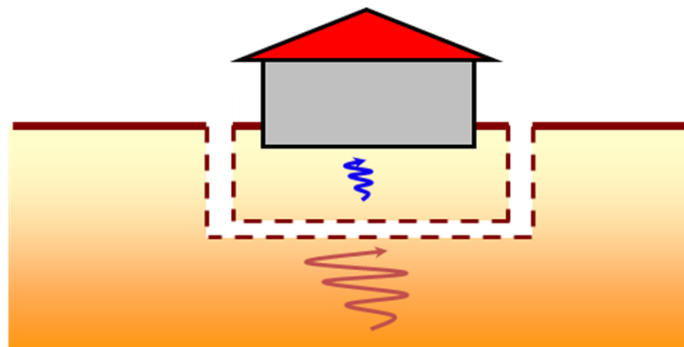




Il lavoro di tesi è finalizzato allo studio di una tecnica di consolidamento dei terreni finalizzata all'isolamento sismico di strutture esistenti. Per ridurre la vulnerabilità sismica di edifici con valenza storica non è possibile agire sulla struttura in quanto essa non deve subire interventi che ne deteriorino o alterino le caratteristiche architettoniche in modo irreversibile. In questi casi ricorrere al trattamento dei terreni posti al di sotto degli edifici (jet grouting, grouting bassa pressione, etc.) può essere l'unica scelta possibile.

Il presente lavoro di tesi si inserisce in un più ampio filone di ricerca, in corso da qualche anno al Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università di Napoli Federico II, finalizzato allo studio dell'efficacia di determinate miscele nel ridurre la propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo. L'idea di base è quella di realizzare ad una certa profondità dal piano campagna, mediante iniezioni di determinate miscele, uno strato di terreno caratterizzato da una impedenza dinamica molto bassa  $\rho \times V_s$  (ossia da basse densità  $\rho$  e velocità delle onde di taglio  $V_s$ , ossia della rigidità iniziale  $G_0$ ), che quindi attenui la propagazione dell'evento sismico in superficie (Figura 1).



**Figura 1: Geometria dell'intervento.**

Il presente lavoro di tesi si articola in due parti: una dedicata alla descrizione di un'attività di laboratorio volta alla realizzazione di prove geotecniche per la caratterizzazione meccanica di alcune miscele; l'altra dedicata alla descrizione di una serie di analisi numeriche volte a testare l'efficacia di tali miscele.

Il materiale oggetto della sperimentazione di laboratorio, da utilizzare per il trattamento dei terreni, è un polimero super-assorbente (SAP), individuato nel "Polyacrylic acid partial sodium salt". Nel lavoro di tesi sono state svolte prove di laboratorio su una sabbia uniforme ( $d_{max}=2\text{mm}$ ,  $C_u=1.8$ ,  $\gamma_s=28.3\text{kN/m}^3$ ), miscelata con diverse percentuali di SAP. Sul terreno naturale sono state eseguite delle prove triassiali, edometriche, di colonna risonante e di

taglio dirette: le prove sono servite alla caratterizzazione meccanica del materiale prima del trattamento.

Le prove di laboratorio sono state poi eseguite sulla sabbia miscelata (Tabella 1) con percentuali in peso crescenti di  $SAP_{SATURO}$  (per  $SAP_{SATURO}$  si intende una miscela formata da  $SAP_{secco}$  e una quantità di acqua distillata pari a 164 volte il peso di  $SAP_{secco}$  utilizzato).

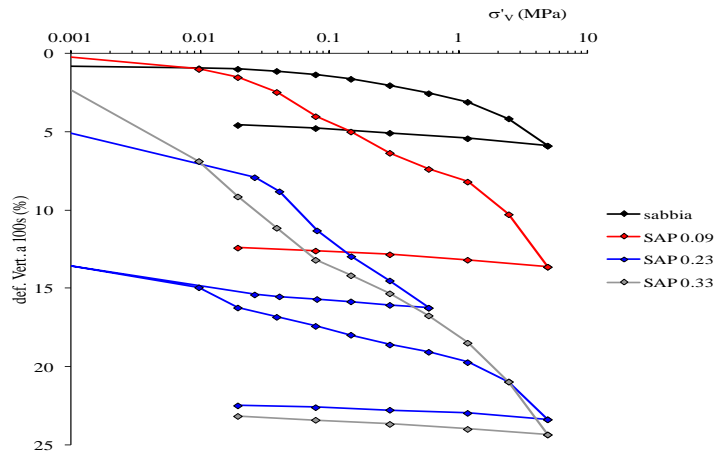
**Tabella 1: Tabella riassuntiva delle miscele oggetto di analisi e relativi pesi specifici.**

