



L'uso di legami costitutivi elasto-plastici incrudenti nell'analisi di sistemi geotecnici

Influenza della modellazione costitutiva sulle previsioni di progetto: il caso di un edificio multipiano

Ing. Giada M. Rotisciani
Docente incaricato
Università Mercatorum

Roma, 26 Settembre 2023



Introduzione

Modellazione numerica con codici FEM, FDM

- **Disponibilità** di codici di calcolo e calcolatori
- **Versatilità**: geometrie e condizioni al contorno complesse
- Analisi della risposta:
 - **breve e lungo termine**
 - in **esercizio** (SLE) e in **condizioni prossime al collasso** (SLU)



Introduzione

Modellazione numerica con codici FEM, FDM

- Terreno è assimilato a un **mezzo continuo**
- Comportamento del terreno è descritto dal **legame costitutivo**: legge matematica che lega tensioni e deformazioni



Introduzione

Modellazione numerica con codici FEM, FDM

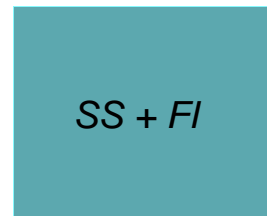
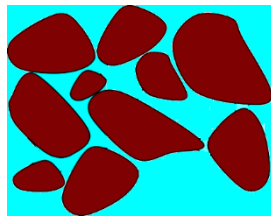
- Terreno è assimilato a un **mezzo continuo**
- Comportamento del terreno è descritto dal **legame costitutivo**: legge matematica che lega tensioni e deformazioni
- **Scelta del legame costitutivo**: modello capace di ben simulare gli aspetti del comportamento del terreno rilevanti nello specifico problema in esame



Introduzione

Modellazione numerica con codici FEM, FDM

- **Condizioni non drenate**
 - Approccio in **tensioni totali**: $\delta\sigma = f(\delta\varepsilon)$



$SS + FI$

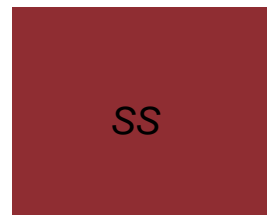
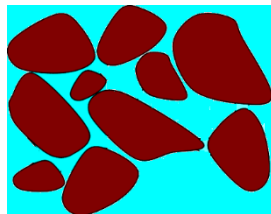
$\sigma, \varepsilon_v = 0$



Introduzione

Modellazione numerica con codici FEM, FDM

- **Condizioni non drenate**
 - Approccio in **tensioni totali**: $\delta\sigma = f(\delta\varepsilon)$
 - Approccio in **tensioni efficaci**: $\delta\sigma' = f(\delta\varepsilon)$



σ'



u

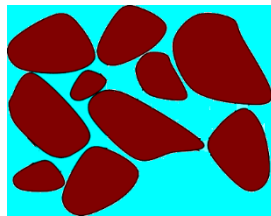
$S_r=1$
no flusso



Introduzione

Modellazione numerica con codici FEM, FDM

- **Condizioni non drenate**
 - Approccio in **tensioni totali**: $\delta\sigma = f(\delta\varepsilon)$
 - Approccio in **tensioni efficaci**: $\delta\sigma' = f(\delta\varepsilon)$
- **Condizioni drenate**
 - Approccio in **tensioni efficaci**: $\delta\sigma' = f(\delta\varepsilon)$



σ'



u

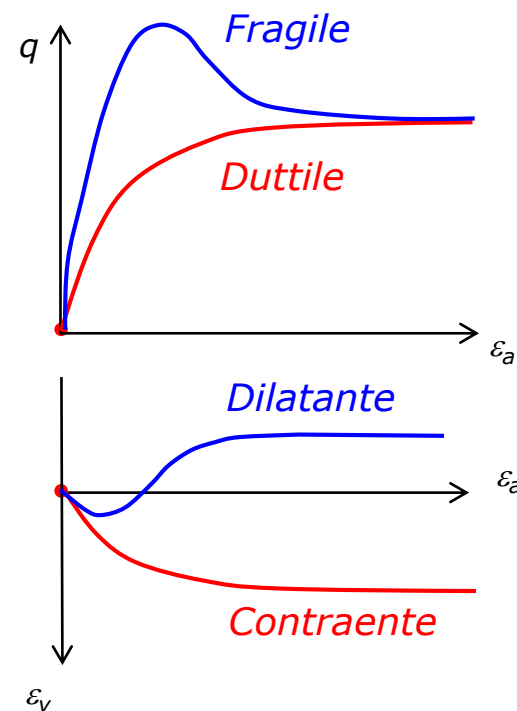


Sommario

- Brevi cenni sul **comportamento meccanico** dei terreni
- Analisi delle caratteristiche generali dei **modelli EPP e EPI**
- Descrizione del **modello Cysoil**
- Procedura di **calibrazione**
- Caso di studio

Comportamento meccanico del terreno

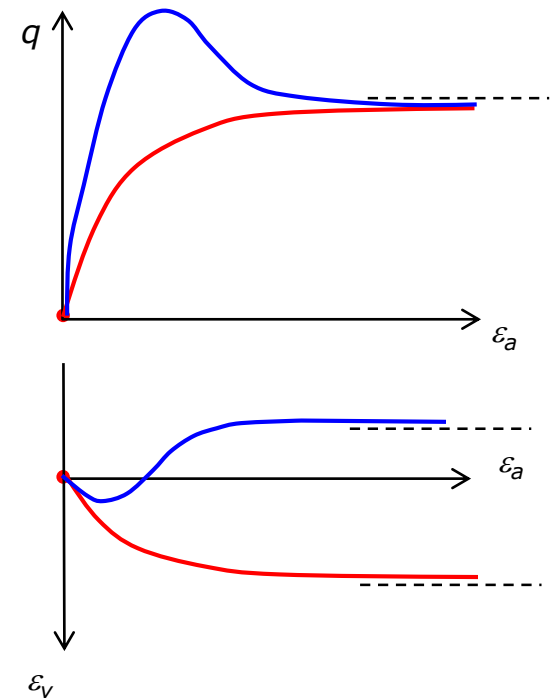
- Risposta **duttile o fragile** al variare delle **condizioni iniziali e del percorso di carico**





Comportamento meccanico del terreno

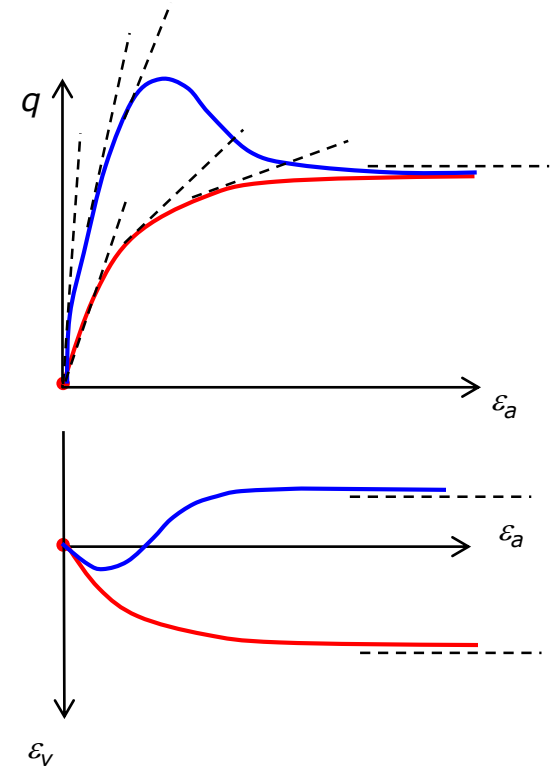
- Risposta **duttile o fragile** al variare delle **condizioni iniziali e del percorso di carico**
- Condizione stazionaria finale: **stato critico**





Comportamento meccanico del terreno

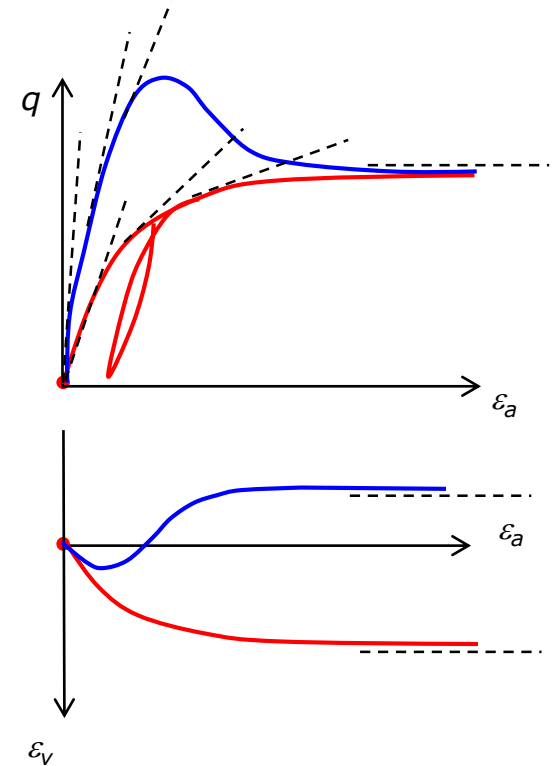
- Risposta **duttile o fragile** al variare delle **condizioni iniziali e del percorso di carico**
- Condizione stazionaria finale: **stato critico**
- Risposta **non lineare**





Comportamento meccanico del terreno

- Risposta **duttile o fragile** al variare delle **condizioni iniziali e del percorso di carico**
- Condizione stazionaria finale: **stato critico**
- Risposta **non lineare**
- **Deformazioni non reversibili**





Modello elasto-plastico perfetto

Modello frequentemente utilizzato nella risoluzione di problemi al finito: modello elasto-plastico con legge di resistenza di **Mohr Coulomb (MC)**

...Perché?

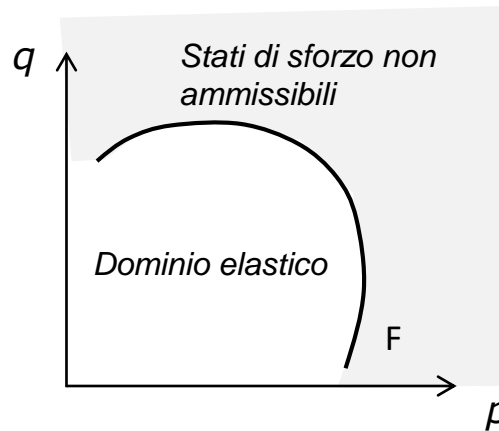
- **Semplicità e numero limitato di parametri**
- **Disponibilità** nelle librerie di tutti i codici di calcolo
- Capacità di cogliere **alcuni degli aspetti** del **comportamento** osservato **sperimentalmente**



Modello elasto-plastico perfetto

Formulazione generale

- **Funzione di plasticizzazione**
 - È definita nel piano degli invarianti di tensione
 - Delimita il **dominio elastico**
 - È **fissa**: delimita stati di sforzo ammissibili da quelli non ammissibili

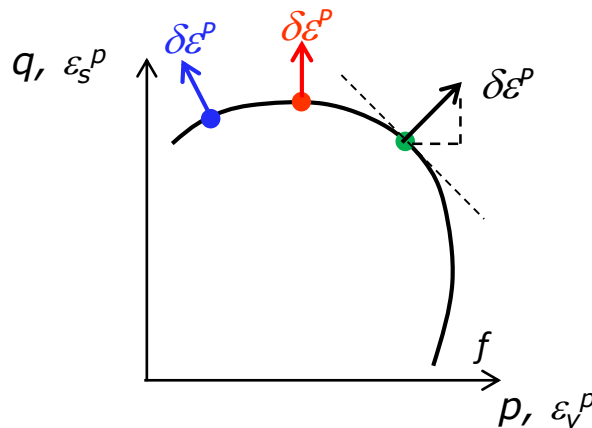




Modello elasto-plastico perfetto

Formulazione generale

- Funzione di plasticizzazione
- **Funzione potenziale plastico**
 - Definita nel piano degli invarianti di tensione
 - Definisce **il modo in cui si deforma il materiale**



Modulo: indefinito

Direzione: normale al
potenziale plastico nello
stato tensionale corrente



Modello elasto-plastico perfetto

Formulazione generale

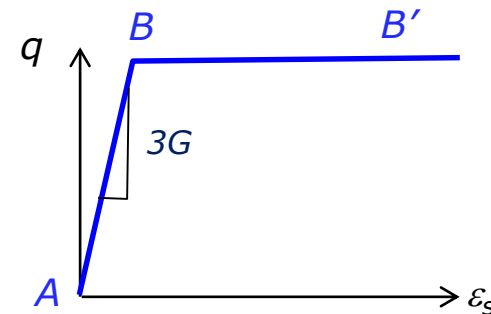
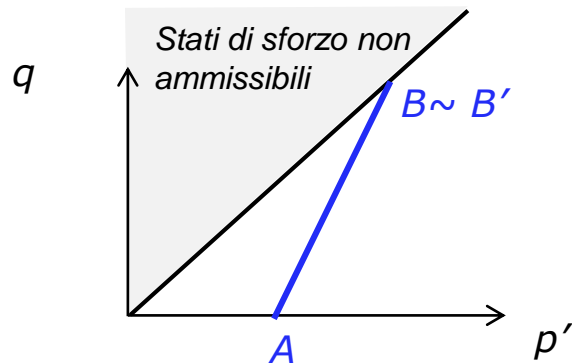
- Funzione di plasticizzazione
- Funzione potenziale plastico
- **Legge di flusso:** associata $f = F$
non associata $f \neq F$



Modello elasto-plastico perfetto

Mohr Coulomb

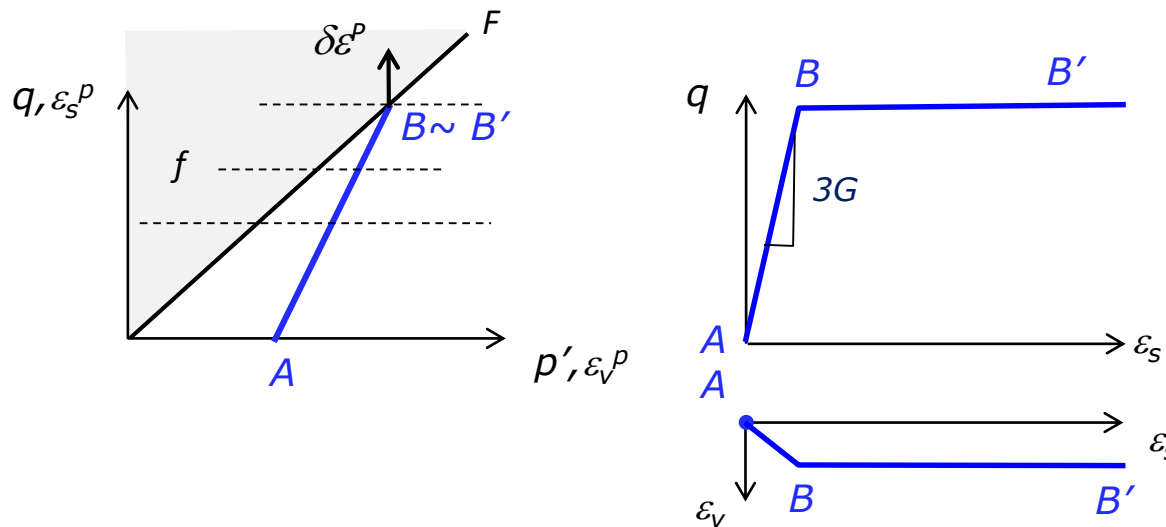
- Funzione di plasticizzazione: **criterio di Mohr Coulomb** (c' , φ')



