

Sabbie mobili e liquefazione



Fantasia cinematografica o realtà ingegneristica?

Francesco Cecinato

**Università di Trento – DICAM
Ricercatore in Geotecnica**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO**

CASI DOCUMENTATI DI SABBIE MOBILI FATALI

- Tantissimi casi cinematografici (soprattutto da Hollywood negli anni '60-'90)
- Pochissimi e isolati casi reali (spesso negli USA e paesi tropicali)
 - E' impossibile affondare sino al collo (vedremo perchè)!



CASI DOCUMENTATI DI LIQUEFAZIONE SISMICA FATALE

- Nessun caso cinematografico
- Molti casi reali, **catastrofici**



Terremoto di Niigata,
Giappone, 1964



Terremoto di Kobe,
Giappone, 1995



Kobe, 1995



Terremoto di Kobe,
Giappone, 1995

CASI DOCUMENTATI DI LIQUEFAZIONE SISMICA FATALE

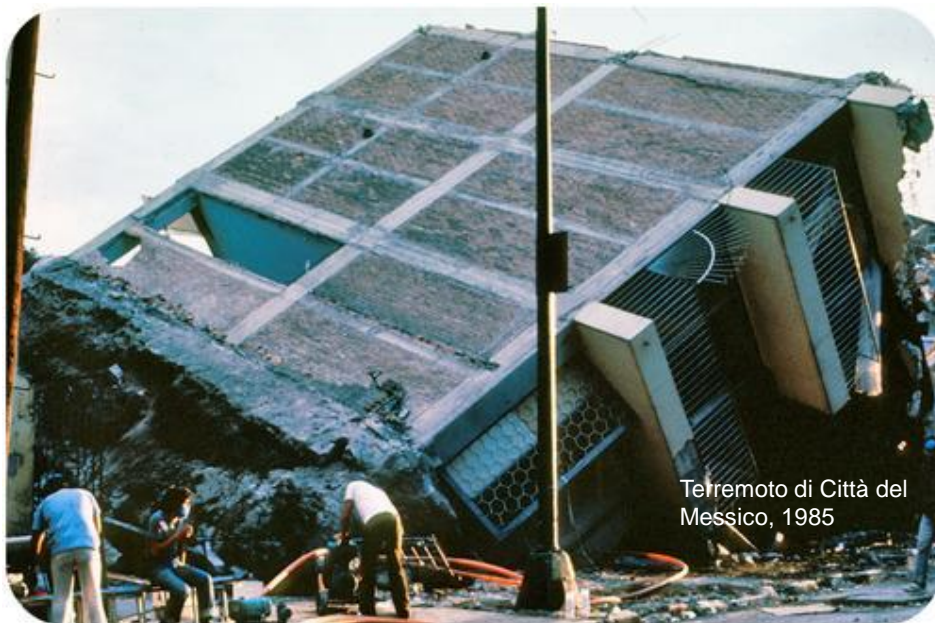


Showa bridge, terremoto
di Niigata, Giappone, 1964

CASI DOCUMENTATI DI LIQUEFAZIONE SISMICA FATALE



CASI DOCUMENTATI DI LIQUEFAZIONE SISMICA FATALE



CASI DOCUMENTATI DI LIQUEFAZIONE SISMICA



Urayasu, Giappone, 2011

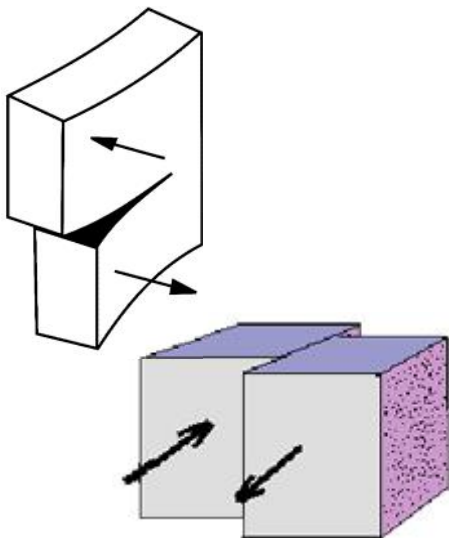
- Emersione dal terreno di tombini e serbatoi



Niigata-ken Chuetsu, Giappone, 1999

COS'E' LA "RESISTENZA A TAGLIO"?

- Resistenza a taglio: capacità di opporre resistenza ad azioni di distorsione



CHE DIFFERENZA C'E' TRA UN SOLIDO E UN FLUIDO?

- Un solido ha una certa **resistenza a taglio**, un fluido no
- Per questo non è possibile camminare sulle acque (per i comuni mortali)!



