

Validazione dell'elemento geotecnico di Nòlian

01 giugno 2025

Questo test di validazione è molto complesso e coinvolge molte funzioni dell'ambiente Earthquake Engineering di Nòlian.

Questo test coinvolge un solo elemento in quanto in questo modo si evidenzia chiaramente il rapporto causa-effetto per confrontare con chiarezza i valori che si ottengono. L'elemento è sottoposto prima all'effetto della gravità poi ad una accelerazione sinusoidale alla base.

I test di validazione si eseguono tramite confronto di risultati che si ritengono affidabili.

In questo test abbiamo preso un esempio di Opensees, il numero 8, degli esempi per il materiale PressureDependentMultiYield. Un esempio estremamente sofisticato. Avvisiamo che abbiamo modificato leggermente alcuni dati per adeguarli alle specificità di Nòlian ed abbiamo fatto “girare” l'esempio modificato proprio con il programma OpenSees della Università di Berkley.

Abbiamo anche implementato una funzionalità che non era stata implementata precedentemente partendo dalla teoria pubblicata dall'Università di Washington. Si tratta della funzionalità che consente di modellare la transizione fluida, cioè il comportamento del terreno in presenza di acqua.

I test di validazione si fanno con meno componenti possibile per poter avere una più chiara dipendenza causa-effetto. Le funzionalità validate con questo test sono comunque molte.

- L'elemento è un PlaneStrain che così viene validato nel comportamento statico e in transitorio plastico.
- Si tratta di un elemento a 4 nodi e i due nodi superiori devono avere gli spostamenti connessi e quindi si valida anche la funzione del Constraint.
- Come dicevamo, si valida la funzione della transizione fluida che ha condotto ad implementare un concetto di “wrapper”, cioè di materiale che costituisce un involucro del materiale geotecnico
- il materiale geotecnico (che è dipendente dalle pressioni ed è quindi tipicamente sabbia), che è l'oggetto principale del test viene così validato. Si osserva che l'elemento indipendente dalle pressioni (tipicamente argilla) ha un modello meno complesso per cui questa validazione è ragionevolmente esteso anche a tale materiale.
- Poiché i problemi di geotecnica richiedono una prima fase in cui il terreno è sottoposto a gravità ed una seconda in cui si applica la forzante voluta, si è testato anche il meccanismo di analisi in due fasi. Earthquake Engineering ha due meccanismi per la automazione di analisi in due fasi: la lista di analisi, più generale, e una funzione specifica per la gravità. Con questo test si sono validati entrambi i metodi che hanno dato gli stessi risultati.

Segnaliamo, anche se non è fondamentale ai fini del test, che Earthquake Engineering esegue un ciclo di analisi gravitazionale anche con il comportamento assegnato al materiale (elastico, elastico con aggiornamento o elasto-plastico) per cui i risultati sono più accurati di quelli di confronto.

Il test prevede, come si è detto, un'analisi gravitazionale per cui l'elemento deve avere una densità di massa. Nel caso di questo materiale, la densità di massa viene assegnata al materiale che poi la trasferisce all'elemento.

L'azione applicata è un transitorio sinusoidale applicato al suolo con ampiezza e accelerazione

assegnate.

I dati del materiale sono riportati nella figura 1.