Modello elasto-plastico perfetto

Mohr Coulomb

- Funzione di plasticizzazione: **criterio di Mohr Coulomb** (c' , φ')
- Funzione potenziale plastico: **criterio di Mohr Coulomb** ($\psi=0$)
- **Legge di flusso**: non associata $f \neq F$

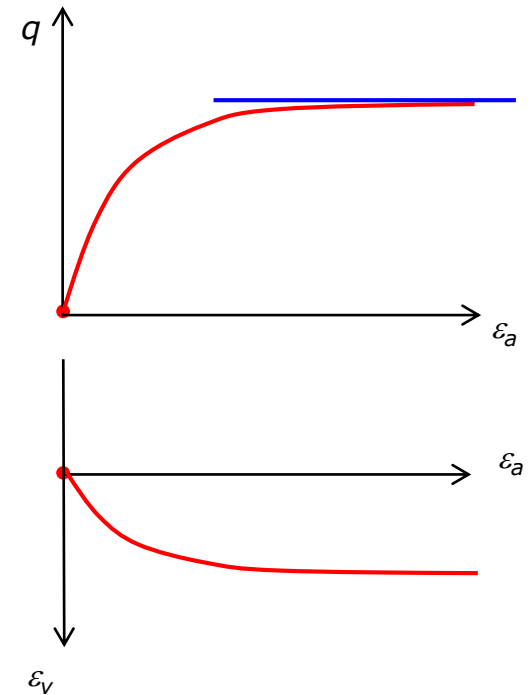




Modello elasto-plastico perfetto

Mohr Coulomb

- Prevede sempre una risposta duttile (**no caduta di resistenza**)
- Buona descrizione della **resistenza ultima** del terreno (SLU)

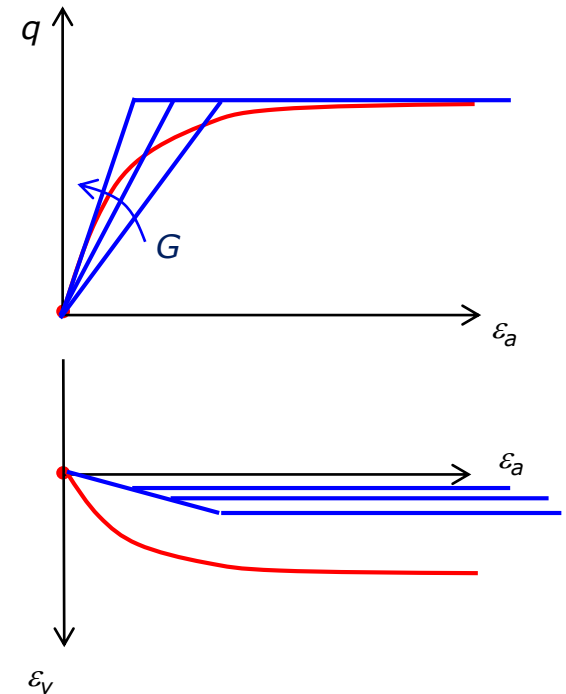




Modello elasto-plastico perfetto

Mohr Coulomb


- Prevede sempre una risposta duttile (**no caduta di resistenza**)
- Buona descrizione della **resistenza ultima** del terreno (SLU)
- **Rigidezza costante** indipendente da ε e σ' : **quale rigidezza scegliere??**
- **Risposta elastica** fino a rottura





Modello elasto-plastico perfetto

Mohr Coulomb

- Prevede sempre una risposta duttile (**no caduta di resistenza**)
 - Buona descrizione della **resistenza ultima** del terreno (SLU)
 - **Rigidezza costante** indipendente da ε e σ' : **quale rigidezza scegliere??** 
 - **Risposta elastica** fino a rottura
- Valutazione
approssimativa del
**campo di
spostamenti (SLE)**



Modello elasto-plastico incrudente

...Perché?

- Migliore descrizione del comportamento del terreno prima del raggiungimento delle condizioni di rottura
- **Semplicità e numero limitato di parametri**
- **Disponibilità** nelle librerie di tutti i codici di calcolo



Modello elasto-plastico incrudente

Formulazione generale

- Funzione di plasticizzazione
- Funzione potenziale plastico
- Legge di flusso
- **Legge di incrudimento:** legge di evoluzione della funzione di plasticizzazione con le deformazione plastiche

$$F = f(\delta\varepsilon_v^p, \delta\varepsilon_s^p)$$

- **incrudimento positivo:** F si espande
- **incrudimento negativo:** F si contrae
- **incrudimento volumetrico:** $F = f(\delta\varepsilon_v^p)$
- **incrudimento deviatorico:** $F = f(\delta\varepsilon_s^p)$



CY Soil

- Modello elasto-plastico con incrudimento **isotropo volumetrico e deviatorico**
- Formulazione matematica relativamente semplice
- Pochi parametri che possono essere calibrati con prove standard
- Disponibile nelle librerie dei codici di calcolo commerciali FLAC2D e 3D

CY Soil

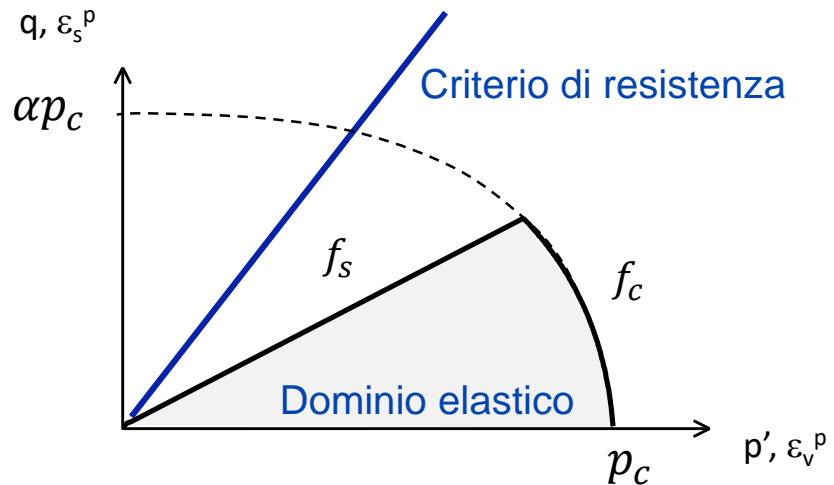
- Funzione di plasticizzazione composta: f_s e f_c

- $f_s = \frac{6\sin\varphi_m}{3-\sin\varphi_m} p' - q + \frac{6\cos\varphi_m}{3-\sin\varphi_m} c'$ $\sin\varphi_m = f(\gamma^p)$

- $f_c = \frac{q^2}{\alpha^2} + p'^2 - p_c^2$ $p_c = f(\varepsilon_v^p)$

- Criterio di resistenza di Mohr Coulomb

- $F = \frac{6\sin\varphi_f}{3-\sin\varphi_f} p' - q$

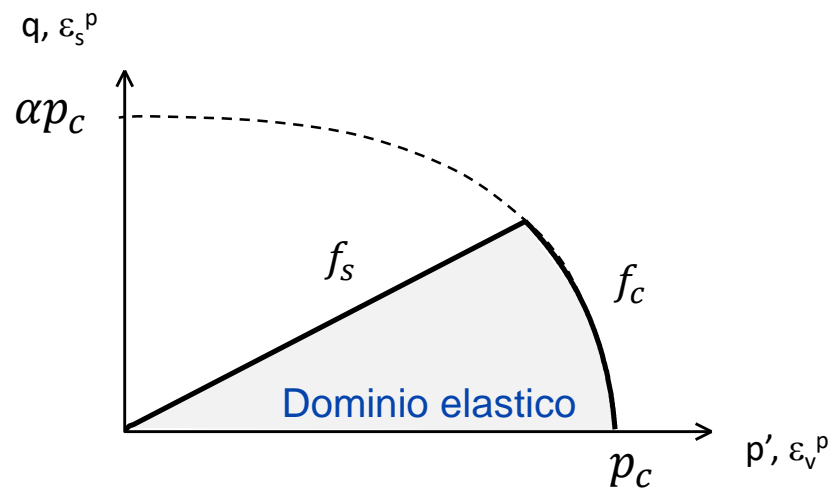


CY Soil

- Comportamento in **campo elastico**: moduli di rigidezza dipendono dallo stato tensionale ma non dal livello di deformazione

$$G^e = G_{ref}^e \left(\frac{p'}{p_{ref}} \right)^m, \quad K^e = f(G^e, \nu)$$

- $G_{ref}^e, p_{ref} = 100 \text{ kPa}$
- $m \leq 1$
- $\nu = [0.15, 0.3]$



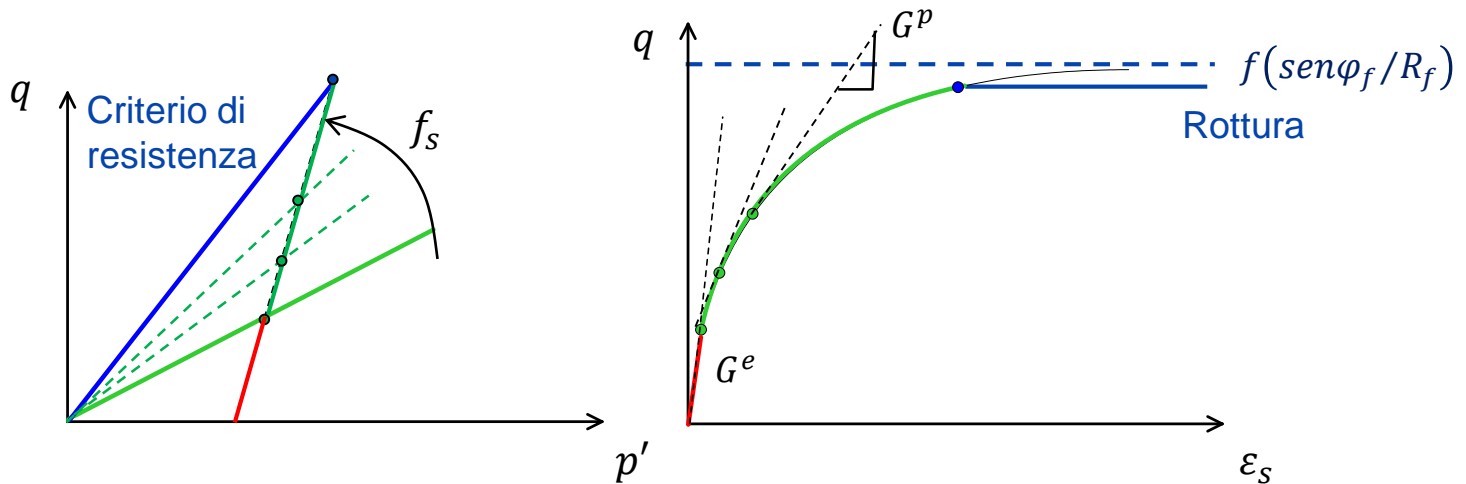
CY Soil

Superficie f_s

- f_s si espande in accordo con la legge di incrudimento (**sempre positivo, no comportamento fragile**) ed è limitata superiormente dal criterio di resistenza di Mohr-Coulomb

- Incrudimento deviatorico**

$$d(\text{sen}\varphi_m) = f (d\gamma^p), \quad G^p = \beta G^e \left(1 - \frac{\text{sen}\varphi_m}{\text{sen}\varphi_f/R_f} \right)^2$$



CY Soil

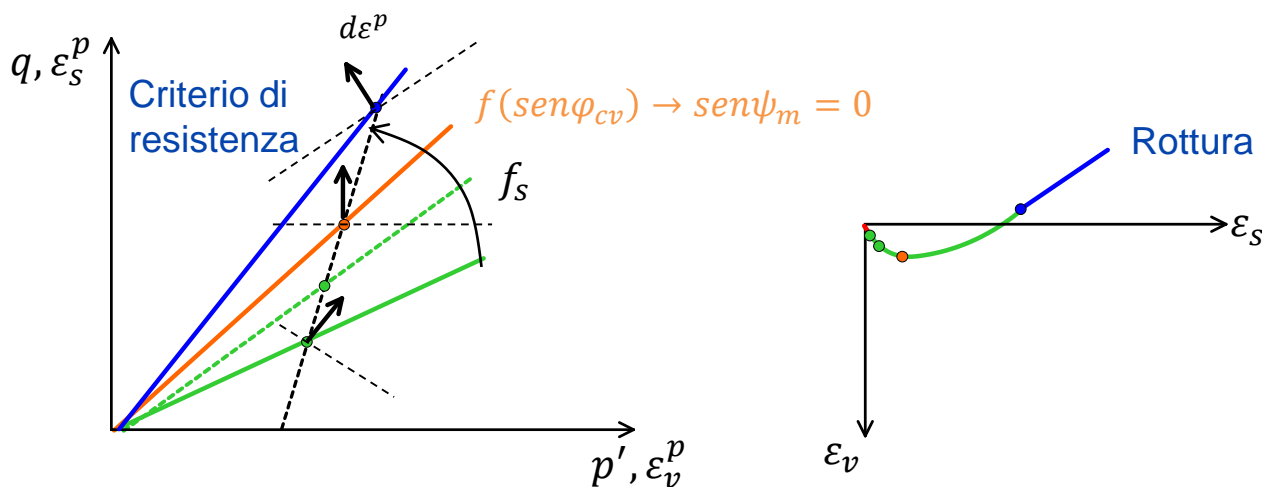
Superficie f_s

- Legge di flusso non associata

- Funzione potenziale plastico

$$f = M^* p' - q, \quad M^* = \frac{6 \sin \psi_m}{3 - \sin \psi_m} \rightarrow \sin \psi_m = \frac{\sin \varphi_m - \sin \varphi_{cv}}{1 - \sin \varphi_m \sin \varphi_{cv}} \quad (\text{Rowe, 1962})$$

