

*Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica 2001 - ICAR 2001
Milano, 10-11 Maggio 2001*

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA IN CAMPO DINAMICO DI ALCUNE FORMAZIONI PRESENTI NELLA GARFAGNANA

Johann Facciorusso

Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Firenze

e-mail: johannf@dicea.unifi.it

Abstract

Il lavoro mostra i risultati della caratterizzazione in campo dinamico di alcune tra le principali formazioni geologiche rilevate nell'area della Garfagnana, sulla base di una vasta campagna di indagini geotecniche finalizzata ad un'analisi della risposta sismica locale.

Introduzione

La conoscenza delle caratteristiche meccaniche in campo dinamico (come il modulo di taglio G_0 o la velocità delle onde S, V_S , a piccole deformazioni, o la curva di decadimento del modulo di taglio G o del rapporto di smorzamento D , con il livello deformativo raggiunto, γ) relative ad una data formazione è indispensabile per numerose applicazioni nel campo geotecnico (analisi della risposta sismica locale, valutazione del potenziale di liquefazione, analisi della stabilità dei pendii in condizioni sismiche, ecc.) e richiede campagne di indagini in sito e in laboratorio, lunghe e costose. Quando gli studi si concentrano in una medesima area può essere allora utile, partendo dai risultati di tali indagini ottenuti limitatamente ad alcuni siti, estendere, anche sulla base di correlazioni empiriche, i valori dei parametri dinamici ad altri siti vicini caratterizzati dalla presenza delle medesime formazioni con un notevole risparmio in termini economici e di tempo. L'affidabilità di tale operazione è indubbiamente legata oltre che al numero di dati disponibili, anche alle caratteristiche di eterogeneità della formazione studiata.

Analisi dei risultati di indagini in sito e in laboratorio

Sulla base di una vasta campagna di indagini eseguita su alcuni siti della Garfagnana e consistita in sondaggi geotecnici, prove SASW, prove di sismica a rifrazione, prove DH, prove di laboratorio per la determinazione delle proprietà indice, prove di colonna risonante, di taglio torsionale ciclico, prove triassiali monotone e triassiali cicliche (Foti et al., 2000; Lo Presti et al., 2000), sono state identificate alcune tra le formazioni più ricorrenti nell'area di studio. Per queste, partendo dai risultati delle prove dinamiche in sito, sono stati ricavati dei profili medi dei valori di V_S , di V_P e del coefficiente di Poisson ν , con la profondità, mentre a partire dai risultati delle prove dinamiche di

laboratorio, adattando opportuni modelli teorici ai dati sperimentali, sono state ricavate le curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato al valore iniziale G/G_0 e del rapporto di smorzamento D con il livello deformativo γ , nonché adottando opportune correlazioni, il valore del modulo di taglio a piccole deformazioni (in funzione dell'indice dei vuoti, e , e della pressione efficace media, \mathbf{s}'_0).

Argilliti

La formazione senza dubbio più interessante dal punto di vista di questa ricerca è quella delle argilliti, soprattutto per la loro diffusione in un'area come quella della Garfagnana e per la loro particolare struttura e comportamento meccanico, che non le rende assimilabili a nessun altro tipo di materiale. Non sono molte le ricerche condotte finora su questo materiale, e comunque nessuna di queste fornisce indicazioni utili alla loro caratterizzazione meccanica in campo dinamico.

Le argilliti, o “argille a scaglie”, sono argille consistenti piuttosto diffuse in Toscana, nel meridione d'Italia e in Sicilia, intensamente fessurate a causa delle intense azioni tettoniche cui sono state sottoposte (Pellegrino et al. 1985), notevolmente preconsolidate e suddivise a scaglie e frammenti di forma irregolare, strettamente interconnessi. Nelle argilliti la fitte rete di fessure presenti porta il materiale a “sfogliettarsi”, mostrando una debole resistenza a torsione e conservando invece un'elevata resistenza a compressione. Questo sistema di fessure determina una meso-struttura “a scaglie” che si contrappone alla microstruttura argillitica compatta: un doppio ordine di pori intercomunicanti, disposti in parallelo, con permeabilità molto differenti, anche di vari ordini di grandezza, che rende particolarmente difficile una caratterizzazione del comportamento meccanico e idraulico.

