

Analisi del comportamento di una paratia in diaframmi in area impiantistica

La paratia in diaframmi di interesse rientra nell'ambito delle opere di preparazione di un sito destinato ad accogliere un'area impiantistica presso la quale verrà eseguito il pretrattamento di petrolio e metano.

L'elevata inerzia strutturale garantita dalla tecnologia di realizzazione consente di ottemperare alle soggezioni di ingombro e di non ricorrere all'intirantatura dell'opera, limitando in particolare le interferenze con le strutture impiantistiche che si affacciano sul perimetro dello scavo, postume all'esecuzione del diaframma.

Dimensioni e realizzazione dell'opera

La paratia, costituita da diaframmi continui realizzati tramite benna mordente, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Lunghezza totale: 80 m
- Altezza fuori terra: 6.5m
- Altezza diaframma: 15m
- Spessore pannelli: 0.8m

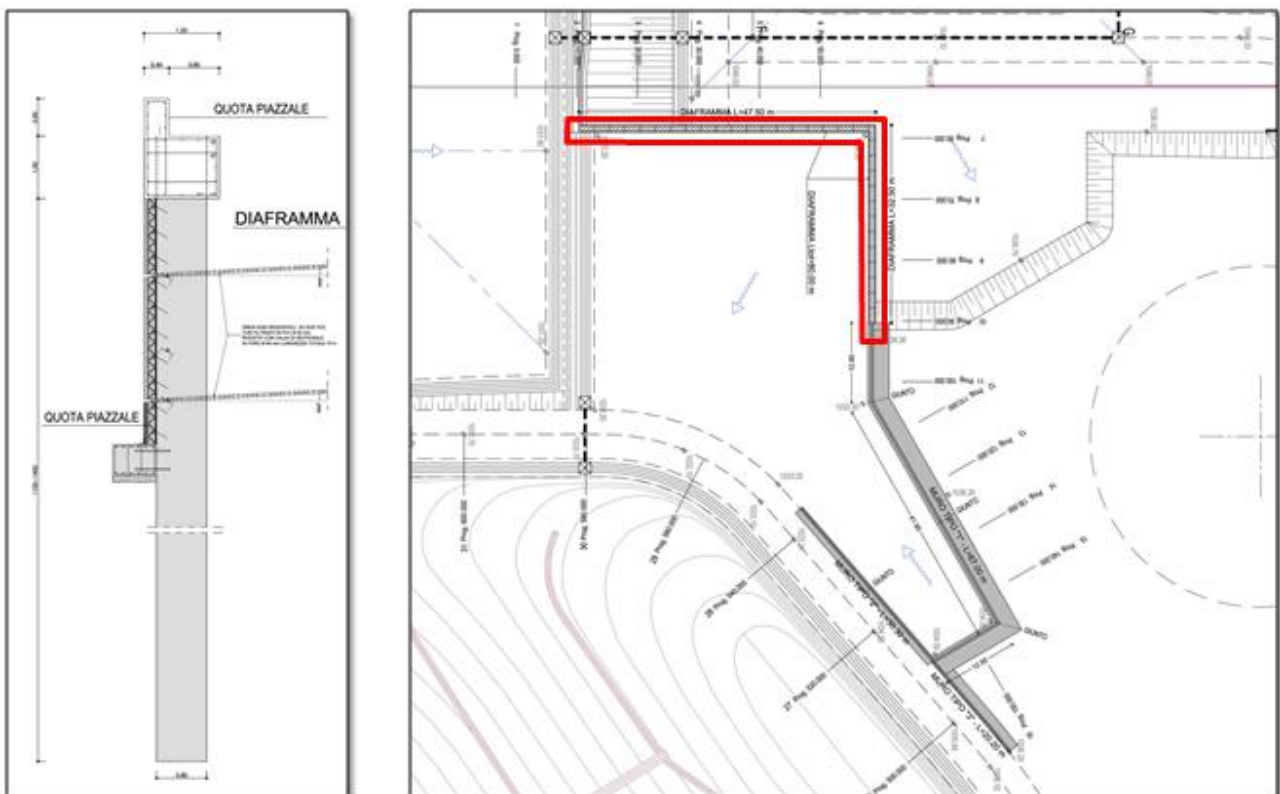


Figura 1: planimetria dell'opera.