Caso 1: $\psi_f > 0$



CY Soil

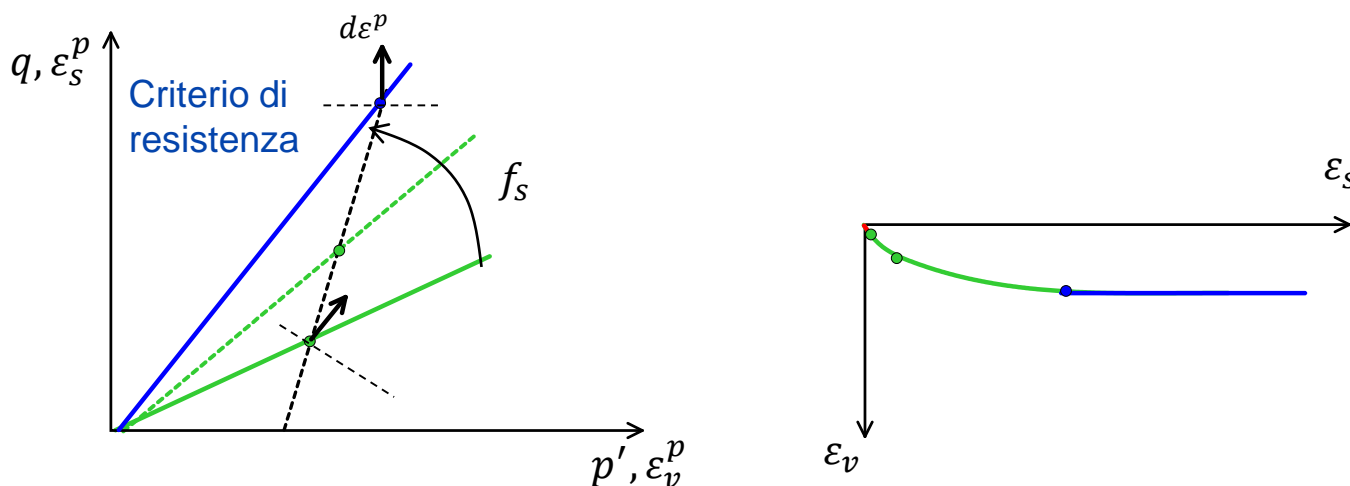
Superficie f_s

- Legge di flusso non associata

- Funzione potenziale plastico

$$f = M^* p' - q, \quad M^* = \frac{6 \sin \psi_m}{3 - \sin \psi_m} \rightarrow \sin \psi_m = \frac{\sin \varphi_m - \sin \varphi_{cv}}{1 - \sin \varphi_m \sin \varphi_{cv}} \quad (\text{Rowe, 1962})$$

Caso 2: $\psi_f = 0$



CY Soil

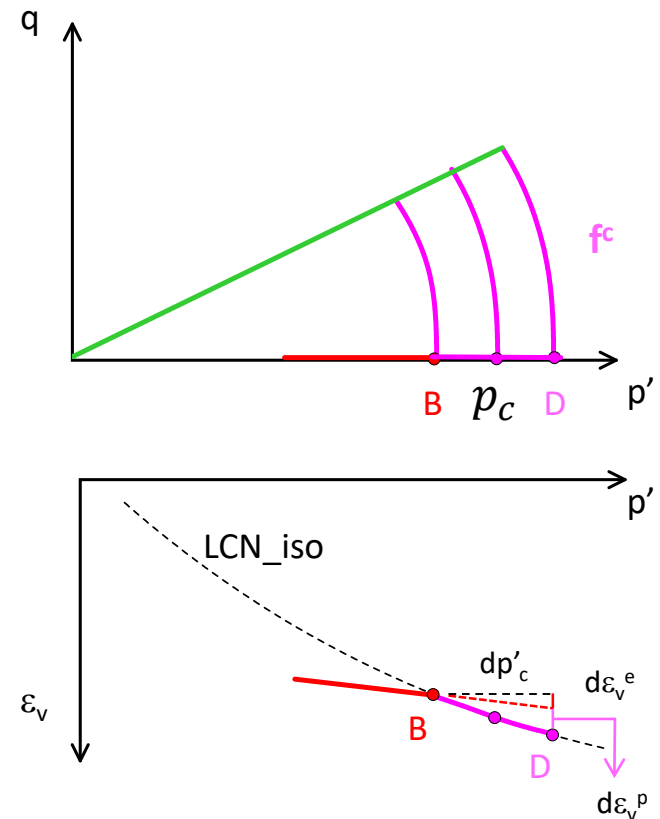
Superficie f_c

- f_c si espande in accordo con la legge di incrudimento (**sempre positivo**) e delimita il dominio elastico

- **Legge di flusso associata:** $f = f_c$

- **Incrudimento volumetrico:** $p_c = f(\varepsilon_v^p)$
dedotta a partire dall'equazione
della LCN_ISO: $dp'/d\varepsilon_v = K_{iso}^{ref} (p'/p_{ref})^m$

$$p_c = f(\varepsilon_v^p) \rightarrow K_{iso}^{ref}, R = \frac{d\varepsilon_v^p}{d\varepsilon_v^e}$$



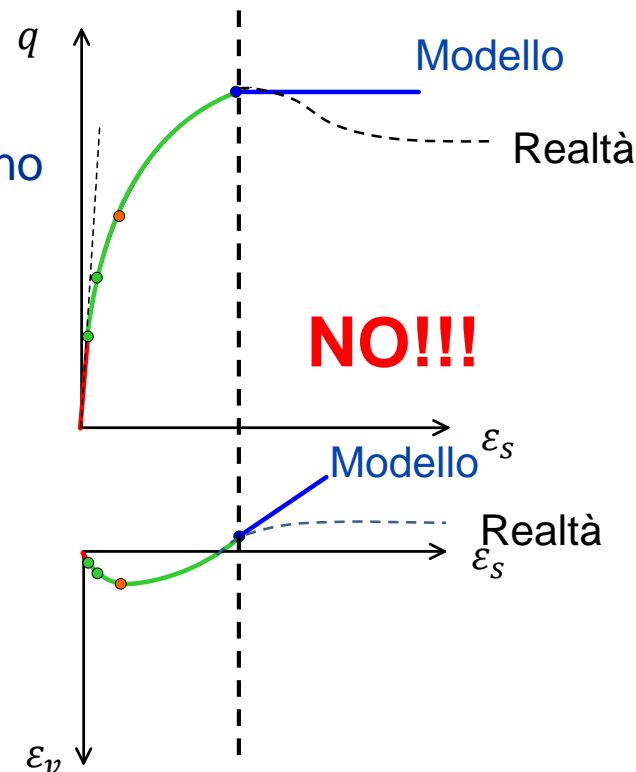


CY Soil

- f_s e f_c sono indipendenti, si può «accendere» anche solo una delle due (es. in terreni a grana grossa, percorsi di carico con componente prevalentemente deviatorica: f_s)
- Buona descrizione della risposta del terreno

CY Soil

- f_s e f_c sono indipendenti, si può «accendere» anche solo una delle due (es. in terreni a grana grossa, percorsi di carico con componente prevalentemente deviatorica: f_s)
- Buona descrizione della risposta del terreno
- **Nessuna caduta di resistenza:** buona previsione per livelli di deformazione piccoli-medi





Calibrazione

Parametri del modello

- G_{ref}^e, m : prove DH, CH, prove CR, espressioni empiriche di letteratura

$$\frac{G_0}{p_r} = S \left(\frac{p'}{p_r} \right)^n \quad \begin{cases} p_r = 1 \text{ kPa} \\ S = 3028.5 e^{-0.0384 I_p} \\ n = 0.4788 + 0.0941 \ln I_p \end{cases}$$

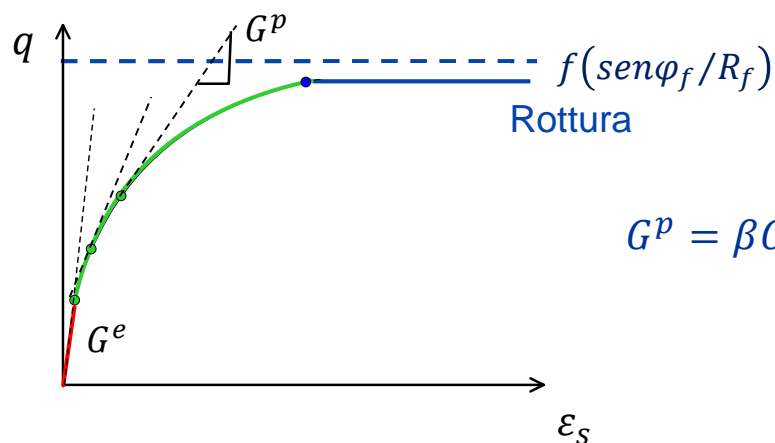
(Rampello, Silvestri & Viggiani, 1994)

Da determinare: $p_{ref}=100 \text{ kPa}$, $\nu'=0.15-0.3$

Calibrazione

Parametri del modello

- G_{ref}^e, m : prove DH, CH, prove CR, espressioni empiriche di letteratura
- c', φ_f, β : Prove di laboratorio (TX-CID, TX- CIU) e in sito



$$G^p = \beta G^e \left(1 - \frac{\text{sen}\varphi_m}{\text{sen}\varphi_f/R_f} \right)^2$$

Da determinare: $p_{ref}=100$ kPa, $\nu'=0.15-0.3$, $R_f = 0.9$



Calibrazione

Parametri del modello

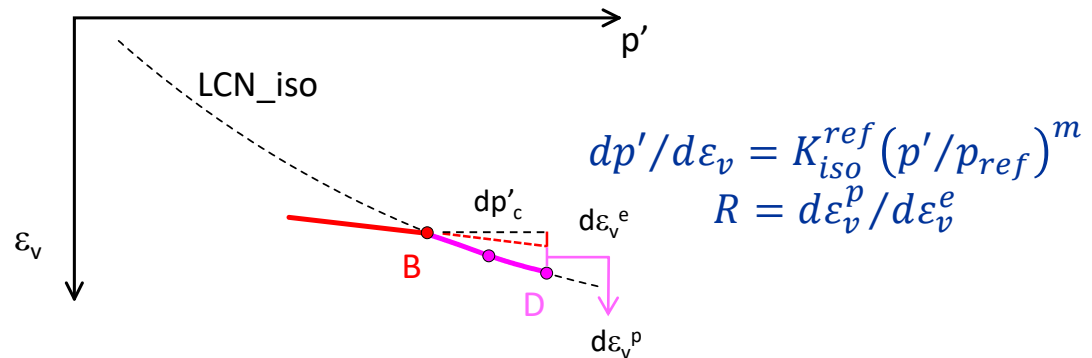
- G_{ref}^e, m : prove DH, CH, prove CR, espressioni empiriche di letteratura
- c', φ_f, β : Prove di laboratorio (TX-CID, TX- CIU) e in sito
- ψ_f : Prove di laboratorio (TX-CID, TX- CIU)

Da determinare: $p_{ref}=100$ kPa, $\nu'=0.15-0.3$, $R_f = 0.9$

Calibrazione

Parametri del modello

- G_{ref}^e, m : prove DH, CH, prove CR, espressioni empiriche di letteratura
- c', φ_f, β : Prove di laboratorio (TX-CID, TX- CIU) e in sito
- ψ_f : Prove di laboratorio (TX-CID, TX- CIU)
- $K_{iso}^{ref}, R = f(\lambda, \kappa)$: Prove di laboratorio (TX-CID, TX- CIU, edo)

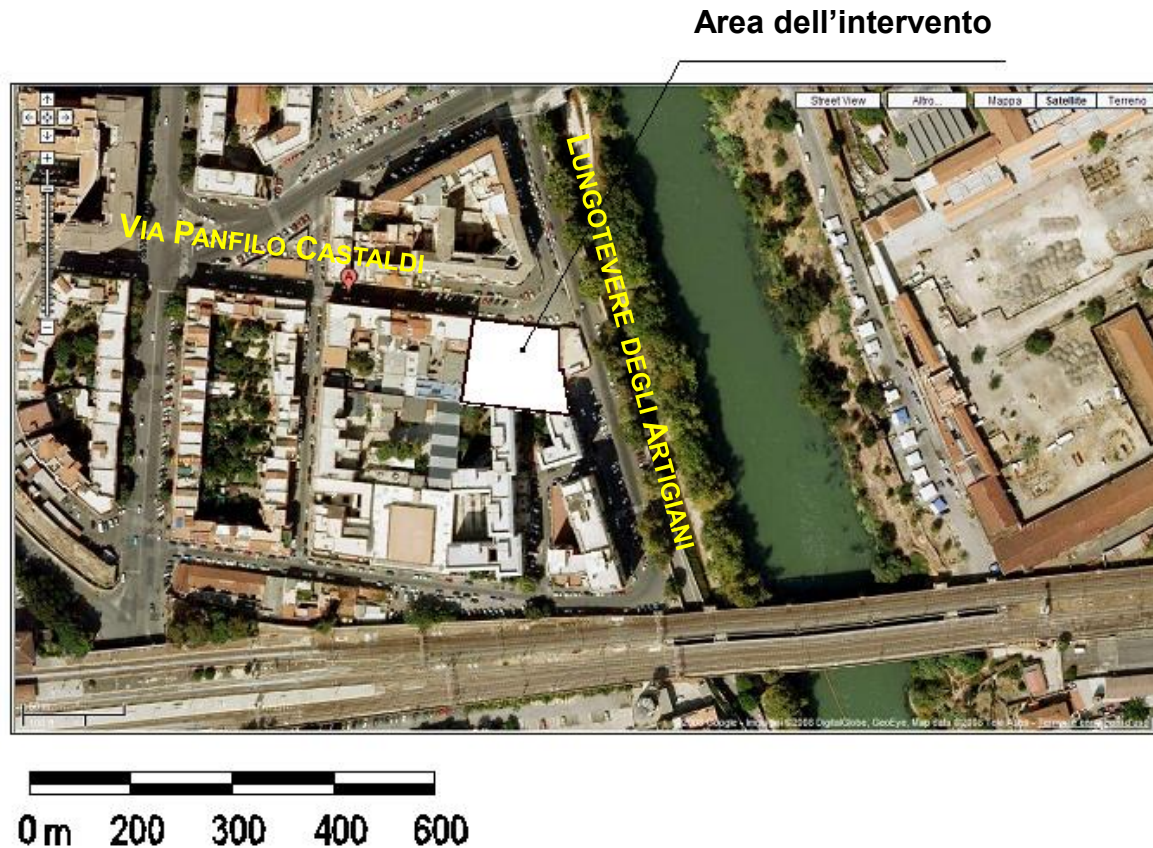


Da determinare: $p_{ref}=100$ kPa, $\nu'=0.15-0.3$, $R_f = 0.9$, φ_{m0}, p_{c0}



Descrizione del progetto

Inquadramento generale



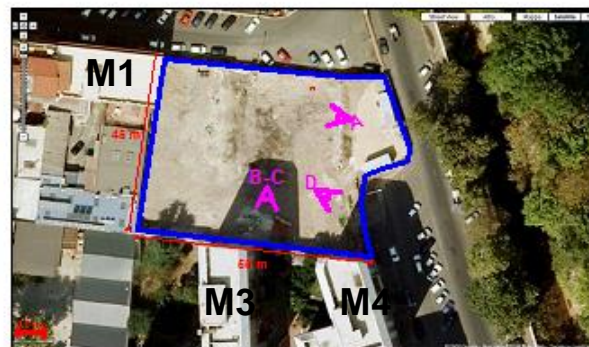


Descrizione del progetto

Inquadramento generale



VISTA A
EDIFICIO IN MURATURA
(struttura in muratura con fondazioni superficiali
del tipo a sacco)