Da un punto di vista meccanico è stato visto come tale materiale presenti dei valori della velocità delle onde S abbastanza elevati già nei primi metri dello strato (intorno ai 600 , 700 m/s), tali valori in alcuni casi rimangono pressoché costanti con la profondità, raggiungendo solo intorno ai 30 , 35 m di profondità valori caratteristici di una roccia o comunque attribuibili al bedrock (come indicato dai profili riportati in Figura 1). I corrispondenti valori di laboratorio, sono largamente inferiori (con un fattore di riduzione per il modulo di taglio G_0 di circa 2.5) e, riportati in funzione dell'indice dei vuoti, e , e delle pressione efficace media, σ'_0 hanno consentito di ricavare le seguenti correlazioni empiriche, per tre differenti aree di studio (nelle quali ricadono i siti esaminati):

$$\begin{aligned}
 G_0 &= 3852 \cdot \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} \cdot \mathbf{s}'_0{}^{0.589} & R^2 &= 0.865 & \text{Castelnuovo Garfagnana} \\
 G_0 &= 3333 \cdot \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} \cdot \mathbf{s}'_0{}^{0.526} & R^2 &= 0.919 & \text{San Romano} \\
 G_0 &= 4720 \cdot \frac{(2.17 - e)^2}{1 + e} \cdot \mathbf{s}'_0{}^{0.602} & R^2 &= 0.737 & \text{Pieve Fosciana}
 \end{aligned} \tag{1}$$

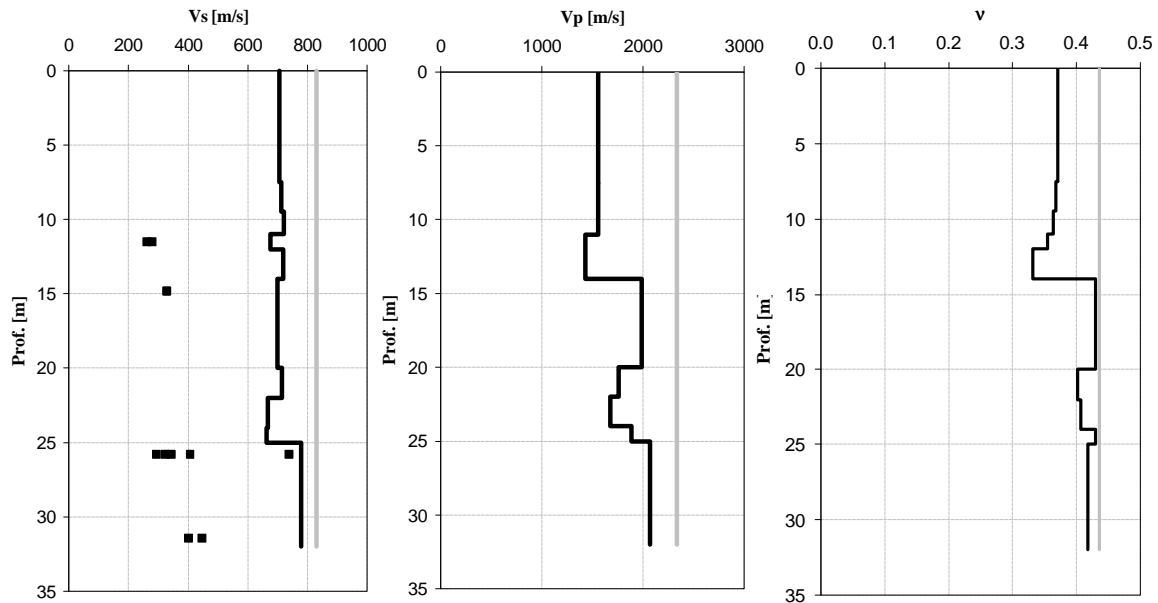


Figura 1. Profilo medio della velocità delle onde S, V_s , delle onde P, V_p , e del coefficiente di Poisson, ν , ricavati per le argilliti dalle prove SASW e DH (in nero) e dalla sismica superficiale (grigio), e confrontati coi valori di laboratorio (quadratini)

