PROGETTAZIONE E CALCOLI

RIVISTA DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA // NUMERO 13 // DICEMBRE 2023

/ SOFTWARE
In anteprima tutte le novità di IperSpace BIM 7

/ CASE STUDY
Realizzazione di una cantina a servizio di un fondo agricolo

/ ANALISI STRUTTURALE
Verifiche di rigidezza e resistenza degli impalcati

/ DOSSIER TECNICO

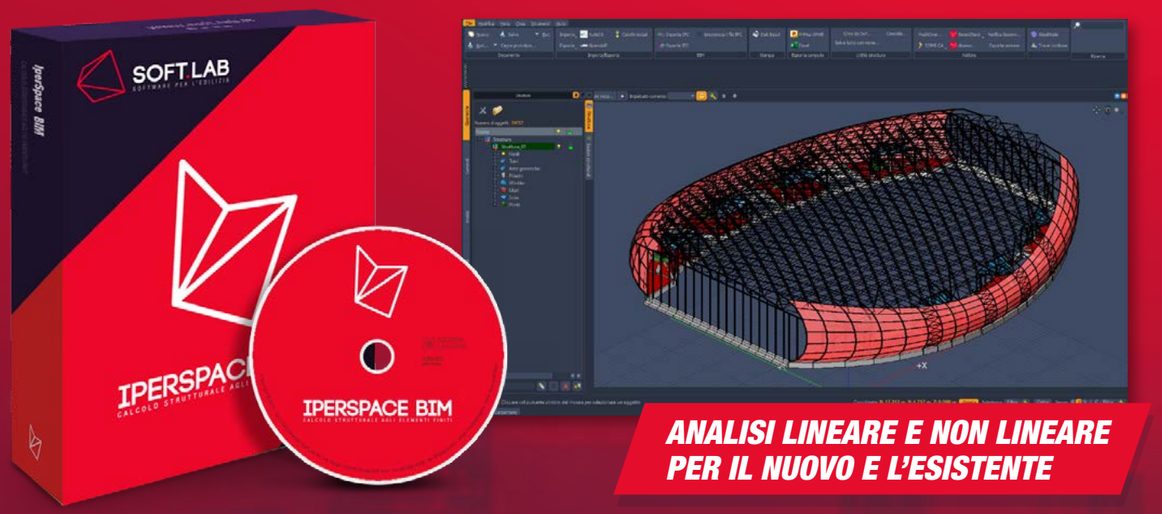
SIMULAZIONI NUMERICHE DI PROVE DI ADERENZA SU RINFORZI FRCM CON RETE DI CARBONIO

Progettazione e calcoli - Anno V nr.4 Dicembre 2023 - Una pubblicazione di Soft.Lab s.r.l.

SOFT.LAB
STRUTTURALE E GEOTECNICC

LA FELICITÀ NON SI PUÒ COMPRARE, MA UN BUON SOFTWARE DI CALCOLO STRUTTURALE: SÌ.

SOFT.LAB
STRUTTURALE E GEOTECNICO



ANALISI LINEARE E NON LINEARE
PER IL NUOVO E L'ESISTENTE

IL FEM ORIGINALE TUTTO ITALIANO.

- Libertà di modellazione
- Velocità di calcolo
- Precisione e chiarezza dei risultati

Scopri
la versione
a tempo

0824.874.392 **www.soft.lab.it**

ARTICOLI NUMERO #13

PROGETTAZIONE E CALCOLI

/ INDICE

/ DOSSIER TECNICO
Simulazioni numeriche di prove di aderenza su FRCM con rete di carbonio / 7

/ SOFTWARE
Le novità della nuova versione di IperSpace BIM / 14

/ CASE STUDY
Realizzazione di una cantina a servizio di un fondo agricolo / 16

/ ANALISI STRUTTURALE
Verifica di rigidezza e resistenza degli impalcati / 40

/ SPECIALE FIERA
Bari: presenti al SAIE con l'Octoberfest del calcolo strutturale / 46

/ SPECIALE FIERA
Milano: l'esperienza del MADE Expo con IperWall BIM finalista ai ME Awards / 50

/ EVENTI SUL TERRITORIO
Benevento: sponsor dell'evento "Il cantiere digitale" / 52

/ BEST PRACTICE
Martellamento e calcolo dei giunti strutturali / 57

CATALOGO PRODOTTI / 54

LAVORI IN CORSO / 58

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

DA PIÙ DI 30 ANNI,
GLI ESPERTI
DEL CALCOLO STRUTTURALE
IN ITALIA

PROGETTAZIONE E CALCOLI

ing. Giuseppe Pica
CEO

Cari colleghi,
benvenuti su quest'ultimo numero del nostro magazine che chiude un altro anno di attività, augurandoci che sia stato un periodo molto proficuo e ricco di soddisfazioni.