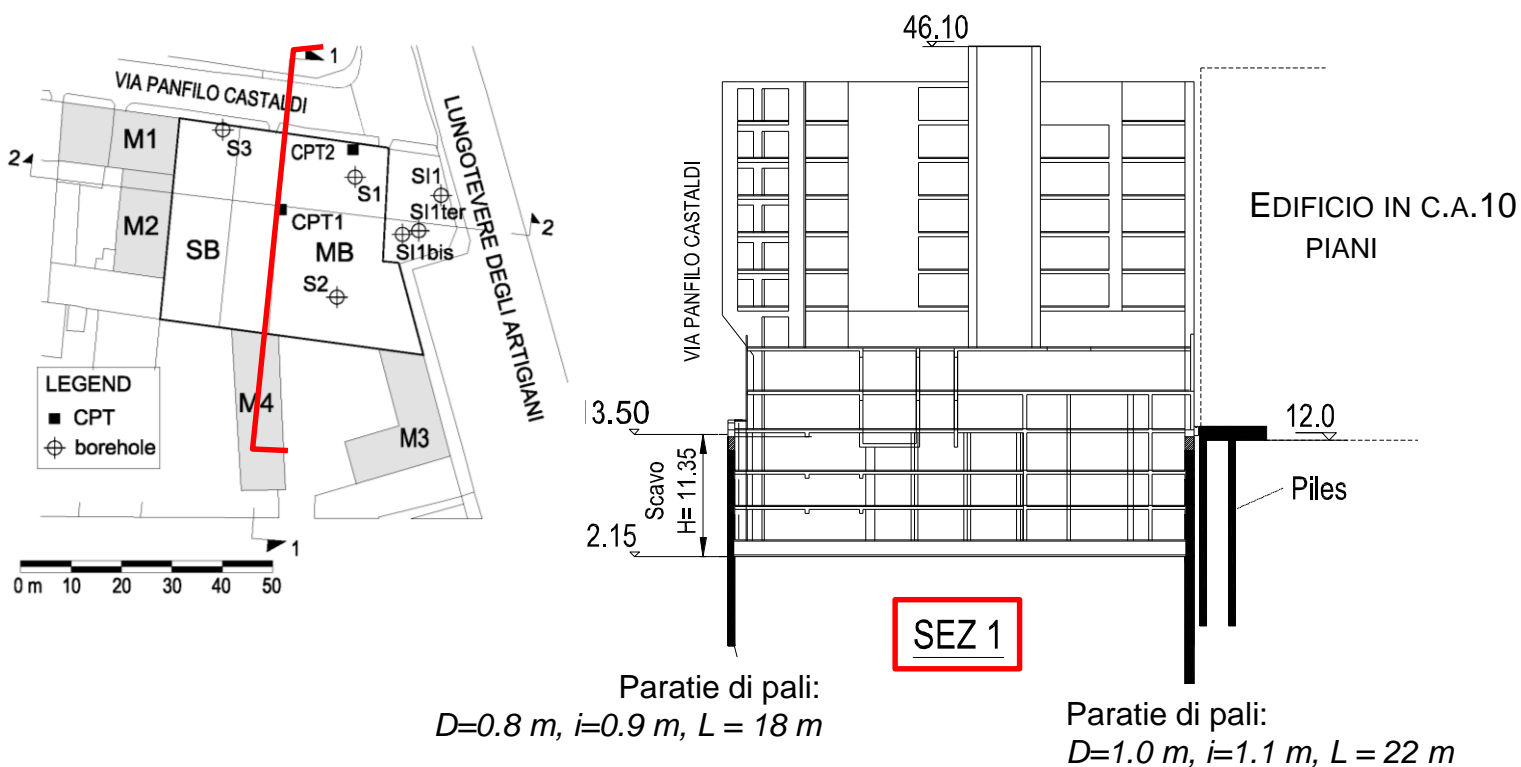
VISTA B) foto prima delle demolizioni.



VISTA C) foto durante le demolizioni

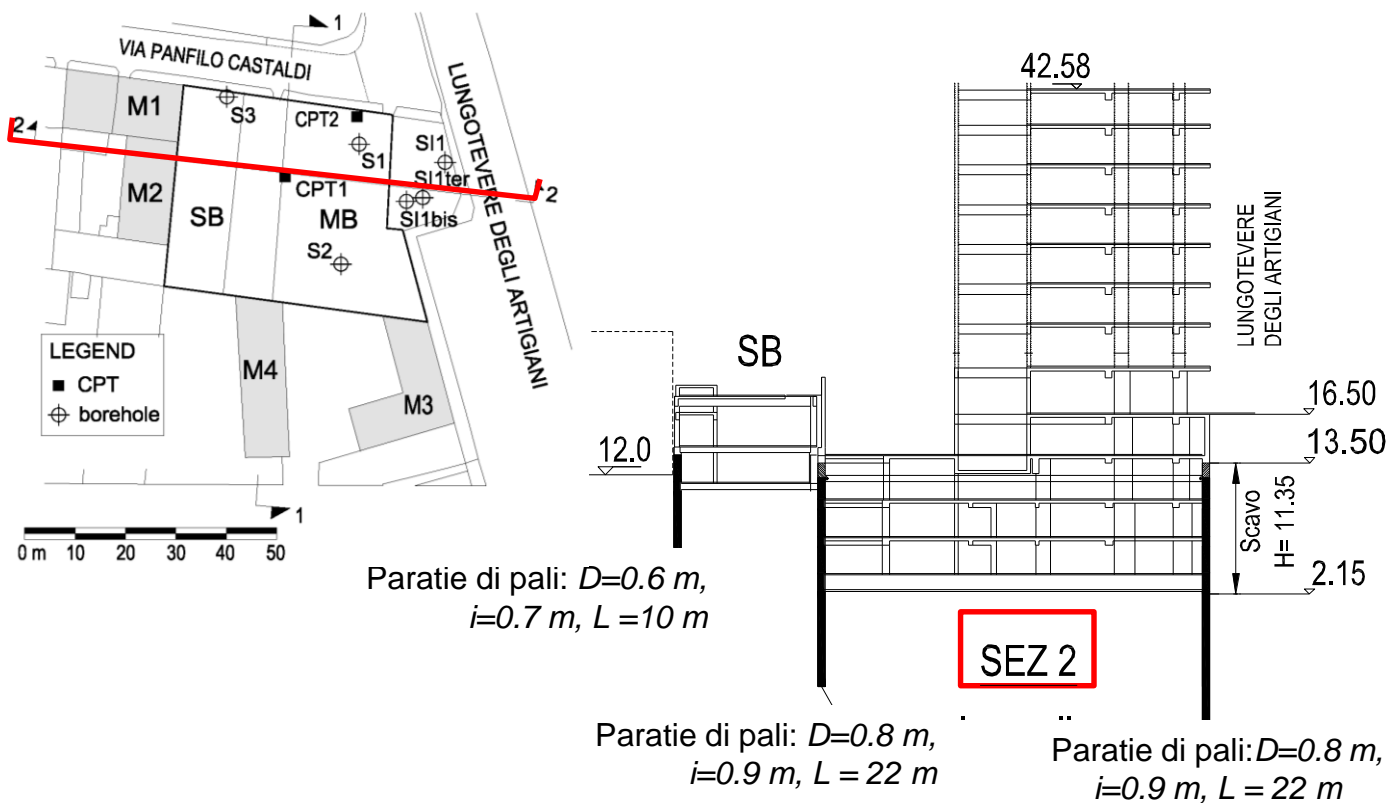
Descrizione del progetto

Inquadramento generale



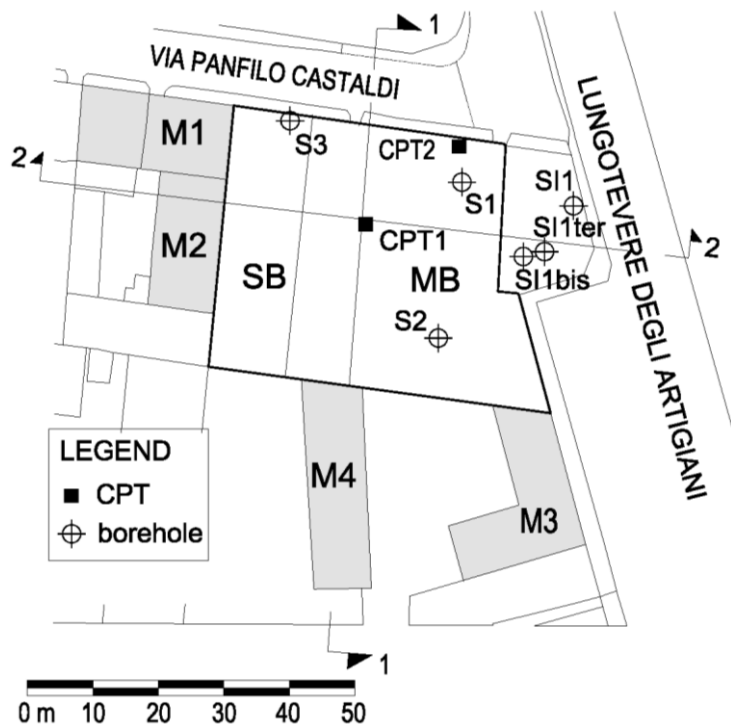
Descrizione del progetto

Inquadramento generale



Descrizione del progetto

Indagini geotecniche



CAMPAGNA 1996:

Prove penetrometriche statiche (cpt1 – cpt2)

CAMPAGNA 2006:

Sondaggi a carotaggio continuo (S1 – S2 – S3)

Prove Dilatometriche (dmt1 – dmt2)

CAMPAGNA 2007:

Sondaggi a carotaggio continuo (SI1)

Sondaggi a distruzione di nucleo (SI1bis – SI1ter)

Strumentazione installata:

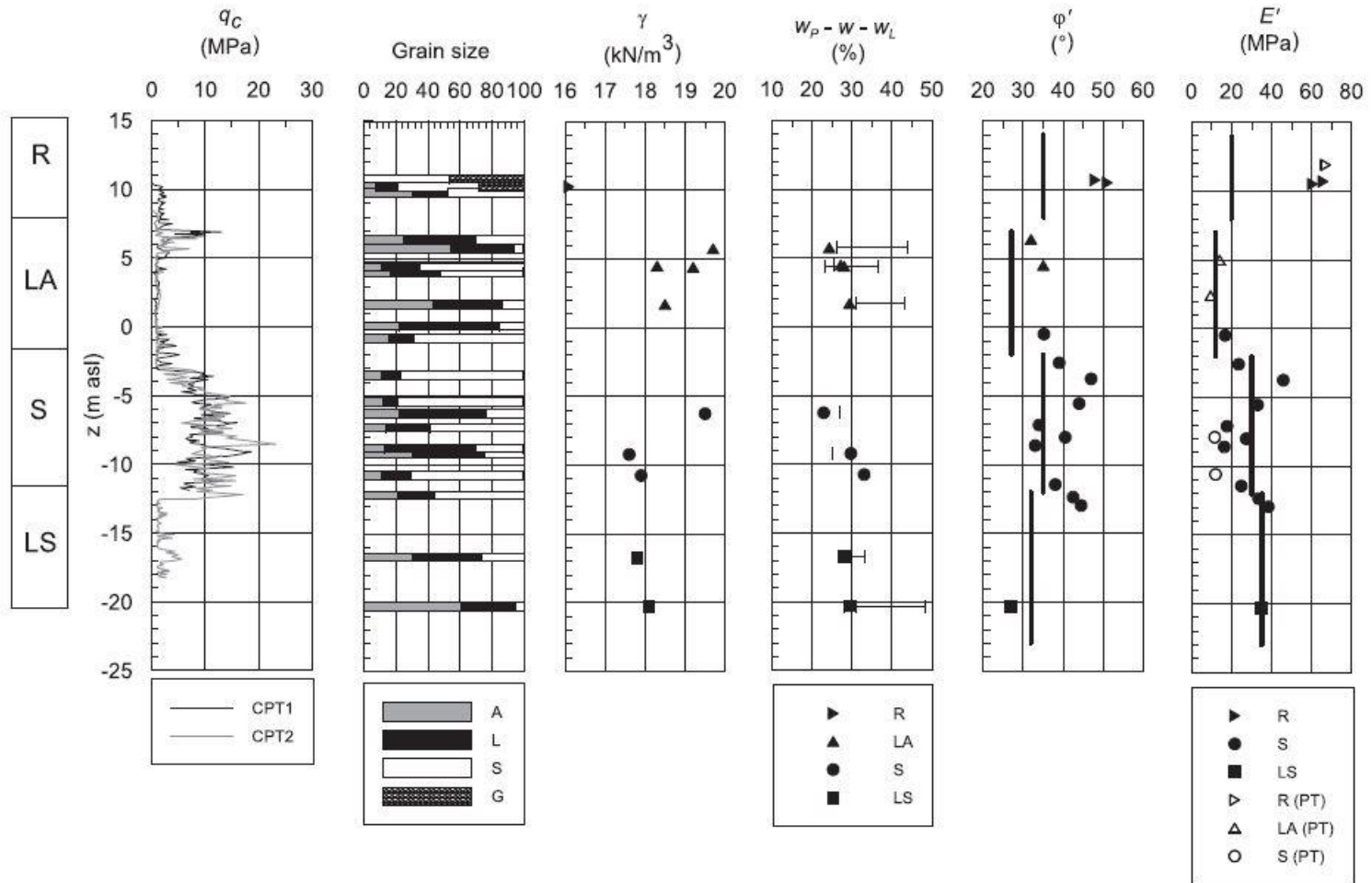
Piezometri TA: S1(2006) – SI1ter(2007)