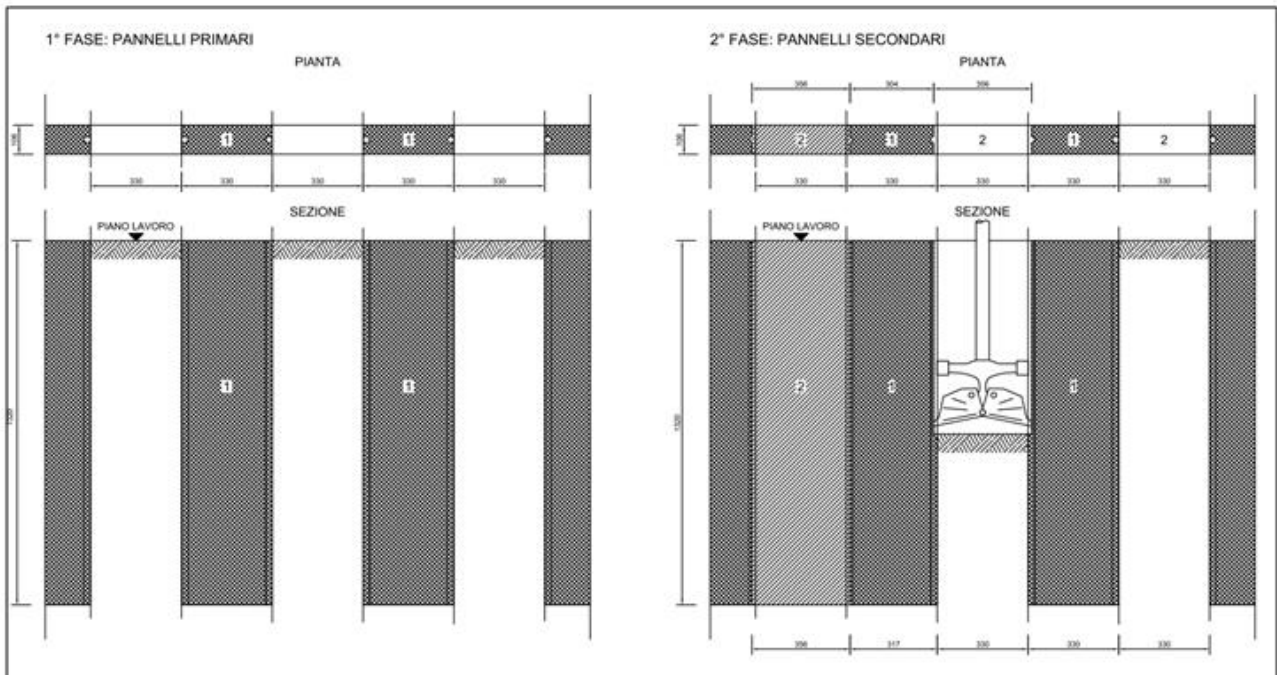


Figura 2: Fasi realizzative diaframmi in c.a..

Caratteristiche lito-stratigrafiche:

L'opera è interamente interessata da uno strato di argille varicolori di cui si riportano le caratteristiche di resistenza ottenute da prove di taglio diretto: angolo d'attrito a volume costante $\phi_{cv} = 28^\circ$, coesione drenata $c' = 20$ kPa.

Da prove sismiche a rifrazione e prove edometriche sono stati ottenuti i seguenti parametri deformativi: modulo elastico in compressione vergine $E_{vc} = 25$ MPa, modulo elastico in condizioni di scarico/ricarico $E_{ur} = 75$ MPa.