In questo numero presentiamo un interessante dossier tecnico, a cura degli **ingg. Francesco Murgo, Francesca Ferretti** e **Claudio Mazzotti**, dal titolo "Simulazioni numeriche di prove di aderenza su rinforzi FRCM con rete di carbonio", che offre un approfondimento su una tecnologia per i rinforzi strutturali sempre più diffusa.

Il caso studio invece ha come oggetto la realizzazione di una cantina progettata dal nostro cliente **ing. Carmelo Lanzafame**, e illustra in dettaglio lo studio della progettazione e delle successive fasi di costruzione.

Ci sarà spazio anche per un approfondimento sulle verifiche di rigidezza e resistenza degli impalcati, analizzando le diverse tipologie e le procedure di calcolo previste dalle normative.

Come da tradizione dicembre è il periodo dell'anno che inaugura la campagna aggiornamenti alla nuova versione di **IperSpace BIM**, la numero 7; in questo numero troverete una doppia pagina speciale con in anteprima il dettaglio delle nuove features introdotte.

Da quest'anno, contestualmente al consueto aggiornamento, abbiamo lanciato **TEKNO**, il nuovo servizio di assistenza tecnica dedicato ai nostri clienti che offre un supporto qualificato per tutti i prodotti software di Soft.Lab. Infine, è in preparazione un nuovo **corso di formazione**, in modalità webinar, su IperSpace BIM, rivolto a progettisti strutturali e tecnici interessati a conoscere le funzionalità avanzate del software. Nelle pagine a seguire troverete maggiori informazione anche su queste due novità.

Abbiamo poi inserito anche una breve cronaca di tutti gli eventi **autunnali** ai quali abbiamo preso parte, dalle fiere (Bari e Milano, rispettivamente per SAIE e MADE Expo) fino alla tappa di Destinazione SUD svoltasi a Benevento lo scorso 30 novembre.

Vi saluto augurandovi un Sereno Natale e una buona lettura!

A cura del Dipartimento Marketing e Comunicazione e del Dipartimento Area Tecnica

Direzione:
Dott. Emanuele Pica
Coordinamento editoriale:
Ing. Jacopo Cavotta
Redazione:
Dott. Daniele Grolia

Hanno collaborato:
Ingg. Giuseppe Pica, Francesco Murgo, Francesca Ferretti, Claudio Mazzotti, Carmelo Lanzafame.

Soft.Lab srl
Via Borgo, 29, 82030 Ponte (BN)
P.IVA e **CF** 00893670620

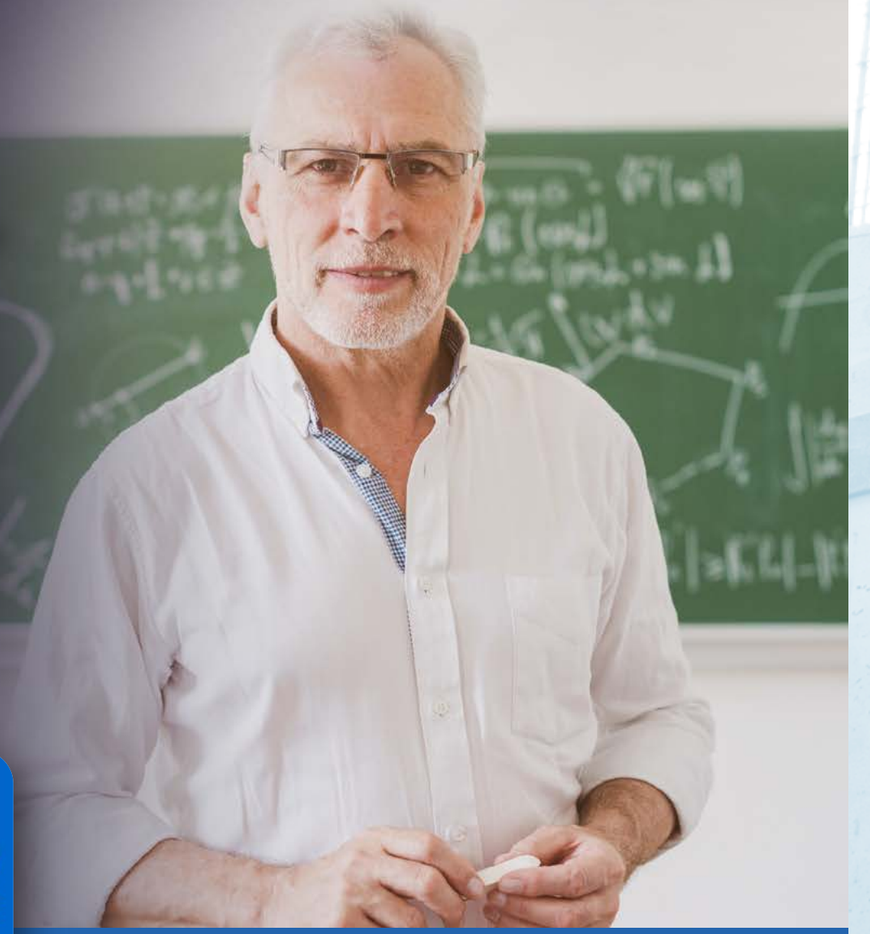
Tel. 0824 87 43 92
comunicazione@soft.lab.it
soft.lab@pec.lab.it