Piezometri CAS: S1bis-SI1ter(2007)



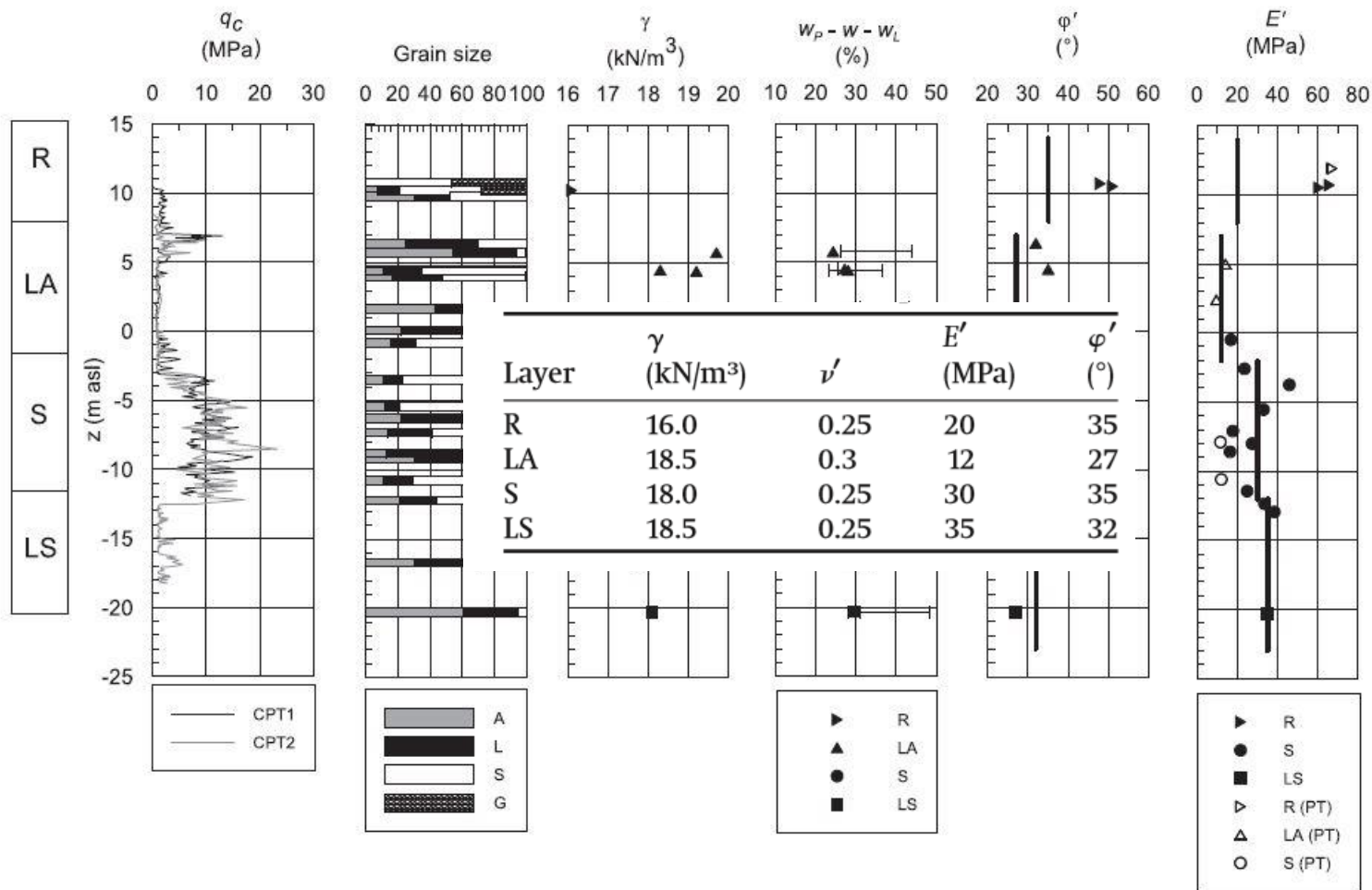
Descrizione del progetto

Principali caratteristiche fisiche e meccaniche



Descrizione del progetto

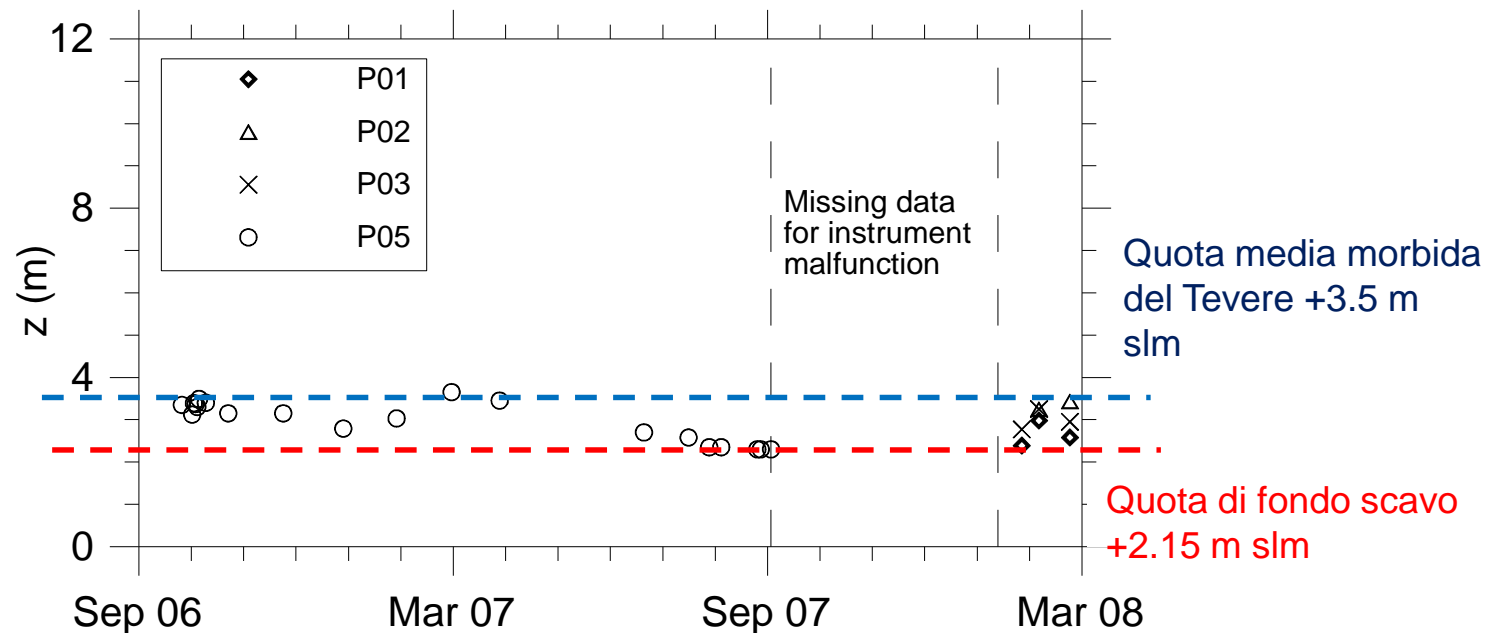
Principali caratteristiche fisiche e meccaniche





Descrizione del progetto

Andamento misure piezometriche





Descrizione del progetto

Principali problematiche e soluzioni adottate

- **Limitare il campo di spostamenti** per evitare danni negli edifici adiacenti all'area di scavo:
 - Modalità di scavo TOP-DOWN
 - Paratia di pali trivellati realizzati con l'uso di fanghi bentonici
 - Definizione di un'opportuna sequenza delle fasi costruttive



Descrizione del progetto

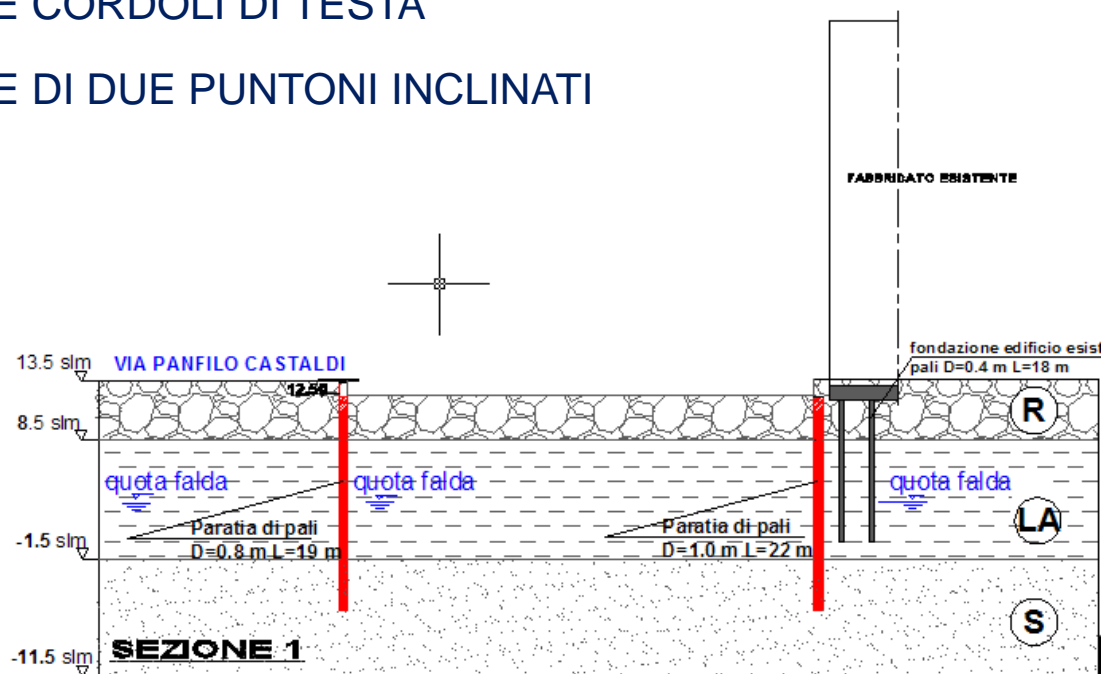
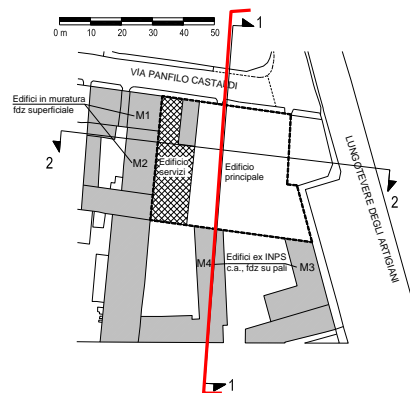
Principali problematiche e soluzioni adottate

- **Limitare il campo di spostamenti** per evitare danni negli edifici adiacenti all'area di scavo:
 - Modalità di scavo TOP-DOWN
 - Paratia di pali trivellati realizzati con l'uso di fanghi bentonici
 - Definizione di un'opportuna sequenza delle fasi costruttive
- **Garantire la stabilità del fondo scavo** (potenziali escursioni del livello del Tevere)
 - Realizzazione di pozzi di presidio

Descrizione del progetto

Fase 1

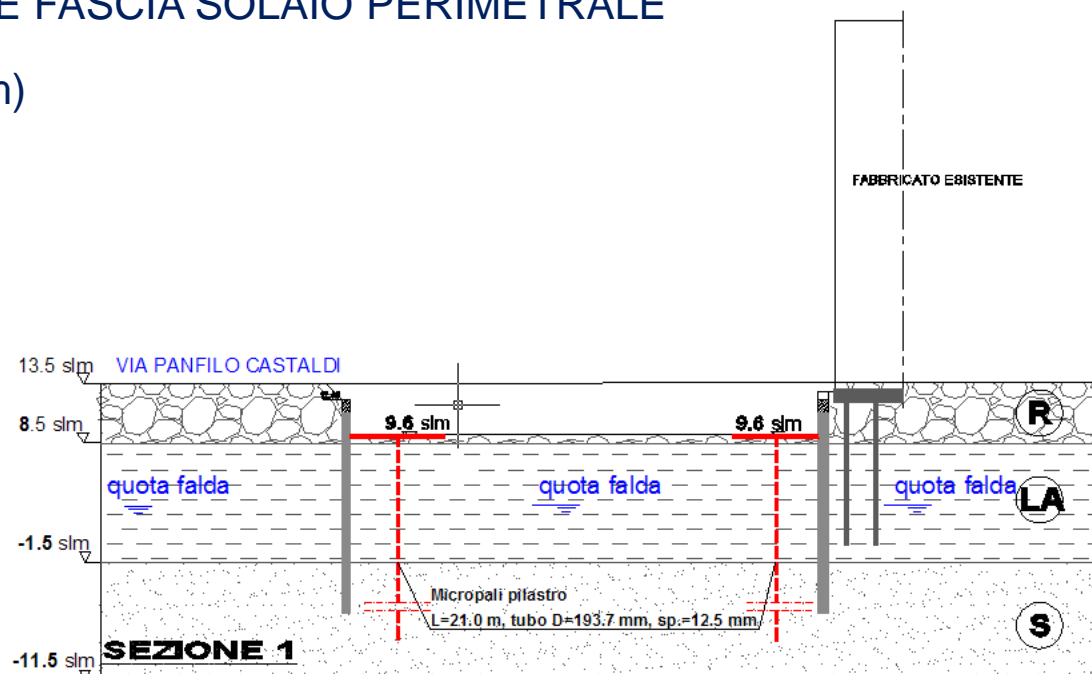
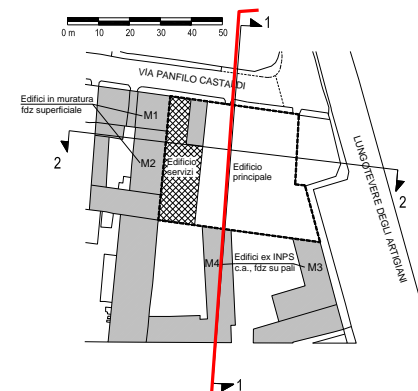
- PRESCAVO A QUOTA +12.50 m (1 m)
- REALIZZAZIONE PARATIE PERIMETRALI
- REALIZZAZIONE CORDOLI DI TESTA
- REALIZZAZIONE DI DUE PUNTONI INCLINATI