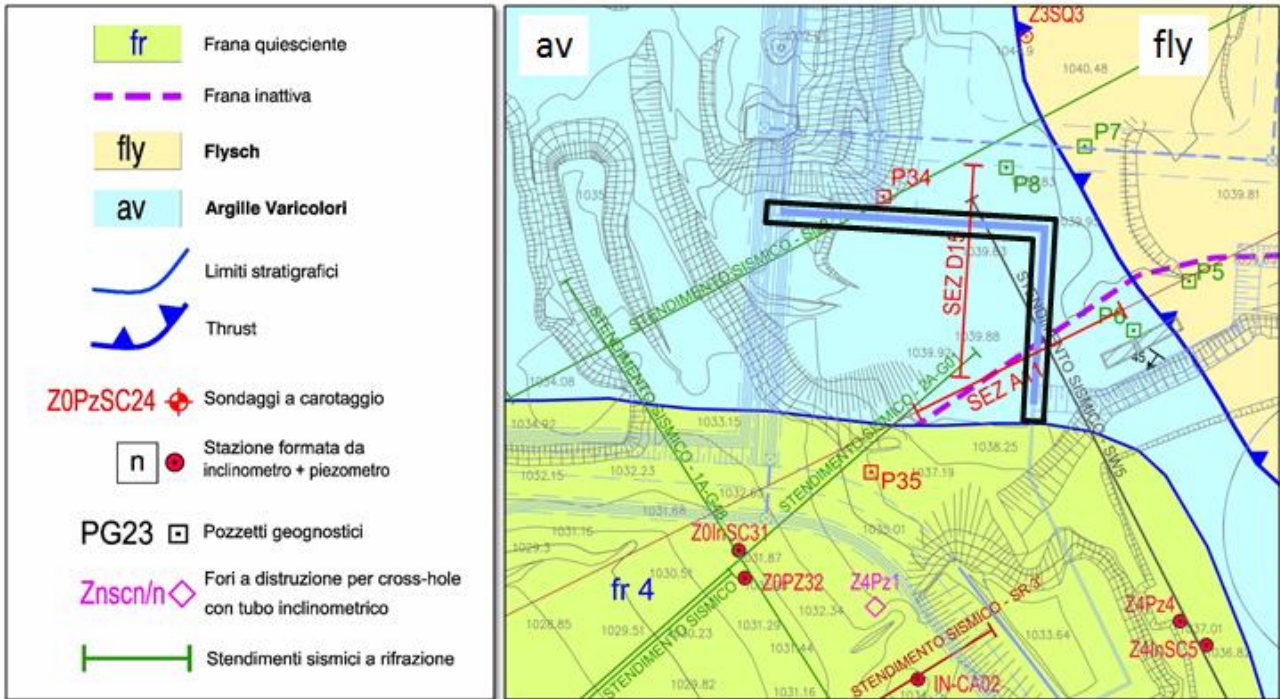


Figura 3: Planimetria geologica.