www.soft.lab.it

Proud member of: AIST Associazione Italiana Software Tecnico · SANNIO VALLEY digital inside

ACQUISTA I NOSTRI SOFTWARE CON IL BONUS DOCENTI

Se sei un insegnante e ti è stato accreditato il ***Bonus di 500 euro della Carta del Docente,*** *puoi utilizzarlo per acquistare i nostri software di calcolo strutturale e geotecnica.*



CARTA del DOCENTE

Acquista comodamente un nuovo software o l'aggiornamento direttamente sul nostro store!

SCOPRI COME FUNZIONA

ESERCENTE AUTORIZZATO

MIUR

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

/ DOSSIER TECNICO

SIMULAZIONI NUMERICHE DI PROVE DI ADERENZA SU RINFORZI FRCM CON RETE DI CARBONIO

a cura degli ingg.
Francesco Murgo,
Francesca Ferretti,
Claudio Mazzotti

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italia

Abstract

I materiali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) sono materiali innovativi che possono essere utilizzati per il rinforzo di strutture murarie al fine di migliorare il loro comportamento in presenza di azioni orizzontali. Il loro utilizzo si sta progressivamente diffondendo grazie alla buona compatibilità di questi materiali con il substrato murario e alle buone prestazioni in termini di permeabilità, sostenibilità e facilità di applicazione. L'impiego di compositi FRCM può influenzare il comportamento a taglio della muratura sia in termini di capacità che di modalità di rottura. Infatti, la presenza dei rinforzi generalmente determina un aumento della resistenza a taglio e un meccanismo di rottura meno fragile. Uno degli aspetti più importanti da analizzare, determinante nel garantire l'efficacia o meno di un sistema di rinforzo, è l'aderenza tra il substrato murario e il composito FRCM. Per questo motivo, la caratterizzazione meccanica dei materiali compositi prevede l'esecuzione sia di prove di trazione che di prove di aderenza. Nel presente lavoro, sono state condotte simulazioni numeriche di prove di aderenza su rinforzi FRCM con rete di carbonio applicati su substrato murario con l'obiettivo di calibrare un appropriato legame bond- slip. In particolare, si adotta una strategia di micro-modellazione del rinforzo FRCM, nel quale le fibre di carbonio sono modellate singolarmente e viene considerato il possibile scorrimento all'interfaccia tra fibre e matrice, tramite elementi di interfaccia, al fine di riprodurre le modalità di rottura tipicamente riscontrate in prove sperimentali. I risultati numerici sono confrontati con quelli provenienti da alcune campagne sperimentali precedentemente condotte sullo stesso sistema FRCM, arrivando così alla calibrazione di una legge di bond-slip che potrà essere implementata nella modellazione numerica di prove sperimentali su elementi strutturali rinforzati in vera grandezza.