Descrizione del progetto

Fase 2

- SCAVO A QUOTA +9.60 m (QUOTA 1° SOLAIO)
- REALIZZAZIONE PALI-PILASTRO (MICROPALI)
- REALIZZAZIONE FASCIA SOLAIO PERIMETRALE (a quota +9.60 m)

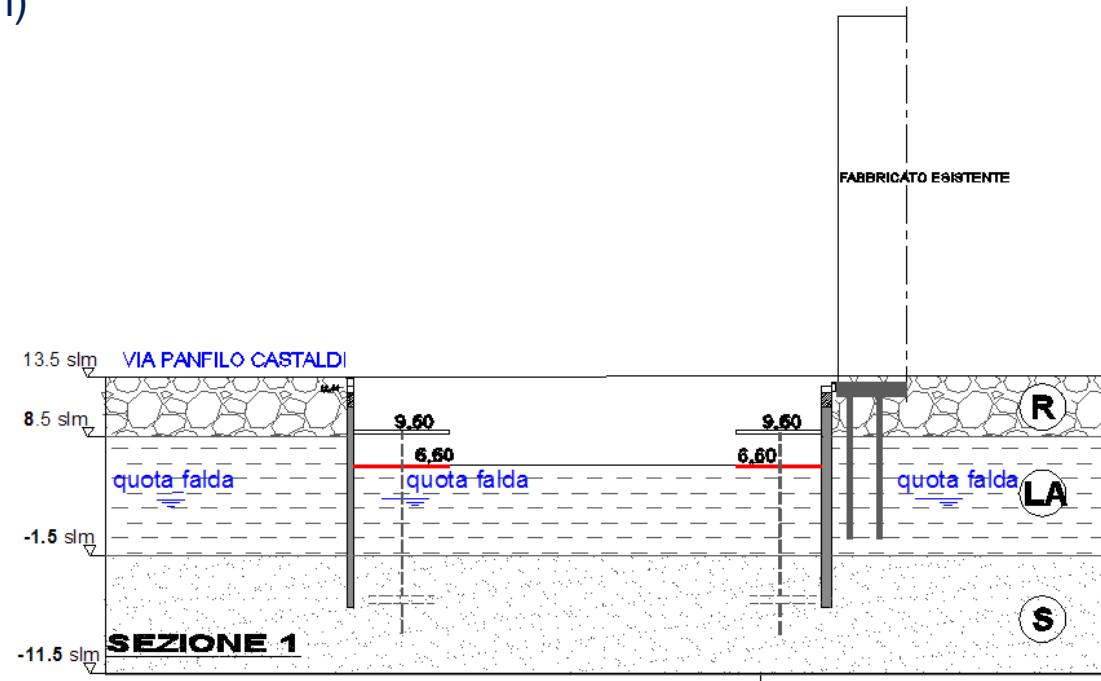
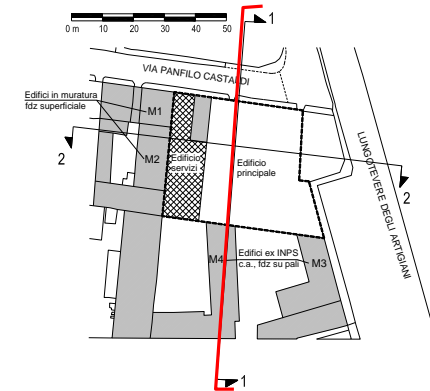




Descrizione del progetto

Fase 3

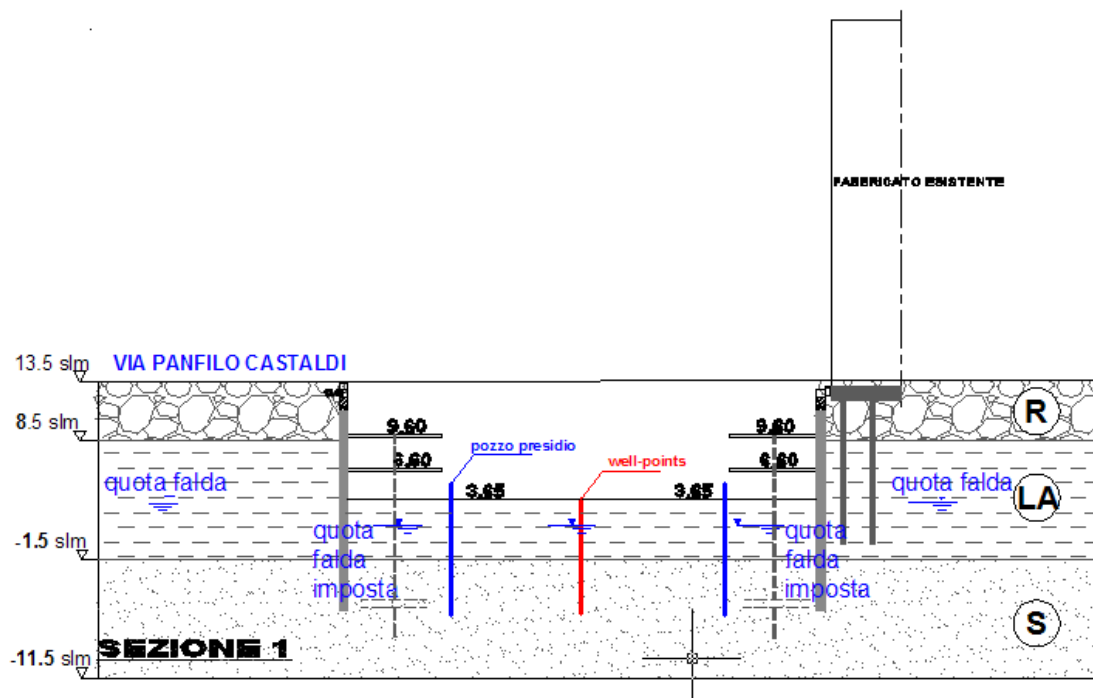
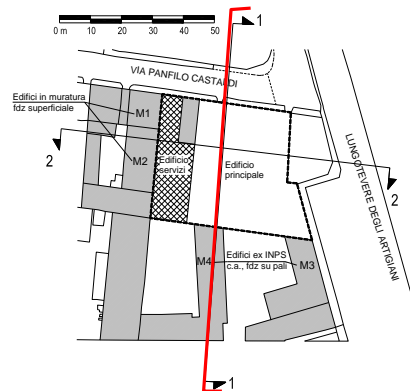
- SCAVO A QUOTA +6.60 m (QUOTA 2° SOLAIO)
- REALIZZAZIONE FASCIA SOLAIO PERIMETRALE (a quota +6.60 m)



Descrizione del progetto

Fase 4

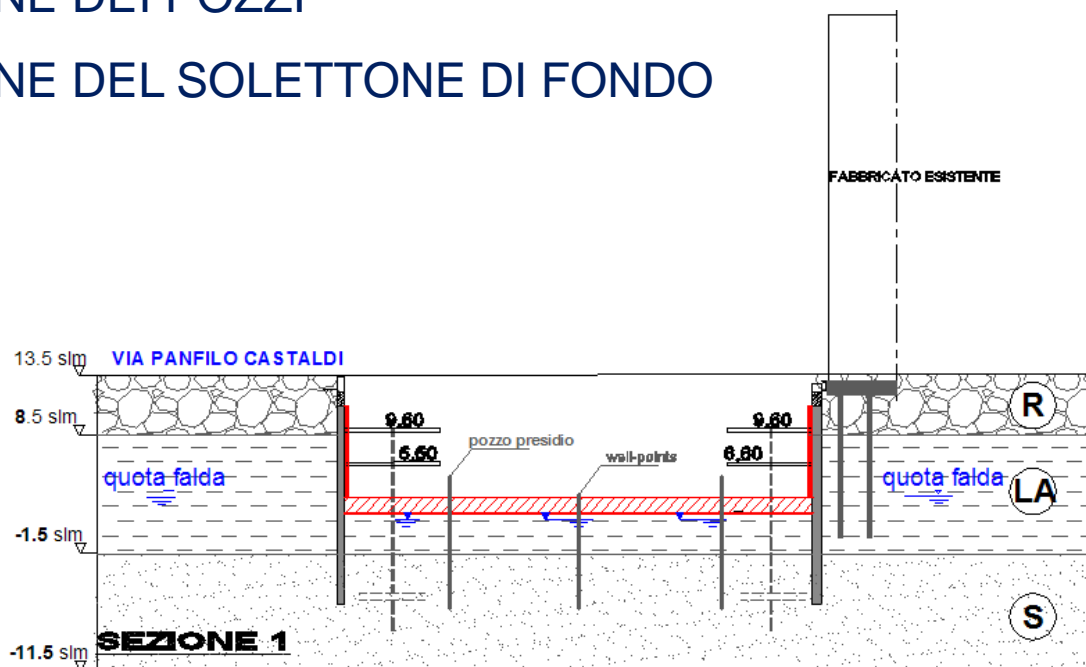
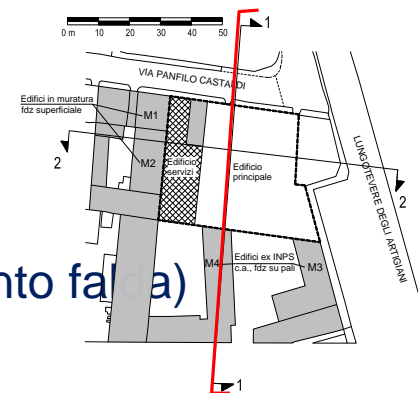
- SCAVO A QUOTA +3.65 m (QUOTA FALDA)
- INSTALLAZIONE SISTEMA DI WELL POINTS



Descrizione del progetto

Fase 5

- ATTIVAZIONE DEI WELL POINTS (abbassamento falda)
- SCAVO A QUOTA +2.15 m (FONDO SCAVO)
- REALIZZAZIONE DEI POZZI
- REALIZZAZIONE DEL SOLETTONE DI FONDO



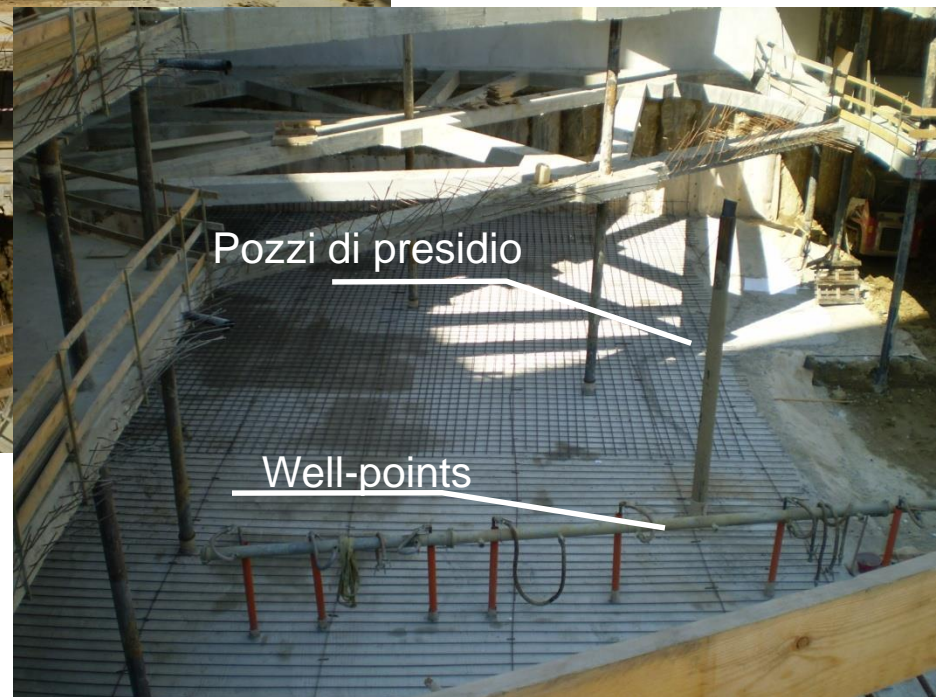


Descrizione del progetto





Descrizione del progetto





Descrizione del progetto

Verifiche geotecniche

- **SLE:** Le opere devono essere progettate garantendo che le deformazioni indotte, in tutte le fasi costruttive, siano sufficientemente contenute e tali da assicurare la compatibilità e funzionalità delle opere stesse rendendo trascurabile il risentimento prodotto nelle strutture adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle pressioni interstiziali

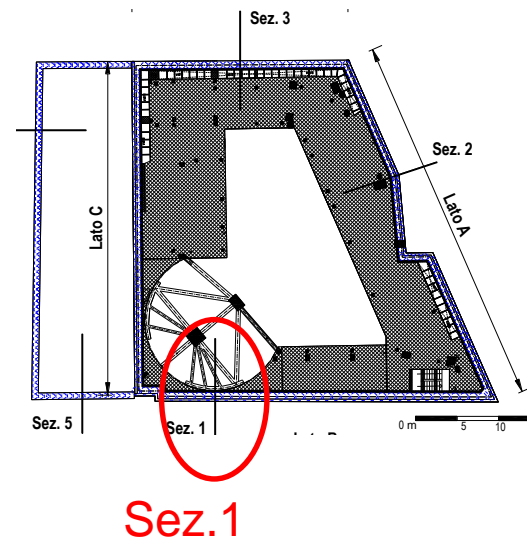
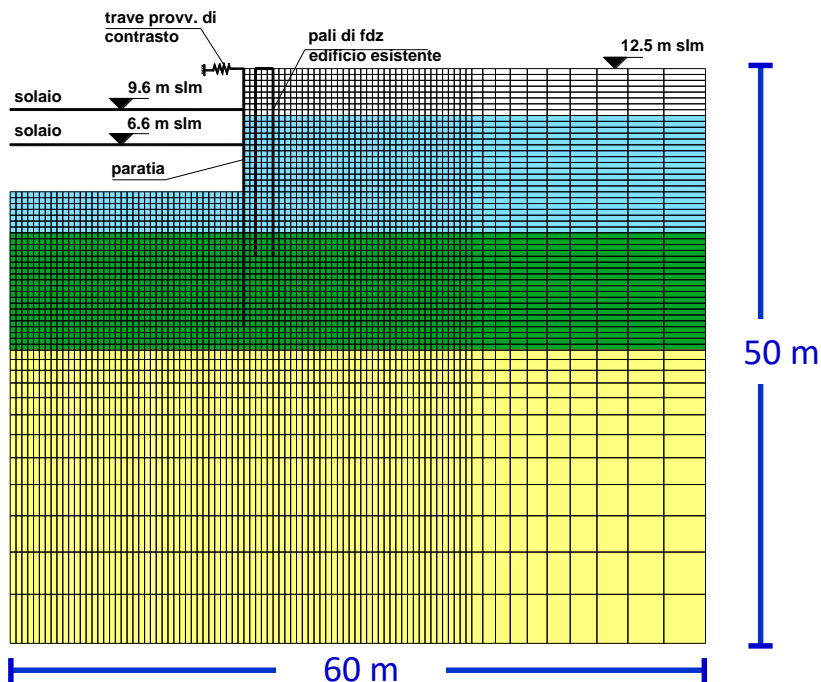
$$\delta < 20 \text{ mm}$$

