

A seismogram with a dark orange background. The plot shows a horizontal baseline with several sharp, high-amplitude peaks and troughs, characteristic of seismic activity. The peaks are more prominent than the troughs. The overall color scheme is monochromatic, using various shades of orange.

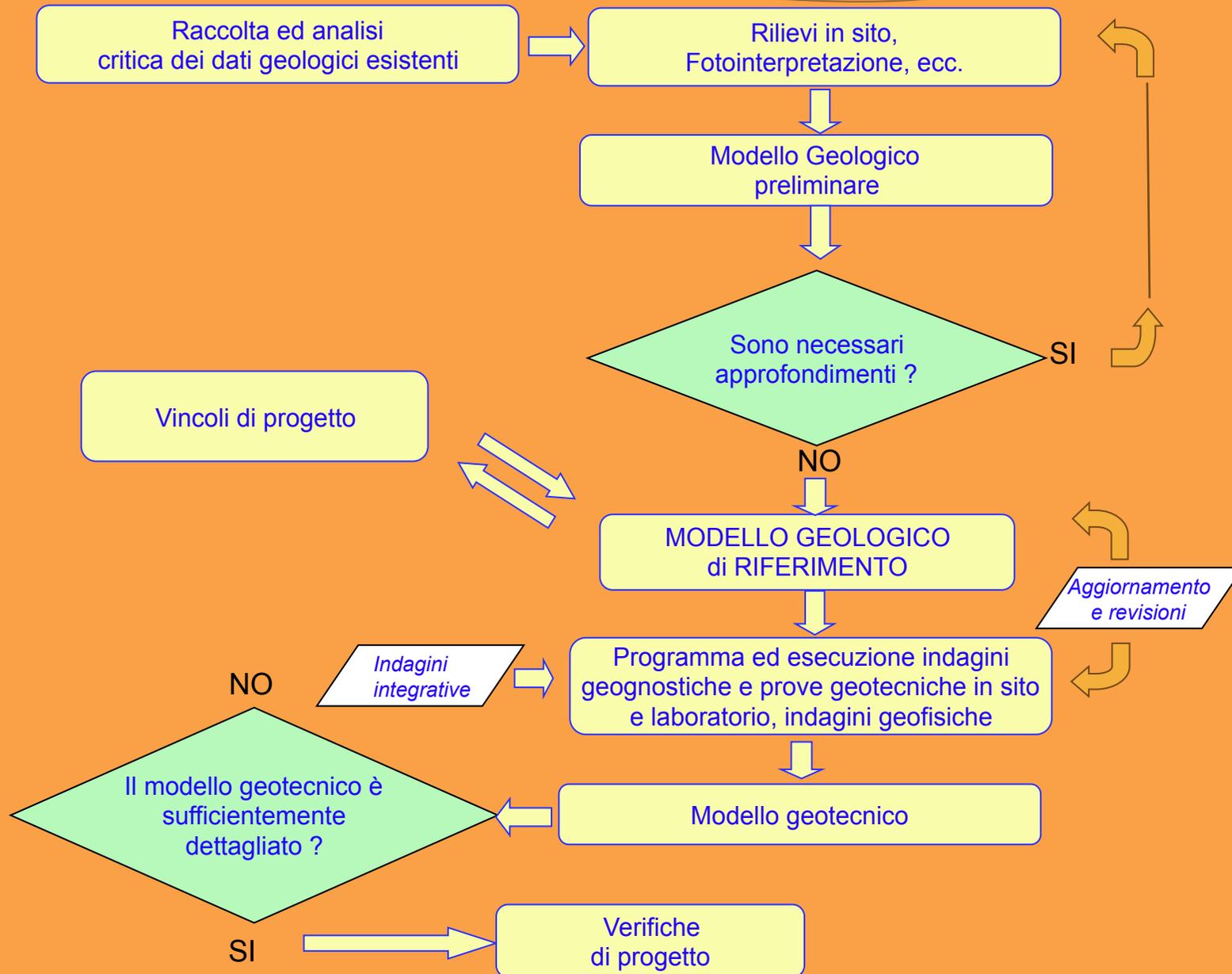
2° FORUM
DEGLI ORDINI REGIONALI
E DEL CONSIGLIO NAZIONALE DEI GEOLOGI

LINEE GUIDA NTC 08

**Caratterizzazione geotecnica di
laboratorio e parametri geotecnici**

Fabio Garbin

Convitto della Calza - Firenze 21 gennaio 2011



ARTICOLAZIONE DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE

- Modello Geologico del sito
- Programmazione delle indagini
- Esecuzione delle indagini e delle prove, e loro Direzione
- Verifica del modello geologico
- Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce, definizione del modello geotecnico
- Verifica della sicurezza e delle prestazioni
- Piani di controllo e monitoraggio

- Si espongono schematicamente, in riferimento alle problematiche geotecniche più comuni, i principali parametri necessari per la progettazione e le relative prove di laboratorio

