

I consolidamenti con iniezioni di resine espandenti, **possono essere efficacemente verificati in corso d'opera e collaudati** con indagini geognostiche pre e post intervento che siano:

1. estremamente **ripetibili**;
2. in grado di **investigare efficacemente il volume di terreno** più prossimo alle fondazioni;
3. a **bassa invasività**;
4. in grado di **identificare i volumi di terreno carenti** prima ed effettivamente trattati poi;
5. indicative dei **parametri di resistenza geomeccanica** pre esistenti e poi raggiunti;

Per interventi di limitata estensione i sondaggi penetrometrici risultano il *metodo geognostico* in sito *più economico, rapido e affidabile*, permettendo di verificare puntualmente le resistenze del terreno prima e dopo l'iniezione.

Per i cantieri di dimensioni rilevanti o che interessano litostrati molto diversi, **possono essere utilizzate indagini geofisiche.**

Tra le varie **metodologie geofisiche disponibili** possono essere citate:

• TOMOGRAFIA ELETTRICA

si basa sull'**immissione di correnti elettriche nel terreno con due o più elettrodi** (di corrente) e sulla **misura della tensione** (differenza di potenziale) **tra altri elettrodi detti appunto di potenziale**. Il parametro che viene misurato è la **RESISTIVITÀ ELETTRICA** che dipende dalla porosità, dalla permeabilità e dal contenuto ionico dei fluidi di ritenzione.

• TOMOGRAFIA SISMICA

si basa sulla **determinazione dei tempi di arrivo**, mediante dei sensori detti **geofoni**, in punti sul terreno, delle **onde sismiche generate in un punto del terreno con mazza battente, cariche esplosive o altro**. Tali onde sono strettamente legate alle **caratteristiche elastiche dei terreni** e per tale motivo i principi di tale metodologia è **la teoria dell'elasticità**.

Di queste metodologie, entrambe conosciute ed applicate validamente da decenni da ditte specializzate in geognostica, viene generalmente riconosciuta, per ciascuna, una finalità prevalente:

- il **metodo geoelettrico** viene applicato principalmente negli studi idrogeologici, per la verifica di tenuta dei teli HDP nelle discariche, nelle indagini archeologiche e nelle problematiche ambientali.
- il **metodo geosismico** viene generalmente impiegato per la determinazione delle superfici di scorrimento delle frane, per l'individuazione dei limiti litologici superficiali e per la valutazione del grado di fratturazione degli ammassi rocciosi o (in foro) nel campo della progettazione per gallerie e fondazioni e negli studi per la valutazione del rischio sismico. (fonte <http://www.georeflex.it>)

Gli **Ingegneri** ed i **Geologi** di **KAPPAZETA S.P.A.**, ritengono che:

LA GEOSISMICA

- possa fornire indicazioni dirette su parametri di continuità, addensamento, **univocamente correlabili con le prestazioni geomeccaniche del terreno analizzato, pre e post intervento.**

Si ritiene pertanto che la **TOMOGRAFIA SISMICA** sia la **metodologia più idonea da affiancare alle penetrometrie, per verificare la continuità e la volumetria dei miglioramenti geomeccanici ottenuti su tutta la fondazione da trattare.**

“In particolare il metodo a rifrazione è, tra quelli sismici, il più diffuso e meglio conosciuto”
(IL MANUALE DEL GEOLOGO – M. Casadio – C. Lelmi – Pitagora Editrice 1995).

SISMICA A RIFRAZIONE

Il metodo della sismica a rifrazione è una delle indagini geofisiche più utilizzate dall'ingegneria civile per la conoscenza del sottosuolo. Esso è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte. L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di geofoni

(generalmente 12 o 24) che vengono spaziate regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono. La registrazione, sia del momento dell'esplosione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma). La sorgente di energia può essere costituita da cariche esplosive, mazza battente, etc.

APPROFONDIMENTO TECNICO SU: METODOLOGIA GEOFISICA CON TOMOGRAFIA SISMICA

La metodologia d'indagine più recente che sfrutta le onde sismiche, è appunto la tomografia che supera alcuni limiti della convenzionale sismica a rifrazione. Visto che la velocità delle onde nel terreno è direttamente proporzionale alle sue caratteristiche geomeccaniche ed alla sua compattezza, il metodo sismico risulta essere tra i sistemi geofisici più affidabili per certificare l'intervento di consolidamento del terreno. L'acquisizione dei dati avviene

attraverso un sismografo collegato ad appositi geofoni (n. 24) posizionati sul terreno lungo uno stendimento limitrofo alla fondazione; l'operazione dovrà essere effettuata prima e dopo l'intervento di consolidamento. L'elaborazione tomografica e la restituzione del modello geofisico pre e post intervento, viene ottenuta con apposito software che sviluppa i profili visualizzando mediante una scala cromatica l'andamento della velocità sismica nei substrati.