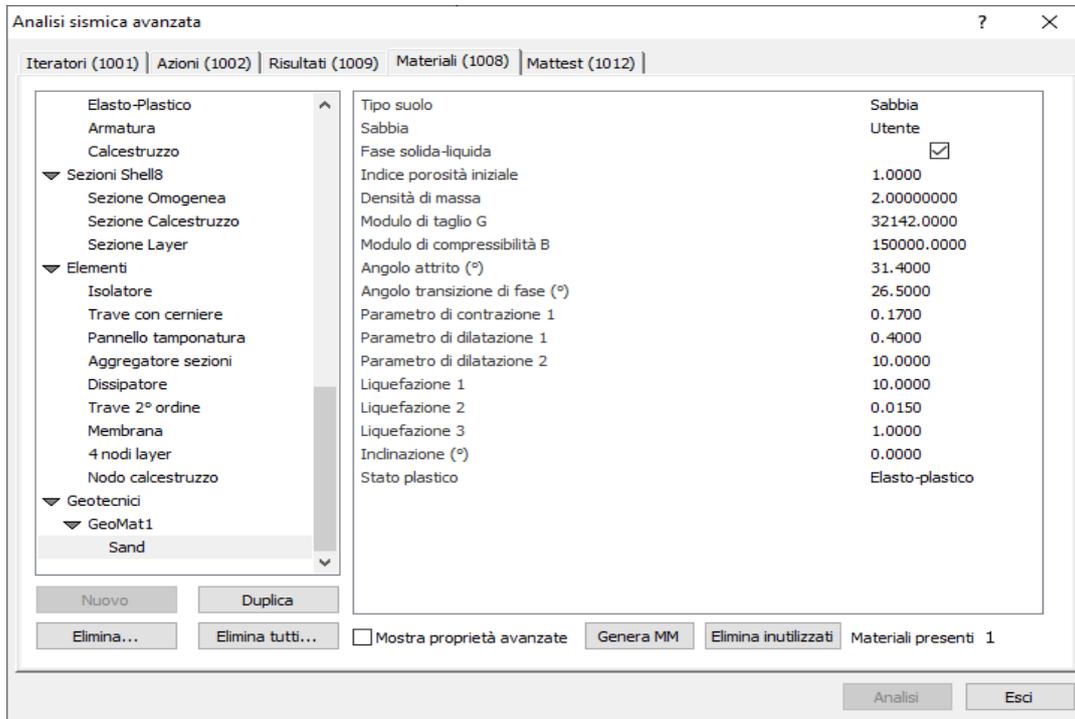


Fig. 1 I dati del materiale GeoMat1

Si fa notare che la Softing tenta sempre di semplificare l'uso anche di elementi così complessi per consentirne l'uso anche ai non-specialisti, pertanto molti valori che caratterizzano il materiale sono nella pratica scarsamente variabili con il tipo di terreno per cui sono assunti di default. Abbiamo provveduto ad assegnare al materiale del problema analizzato con OpenSees i valori di default da noi impiegati. Nel manuale del programma sono chiaramente illustrati i valori caratterizzanti il suolo e come vengono normalmente ottenuti dalle analisi del suolo.

Le caratteristiche della forzante sinusoidale sono riportate nella figura 2.