IL TERRENO E' UN SOLIDO (NORMALMENTE)!

- Per questo è possibile camminarci e fondarci gli edifici...
anche quando è saturo d'acqua:
 - Fondazioni di molte opere civili
 - Fondazioni di tutte le opere a mare (piattaforme, pontili, porti...)

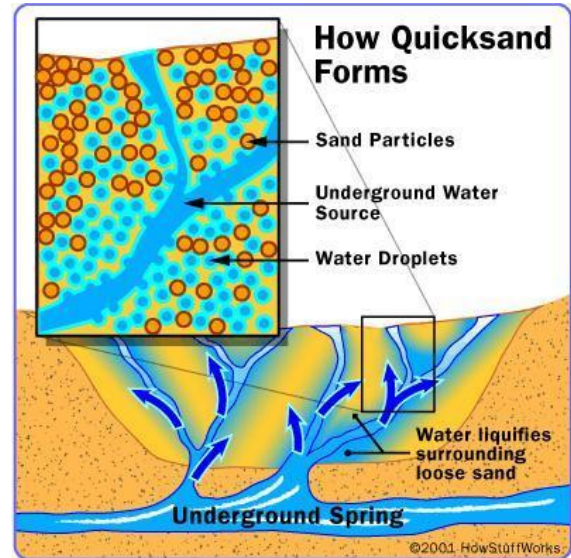


- Come resiste a taglio?
 - La pressione applicata si ripartisce tra i granelli tramite "forze di contatto"
 - L'insieme dei granelli forma uno "scheletro solido" che resiste per attrito



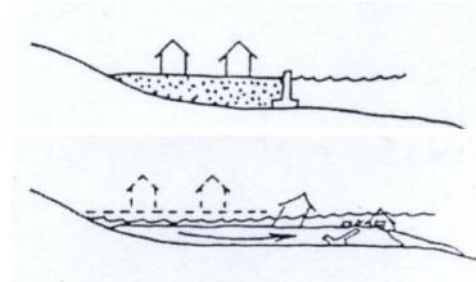
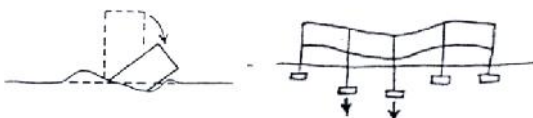
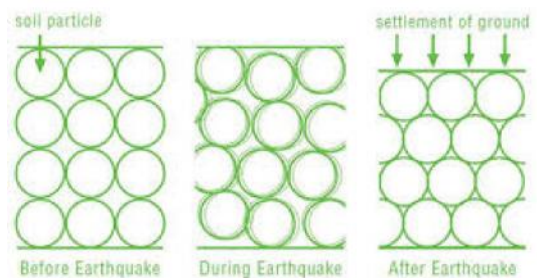
COSA SONO LE SABBIE MOBILI

- Terreno granulare saturo d'acqua
- Flusso d'acqua verso l'alto da sorgente sotterranea
- **La pressione dell'acqua aumenta e riduce l'attrito fra i granelli**
- Le particelle perdono contatto e **diventano una sospensione**
- **La sabbia diventa un fluido:**
 - Ciò che vi si appoggia affonda (se più pesante) o galleggia (se più leggero)
- Una volta affondati, la sabbia si ricompatta e oppone resistenza allo sfilamento



COS'E' LA LIQUEFAZIONE SISMICA

- Terreno granulare saturo d'acqua
- **La scossa sismica tende a compattare il terreno**, ma manca il tempo di espellere l'acqua
-> **La pressione dell'acqua aumenta e riduce l'attrito fra i granelli**
- **La sabbia diventa un fluido:**
 - Ciò che vi si appoggia affonda (se più pesante) o galleggia (se più leggero)
- Al termine del sisma la sabbia si ricompatta
-> si hanno forti e irreversibili deformazioni del terreno



COS'E' LA LIQUEFAZIONE SISMICA

- Esperimento domestico dimostrativo



COME LIBERARSI DALLE SABBIE MOBILI

- Sono come un fluido, pesante il doppio dell'acqua: il corpo umano galleggia bene

- Sdraiati non si affonda!



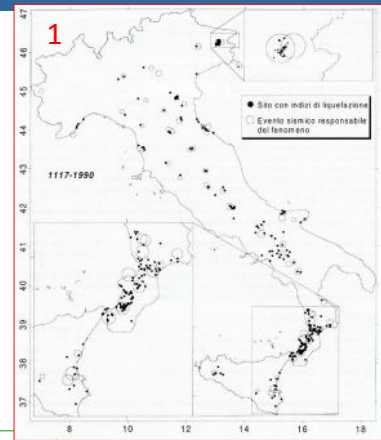
- Se proprio capita di affondare verticalmente: seguire i consigli di Alberto Angela...



