT.

2. AREE DI STUDIO

Di seguito sono riportati due degli 83 siti analizzati. I siti in questione sono quelli di Scortichino (Bondeno, FE), Figura 1a, e di via Posta Vecchia 81 a Mirandola (MO), Figura 1b. Il primo sito ha manifestato problemi di liquefazione associati a fratture e deformazioni del terreno, mentre il secondo sito non ha manifestato problemi legati alla liquefazione.

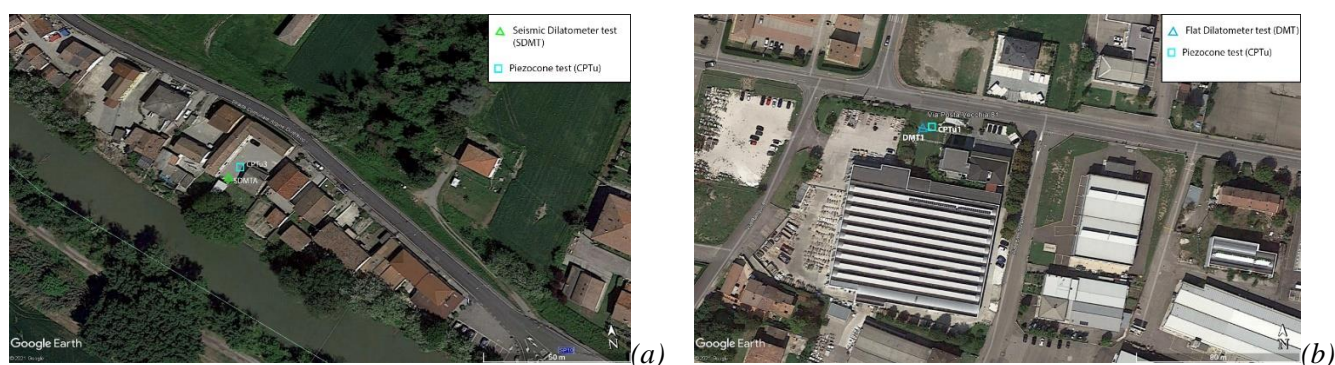


Figura 1. a. Scortichino SDMTA; b. Mirandola, Via Posta Vecchia 81.

Data la particolare composizione geomorfologica della zona, con paleo alvei e rilevati arginali, si è deciso di assegnare ai siti che presentavano una condizione di piana alluvionale un livello di falda di 1m e ai siti che presentavano una condizione di dosso un livello di falda di 3m. Sulla base di due shake map redatte dall'INGV (una per ogni evento sismico), sono stati assegnati i valori della PGA e confrontando tutte le coppie di valori Mw-PGA, per ogni sito è stato scelto l'evento sismico più severo per eseguire le analisi (Tabella 1).

Tabella 1. Dati relativi ai siti analizzati.

SITO	EVENTO	Mw	PGA	GWT	EQ. GWT
Scortichino SDMTA	20/05/2012	5.9	0.30 g	7.00 m	3.00 m
Mirandola, via Posta Vecchia 81	20/05/2012	5.9	0.26 g	6.80 m	1.00 m
	29/05/2012	5.8	0.31 g	6.80 m	1.00 m

3. ANALISI DI LIQUEFAZIONE

Nella frazione di Scortichino 3 siti su 4 hanno avuto problemi di liquefazione. Plottando i vari profili (Figura 2) è possibile vedere come in corrispondenza degli strati sabbiosi il profilo del CRR sia ben al di sotto della curva del CSR e il fattore di sicurezza sia di molto inferiore all'unità evidenziando, quindi, lo strato di terreno soggetto a liquefazione. Leggendo i profili CSR/CRR, è stato, quindi, possibile determinare lo spessore della crosta superficiale non liquefacibile H1 (0-5.0 m) e lo spessore dello strato potenzialmente liquefacibile H2 (5.0-10.2 m) immediatamente sottostante.

