

Per chi vuol saperne di più

21 maggio 2025

Se ho cedimenti in fondazione?

Per valutare nel modo più semplice gli effetti sulla struttura in elevazione di un cedimento in fondazione, al modello della struttura si può aggiungere semplicemente un elemento boundary connesso al nodo dove si è verificato il cedimento.

Il boundary deve avere un'elevata rigidità per non avere un comportamento elastico significativo. Se il cedimento è solo verticale, vincolare i gradi di libertà del nodo lasciando libero solo quello relativo allo spostamento verticale. Assegnare quindi uno spostamento imposto pari a quello voluto ed eseguire le analisi volute.

Posso classificare il terreno?

Se il terreno non è classificabile secondo i parametri previsti dalla normativa, un approccio FEM certamente è il più versatile e affidabile. Naturalmente occorrono elementi finiti specializzati per la modellazione del suolo, che in Nòlian sono disponibili.

E' possibile modellare l'intero terreno su cui insiste la struttura con le relative stratificazioni con qualsiasi andamento e anche tridimensionali. Questa procedura però può essere in certi casi computazionalmente onerosa. Un metodo di non minor generalità ma più pratico consiste nel modellare una colonna di suolo con tutte le stratificazioni che si desidera. Occorrono particolari condizioni al contorno e sulle dimensioni della colonna per evitare che vengano filtrate frequenze significative. Il procedimento è concettualmente semplice. Si applicano uno o più accelerogrammi spettro-compatibili alla base e si registrano gli accelerogrammi alla sommità della colonna. Di questi accelerogrammi si ricavano gli spettri che si possono involuppare e normalizzare. Con questo metodo si ottiene uno spettro normo-compatibile che può essere impiegato per un'analisi dinamica spettrale della struttura. E' interessante sottolineare che sia la generazione della colonna equivalente che la trattazione degli spettri e degli accelerogrammi può essere eseguita automaticamente in Nòlian tramite procedimenti dedicati. Nòlian dispone anche di sofisticati elementi finiti dedicati alla geotecnica.

Posso valutare la risposta sismica locale?

Come è noto la risposta sismica alla base di un edificio non è quella allo stato di roccia dove normalmente sono assegnati i parametri sismici. Occorre dunque investigare sul comportamento degli strati di terreno tra lo strato di roccia e la base della struttura.

Ciò si può fare tramite una colonna costituita da elementi con le caratteristiche della stratigrafia. Questo modello in Nòlian può essere costruito e utilizzato automaticamente nell'ambiente EarthQuake Engineering. Si sottolinea che Nòlian dispone di elementi molto sofisticati per la geotecnica per cui i risultati sono molto accurati.

Posso fare un'analisi sismica direzionale?

Non è noto a priori il comportamento della struttura per azioni sismiche che agiscono secondo diverse direzioni. Con Nòlian la "analisi sismica direzionale" consente di eseguire una analisi sismica completa per varie direzioni per ottenere la risposta completa della struttura. L'analisi "radiale" è eseguita in automatico tramite analisi pushover.

Cosa è l'analisi IDA (Incremental Dynamic Analysis)

Con Nòlian è possibile eseguire questa sofisticata analisi in Italia poco diffusa ma raccomandato anche da FEMA (Federal Emergency Management Agency).

Il metodo consiste nello scegliere un certo numero di accelerogrammi normalizzati che siano compatibili con lo spettro di risposta previsto per la località in esame e per ciascuno di essi effettuare più analisi dinamiche non lineari scalando per ciascuna il livello di accelerazione. L'accelerazione di riferimento può essere la PGA o l'accelerazione spettrale per il primo

periodo della struttura con smorzamento 5%. Per ogni accelerogramma e per ogni valore di accelerazione scalato si determina un valore che caratterizza il comportamento della struttura (demand, da cui questo valore è detto DM). In genere si assume come DM lo spostamento relativo di interpiano (drift). Per comprendere meglio: per un accelerogramma analizzato con 10 passi di scalamento dell'accelerazione di riferimento, si otterranno 10 valori di massimo drift. Il FEMA e la normativa italiana definiscono un livello di drifting massimo che caratterizza ogni stato limite. Ad esempio il FEMA, per le strutture in calcestruzzo, prevede un drifting massimo dell' 1% per l'immediata occupancy, il 2% per il life safety level e il 4% per il collapse prevention. Pertanto per ogni accelerogramma si otterrà un valore di accelerazione massimo cui corrisponde il livello di DM previsto.