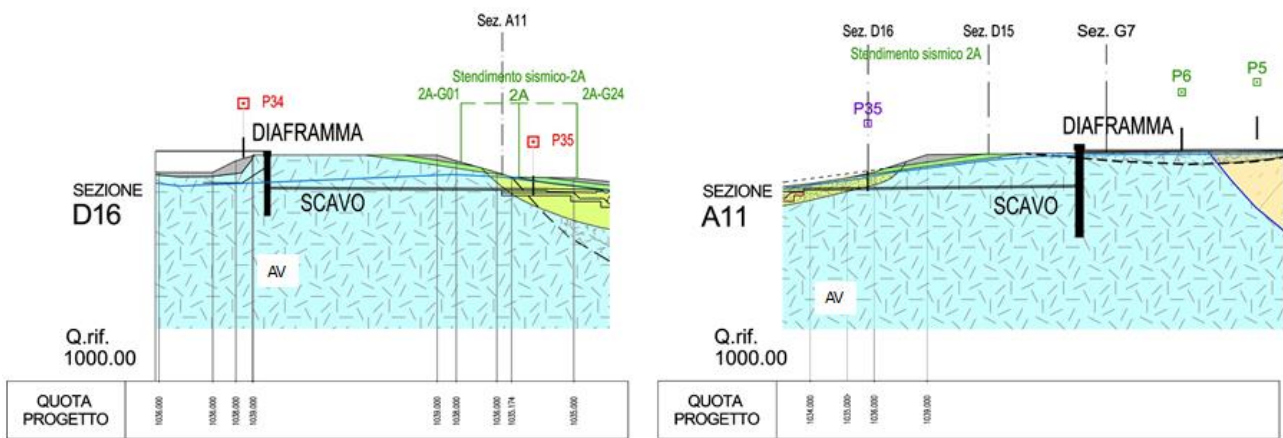


Figura 4: Sezioni geologiche.

Fasi di scavo

Al fine di cogliere al meglio la risposta strutturale per mezzo del motore non lineare di Paratie Plus, i 6.5m di scavo sono stati simulati in 7 diversi step.

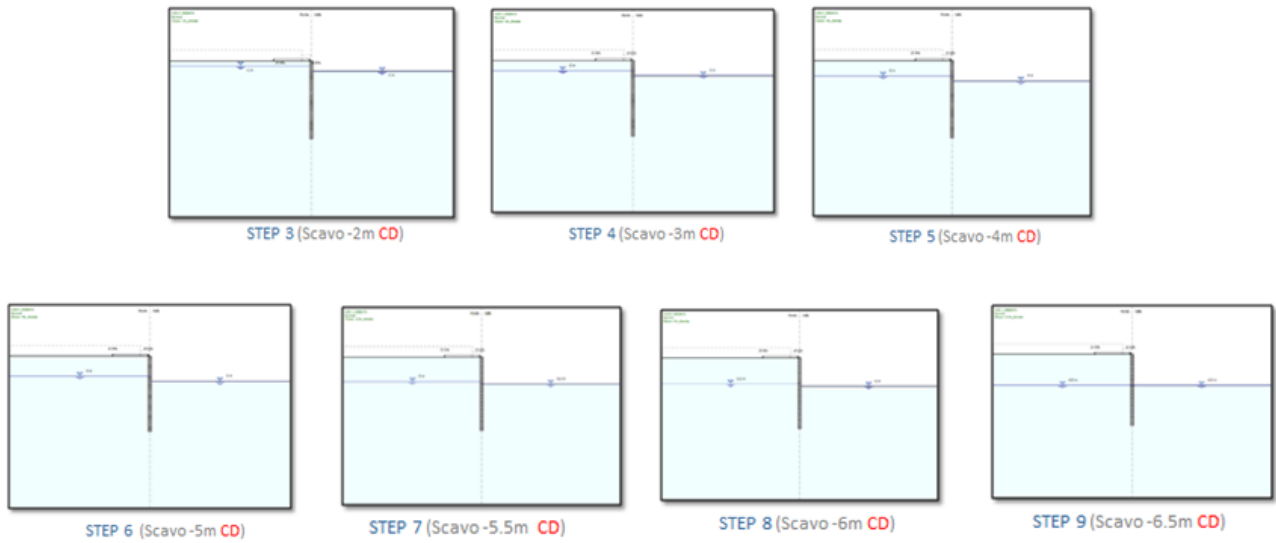


Figura 5: Fasi di scavo.