La forma delle curve $G/G_0 - \gamma$ e del rapporto di smorzamento $D - \gamma$, corrispondenti a ciascuna di tali aree, ricavate adottando il modello di Yokota et al. (1981) è riportata in Figura 2, insieme alla curva media, mentre le equazioni corrispondenti sono:

$$\begin{aligned} \frac{G}{G_0} &= \frac{I}{1 + 64g^{1.1674}} \quad (R^2 = 0.957) & D &= 48 \cdot \exp^{-2.5622 \frac{G}{G_0}} \quad R^2 = 0.868 & \text{Castelnuovo} \\ & & & & \text{Garfagnana} \\ \frac{G}{G_0} &= \frac{I}{1 + 84g^{0.9648}} \quad (R^2 = 0.939) & D &= 33 \cdot \exp^{-2.3871 \frac{G}{G_0}} \quad R^2 = 0.908 & \text{San Romano} \quad (2) \\ \frac{G}{G_0} &= \frac{1}{1 + 28g^{1.3062}} \quad (R^2 = 0.832) & D &= 75 \cdot \exp^{-3.2275 \frac{G}{G_0}} \quad R^2 = 0.566 & \text{Pieve} \\ & & & & \text{Fosciana} \end{aligned}$$

Ciottoli di Macigno e Macigno

Una formazione assai diffusa in quest'area e generalmente assunta come bedrock (e quindi con velocità delle onde S maggiore di 800 m/s) è quella dell'arenaria di macigno (mg), presente anche, in corrispondenza degli strati più superficiali, nella forma più disagregata (ciottoli di macigno, ct/mg). Sulla base di prove dinamiche in sito è stato possibile determinare un profilo medio della velocità delle onde S sia per il ct/mg (variabile tra 180 e 360 m/s) che per il macigno (Figura 3); in quest'ultimo caso è stato osservato come nella maggior parte dei casi tale formazione sia caratterizzata da uno strato di notevole alterazione con spessori spesso elevati (superiori a 20 m) e con velocità delle onde S inferiori a quelli comunemente attribuibili al bedrock (500÷600 m/s). Non è stato invece possibile estrarre campioni indisturbati di tale materiale e quindi condurre prove dinamiche di laboratorio per esaminarne il comportamento a grandi deformazioni.

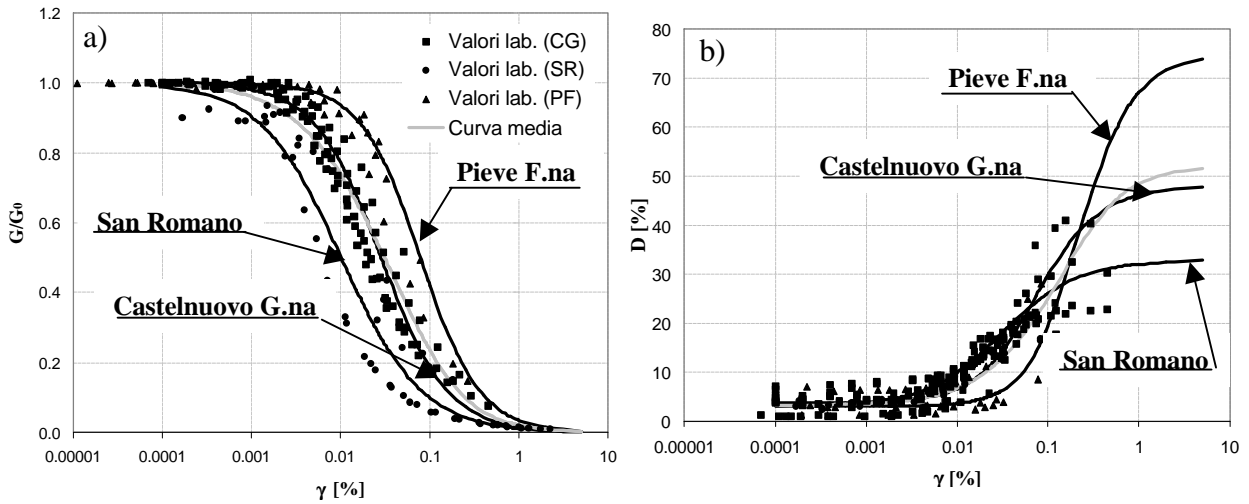


Figura 2. Andamento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 (a) e del rapporto di smorzamento D (b), in funzione della deformazione di taglio γ , ricavato applicando il modello di Yokota et al. ai dati sperimentali