Dall'accelerazione limite per quello stato, si può facilmente risalire al tempo di ritorno, se lo si desidera, e confrontarlo con quello nominale per avere una probabilità di accadimento dell'evento o un livello di sicurezza. Un altro criterio DM molto usato, e piuttosto significativo, è la diminuzione della tangente della curva, fatto che denota come la curva IDA sia prossima ad "appiattirsi" anche questo criterio è implementato in questo dialogo e denominato Tangente.

Come si è detto all'inizio, il metodo prevede di usare più accelerogrammi in modo da avere una panoramica esaustiva del comportamento della struttura. Si avranno così dei dati piuttosto abbondanti che vanno trattati con metodi statistici. In genere si usano i frattili 16%, 50% e 84% dei dati ottenuti.

Queste operazioni complesse e che impegnano molto il tempo di calcolo, nell'ambiente Earthquake Engineering di Nòlian All-In-One sono tutte governate in un singolo dialogo ed in modo totalmente automatico.

Se voglio generare degli accelerogrammi spettro compatibili?

Se desidero eseguire un'analisi dinamica non lineare per verificare il comportamento di una struttura ho bisogno, secondo prescrizioni di normativa di più accelerogrammi spettro compatibili.

Il problema, quindi, con quella che per brevità chiameremo ADN (Analisi dinamica non lineare), oltre l'onerosità computazionale, è l'esigenza di impiegare, per la nostra normativa, ben 7 accelerogrammi spettro compatibili. Dove reperirli? Il metodo più antico ed accreditato fu messo a punto da Vanmarcke e Gasparini al Massachusetts Institute of Technology nel 1976 e il programma, in FORTRAN. Ebbe il nome SIMQKE ed è tuttora, con alcune migliorie, distribuito dalla NISEE. Abbiamo riscritto in C++ l'algoritmo sul quale si basa il SIMQKE, ciò per renderlo impiegabile senza artifici di interfaccia o di conversione nella logica sempre molto rigorosa del nostro software. Quindi potrete, con un semplice clic, generare all'interno dell'ambiente Earthquake Engineering, tutti gli accelerogrammi spettro-compatibili che desiderate. E non solo, avrete molte altre funzioni di importazione, esportazione, merge, regolarizzazione di accelerogrammi e spettri e per i esigenti... anche l'analisi di Fourier.

Se ho strutture a contatto?

Se tra parti della struttura sono in contatto, nell'Ambiente Earthquake Engineering vi è una funzionalità che consente di inserire un vincolo di contatto tra un lato di un elemento bidimensionale e gli elementi che gli sono connessi. Questa funzione ha notevoli impieghi in casi sofisticati. Basti pensare alla modellazione mirata della ammorsatura tra pareti in muratura o il vincolo di attrito tra il terreno ed una palanca.

La soluzione adottata in Earthquake Engineering è nella logica FEM e nella filosofia della Softing di consentire al progettista la massima libertà di modellazione. Il vincolo infatti è realizzato tramite due elementi finiti di lunghezza nulla al quale è associato un materiale con le caratteristiche volute per modellare il contatto. L'elemento è posto tra i nodi dei lati dei due elementi piani connessi. Per realizzare questo tipo di unione vengono duplicati automaticamente i nodi di contatto e quindi gli elementi non sono più connessi dai gradi di libertà dei nodi comuni, ma dagli elementi di lunghezza nulla che connettono uno dei nodi esistenti con il nodo coincidente associato all'altro elemento.

Tra le tipologie di contatto segnaliamo le seguenti:

- Sconnessione: modella la sconnessione completa del lato dell'elemento dai nodi cui è connesso.
 - Bordo: consente di modellare le condizioni di bordo generando due nodi vincolati ai quali sono connessi gli elementi di lunghezza nulla ai quali saranno assegnati i materiali voluti.
 - Contatto: si tratta dell'uso più tipico e richiede l'assegnazione di un solo materiale che tipicamente è il materiale "Contatto".
 - Contatto 2 mat: come Contatto, ma è possibile assegnare due materiali che agiscono uno tangenzialmente e l'altro ortogonalmente al piano di contatto.
 - Contatto Beam: viene impiegato esclusivamente per connettere i due nodi di un elemento Beam ad un nodo generalmente di un elemento piano. Supporta esclusivamente il materiale Contatto Beam
 - Cerniera: genera una connessione a cerniera cilindrica tra i due lati degli elementi piani in contatto. Il comportamento della cerniera è dato dai materiali uniassiali aggregati associati al contatto.
- Come si vede, le possibilità offerte al progettista sono notevoli.