Alcuni risultati

Di seguito si presentano i diagrammi di azione flettente per la combinazione A1+M1+R1 e degli spostamenti all'SLE, esplicitando la doppia differenza tra un calcolo in condizioni drenate e non e terreno normalconsolidato o sovraconsolidato:

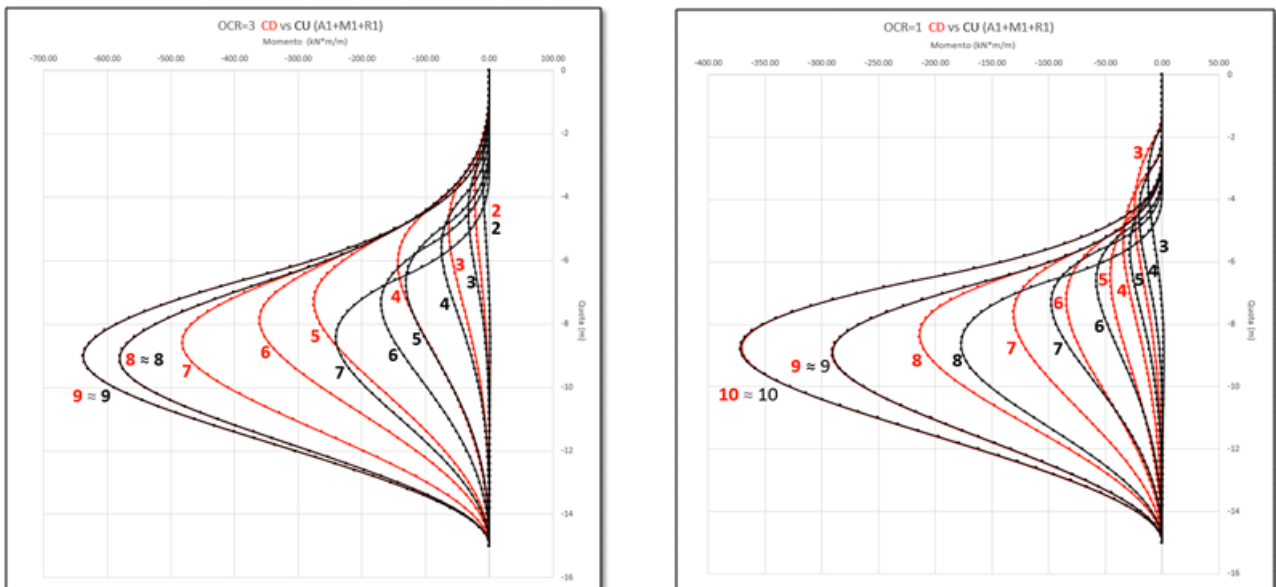


Figura 6: Diagramma del momento flettente lungo la paratia.