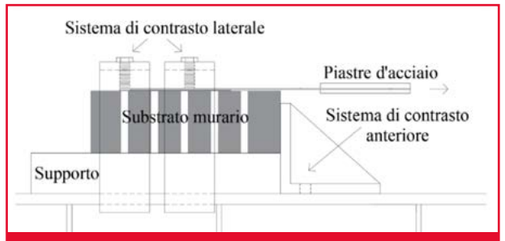
1. Introduzione

La vulnerabilità sismica delle strutture esistenti in muratura mette in luce, sempre di più, la necessità di sviluppare soluzioni efficaci per il rinforzo strutturale. In questo campo, l'utilizzo di materiali innovativi, quali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM), si configura come una tipologia di intervento che può rivelarsi estremamente efficiente nel migliorare il comportamento delle strutture murarie in presenza di azioni orizzontali (Papanicolaou et al. 2011, Ferretti et al. 2016). L'applicazione di sistemi FRCM negli interventi di riabilitazione strutturale si sta, infatti, progressivamente diffondendo grazie alla buona compatibilità di questi materiali con il substrato murario e alle buone prestazioni in termini di permeabilità, sostenibilità, oltre alla facilità di installazione. Per garantire l'efficacia di questi sistemi di rinforzo, occorre studiare sia il comportamento a trazione di tali sistemi che l'aderenza tra il pacchetto di rinforzo e il substrato murario (Carozzi et al. 2017, de Felice et al. 2018, Bellini et al. 2019). Dal punto di vista sperimentale, a tal fine, la caratterizzazione meccanica di questi materiali compositi prevede l'esecuzione sia di prove di trazione che di prove di aderenza (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 2018). La modellazione numerica delle suddette prove permette di poter analizzare più nel dettaglio sia lo stato tensionale e deformativo dei materiali che l'evoluzione del meccanismo di crisi. D'altro canto, il supporto dei dati sperimentali permette di calibrare e validare i risultati numerici. Risulta quindi fondamentale combinare i due aspetti, sperimentale e numerico, per poter studiare approfonditamente il comportamento di questi materiali compositi (Ceroni et al. 2014, Bellini et al. 2019).

Il presente lavoro ha come obiettivo la calibrazione di un legame bond-slip tramite la modellazione di prove di aderenza su rinforzi FRCM applicati su un substrato murario. La modellazione di prove in scala reale su interi pannelli murari rinforzati con FRCM, infatti, richiede la definizione di questo legame. Si sono perciò confrontati i risultati numerici con quelli provenienti da precedenti campagne sperimentali per arrivare alla calibrazione di un'opportuna legge di bond-slip.

2. Prova di aderenza

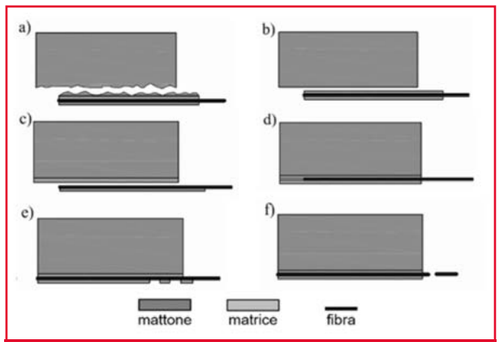
Le prove di aderenza svolte nell'ambito del Round-Robin test promosso dal Comitato Tecnico RILEM 250-CSM (Carozzi et al. 2017) sono state usate come riferimento per la calibrazione del legame bond-slip di compositi FRCM con rete in fibra di carbonio (C-FRCM) applicati su substrati murari. Nell'ambito della ricerca citata, i pannelli in muratura sono stati costruiti usando mattoni in laterizio, delle dimensioni di 250x120x55 mm3, e malta idraulica naturale a base di calce. A seguito della maturazione, ogni pannello murario, costituito da 5 corsi, è stato tagliato in due parti, in modo tale da ottenere due campioni per ogni elemento, delle dimensioni di 125x120x315 mm3. Il composito FRCM, avente larghezza di 54 mm, è stato successivamente applicato su una delle due facce dei campioni così ottenuti per una lunghezza di aderenza pari a 260 mm.



/ Figura 1 / Prova di aderenza: setup sperimentale

Il setup di prova utilizzato per le prove di aderenza qui considerate (Figura 1) è composto da un telaio rigido orizzontale in acciaio con sistemi di contrasto anteriore e laterale per impedire spostamenti orizzontali e verticali dei campioni. Per l'applicazione del carico, l'estremità libera del composito FRCM viene impregnata con resina epossidica e serrata tra due piastre d'acciaio. La forza di trazione è applicata al campione per mezzo di un attuatore elettromeccanico, che, grazie alla presenza di una cerniera, permette rotazioni attorno all'asse verticale. Le prove sono eseguite in controllo di spostamento, con riferimento allo spostamento dell'estremità libera del composito FRCM, ad una velocità di 0.15 mm/min. Un cella di carico avente capacità di 100 kN è stata utilizzata per registrare la forza di trazione applicata al campione. Durante la prova, gli spostamenti sono misurati per mezzo di 3 LVDT, aventi una corsa pari a 10 mm, posizionati in modo da monitorare sia lo spostamento della testa della macchina che lo spostamento relativo (slip) tra il composito FRCM e il substrato murario.