Cosa è e a cosa serve la trave a fibre?

Il comportamento di un elemento strutturale monodimensionale è ottenuto per integrazione. I metodi numerici hanno aperto la strada a integrazioni che, con approssimazioni trascurabili, possono superare i limiti di una integrazione in forma chiusa. Nella trave a fibre il comportamento di una singola sezione è ottenuto per sommatoria dei contributi di aureole comunque definite (integrazione numerica). Quali sono i vantaggi? Si superano i limiti della geometria e non solo: ogni areola può avere comportamenti reologici diversi. Ciò conferisce una versatilità praticamente illimitata alla trattazione. Non solo, quindi, la forma della sezione è generica, ma si possono attribuire alle areole (fibre) comportamenti diversi ovvero materiali diversi. Con un unico metodo, senza sovrapposizione di metodi, si ha una grandissima versatilità. La omogeneità dei metodi è sempre maggior garanzia di evitare discontinuità metodologiche. Si possono ad esempio, nel calcestruzzo armato, differenziare il calcestruzzo confinato da quello non confinato, avere barre di armatura con stati diversi (ad esempio per la corrosione), si possono introdurre con facilità ricoprimenti, rinforzi, precompressione, stati degradati etc.

Earthquake Engineering di Nòlian All-In-One lo fa.

Che fare per valutare la instabilità locale delle sezioni in acciaio?

La instabilità delle sezioni in acciaio è presa in considerazione generalmente con un metodo classificatorio. Gli svantaggi notevoli dei metodi classificatori è la discontinuità, oltre alla difficoltà e le incertezze di stabilire la classe dell'oggetto da classificare. Nel caso di sezioni in acciaio l'instabilità locale è un problema serio. Come si è detto il sistema classificatorio non solo presenta discontinuità ma se affidato ad un metodo automatico (software) introduce un contrasto non trascurabile con la natura preferibilmente algoritmica dei metodi automatici. Il comportamento di una sezione è legato alla sua capacità rotazionale. Il metodo classificatorio attribuisce a profili predefiniti una "classe" ovvero un intervallo entro il quale può collocarsi il profilo considerato. Poiché però quello che interessa è la capacità rotazionale, invece di una classificazione a priori si può effettuare una valutazione numerica della capacità rotazionale della sezione in esame. Ciò evita problemi di classificazioni e inoltre, cosa non di poco conto, può essere applicato a qualsiasi geometria di una sezione senza sottostare ai limiti del metodo classificatorio. Sostanzialmente, se si opera con un sistema automatico (software) è opportuno operare con metodi tipici di tale sistema e non forzarlo a metodi "manuali" lontani dalle caratteristiche dei metodi automatici.

EasySteel, ambiente di Nòlian All-In-One lo fa.

Cosa è la complessità ciclomatica?

In un algoritmo ogni biforcazione logica determina un aumento della complessità. Se un algoritmo può percorrere una via oppure un'altra si raddoppia la complessità e, in un certo modo, l'incertezza. Il problema della complessità non va affatto trascurato né si deve credere che il software sia infallibile per definizione: la complessità è un elemento logico e non metodologico. Pertanto nel

pensare degli algoritmi per risolvere in automatico un determinato problema, l'obiettivo principale è ridurre al massimo la complessità (è detta ciclomatica quella legata ai percorsi logici possibili). Dunque un software che affronta i problemi con metodi a bassa complessità ciclomatica è di gran lunga da preferire. I metodi di integrazione numerica hanno in genere complessità ciclomatica inferiore ai metodi classificatori o comunque basati su scelte discrete di parametri. Softing ne tiene conto con estrema attenzione.

Come viene valutata la duttilità degli elementi in calcestruzzo?

La duttilità degli elementi in calcestruzzo è definita in come rapporto tra curvatura ultima e curvatura al limite elastico (o di snervamento). Le difficoltà del calcolo delle curvature porta al consueto escamotage della classificazione. Come già detto, la classificazione è sconsigliabile in metodi automatici. Il calcolo della curvatura comporta l'impiego di metodi non lineari quindi più raffinati dai metodi classificatori ma meno complessi, in senso logico. Metodi non lineari di valutazione della curvatura consentono una valutazione accurata della curvatura evitando i rischi dei metodi classificatori potendosi, oltretutto applicare a elementi con sezioni di forma generale. Oltretutto, altro elemento di riflessione, la classificazione di elementi ad alta o bassa duttilità è sintomatico di un andamento matematicamente "caotico". Basta variare un elemento costitutivo dell'oggetto di una quantità piccolissima per ottenere una biforcazione che conduce a risultati caoticamente divergenti.

