

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E
IL TERRITORIO

ABSTRACT

**PROVE DI LIQUEFAZIONE IN VERA GRANDEZZA:
OSSERVAZIONI SPERIMENTALI E
PRIME SIMULAZIONI NUMERICHE**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Alessandro Flora

Candidato

Domenico Miglino M67/397

Correlatore

Ing. Anna Chiaradonna

Anno Accademico 2018/2019

INTRODUZIONE:

Il lavoro di tesi è incentrato sulle osservazioni dei risultati sperimentale e la simulazione numerica delle prove di liquefazione, svolte in sito.

Il fenomeno della liquefazione dei terreni avviene sotto alcune precise condizioni. Occorre la presenza di uno strato di sabbia poco addensata, satura e superficiale. Infatti, più è superficiale lo strato di terreno liquefacibile, maggiore è il rischio di danni alle opere in superficie. Un'altra fondamentale condizioni da rispettare è la presenza del sisma. L'onda sismica infatti, attraversando il terreno con velocità maggiore rispetto a quella con cui riesce a filtrare l'acqua nello strato, genera sovrappressioni interstiziali anche nei terreni a grana grossa, i quali si ritrovano in condizioni non drenate durante l'evento sismico.

Se tali sovrappressioni eguagliano le tensioni efficaci che possedeva inizialmente il terreno, avviene la liquefazione. Le particelle di sabbia, infatti, non possedendo coesione, perdono il legame tra di loro. Dal momento in cui il sisma termina, le sovrappressioni iniziano a dissiparsi, si generano profonde variazioni dell'indice dei pori, quindi cedimenti, con annessi sprofondamenti e lesioni delle eventuali opere in superficie. Quindi il parametro esemplificativo dell'avvenuta liquefazione o meno è l' *ru*, che rappresenta il rapporto tra le sovrappressioni neutre e la tensione verticale efficace iniziale del terreno. Quando l' *ru* raggiunge il valore unitario si raggiunge la soglia di liquefazione.

OBIETTIVI:

In quest'ottica si sviluppa il progetto europeo *Liquefact*, in cui si inserisce il lavoro di tesi. Tale progetto ha lo scopo di valutare e mitigare il rischio di liquefazione in Europa.

Gli obiettivi del lavoro di tesi hanno riguardato l'osservazione dei risultati delle prove di liquefazione in sito e l'interpretazione dei meccanismi di funzionamento delle tecniche di mitigazione, per cui è stato necessario procedere con la definizione di un modello numerico e ad effettuare delle simulazioni. Sono state inoltre individuati i principali fattori che influenzano i risultati delle simulazioni numeriche e quindi delle prove in sito.

LAVORO DI TESI:

Nell'ottica del progetto *Liquefact* si è deciso di costituire un campo prove nella località emiliana di Pieve di Cento, situato in una zona alluvionale nelle vicinanze del fiume Reno, zona in cui si sono registrate numerose evidenze di liquefazione, legate al sisma avvenuto in Emilia-Romagna in data 20/05/2012.

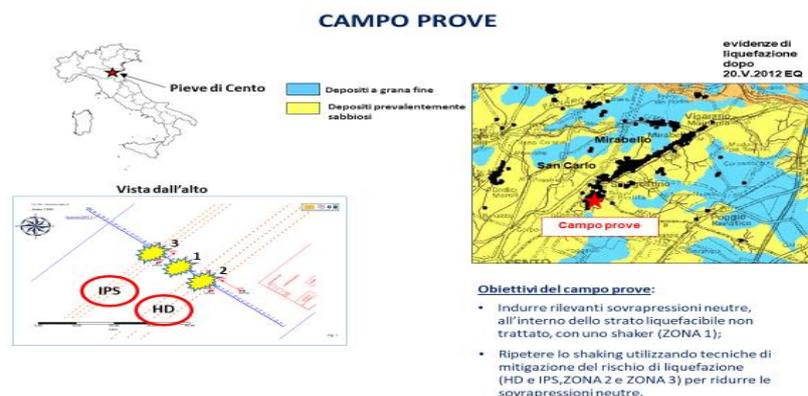


Fig.1

Sono state previste numerosi indagini geotecniche, comprensive di sondaggi in foro, prove in sito e analisi in laboratorio, per definire un modello geotecnico e idraulico del sito.