- **SLU:** Le opere devono essere progettate garantendo i necessari margini di sicurezza nei confronti dei possibili fenomeni di collasso di tipo geotecnico e strutturale

Descrizione del progetto

Valutazione campo di spostamenti

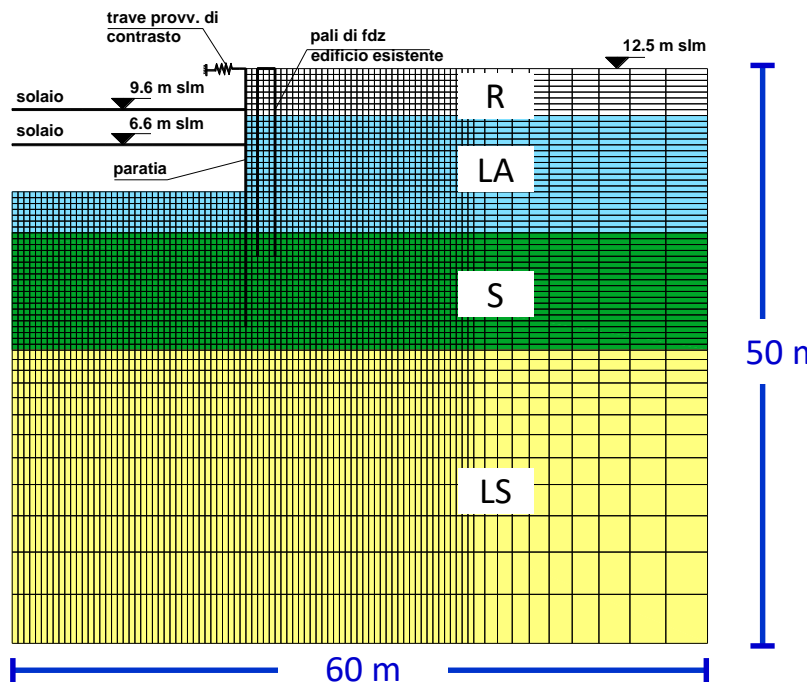
- Deformazione piana, codice di calcolo **FLAC 2D**



Descrizione del progetto

Valutazione campo di spostamenti

- **Modello elastico lineare-plastico perfetto** con criterio di resistenza di Mohr Coulomb e legge di flusso non associata (dilatanza nulla)
- Analisi in condizioni drenate

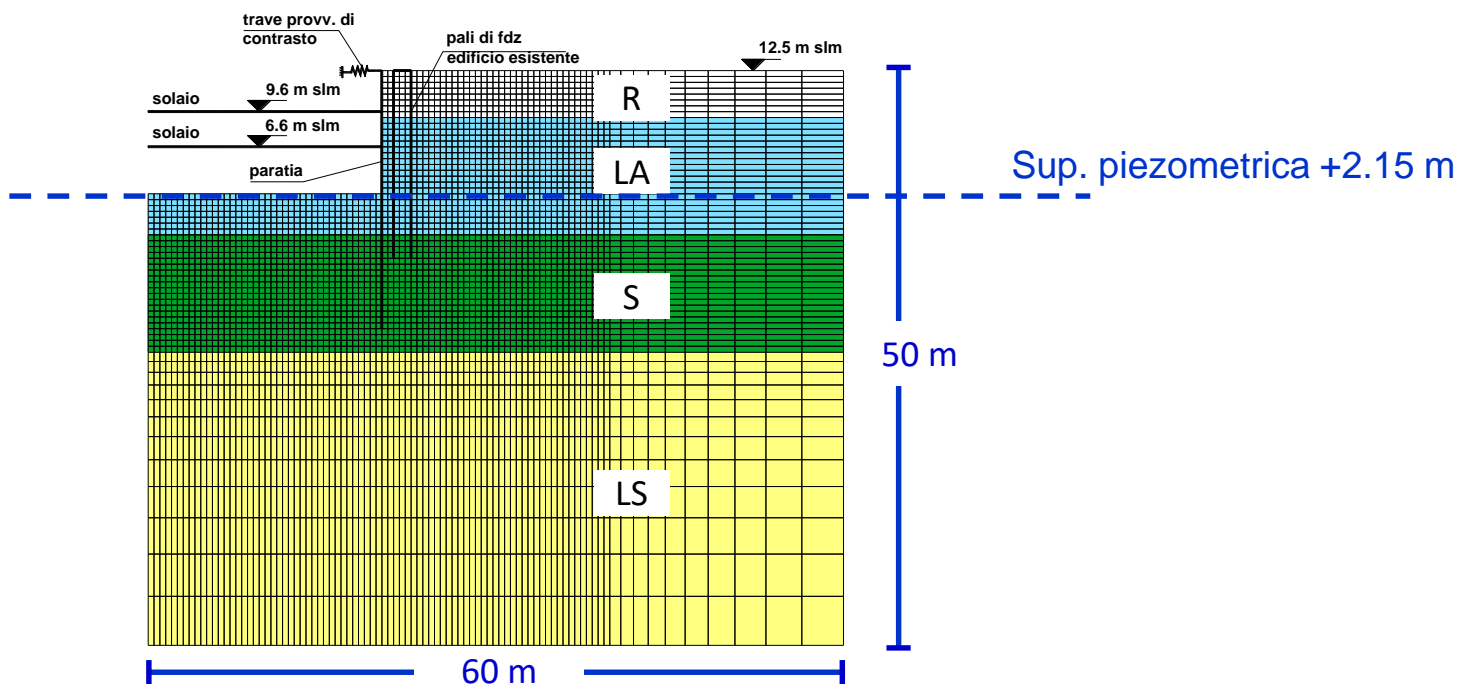


Layer	γ (kN/m ³)	ν'	E' (MPa)	φ' (°)
R	16.0	0.25	20	35
LA	18.5	0.3	12	27
S	18.0	0.25	30	35
LS	18.5	0.25	35	32

Descrizione del progetto

Valutazione campo di spostamenti

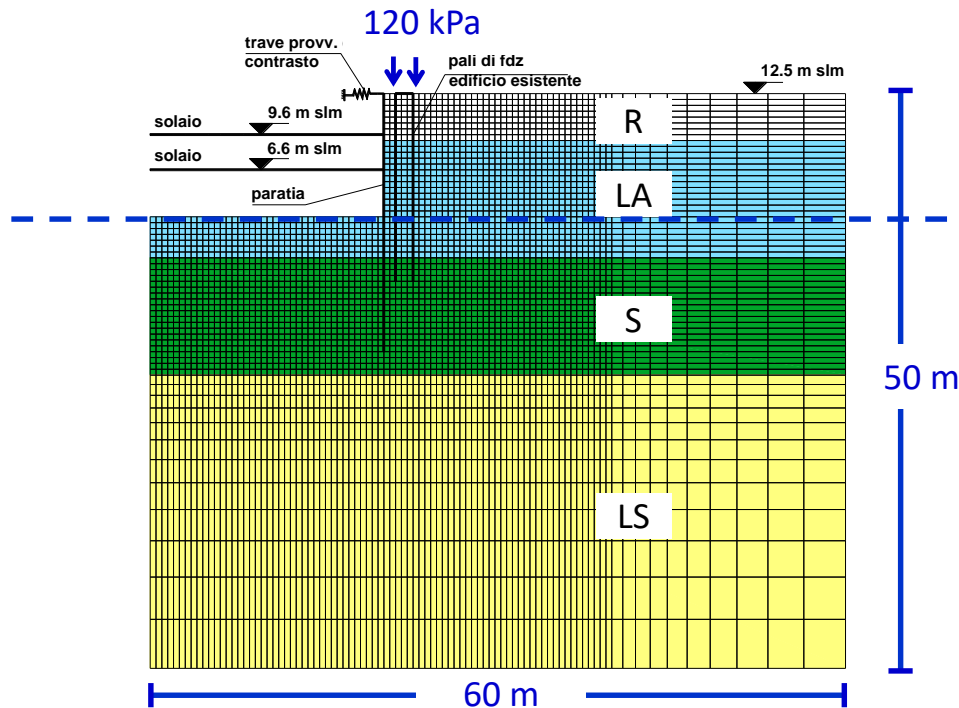
- Distribuzione iniziale idrostatica delle pressioni dell'acqua
- Stato tensionale iniziale litostatico



Descrizione del progetto

Valutazione campo di spostamenti

- Edificio M4
- Paratie
- Elementi di contrasto



Edificio M4

Elementi pile

Elemento beam

Carico distribuito (120 kPa)

Paratia

Elemento beam

Interfaccia attritiva

Molle con rigidezza K

in testa $K=2500 \text{ kN/m}$

Intermedi: $K=60000 \text{ kN/m}$

Solettone: $K = \infty$



Descrizione del progetto

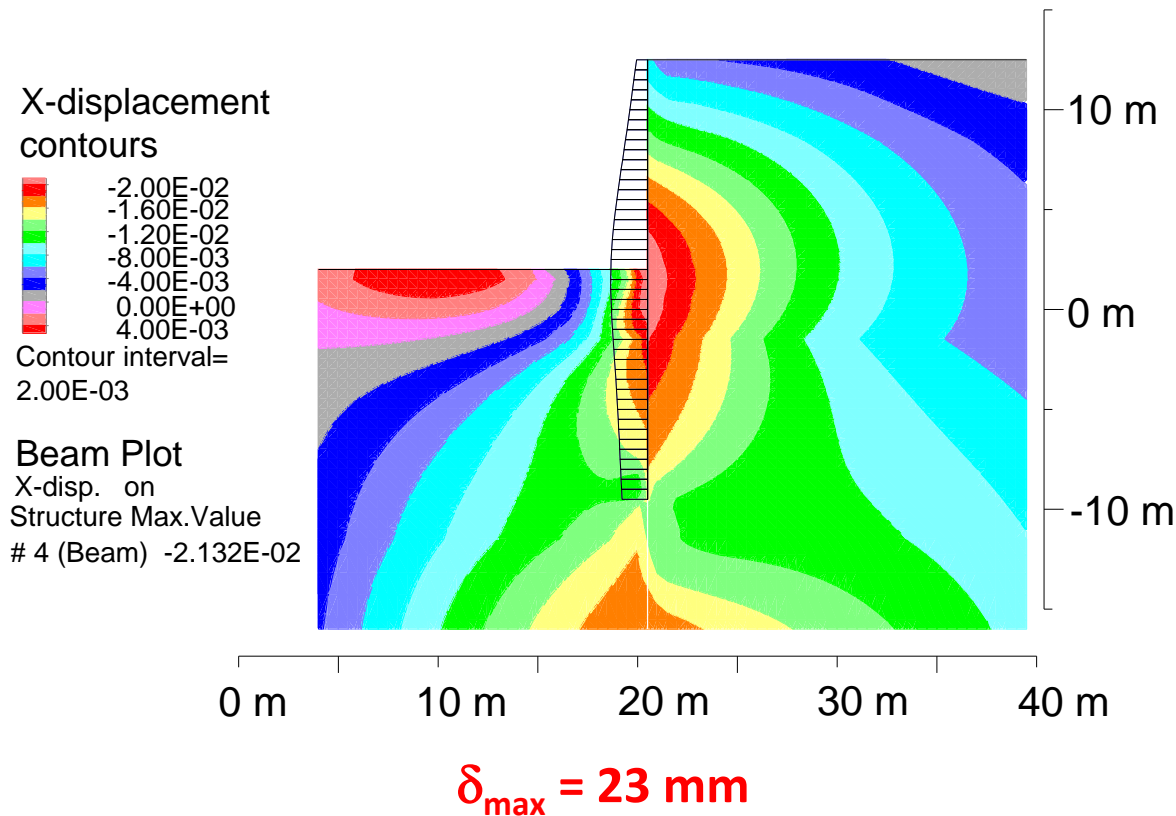
Fasi della simulazione

- Condizioni iniziali *ante-operam*
- Prescavo di un 1.0 m; inserimento elemento beam
- Inserimento primo livello di puntonamento in testa alla paratia (puntoni inclinati) in c.a.
- Primo scavo fino a +9.6 m
- Inserimento del livello di contrasto (solaio) a quota (+9.6 m slm)
- Secondo scavo a quota +6.6 m
- Inserimento del livello di contrasto (solaio) a quota (+6.6 m)
- Terzo scavo a quota +2.15 m
- Realizzazione del solettone di base