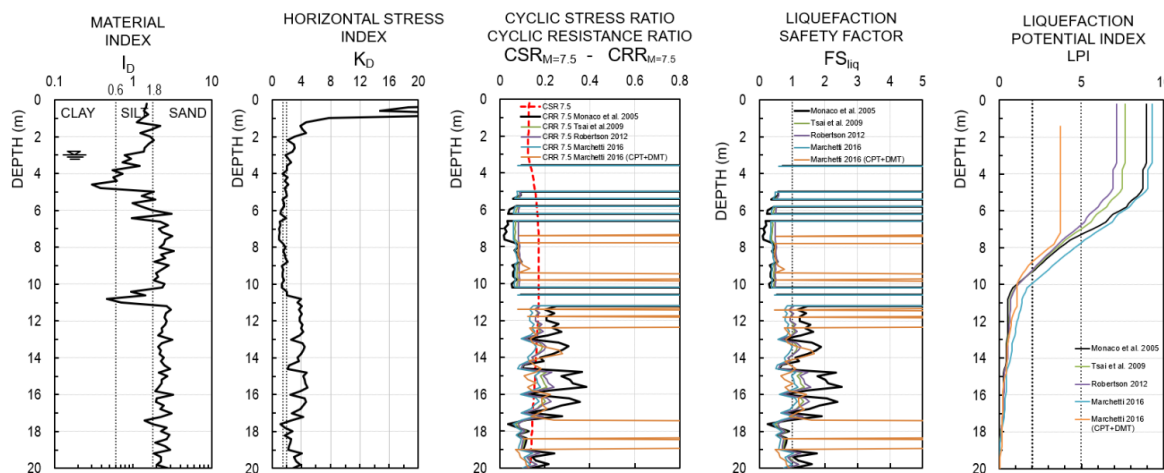


Figura 2. Risultati analisi di liquefazione per il sito Scortichino SDMTA.

Gli indici di potenziale liquefazione LPI derivati dalle analisi, uno per ogni metodo di analisi considerato, permettono di determinare per il sito un rischio di liquefazione molto elevato, confermando le osservazioni fatte sul campo.

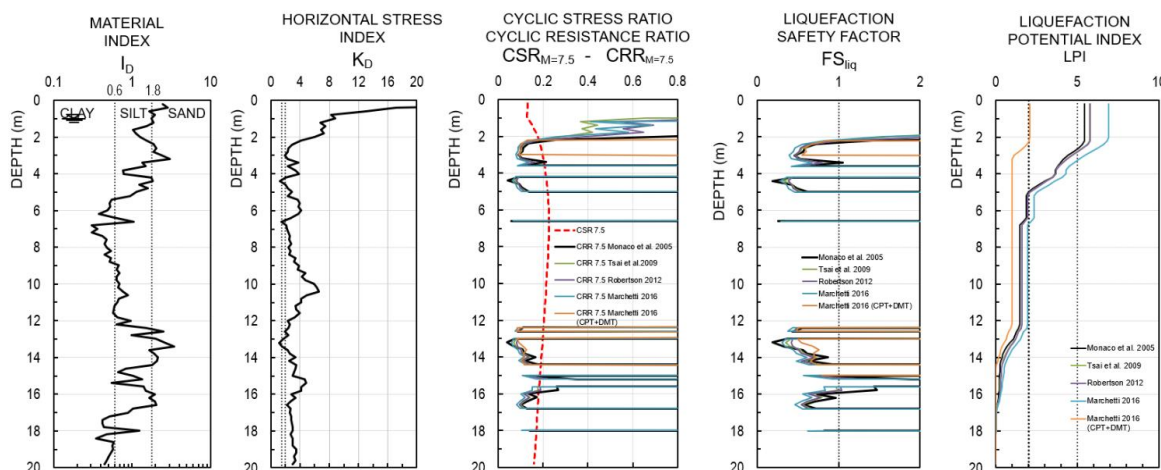


Figura 3. Risultati analisi di liquefazione sito di via Posta Vecchia 81, Mirandola, evento del 20/05/2012.

Il sito di via Posta vecchia a Mirandola non ha manifestato problemi di liquefazione, ma le analisi (Figure 3 e 4) hanno fornito un quadro complessivo abbastanza diverso da quanto osservato sul campo. Questo sito è stato analizzato in relazione ad entrambi gli eventi sismici, ma va detto che entrambi hanno avuto effetti simili, in termini di Mw e PGA. In relazione ad entrambi gli eventi sismici, leggendo i profili CSR e CRR, sono stati determinati gli spessori della crosta superficiale non liquefacibile H1 (0-2.20 m) e dello strato potenzialmente liquefacibile H2 (2.20-5.00 m).