Ottenute tali informazioni si è potuto procedere alla sollecitazione vera e propria del terreno, tramite il megashaker (Fig.2), un mezzo dotato di due piastre di carico che riescono a indurre uno shaking, attraverso sollecitazioni cicliche di taglio, generando quindi onde S che si propagano nel terreno e simulano un'azione sismica. Tali piastre sono configurate in modo da essere distanti l'una dall'altra di un passo di 1.25m. Su tali piastre agiscono un carico statico dovuto al peso proprio dello shaker e lo shaking in direzione perpendicolare all'asse del megashaker.

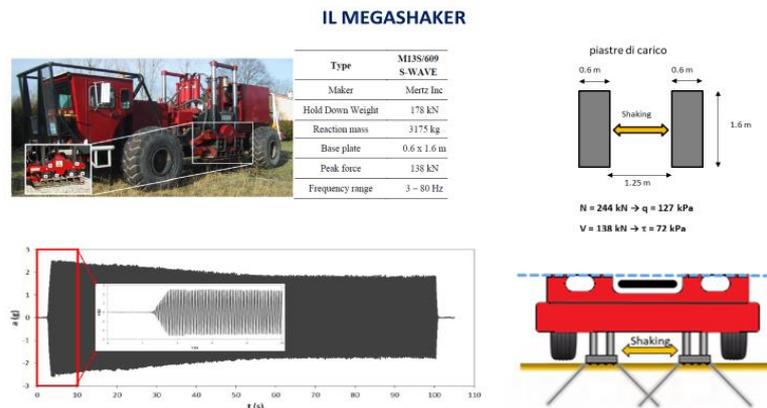


Figura 2

PRIMI RISULTATI

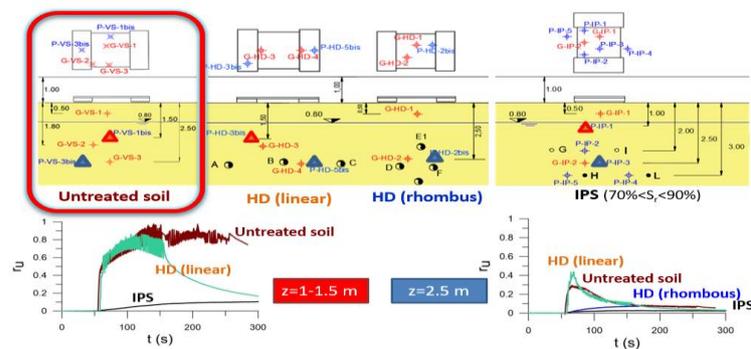


Figura 3

Dai risultati ottenuti in sito, si osserva che si è riusciti a indurre, nel terreno vergine non trattato, valori di ru prossimi alla liquefazione in corrispondenza dei trasduttori più superficiali posti ad una profondità di 1.5m. Inoltre, si sono ottenuti degli ottimi risultati in termini di mitigazione del rischio di liquefazione, grazie alle tecniche adoperate in sito di dreni orizzontali (HD) e parziale saturazione indotta (IPS) attraverso l'insufflazione di aria all'interno del volume liquefacibile di terreno.

Al fine di comprendere i meccanismi di funzionamento di tali tecniche e di oggettivare i risultati ottenuti dal campo prove, sono state eseguite simulazioni numeriche (Fig.4) delle prove, tramite un codice di calcolo alle differenze finite Flac3D (ITASCA 2016).