Risultati della simulazione numerica

Spostamenti orizzontali

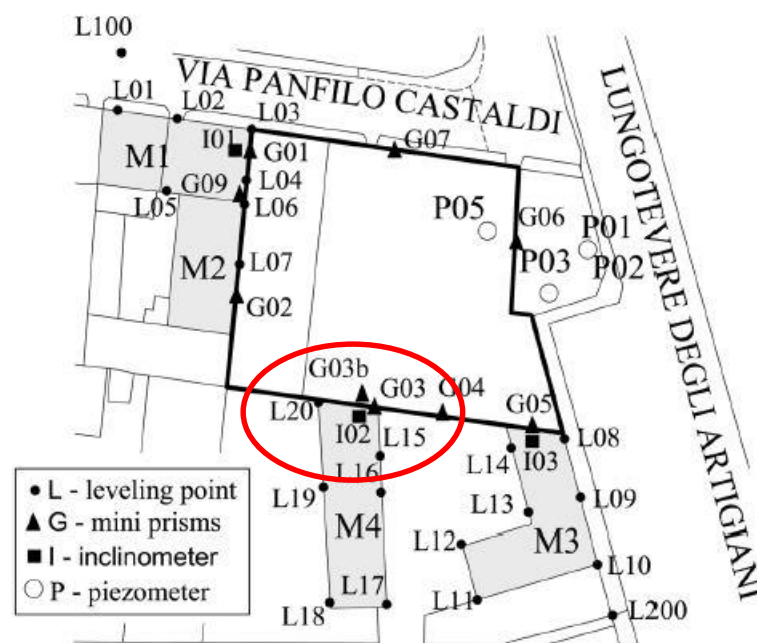




Monitoraggio

Piano di monitoraggio

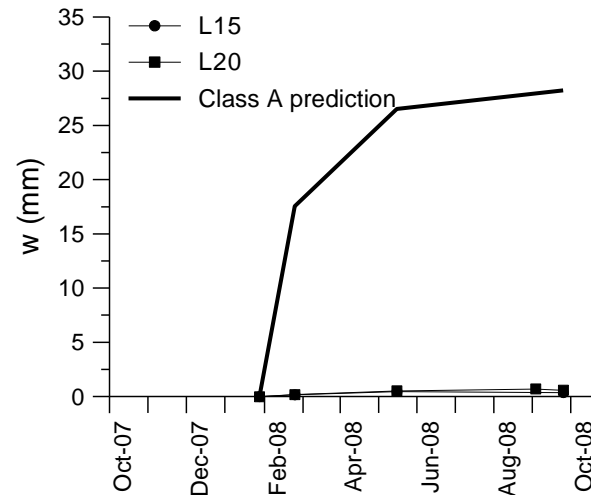
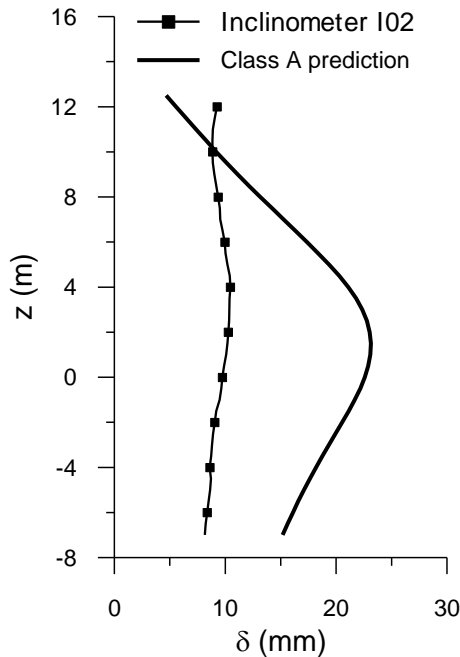
- spostamenti orizzontali e verticali delle strutture di sostegno e degli edifici limitrofi (**prismi ottici**)
- spostamenti verticali in corrispondenza delle strutture limitrofe (**caposaldi**)
- spostamenti orizzontali del terreno a tergo delle strutture di sostegno in profondità (**inclinometri**)
- pressioni interstiziali nei terreni di fondazione (**piezometri**)





Confronto misure-previsione di progetto

Spostamenti orizzontali e verticali

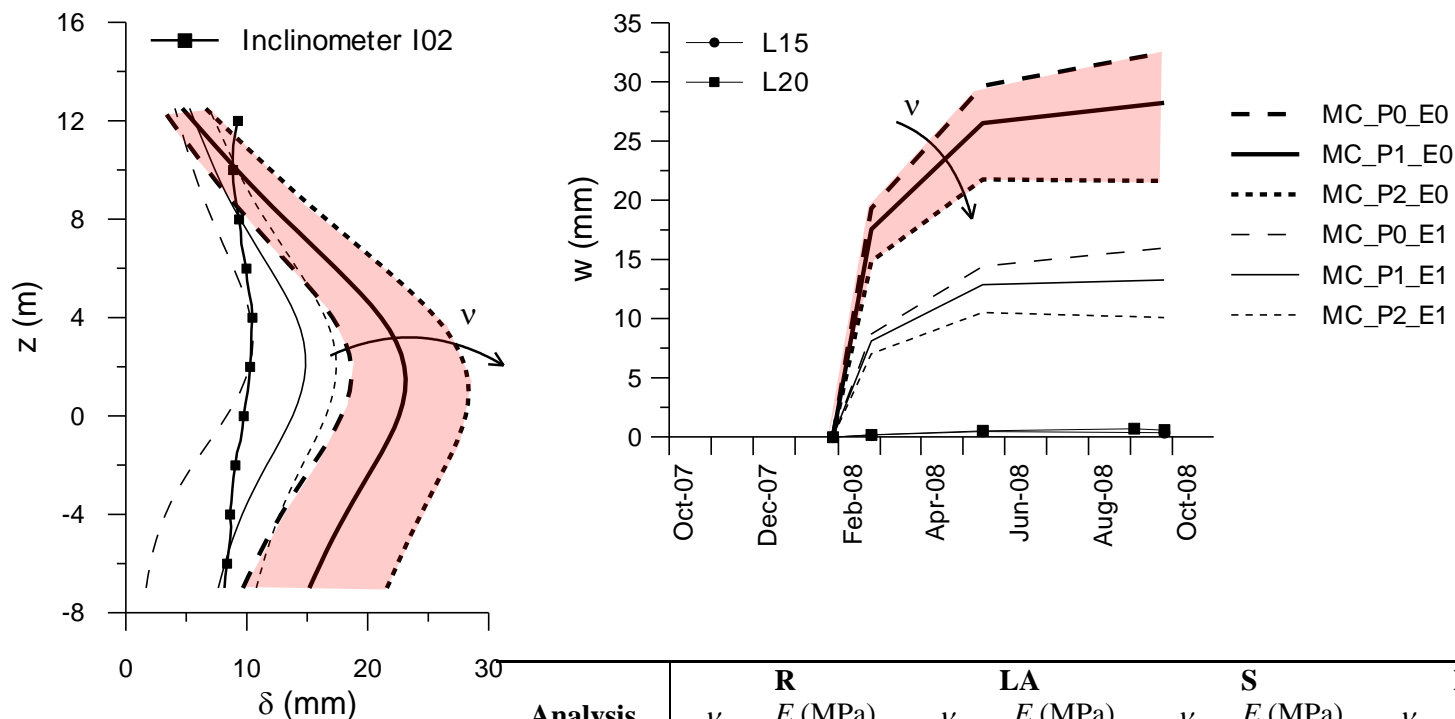


- Sovrastima spostamenti orizzontali e verticali
- Marcata curvatura del profilo di d con z

Rotisciani et al. (2016)

Approfondimenti ex-post

Studio parametrico

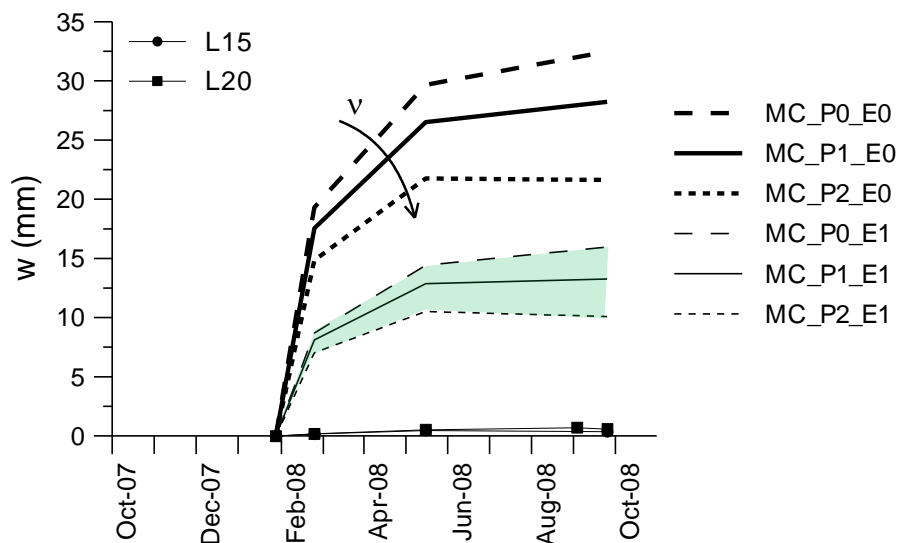
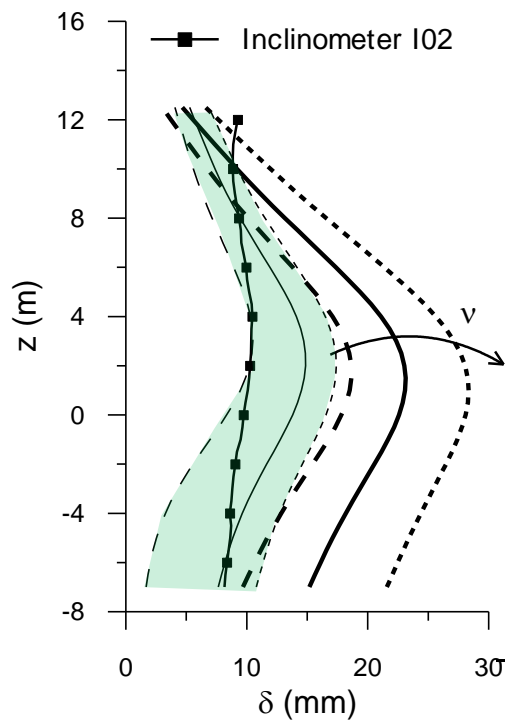


Analysis	R		LA		S		LS	
	ν	E (MPa)	ν	E (MPa)	ν	E (MPa)	ν	E (MPa)
MC_P0_E0	0.20	20	0.25	12	0.20	30	0.20	35
MC_P1_E0	0.25	20	0.30	12	0.25	30	0.25	35
MC_P2_E0	0.30	20	0.35	12	0.30	30	0.30	35
MC_P0_E1	0.20	40	0.25	24	0.20	60	0.20	70
MC_P1_E1	0.25	40	0.30	24	0.25	60	0.25	70
MC_P2_E1	0.30	40	0.35	24	0.30	60	0.30	70

Rotisciani et al. (2016)

Approfondimenti ex-post

Studio parametrico



Analysis	R		LA		S		LS	
	ν	E (MPa)	ν	E (MPa)	ν	E (MPa)	ν	E (MPa)
MC_P0_E0	0.20	20	0.25	12	0.20	30	0.20	35
MC_P1_E0	0.25	20	0.30	12	0.25	30	0.25	35
MC_P2_E0	0.30	20	0.35	12	0.30	30	0.30	35
MC_P0_E1	0.20	40	0.25	24	0.20	60	0.20	70
MC_P1_E1	0.25	40	0.30	24	0.25	60	0.25	70
MC_P2_E1	0.30	40	0.35	24	0.30	60	0.30	70

Rotisciani et al. (2016)



Approfondimenti ex-post

Modifica legame costitutivo

- Impiego del **modello Cy-soil** per tutti gli strati: legame costitutivo idoneo al caso di studio
- **Calibrazione** del modello sulla base dei dati disponibili



Approfondimenti ex-post

Calibrazione modello Cy-Soil

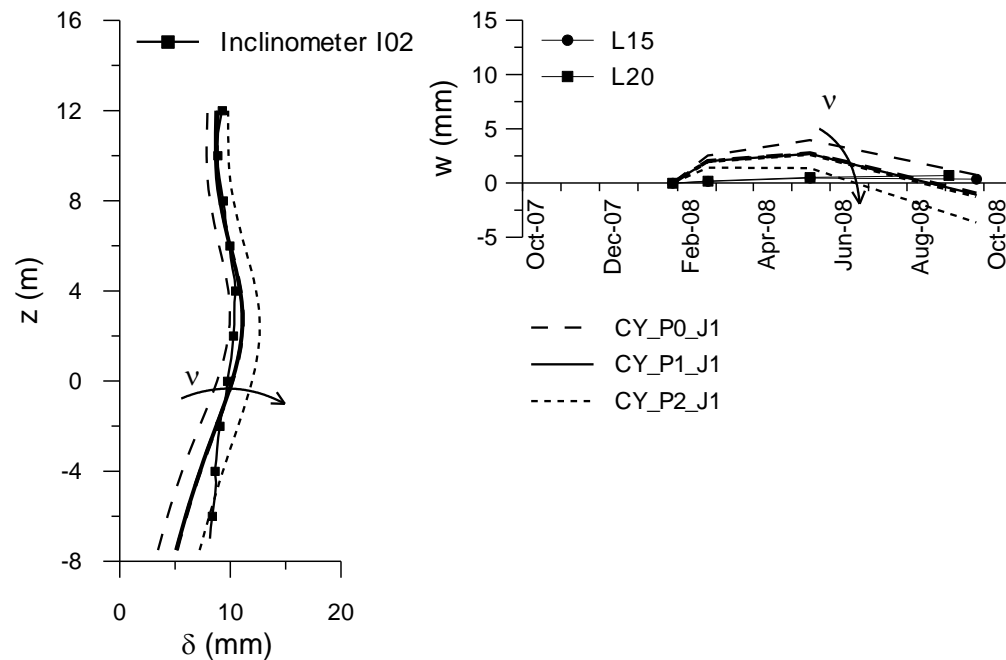
- Attivazione della sola **funzione** f_s : percorsi di carico di scarico con variazioni prevalentemente della componente deviatorica
- Campo elastico: $G_{ref}^e, m, \nu \rightarrow$ correlazioni empiriche, prove MASW (siti limitrofi)
- Criterio di resistenza: $c, \varphi_f, \psi_f \rightarrow$ prove in sito e laboratorio
- Evoluzione rigidezza plastica: $\beta = 1$

Layer	ν	E_{ref}^e (MPa)	φ_{cv} (°)	c (kPa)	φ_p (°)	ψ_p (°)	β
R	0.25	300	32	0	35	3.6	1.0
LA	0.3	60	26	10	30	4.5	1.0
S	0.25	150	31	0	35	4.8	1.0
LS	0.25	200	28	0	32	4.5	1.0



Approfondimenti ex-post

Confronto misure-previsioni



Analysis	R			LA			S			LS		
	ν	φ_{cv} (°)	ψ_p (°)	ν	φ_{cv} (°)	ψ_p (°)	ν	φ_{cv} (°)	ψ_p (°)	ν	φ_{cv} (°)	ψ_p (°)
CY_P0_J1	0.20	32	3.6	0.25	26	4.5	0.20	31	4.8	0.20	28	4.5
CY_P1_J1	0.25	32	3.6	0.30	26	4.5	0.25	31	4.8	0.25	28	4.5
CY_P2_J1	0.30	32	3.6	0.35	26	4.5	0.30	31	4.8	0.30	28	4.5

Rotisciani et al. (2016)



Conclusioni

- **L'impiego di un semplice legame costitutivo elastico lineare plastico perfetto non è raccomandato per una accurata previsione del campo di spostamenti indotto dagli scavi.** Indipendentemente dai valori numerici assegnati ai parametri costitutivi, infatti, le previsioni differiscono dalle misure di monitoraggio (Panfilo)
- **Previsioni più accurate del campo di spostamenti possono essere ottenute con l'uso di legami costitutivi avanzati in grado di ben modellare le forti non linearità del comportamento meccanico delle terre.** Nel caso di studio, Cysoil ha permesso di ottenere una buona corrispondenza tra previsioni numeriche e misure



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Giada M. Rotisciani
giada.rotisciani@gmail.com