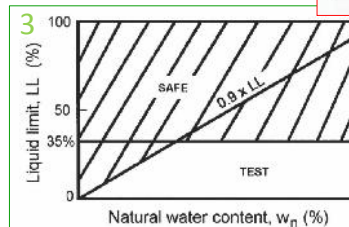
COME PREVENIRE LA LIQUEFAZIONE

Il terreno è suscettibile a liquefazione?

1. **Criteri storici**
 - La liquefazione tende a riproporsi laddove si è già verificata
2. **Criteri geologici**
 - Sedimenti saturi d'acqua creati da fiumi o laghi e geologicamente più giovani sono più suscettibili a liquefazione
3. **Criteri di composizione**
 - Terreni sabbiosi con granelli uniformi e arrotondati sono più suscettibili a liquefazione



2	Categoria	Morfologia	Liquefazione
A	Letti di fiume, antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, zone interdunari		Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune, pianure di esondazione, spiagge		Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne		Improbabile



COME PREVENIRE LA LIQUEFAZIONE

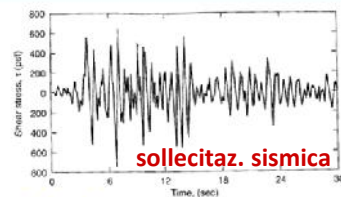
Per un dato sisma **si innescherà la liquefazione?**

- Si può determinare il fattore di sicurezza **FSL** nei confronti della liquefazione a una data profondità:

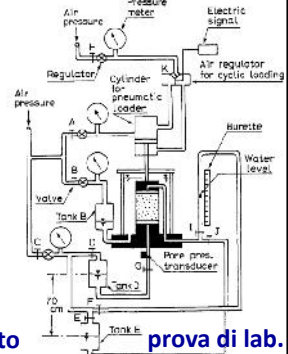
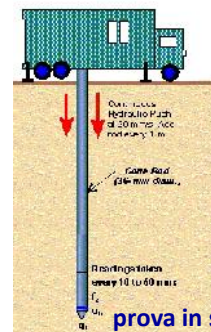
$$FSL = CRR / CSR$$

CRR: resistenza a taglio "ciclica" del terreno - **si valuta da correlazioni con prove in sito** (prove penetrometriche, geofisiche, ecc.) **o di laboratorio**

CSR: sollecitazione di taglio "ciclica" indotta dal terremoto - **si valuta da correlazioni con l'accelerazione massima del dato sisma**



campione

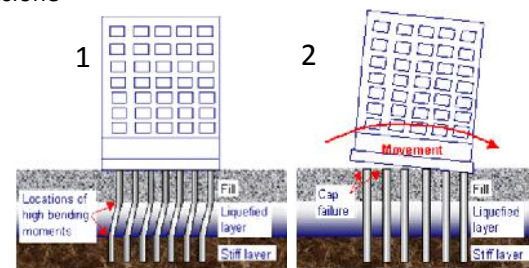
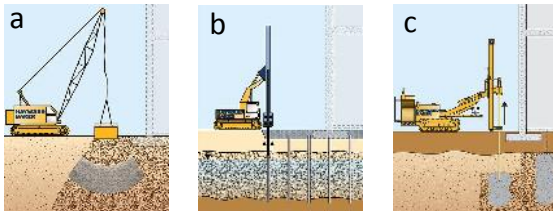
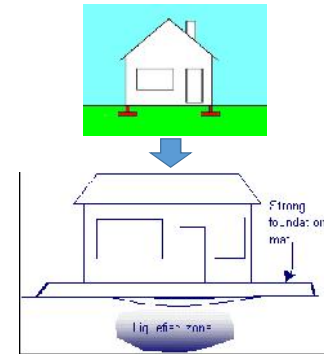


prova di lab.

COME PREVENIRE LA LIQUEFAZIONE

Come prevenire i danni da liquefazione?

- Fondazioni superficiali interconnesse o a platea, per “fare da ponte” in caso di liquefazione localizzata
- Fondazioni profonde (pali)
 1. Irrobustite strutturalmente per sostenere movimenti laterali
 2. Connessione con la struttura deformabile, per evitare rottura in caso di rotazioni
- Tecniche di miglioramento del terreno
 - a. Compattazione, per aumentare la densità
 - b. Drenaggi, per fornire “vie di fuga” all’acqua in pressione
 - c. Iniezioni cementizie, per irrigidire



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



Ringraziamenti



Project Reference:
721816
Call: H2020-MSCA-
ITN-2016