Miscela	$\alpha$ % in peso di $SAP_{SATURO}$	$(1-\alpha)$ % in peso di sabbia	$\gamma_{SAP}$ (kN/m <sup>3</sup> )
SAP0.09	9	81	26.7
SAP0.23	23	77	24.1
SAP0.33	33	67	22.6
SAP0.50	50	50	19.15

Sul SAP, invece, non è stato possibile effettuare le classiche prove geotecniche dal momento che si tratta di un materiale artificiale dalle caratteristiche ben diverse da quelle di un terreno naturale. Sono state effettuate prove di rigonfiamento a pressione atmosferica e si è notato che il SAP assorbe circa 240 volte il suo peso di acqua distillata e circa 140 volte il suo peso di acqua di rubinetto.

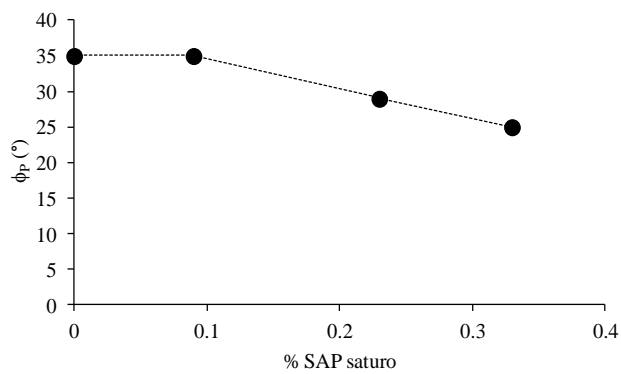
Sul terreno miscelato con il  $SAP_{SATURO}$  sono state eseguite prove edometriche, prove di taglio diretto, prove di colonna risonante e misure di propagazione di onde di taglio in una cella triassiale di grandi dimensioni. Dai risultati delle prove di laboratorio eseguite sul terreno trattato si è osservato che:

- la compressibilità della sabbia trattata aumenta all'aumentare della percentuale di  $SAP_{SATURO}$  (Figura 2);



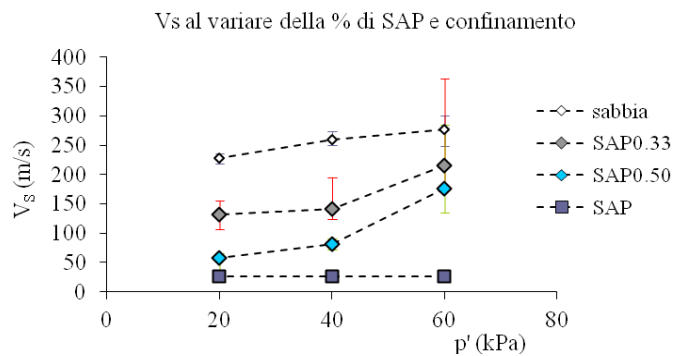
**Figura 2: Prova edometrica condotta sulle miscele.**

- la resistenza a rottura della sabbia trattata diminuisce all'aumentare della percentuale di SAP<sub>SATURO</sub> (Figura 3);



**Figura 3: Andamento dell'angolo di attrito di picco del terreno con la % di SAP<sub>SATURO</sub>.**

- la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) e quindi dell'impedenza dinamica (Figura 4) diminuisce all'aumentare della percentuale di SAP<sub>SATURO</sub>.



**Figura 4: Prove con cella triassiale di grandi dimensioni. Risultati.**

- ovviamente la massima riduzione di impedenza dinamica si ottiene realizzando uno strato di solo SAP.

Parallelamente alle analisi di laboratorio sono state condotte delle analisi bidimensionali lineari con un software alle differenze finite (FLAC 5.0) su una geometria (Figura 5) che prevede l'inserimento, all'interno di un banco di terreno largo 120 m, di un diaframma verticale di materiale trattato (dello spessore di 1 m).