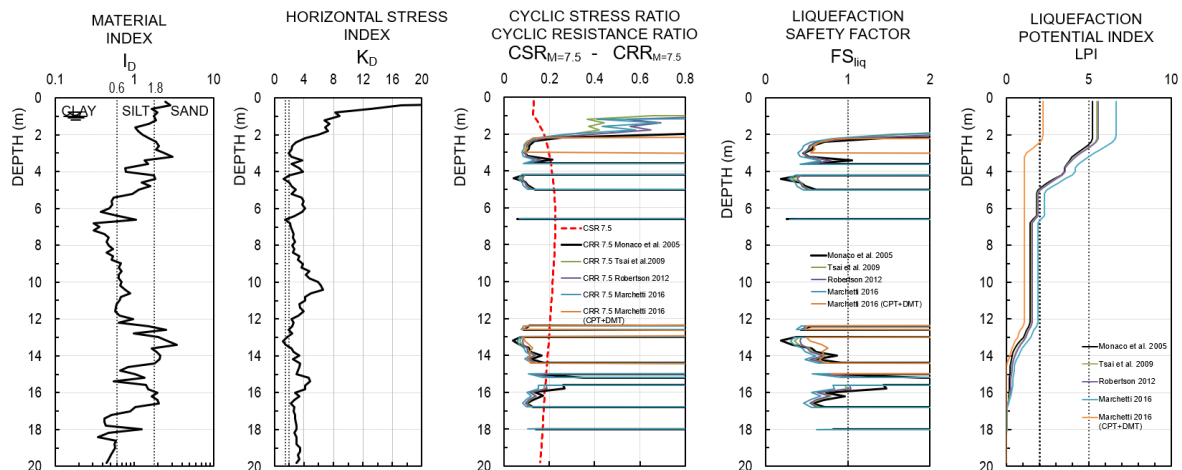


Figura 4. Risultati analisi di liquefazione sito di via Posta Vecchia 81, Mirandola, evento del 29/05/2012.

Per entrambi gli eventi sismici, gli indici LPI derivati dalle analisi di liquefazione (leggermente più elevati nel secondo caso), classificano il sito come ad alto rischio di liquefazione. I risultati delle analisi di liquefazione risultano, quindi, in contraddizione con le osservazioni fatte sul campo.

4. DISCUSSIONE

Riportando sull'abaco CRR- K_D i punti identificativi di tutti i siti analizzati si può notare come, tra i siti di non liquefazione, siano frequenti delle anomalie. Nel caso, invece, degli abachi di Ishihara (1985) e di Towhata, et al. (2016) basati sullo spessore della crosta non liquefacibile, le anomalie interessano anche i siti di liquefazione

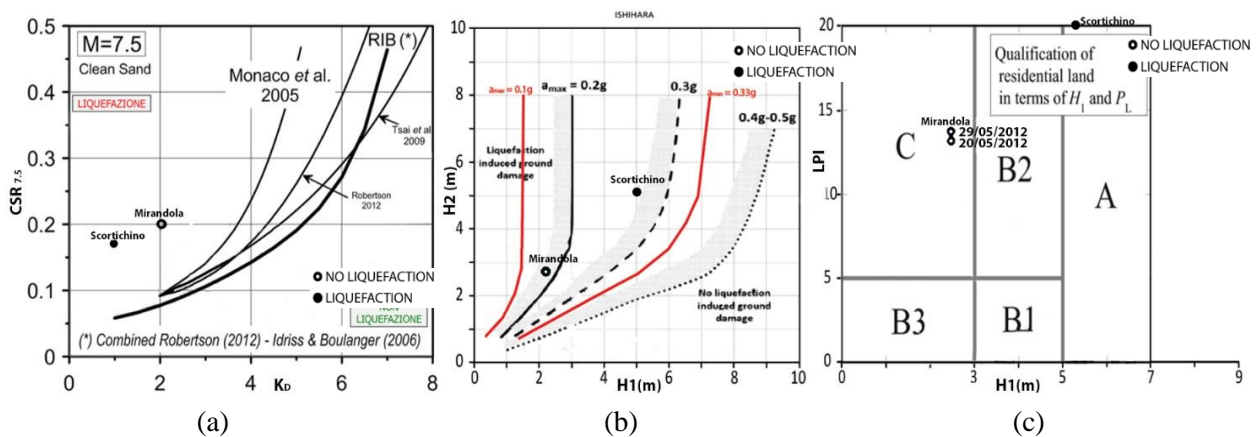


Figura 5. a. Abaco CRR- K_D ; b. Abaco di Ishihara (1985); c. Abaco di Towhata et al. (2016).