SIMULAZIONE NUMERICA DEI TEST SUL TERRENO NON TRATTATO

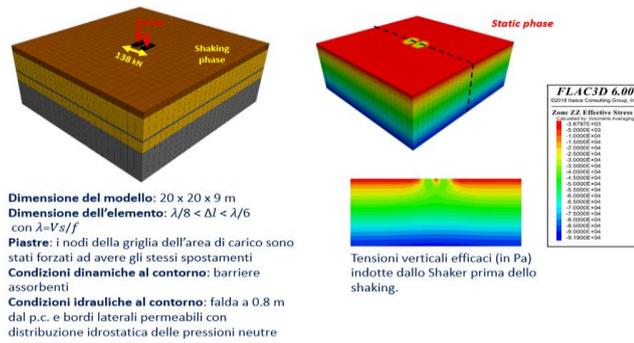
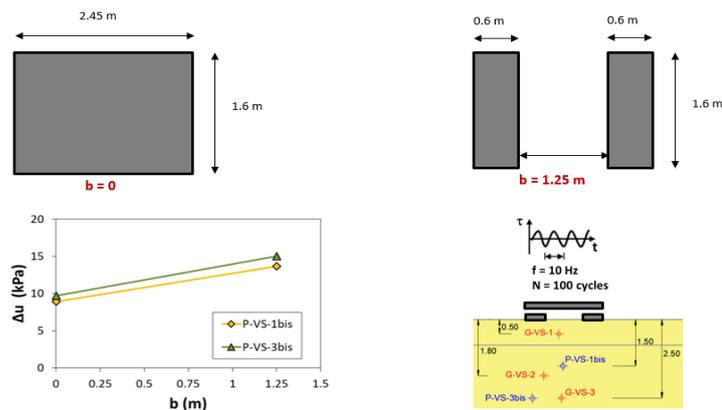


Fig.4

Dalle simulazioni numeriche è emersa la necessità di considerare una stratigrafia e una condizione idraulica più complessa di quelle considerate inizialmente, andando a variare alcuni parametri caratteristici del terreno. Si sono quindi colti i principali fattori di influenza del modello e si è ottenuta una soddisfacente corrispondenza tra i risultati delle successive analisi numeriche e i risultati misurati in sito.

INFLUENZA DEL PASSO TRA LE PIASTRE



Considerando gli stessi carichi verticali e orizzontali applicati, la piastra dello shaker ($b=1.25m$) induce incrementi di pressioni neutre, Δu , in corrispondenza dei trasduttori, più alte di quelle generate dalla piastra continua ($b=0m$).

Fig.5

SIMULAZIONE DELLO SHAKING (TEST 2)

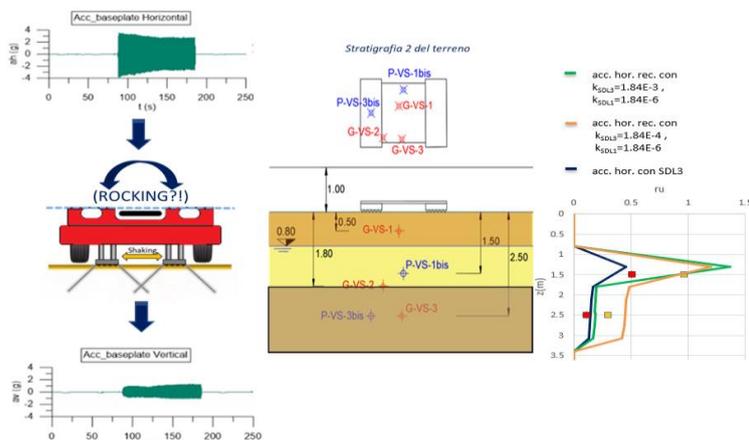


Fig.6

CONCLUSIONE:

A valle delle indagini geotecniche caratterizzanti il sito, degli interventi di mitigazione del rischio a liquefazione e delle simulazioni numeriche, si può riassumere il lavoro di tesi svolto in alcuni fondamentali traguardi:

1. Le tecnologie innovative (dreni orizzontali e parziale saturazione indotta) sottoposte a prova a Pieve di Cento si sono dimostrate molto efficaci.
2. Al fine di oggettivare i risultati e di comprendere i meccanismi di funzionamento delle tecniche, sono state svolte sofisticate analisi numeriche che simulassero gli esperimenti. Tali simulazioni hanno evidenziato la necessità di definire una maggiore complessità stratigrafica e idraulica del terreno considerato. Inoltre, è stata mostrata l'influenza della configurazione delle piastre di carico e del tipo di input dinamico da utilizzare, nei risultati delle simulazioni numeriche delle prove in sito.
3. Sebbene il modello utilizzato non sia in grado di cogliere tutti gli aspetti del comportamento dei terreni analizzati, si è riusciti ad ottenere risultati comparabili a quelli dell'esperimento modificando opportunamente alcune caratteristiche dei terreni, in accordo a quanto osservato in sito.
4. Il successo delle simulazioni eseguite è un punto di partenza per le future simulazioni numeriche dei risultati ottenuti negli esperimenti di liquefazione in vera grandezza.