SCAVI NON CONTRASTATI			
PROBLEMATICHE	PARAMETRI GEOTECNICI	PROVE DI LABORATORIO STANDARD	NOTE
Stabilità a breve termine (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • c_u (SLU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CIU, Triassiale UU 	
Stabilità a lungo termine (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • c' (SLU) • ϕ' (SLU) • ϕ_{cv} (SLU) • ϕ_r (SLU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CID, Taglio diretto • Taglio diretto rim. al LL, Taglio diretto in modalità reverse • Taglio anulare 	<p>condiz. di picco</p> <p>condiz. di rottura con dislocazione limitata</p> <p>condiz. di rottura con dislocazione estesa su terreni coesivi</p>
Cedimenti del terreno e delle strutture circostanti per aggettamento dell'acqua durante gli scavi (SLE)	<ul style="list-style-type: none"> • C_c • E_d • C_v • k 	<ul style="list-style-type: none"> • Prove edometriche • Prove di permeabilità 	<p>nel caso di terreni granulari dovrà inoltre essere analizzata la possibilità di erosione interna del terreno</p>
Sifonamento del fondo dello scavo sotto falda (HYD)	<ul style="list-style-type: none"> • k_v 	<ul style="list-style-type: none"> • Prove di permeabilità 	<p>su terreni granulari è preferibile la prova in foro</p>
Rigonfiamento del terreno (SLE)	<ul style="list-style-type: none"> • Pressione di rigonfiamento • % di rigonfiamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Prova edometrica in modalità Huder-Amberg 	

- Si espongono schematicamente, in riferimento alle problematiche geotecniche più comuni, i principali parametri necessari per la progettazione e le relative prove di laboratorio

OPERE DI FONDAZIONE SUPERFICIALI			
PROBLEMATICHE	PARAMETRI GEOTECNICI	PROVE DI LABORATORIO STANDARD	NOTE
Verifica della resistenza del complesso terreno-opera di fondazione a breve termine (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • C_u (SLU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CIU, Triassiale UU 	
Verifica della resistenza del complesso terreno-opera di fondazione a lungo termine (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • c' (SLU) • ϕ' (SLU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CID, Taglio diretto 	
Valutazione dei cedimenti al di sotto delle fondazioni e delle opere adiacenti (SLE)	<ul style="list-style-type: none"> • E_d • C_c • C_v • E_{Young} • ν • C_v • k_v • k_h 	<ul style="list-style-type: none"> • Prove edometriche • Triassiale CID • Prove di permeabilità in edometro/triassiale 	<p>Cedimenti edometrici</p> <p>Cedimenti elastici</p>

- Si espongono schematicamente, in riferimento alle problematiche geotecniche più comuni, i principali parametri necessari per la progettazione e le relative prove di laboratorio

OPERE DI FONDAZIONE PROFONDE			
PROBLEMATICHE	PARAMETRI GEOTECNICI	PROVE DI LABORATORIO STANDARD	NOTE
Valutazione della portata laterale (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • C_u (SLU) • c' (SLU) • ϕ' (SLU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CIU, Triassiale UU • Triassiale CID, Taglio diretto 	<p>per terreni coesivi</p> <p>per terreni granulari/coesivi</p>
Valutazione della portata di punta (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • C_u (SLU) • c' (SLU) • ϕ' (SLU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CIU, Triassiale UU • Triassiale CD, Taglio diretto 	<p>per terreni coesivi</p> <p>per terreni granulari</p>
Valutazione dei cedimenti al di sotto delle fondazioni (SLE)	<ul style="list-style-type: none"> • E_d • C_c • C_v • E_{Young} • ν • C_v • k_v • k_h 	<ul style="list-style-type: none"> • Prove edometriche • Triassiale CID • Prove di permeabilità in edometro/triassiale 	<p>Cedimenti edometrici</p> <p>Cedimenti elastici</p>

- Si espongono schematicamente, in riferimento alle problematiche geotecniche più comuni, i principali parametri necessari per la progettazione e le relative prove di laboratorio

OPERE DI SOSTEGNO			
PROBLEMATICHE	PARAMETRI GEOTECNICI	PROVE DI LABORATORIO STANDARD	NOTE
Stabilità a breve termine delle opere di sostegno (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • c_u (SLU) • e_u (SLE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CIU, Triassiale UU 	
Stabilità a lungo termine delle opere di sostegno (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • c' (SLU) • ϕ' (SLU) • E_{Young} (SLE) • ν (SLE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CID, Taglio diretto • Triassiale CID 	
Valutazione allo scorrimento (A1, A2)	<ul style="list-style-type: none"> • ϕ' (SLU) • c_u (SLU) 	<ul style="list-style-type: none"> • Triassiale CD, Taglio diretto • Triassiale CIU, Triassiale UU 	<p>$c' = 0$ (in sicurezza)</p> <p>l'Adesione è funzione di c_u</p>
Valutazione della capacità portante della fondazione dell'opera di sostegno (A1, A2)			(cfr. casi applicativi precedenti: fondazione superficiale o profonda)
Sifonamento del fondo dello scavo sotto falda (HYD)	<ul style="list-style-type: none"> • k_v 	<ul style="list-style-type: none"> • Prove di permeabilità 	su terreni granulari è preferibile la prova in foro