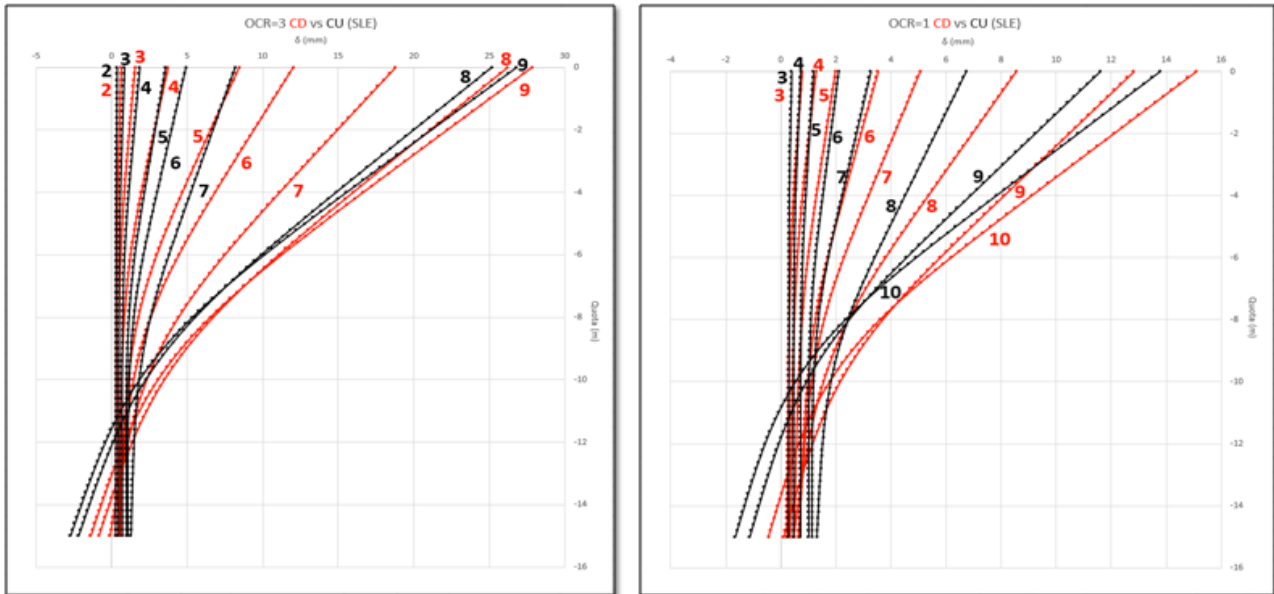


Figura 7: Andamento degli spostamenti orizzontali lungo la paratia.

VANTAGGI OFFERTI DALL'UTILIZZO DI PARATIE PLUS

Grazie al motore di calcolo non lineare Paratie è stato possibile cogliere i seguenti aspetti, la cui introduzione ha a sua volta consentito di incrementare il grado di affidabilità dei risultati, rendendoli estremamente aderenti alla realtà:

- 1) Simulazione del livello di sovraconsolidazione reale (corretto OCR) variabile con la profondità grazie all'applicazione di un carico fittizio in fase 0 ed alla rimozione dello stesso nella fase successiva. In questo modo le molle rappresentative del terreno in ogni nodo della mesh (da 0 a -15 m) sono state caratterizzate dal corretto grado di sovraconsolidazione, definito come lo sforzo massimo mai sopportato (quello relativo alla fase 0 di applicazione del carico di consolidazione) e lo sforzo corrente.
- 2) Il modello costitutivo avanzato per le argille ha permesso di cogliere la risposta corretta di questi particolari tipi di terreni caratterizzati da una permeabilità molto bassa, che ne differenzia il comportamento a breve e lungo termine. La possibilità di differenziare nel motore non lineare un angolo d'attrito e un modulo elastico in condizioni di terreno vergine (ϕ_{cv} , E_{cv}) e di terreno sovraconsolidato (ϕ_P , E_{UR}) ha consentito di cogliere il fenomeno di interazione terreno-struttura in modo estremamente realistico.
- 3) La possibilità di effettuare un calcolo in condizioni non drenate in sforzi efficaci ha permesso riprodurre fedelmente la risposta dell'insieme terreno-struttura in presenza di azione sismica.

CONFRONTO CON ANALISI AL CONTINUO

Uno dei maggiori task che una modellazione a molle, seppure dotate di legami costitutivi non lineari molto raffinati, possa affrontare è il confronto con una simulazione al continuo, in cui:

- contribuisce alla risposta non solo la quota parte di terreno a ridosso della paratia, ma tutto quello compreso entro i limiti del dominio definito dalle condizioni al contorno;
- i legami costitutivi non sono leggi generalizzate del tipo forza-elongazione, ma sono definiti al livello di punti di Gauss in termini di sforzo deformazione;
- in condizioni non drenate l'accoppiamento tra scheletro solido ed acqua viene colto in modo esatto attraverso la risoluzione di un sistema di 17 equazioni differenziali (6 di equilibrio, 6 di congruenza, 3 del legame costitutivo, 1 di continuità del fluido, 1 di equilibrio del fluido interstiziale);
- elementi di interfaccia permettono di simulare l'interazione corretta tra l'elemento strutturale costituito dalla paratia ed il terreno.