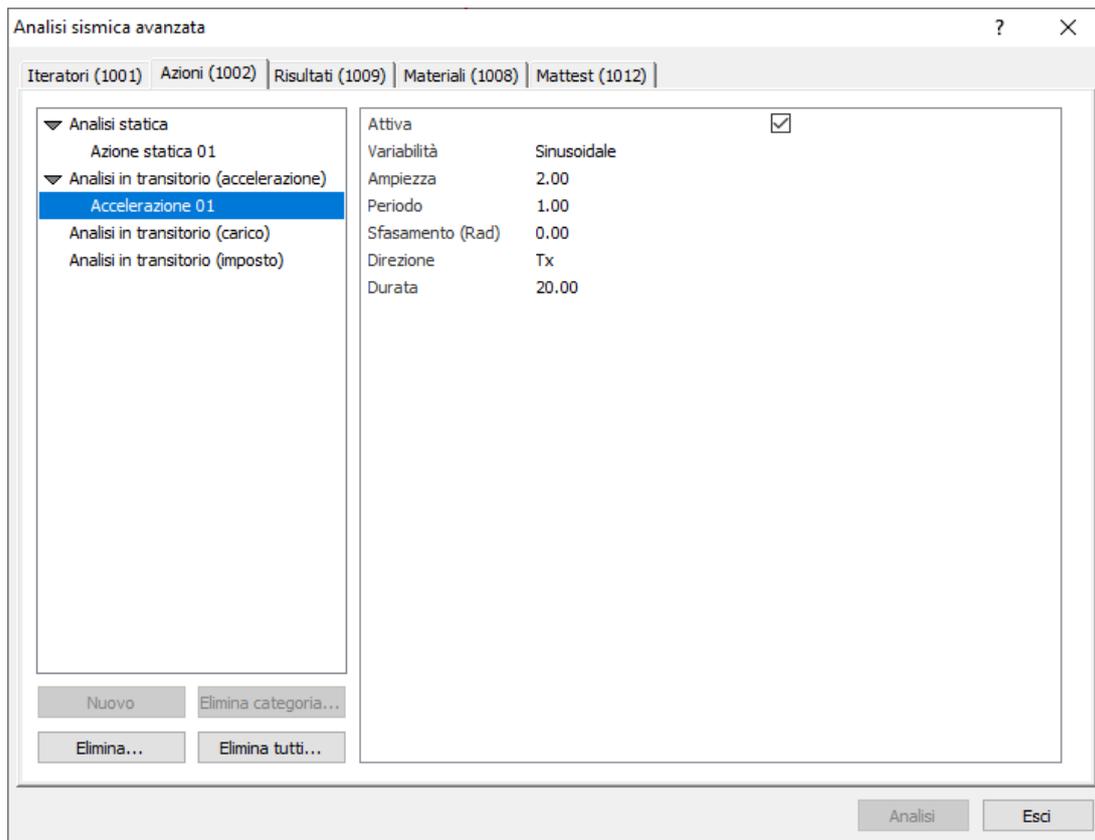


Fig. 2 La forzante

Per chi volesse ripetere i test va detto che, nel caso si impieghi l'analisi con la lista, essa richiede un'azione di gravità. Poiché, come si è detto, la densità di massa è assegnata invece al materiale, occorre assegnare un'azione di gravità fittizia. Questo artificio è necessario solo per l'elemento Plane strain, cioè se si esegue un'analisi nel piano. Per le analisi tridimensionali per le quali si impiega un elemento tridimensionale (Brick), ciò non è necessario e la densità di massa si assegna consistente in una azione come avviene generalmente.

I risultati, in termini di storia degli spostamenti sono riportati nei grafici delle figure 3 (OpenSees) e 4 (Nòlian).