Alla luce di quanto riportato nell'articolo di Bonzi et al. (2017), considerate le incongruenze riscontrate, è stata presa in considerazione l'ipotesi che i siti "problematici" fossero collegati alla presenza di gas nel terreno. Infatti, il gas potrebbe aver parzialmente saturato i vuoti tra le particelle solide, andando così ad incrementare la resistenza ciclica alla liquefazione di quel terreno. Per ogni sito è stata, quindi, controllata la distanza dalla più vicina fonte di emissione di gas e poi si è andati a scartare quelli distanti più di 3 km, perché è difficile risentire

degli effetti del gas oltre tale distanza. Nel caso del sito di Mirandola tale distanza è di appena 270 m. Questa ipotesi, quindi, ci porta a pensare che quella del gas possa essere una delle concause che hanno determinato tali anomalie.

5. CONCLUSIONE

Dai risultati delle analisi si evince che i metodi basati sulle prove DMT riescono a interpretare adeguatamente il fenomeno della liquefazione, dato che lavorano in un range di deformazione medio alto (lo stesso associato ai fenomeni di liquefazione). Il sito di Scortichino (con problemi di liquefazione) è stato intercettato correttamente sia dall'abaco del CRR che dall'abaco di Ishihara (1985), mentre ha mostrato dei problemi con l'abaco di Towhata et al. (2016). Per il sito di Mirandola (che non ha mostrato problemi di liquefazione in nessuno dei due eventi sismici), invece, sono state riscontrate delle anomalie sia nell'abaco del CRR sia negli abachi relativi alle croste non liquefacibili. Le anomalie riscontrate potrebbero essere in parte spiegate con la presenza di gas nel terreno, in parte con il ridotto spessore dello strato liquefacibile e, nel caso del sito di Mirandola, in parte con l'ipotesi di una liquefazione avvenuta in profondità e che non si è manifestata in superficie.

6. RINGRAZIAMENTI

È doveroso ringraziare tutti i professionisti (Geol. Leonardo Calzolari, Geol. Rocco Carbonella, Studio Prof. Marchetti srl e Geotema srl), la Regione Emilia Romagna e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia che hanno messo a disposizione le loro banche dati.

7. BIBLIOGRAFIA

- Bonzi L., Ferrari V., Martinelli G., Norelli E. and Severi P., (2017). *Unusual geological phenomena in the Emilia-Romagna plain (Italy): gas emissions from wells and the ground, hot water wells, geomorphological variations. A review and an update of documented reports, 87-102, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata;*
- Idriss I.M., Boulanger R.W., (2008). *Soil liquefaction during earthquakes, 28-97, EERI;*
- Ishihara K. (1985). *Stability of natural deposits during earthquakes. Proc. 11th ICSMFE, San Francisco, 1:321-76.*
- Marchetti, (2016). *“Incorporating the Stress History Parameter KD of DMT into the Liquefaction Correlations in Clean Uncemented Sands”, 1-4, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering;*
- Monaco P., Marchetti S., Totani G., Calabrese M., (2005). *Sand liquefiability assessment by Flat Dilatometer Test (DMT), Faculty of Engineering, University of L'Aquila, Italy, 1-4;*
- Robertson P.K., (2012). *Interpretation of in-situ tests—some insights, Gregg Drilling & Testing Inc., Signal Hill, CA, USA, 6-10;*
- Tonni L., Gottardi G., Amoroso S., Bardotti R., Bonzi L., Chiaradonna A., d’Onofrio A., Fioravante V., Ghinelli A., Giretti D., Lanzo G., Madiati C., Marchi M., Martelli L., Monaco P., Porcino D., Razzano R., Rosselli S., Severi P., Silvestri F., Simeoni L., Vannucchi G., Aversa S. (2015). *“Interpreting the deformation phenomena triggered by the 2012 Emilia seismic sequence on the Canale Diversivo di Burana banks”, Rivista Italiana di Geotecnica, Anno 49(2), 28-38, Pàtron Editore, Bologna;*
- Towhata I., Yasuda S., Yoshida K., Motoshashi A., Sato S., Arai M., (2016). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering 91, Qualification of residential land from viewpoint of liquefaction vulnerability”, 260-269, Elsevier;*
- Tsai P.H., Lee D.H., Kung G. T.C., Juang C.H., (2009). *Simplified DMT-based methods for evaluating liquefaction resistance of soils, Engineering Geology , 13-22, Elsevier;*