In particolare, nel caso in esame, il modello al continuo presenta le seguenti caratteristiche:

- modello in stato di deformazione piana
- Terreno: legame costitutivo elasto-plastico con incrudimento isotropo (Hardening Soil)
- Diaframma: legame costitutivo elastico lineare isotropo
- Interfacce: legame costitutivo elasto-plastico perfetto

Ancora una volta la raffinatezza del motore non lineare a molle elastoplastiche di Paratie Plus ha dimostrato di poter tenere testa ad un'analisi al continuo. Si riportano di seguito i principali risultati:

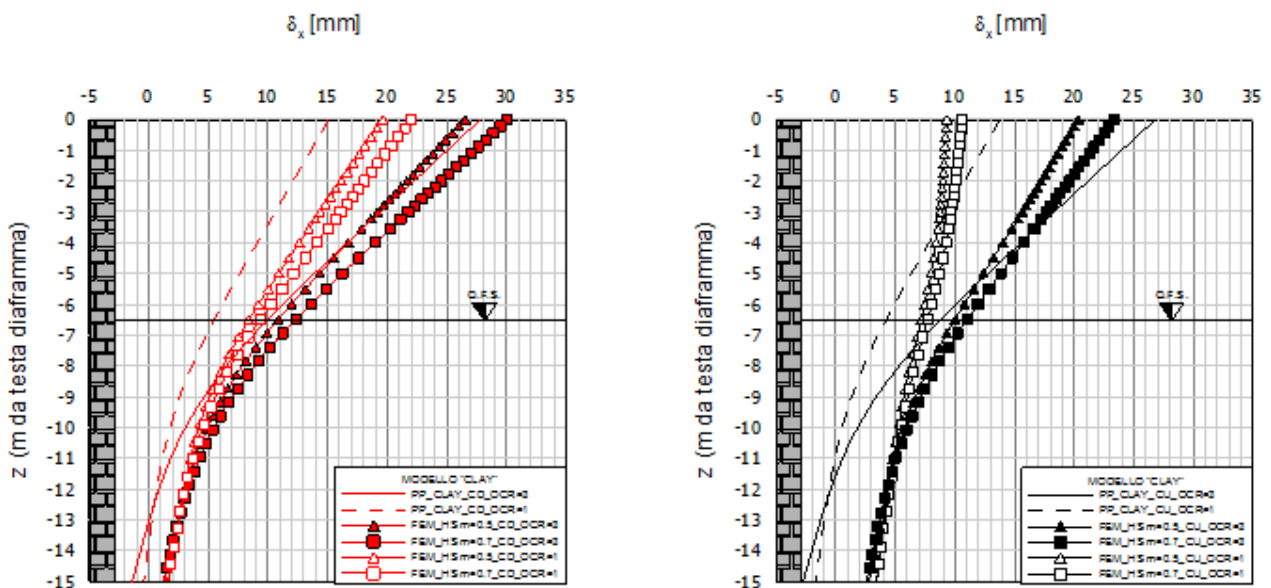


Figura 8: Andamento degli spostamenti lungo la paratia; condizioni drenate a sinistra, non drenate a destra.