EasyBeam, ambiente di All-In-One, è scritto con la piena consapevolezza di questi metodi e concetti.

Come vengono trattate le sollecitazioni deviate?

La complessità del calcolo dei valori limite delle sezioni in calcestruzzo armato ha suggerito, oltre ad altre semplificazioni, di sovrapporre con criteri approssimati le caratteristiche nelle due direzioni principali. Oltretutto le sollecitazioni sono anche composte (con l'azione, cioè, anche dello sforzo assiale). Questi metodi approssimati non si giovano delle possibilità del calcolo numerico. E' in effetti possibile con integrazioni numeriche ottenere le sollecitazioni "deviate" tenendo anche conto della sollecitazione assiale senza ricorrere ad approssimazioni. Vi sono due signori estremamente importanti per soluzioni avanzate, uno è George Green (1793-1841) l'altro è Dmitrij Ivanovič Žuravskij, tradizionalmente tradotto come Jourawski (1821-1891). Benché vissuti nei secoli passati sono tanto attuali per i problemi dei quali parliamo quanto poco considerati.

EasyBeam, ambiente di Nòlian All-In-One impiega queste potenzialità.

Cosa fare per avere un telaio equivalente?

Il metodo del telaio equivalente è un retaggio dei metodi precedenti all'entrata nell'uso comune di metodi numerici più raffinati (elementi finiti no-tension etc.). Essendo però imposto dalla normativa vigente viene preferito da alcuni. Vi è un problema grave nel trovare la "equivalenza", addirittura spesso impossibile, ma anche di valutazione delle sollecitazioni credibili che agiscono negli elementi del telaio. Con tutte le riserve del caso è però possibile eseguire un'analisi con il metodo degli elementi finiti giovandosi della accuratezza di tale metodo per integrare, solo dopo tale analisi, le sollecitazioni ed applicarle al telaio richiesto dalla normativa. Si hanno due notevoli vantaggi: le sollecitazioni non sono alterate dalla gratuità della modellazione a telaio e il telaio può essere definito facilmente a posteriori applicando anche differenti ipotesi senza dover ricostruire un nuovo telaio e analizzarlo.

Questo DonJon e Walverine lo fanno.

Cosa è il drilling?

Con il termine "drilling" (perforazione) si intende la rotazione intorno ad un asse ortogonale al piano. Gli elementi finiti basati sul modello elastico tradizionale non hanno rigidità per il drilling. Ciò comporta la necessità di eliminare tale grado di libertà dalla soluzione e ciò si ottiene tramite un vincolo per tale rotazione. Si hanno notevoli svantaggi con questo espediente in quanto non è

possibile modellare correttamente i fenomeni fisici che comportano una rotazione intorno a tale asse. Un metodo molto diffuso per non costringere l'operatore a inserire tali vincoli è il “drogaggio” della matrice di rigidità per evitare mal condizionamenti o peggio indefinità di tale matrice. Il drogaggio consiste nell'assegnazione di una rigidità arbitraria a tale grado di libertà. È evidente la “nascosta” inesattezza della soluzione per tale rotazione e non solo, per la valutazione corretta della rigidità dell'elemento. La teoria meccanica di Cosserat prevede invece una completa descrizione del continuo. Per avere una soluzione completa ed accurata si possono formulare elementi finiti con tale teoria. I vantaggi sono tanto notevoli quanto “visibili” solo se si hanno le conoscenze e le necessità accurate per trarne consapevolmente i vantaggi. Elementi finiti “alla Cosserat” appaiono solo recentemente nelle trattazioni teoriche, ma i vantaggi sono notevolissimi e i progettisti più raffinati ne colgono i notevoli vantaggi.

Nòlian All In One ha elementi finiti alla Cosserat.

A cosa servono i gruppi nel progetto delle armature?