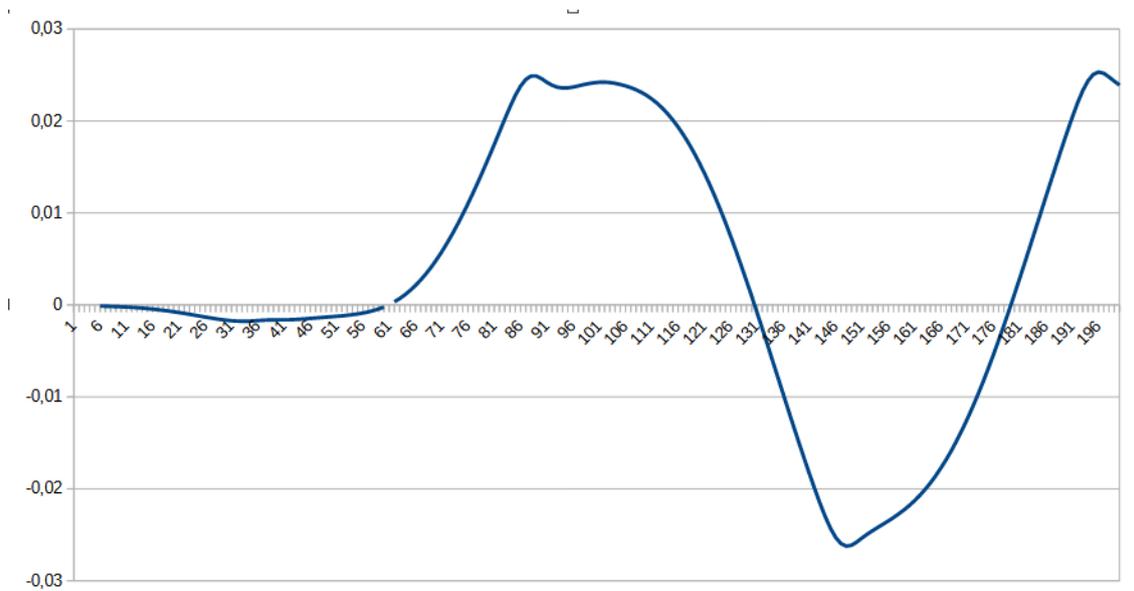


Fig 3. Spostamento dei nodi di sommità: OpenSees

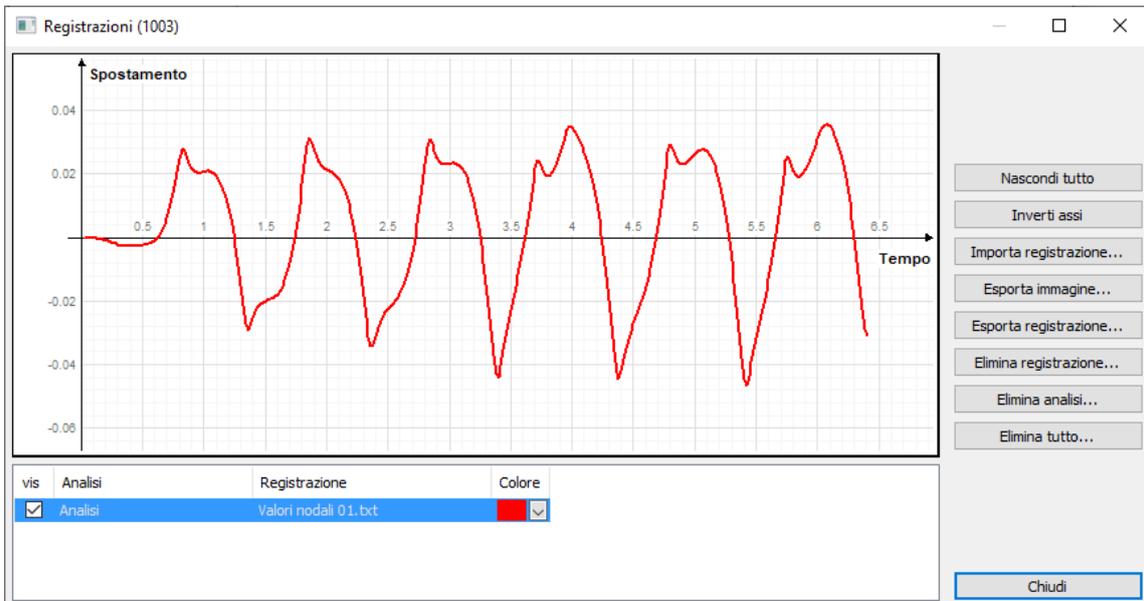
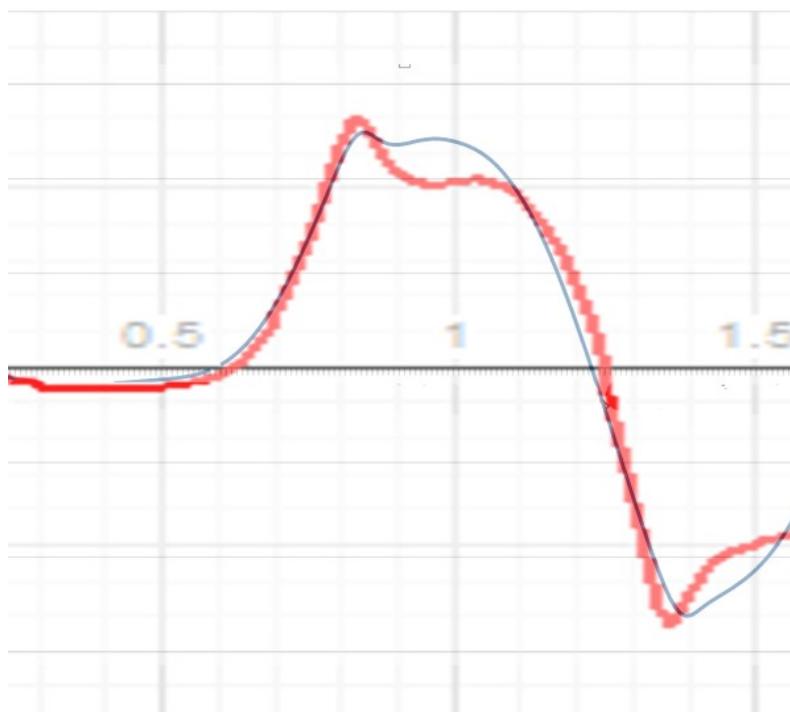


Fig. 4 Spostamenti con Nòlian Earthquake Emgineering

Per banale orgoglio del nostro software, rileviamo che OpenSees fornisce la storia dei valori di spostamento e non ha funzioni grafiche per cui abbiamo ottenuto i grafici impiegando il versatile e potente strumento di gestione delle forzanti (che consente di importare accelerazioni di vari formati e graficizzarle) sempre di EarthQuake Engineering.

Sono riportati solo i valori di spostamento che sono fondamentali, altri registratori di valori di Earthquake Engineering sono ottenibili ma non li abbiamo qui riportati.