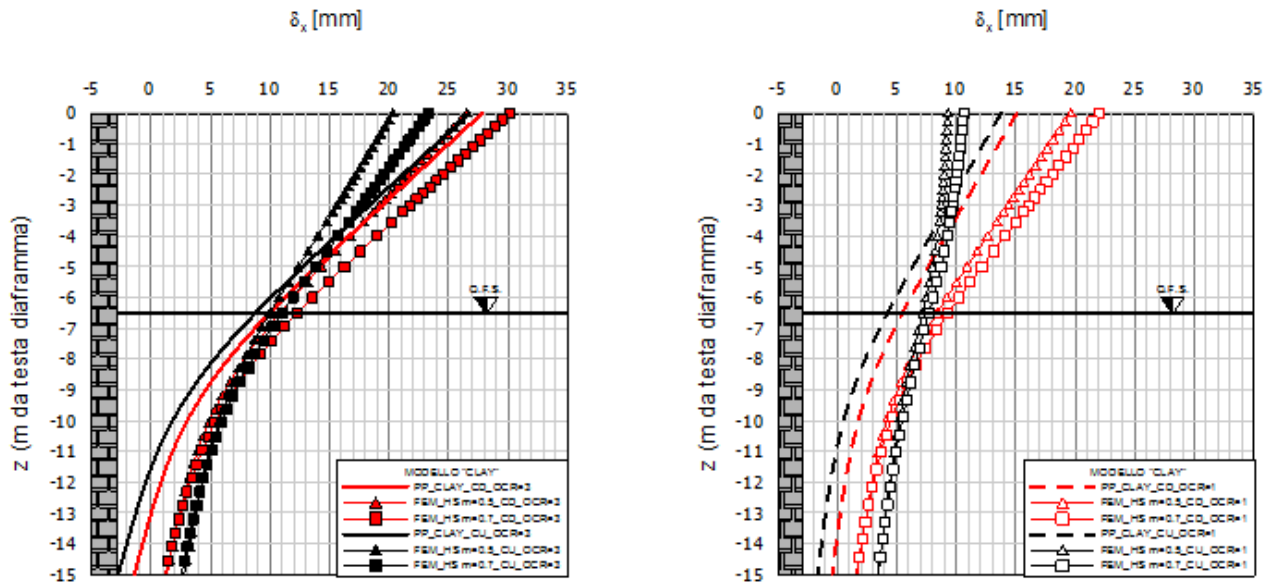


Figura 9: Andamento degli spostamenti lungo la paratia; OCR = 3 a sinistra, OCR = 1 a destra.

Considerazioni conclusive

- Il caso di studio ha avuto per oggetto un diaframma in c.a. in argille OC;
- le analisi con PP sono state eseguite con il modello CLAY in termini di TE, con riferimento in fase di scavo a condizioni drenate (caso "CD") e non drenate (caso "CU") e modellando le condizioni iniziali assegnando alternativamente un unico valore di OCR a tutto il banco (caso "OCR=3") oppure simulando il processo di sovraconsolidazione (caso "OCR=1");
- come atteso, le sollecitazioni nel caso "CD" sono risultate più gravose che nel caso "CU", sia nel caso "OCR=3" che in quello "OCR=1";
- analogamente, gli spostamenti orizzontali nel caso "CD" sono risultati più gravosi che nel caso "CU", sia nel caso "OCR=3" che in quello "OCR=1";
- le sollecitazioni nel caso "OCR=3" sono risultate più gravose che nel caso "OCR=1", sia nel caso "CD" che in quello "CU";
- analogamente, gli spostamenti nel caso "OCR=3" sono risultati più gravosi che nel caso "OCR=1", sia nel caso "CD" che in quello "CU";
- **le analisi numeriche F.E.M., svolte al fine di prevedere con più accuratezza gli spostamenti, hanno evidenziato risultati in buon accordo con quelli di PP;**
- sviluppi futuri: confronto con i dati di monitoraggio.

DESCRIZIONE AZIENDA

RPA è una società di ingegneria applicata all'edilizia pubblica e privata, alle infrastrutture, all'ambiente, alla valorizzazione e riqualificazione dei beni culturali. Dal 1969, RPA cresce nel rispetto della sua innovativa impostazione iniziale, basata sulla cooperazione ed integrazione tra le diverse discipline. Alcuni progetti a cui la realtà RPA ha contribuito:

- **Salini Impregilo SpA – Strabag SpA**, Brenner Base Tunnel – Isarco Underpass
- **Cimolai SpA for Treno Alta Velocità TAV SpA**, Mediopadana - AV railway station - Reggio Emilia
- **Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova SpA**, A31 Valdastico Highway – Southern completion
- **Rizzani de Eccher SpA - Busi Impianti SpA Elyo Italia Srl for Grandi Stazioni SpA**, Milano Centrale Railway Station – Milan
- **Regione dell'Umbria – SC Rupe di Orvieto**, Alternative Mobility Plan – Orvieto (TR)
- **Comune di Bari - North - South Axis cable stayed bridge** - Bari