Fig. 1

Esempio di
simulazione 3D

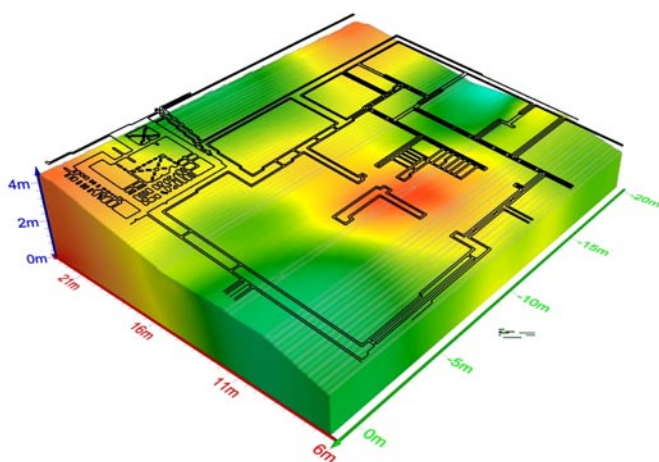
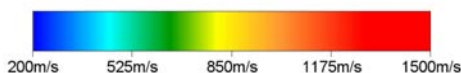
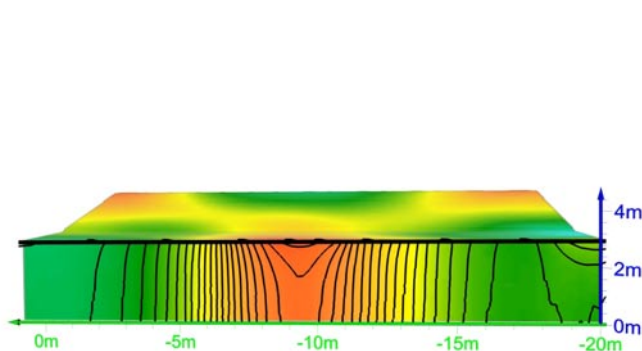


Fig. 2

Esempio di
sezione 3D



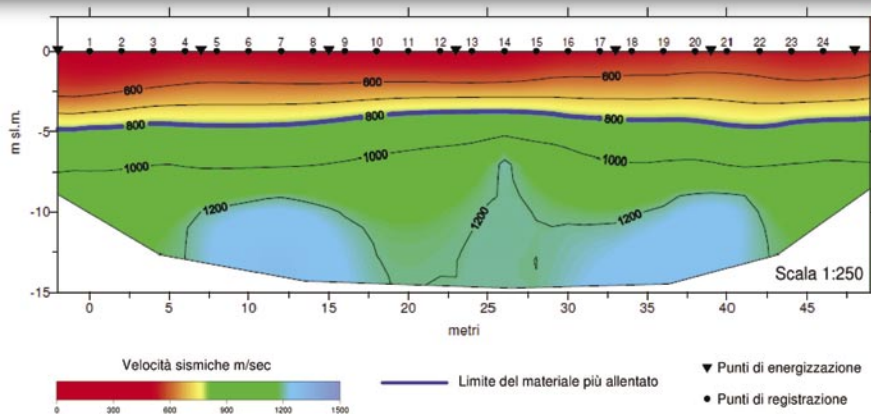
In fase PRE-INIEZIONE

la tomografia sismica consente di:

- **ricostruire il sottosuolo** e il **modello geotecnico** del terreno di fondazione ed in particolare stratigrafie complesse non risolvibili con altre tecniche d'indagine;
- **individuare volumi e profondità del terreno allentato (strati alterati, materiale di riporto)**, con scadenti caratteristiche meccaniche;
- **individuare zone con anomalie** riconducibili a problematiche localizzate potenziali cause di cedimenti differenziali;
- **individuare la profondità di substrati solidi**;
- acquisire le informazioni per **determinare l'esatta maglia d'iniezione, iniettando maggiormente dove serve**, e le modalità operative in profondità.

Fig. 1

Esempio di sezione **PRE-INIEZIONE** ottenuta con **tomografia sismica**



In fase POST-INIEZIONE

la **tomografia sismica**, attraverso il **confronto** tra le **sezioni pre e post consolidamento**, consente di:

- **verificare e valutare i miglioramenti geomeccanici ottenuti** ricostruendo il modello geotecnico post-iniezione;
- **verificare che la resina abbia adeguato la portanza del terreno** migliorando effettivamente la compattezza del substrato dove era maggiormente necessario;
- **collaudare l'efficacia in profondità del consolidamento.**

Fig. 2

Esempio di sezione **POST-INIEZIONE** ottenuta con **tomografia sismica** a seguito di un consolidamento con **Sistema MULTIRESINE® brevettato**.