In Fig. 5 la sovrapposizione della parte iniziale dei due diagrammi.

Lo scostamento dei risultati, considerando la grande complessità del modello del materiale, è del tutto soddisfacente risultando uno scostamento massimo negli spostamenti dell'8%.

Scostamento massimo negli spostamenti 8%

La intera procedura può essere considerata positivamente validata.

Questo elemento può essere impiegato nella valutazione della stabilità dei pendii, nell'analisi di palancole, muri di sostegno o palificate e nella valutazione della risposta sismica locale. Questi metodi numerici sofisticati consentono una valutazione molto accurata e certamente molto più accurata dei modelli empirici spesso usati in geotecnica.

Con l'occasione ricordiamo che le Normative richiedono che il progettista si accerti della attendibilità dei risultati dell'analisi. Questa validazione, come le altre da noi prodotte, possono essere impiegate per tale scopo.

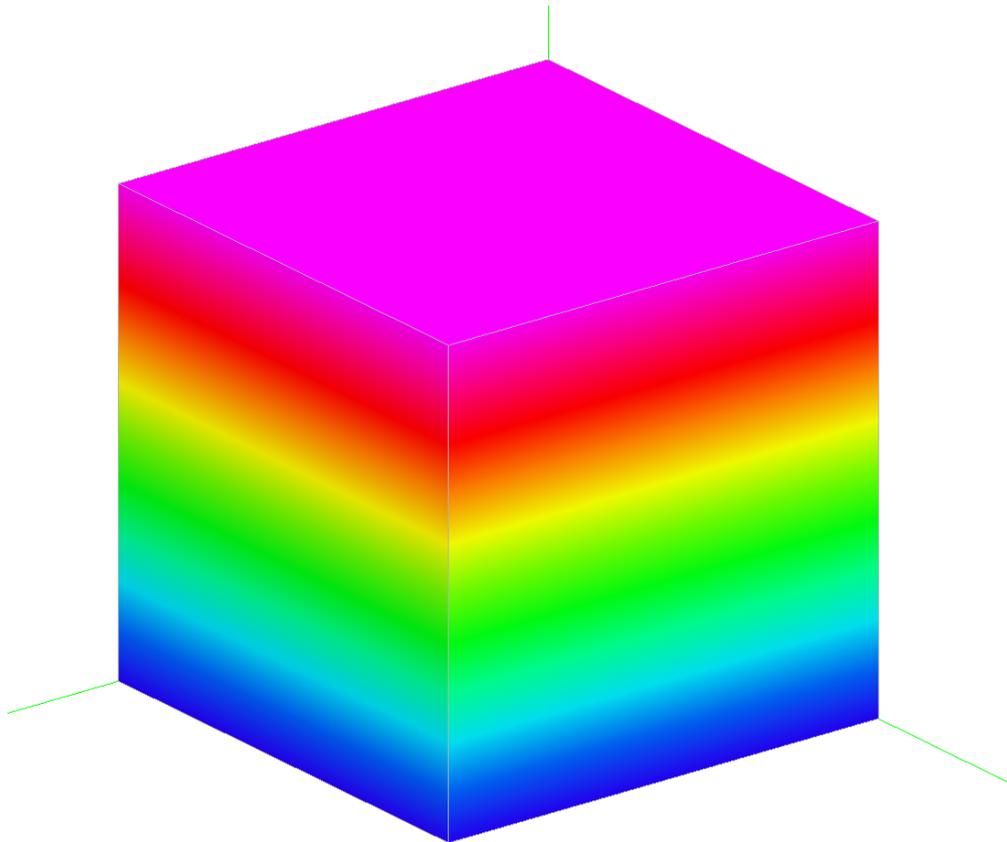


Fig. 6 Modellazione geotecnica con elementi solidi

NOTA sull'uso di elementi finiti solidi. Il materiale GeoMat1 può essere associato nell'identico modo indicato per l'elemento piano "Deformazione Piana" ma con due accortezze legate alla natura di questo elemento. L'azione di gravità, come la densità di massa, devono essere assegnate all'elemento, il materiale NON provvede ad assegnarlo all'elemento. In figura 6 un elemento solido (Brick) di spessore unitario come l'equivalente elemento a Deformazione piana già trattato. A colori lo spostamento.