Il metodo degli elementi finiti si giova della possibilità di una libera discretizzazione. Oltretutto ciò consente di gestire agevolmente carichi concentrati e variazioni di carico o di materiale. Il problema può presentarsi nella fase di progetto delle armature in quanto la discontinuità del modello verrebbe interpretata dal programma come discontinuità materiale. È possibile a valle della analisi FEM formare dei “gruppi”. Il concetto di gruppo è molto potente ed usato anche in altre situazioni in quanto a monte lascia libera la modellazione FEM ed a valle, senza perdere informazioni, consente una gestione continua.

Con EasyBeam si può.

Posso conoscere le reazioni vincolari?

La valutazione delle reazioni vincolari è molto interessante in quanto consente di determinare tali utili informazioni progettuali. Infatti, se si ha un vincolo ove concorrono più elementi, non sarebbe agevole dedurre dalle sollecitazioni di estremità dei singoli elementi le reazioni vincolari. Il metodo di calcolo di questi valori è possibile nella logica del metodo FEM in quanto è possibile generare dei gradi di libertà fittizi i cui valori di sforzo vengono elaborati con tecniche matriciali e quindi con certezza di risultati corretti e congruenti con il sistema.

Nòlian All In One lo consente.

A cosa servono gli elementi Rigel?

Rigel sta per Rigid Element. E' frequente, utile e spesso indispensabile modellare un disassamento tra elementi non concorrenti in un punto. Invece di modellare un elemento monodimensionale con estremi che possono avere degli offset (disassamenti), si può implementare un elemento infinitamente rigido indipendente. Ciò permette una grandissima versatilità e oltretutto una grande coerenza con la logica di un software pensato con interfaccia grafica. L'interfaccia grafica non è solo basata su comandi impartiti agendo su elementi grafici ma si basa su una concezione coerente secondo la quale si devono minimizzare le assegnazioni numeriche a favore delle operazioni grafiche. Ciò, ad esempio, è possibile anche per definire l'orientamento del sistema di riferimento locale di un elemento. Invece di assegnare i valori angolari di rotazione del sistema di riferimento locale. È sufficiente selezionare un nodo esterno all'elemento in modo che l'asse dell'elemento ed il punto determinino un piano (il piano locale in genere xy) per determinare con certezza visuale la rotazione dell'elemento.

Nòlian All-In-One consente tutto questo.

Cosa è l'elemento Degenerata Shell?

Il metodo degli elementi finiti ha basi matematiche solidissime per cui una soluzione automatizzata (software) per progettazione strutturale non solo può, ma deve affidarsi alla formulazione matematica consolidata di elementi finiti. Nel caso della muratura, la complessità del comportamento del materiale ha spinto alla consueta soluzione della discontinuità formulando

elementi ove la complessità del comportamento del materiale viene affidata alla sovrapposizione di più formulazioni matematiche per modellare indipendentemente i diversi comportamenti. Questo approccio contraddice la logica del software che non solo consente, ma in un certo senso deve basarsi su formulazioni unitarie. Un elemento finito estremamente potente è il cosiddetto “degenerated shell” in cui il guscio (shell) viene modellato come un solido eventualmente anche curvo. Questa modellazione consente anche di suddividere il solido in strati ognuno dei quali può essere costituito da materiali a differente comportamento. Si pensi ad esempio alla armatura, al copriferro, ai rinforzi. Oltretutto se si modella un materiale a comportamento anisotropo e non resistente a trazione, si ha il miglior modello possibile per la muratura. Poiché l'elemento è un solido, si può anche individuare il piano della risultante delle tensioni e valutare la posizione di tale piano nell'elemento per ottenere una precisa e puntuale valutazione della instabilità locale senza dover ricorrere alla consueta suddivisione in formulazioni specifiche difficilmente, oltre che risolvibili, anche classificabili.

Questo l'ambiente Earthquake Engineering lo supporta e lo consente.

A cosa serve il multistage?

Per la progettazione più sofisticata è importante la valutazione del comportamento della struttura sottoposta a “fasi” successive sia di costruzione come di carico. L'esempio più chiaro sono i carichi mobili. Invece di impiegare una funzionalità specifica, ad esempio specializzata appunto per i carichi mobili, è possibile pensare ad un sistema evolutivo dei singoli elementi, aggiungere, cioè una coordinata temporale per descrivere la loro storia. Sono molte le situazioni in cui una coordinata temporale riesce utilissima. Un altro esempio, oltre i carichi mobili, è il cedimento progressivo di una struttura.

Nòlian All-In-One, con il nome di multistage, ha questa funzionalità.