- Si espongono schematicamente, in riferimento alle problematiche geotecniche più comuni, i principali parametri necessari per la progettazione e le relative prove di laboratorio

PENDII IN TERRA			
PROBLEMATICHE	PARAMETRI GEOTECNICI	PROVE DI LABORATORIO STANDARD	NOTE
Analisi di stabilità (GEO; EQU)	• c' (SLU)	• Triassiale CID, Taglio diretto	condiz. di picco
	• ϕ' (SLU)		
	• ϕ_{cv} (SLU)	• Taglio diretto rim. al LL, Taglio diretto in modalità reverse	condiz. di rottura con dislocazione limitata
	• ϕ_r (SLU)	• Taglio anulare	condiz. di rottura con dislocazione estesa su terreni coesivi

- Lo studio sperimentale di laboratorio prevede l'applicazione di valori delle pressioni nel range della variazione di tensione (carico e/o scarico) a cui il sistema operaterreno sarà soggetto in condizioni ante operam, nelle varie fasi di realizzazione e in condizioni di esercizio.
- Per ottenere il modulo elastico E_u in modo più rigoroso è necessario eseguire le prove triassiali con misura locale delle deformazioni e stress path controllato.
- La determinazione di ϕ_{cv} (angolo di attrito allo stato critico o volume costante) avviene generalmente su provini ricostituiti.
- In genere è meglio eseguire le prove edometriche con un doppio ciclo di carico/scarico al fine di ridurre gli effetti del disturbo soprattutto su terreni sovra consolidati.
- Per la progettazione di tutti i tipi di problematiche esposte, per una corretta interpretazione della natura del terreno e delle prove stesse, è necessaria anche la contemporanea caratterizzazione fisica del terreno mediante le seguenti prove:
 - ✓ analisi granulometrica
 - ✓ determinazione del contenuto in acqua
 - ✓ determinazione dei pesi di volume
 - ✓ determinazione dei limiti di Atterberg
- Compatibilmente con la natura del campione al fine di ottenere la C_u è sempre preferibile eseguire prove triassiali con modalità UU o CIU in luogo di prove E.L.L.

- Il nuovo approccio merita un accurato approfondimento perché i problemi, ed i possibili rischi professionali, a cui si va incontro nella progettazione geotecnica sono elevati. A prescindere da qualsiasi disposizione o normativa, la strada da perseguire si basa su una sinergia tra tre figure: il geologo, l'ingegnere ed il laboratorio geotecnico.
- Il **geologo** ha la funzione di programmare, coordinare ed eseguire l'indagine in modo da definire il Modello Geologico.
- L'**ingegnere strutturista** ha il compito di definire le modifiche tensionali indotte dall'opera rispetto alla situazione preesistente, anche in relazione alle fasi esecutive (breve termine, lungo termine). Dovrà programmare insieme al geologo, sulla base dello studio geologico preliminare, la campagna geognostica. E' poco probabile che venga eseguito uno studio geognostico di buona qualità senza la necessaria sinergia tra ingegnere e geologo, soprattutto nel caso reale in cui si può disporre di un'unica campagna di indagini geognostiche per definire sia il modello geologico sia il modello geotecnico.
- Il **laboratorio geotecnico** è la struttura in grado di emettere certificati ufficiali relativi a prove su terreni e rocce. La concertazione tra geologo, laboratorio e ingegnere strutturista sulle prove da eseguire in funzione dell'evoluzione tensionale è un'ulteriore sinergia che permette di ottenere parametri geotecnici funzionali al progetto. Il laboratorio ha inoltre la responsabilità di fornire tutti gli indizi sul grado di disturbo dei campioni analizzati in modo che il geotecnico possa assegnare un differente peso ai parametri ottenuti.

Commissione Interregionale NTC

- ANGELONE Domenico TROSSERO Massimo VERRANDO Ampelio PIGNOCCHI Andrea
- BARSANTI Pietro BONIOLI Luisella CIVELLI Carlo CHESSA Mauro FARINA Daniele
- CINUS Dario TODARO Pietro GARBIN Fabio SAVI Francesco D'AGOSTINO Gennaro
- LOMBARDI Gerardo CADAU Giambattista LENARDUZZI Gianni PIGNATELLI Mario
 - AIRALDI Paolo BRUNALDI Raffaele PARMEGGIANI Fabio CARBONE Raffaele
- TRONCARELLI Roberto BORGIA Umberto GIOVINE Vincenzo PLESCIA Vito Francesco
 - FALVO Beniamino FRAGALE Francesco STORONI RIDOLFI Sergio
 - FAGIOLI Maria Teresa
 - e con il contributo di AIELLO Eros