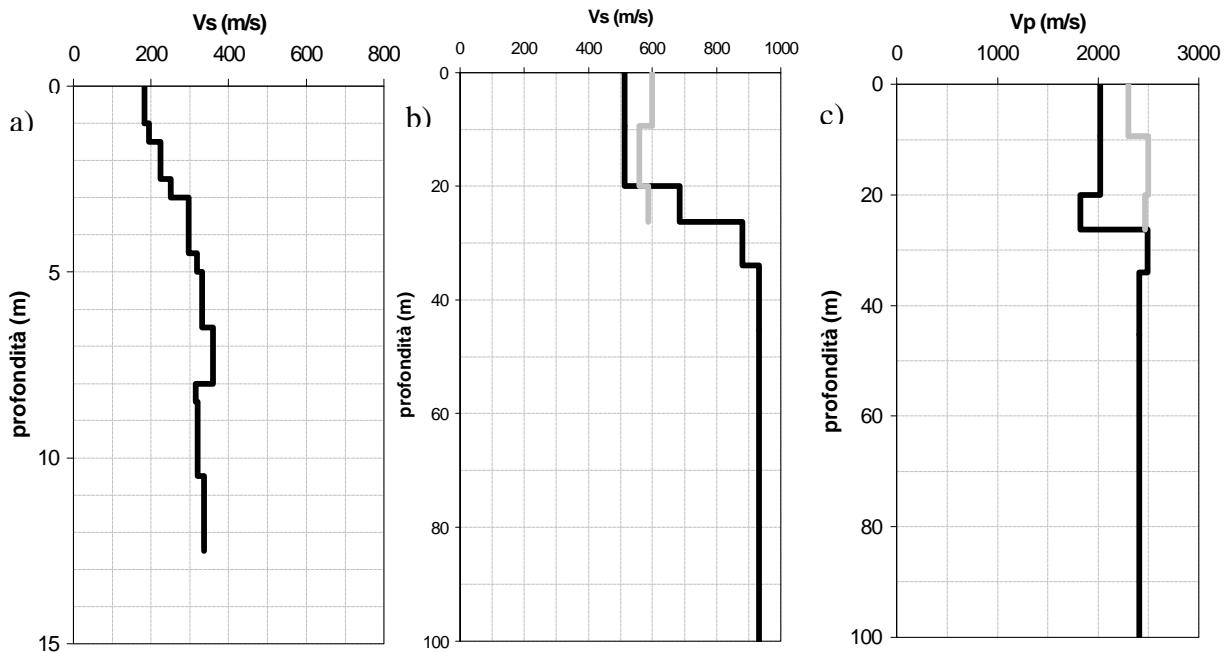


Figura 3. Profilo medio di V_s ricavato dalle prove SASW e DH (in nero) e dalla sismica superficiale (grigio) per i ciottoli di macigno (a) e per il macigno (b e c)

Bibliografia

- Foti, S, Lo Presti, D.C. and O. Pallara (2000), "Indagini geotecniche per la valutazione degli effetti locali dei terremoti a Castelnuovo Garfagnana", *Proc. Condizionamenti Geologici e Geotecnici nella Conservazione del Patrimonio Storico Culturale*, Giugno 7-9, Torino, Italia.
- Lo Presti, D.C., Puci, I., Foti, S. and O. Pallara (2000), "Definizione del modello di sottosuolo per le analisi di risposta sismica: il caso di Castelnuovo Garfagnana", *La riduzione de rischio sismico nella pianificazione del territorio*, CISM, Novembre 15-17, Lucca, Italia.
- Pellegrino, A. and L. Picarelli (1985), "Contributo alla caratterizzazione geotecnica di formazioni argillose intensamente tettonizzate", *Geologia Applicata ed Idrologia*.