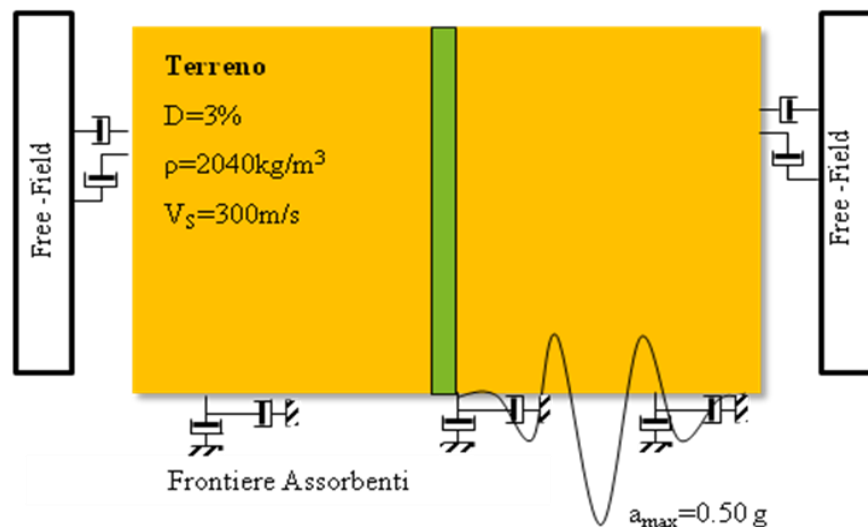
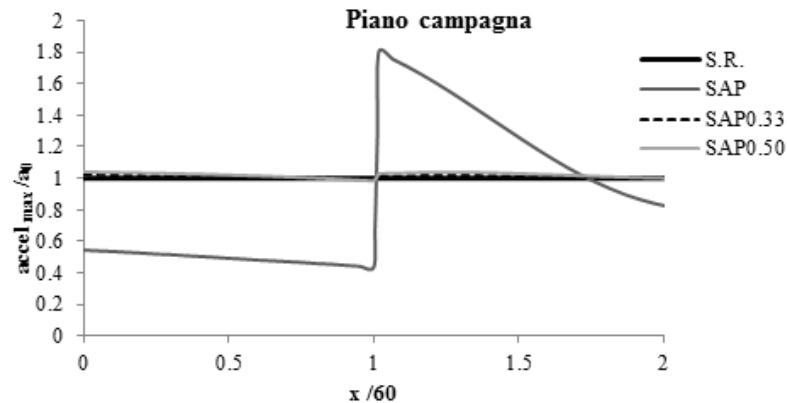


Figura 5: Geometria del sistema analizzato.

Sono state condotte una serie di analisi parametriche per studiare l'influenza delle caratteristiche meccaniche dello strato di terreno trattato, del modulo di rigidità volumetrica  $K$  del diaframma e della frequenza fondamentale del segnale propagato sulla risposta del sistema in termini di accelerazioni e spostamenti.

Dai risultati numerici si è osservato che un diaframma verticale costituito da un materiale con le proprietà del tipo  $\text{SAP}_{0.33}$  oppure  $\text{SAP}_{0.5}$  è poco efficiente ai fini dell'isolamento sismico. Al contrario l'iniezione di solo  $\text{SAP}_{\text{SATURO}}$  produce delle grosse variazioni in termini sia di accelerazioni sia di spostamenti nel banco di terreno analizzato. Al piano campagna, ad esempio, nella zona protetta a sinistra del diaframma si registra un abbattimento in termini di accelerazione di circa il 50% rispetto al caso in cui l'intervento non viene realizzato (Figura 6).



**Figura 6: Accelerazione adimensionallizzata al piano campagna relativa a 4 materiali utilizzati per la realizzazione del diaframma verticale**

Lo stesso si può notare se si va ad analizzare l'andamento dell'accelerazione lungo una verticale posizionata nella zona protetta. Il medesimo comportamento si registra se si analizza la risposta del sistema in termini di spostamenti in direzione parallela e ortogonale al piano campagna.

Quindi, partendo dalla configurazione in cui il trattamento viene realizzato immettendo solo  $SAP_{SATURO}$  e facendo variare il modulo di rigidità volumetrico  $K$  di tale miscela si è notato che la realizzazione di un diaframma rigido volumetricamente peggiora la situazione nella parte di terreno da proteggere. Al contrario, se la rigidità volumetrica del diaframma diminuisce, nella zona protetta si ha un ulteriore abbattimento dell'accelerazione. Lo stesso si può dire in termini di spostamenti sia in direzione parallela che ortogonale al piano campagna.

Infine, partendo sempre dalla configurazione in cui il trattamento viene realizzato immettendo solo  $SAP_{SATURO}$  si è deciso di far variare la frequenza del segnale per studiare la sua influenza sulla risposta del terreno in termini di accelerazione e spostamenti e si è notato che all'aumentare della frequenza fondamentale del segnale si ha un abbattimento sempre maggiore sia in termini di accelerazioni che di spostamenti.

Il solo  $SAP_{SATURO}$  sembrerebbe dare risultati soddisfacenti in termini di abbattimento della  $V_s$  e di conseguenza dell'impedenza dinamica ma per l'ingegnerizzazione della tecnica sono ancora numerosi gli aspetti da dover trattare.