Tra le possibili modalità di rottura per compositi FRCM applicati su substrati murari (??) riscontrabili in una prova di aderenza (Figura 2), nella campagna sperimentale sono state osservate, principalmente, le seguenti modalità di rottura: (i) delaminazione all'interfaccia tra fibre e matrice (Figura 2c), (ii) scorrimento della fibra all'interno della matrice con fessurazione dello strato esterno di quest'ultima (Figura 2e), (iii) rottura a trazione della fibra fuori dalla lunghezza di aderenza (Figura 2f). Tali osservazioni troveranno corrispondenza nelle scelte fatte riguardo alla modellazione numerica, illustrate nei successivi paragrafi.



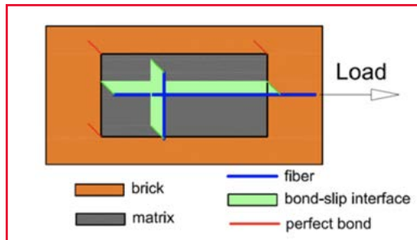
/ Figura 2 / Figura 2. Possibili modalità di rottura per compositi FRCM applicati su substrati murari.

3. Modellazione numerica

La modellazione numerica di un rinforzo FRCM può essere svolta considerando due differenti approcci: macro-modellazione e micro- modellazione (Wang et al. 2017, Basili et al. 2016, Bertolesi et al. 2016, Garofano et al. 2016). Nel seguito, si considererà quest'ultimo approccio, che consiste nel modellare singolarmente le fibre immerse nella matrice inorganica. È possibile introdurre opportuni legami di interfaccia tra fibra e matrice, che permettano lo scorrimento relativo tra i due componenti del sistema di rinforzo, come verrà descritto nel seguito.

3.1 Strategia di modellazione

Dalle osservazioni in merito alle principali modalità di rottura osservate nelle prove sperimentali in oggetto (Carozzi et al. 2017), nelle quali il substrato murario non risulta coinvolto nel meccanismo di crisi, si è scelto, ai fini della modellazione numerica delle prove di aderenza, di considerare un singolo mattone, avente dimensioni totali pari alle dimensioni dei campioni utilizzati sperimentalmente. I componenti del rinforzo FRCM (matrice e fibre) vengono modellati separatamente e applicati sulla superficie del mattone.



/ Figura 3 / Prova di aderenza: strategia di modellazione.

Per le simulazioni numeriche delle prove di aderenza si sceglie di utilizzare un modello 2D (Figure 3), in cui sia il mattone che la matrice di malta vengono modellati utilizzando elementi "*shell*" a 8 nodi. Per entrambi i materiali, si assume un comportamento elastico lineare.

Si considera, inoltre, una perfetta aderenza tra mattone e matrice di malta, ipotesi che risulta coerente con le modalità di crisi osservate sperimentalmente. Allo strato di matrice viene assegnato lo spessore totale del pacchetto di rinforzo.

Le fibre, invece, sono modellate singolarmente utilizzando elementi "*truss*" a due nodi, collegati alla matrice per mezzo di elementi di interfaccia. All'interfaccia tra fibra e matrice, infatti, si ipotizzano concentrati i fenomeni di delaminazione e di scorrimento. Nei punti di intersezione delle fibre ordite nelle due direzioni ortogonali, si considera una perfetta aderenza per ridurre l'onere computazionale delle analisi.

Per descrivere adeguatamente il possibile scorrimento delle singole fibre rispetto alla matrice, si fa uso di elementi di interfaccia a zero spessore con 6 nodi. Questi elementi connettono fra loro elementi 1D (truss) con elementi 2D (shell) per cui è necessa-

rio definire separatamente due leggi di interfaccia per la direzione longitudinale (Equazione 1) e per quella ortogonale all'andamento delle fibre (Equazione 2), secondo le seguenti relazioni:

$$t_n = k_n \Delta u \quad (1)$$

$$t_t = f_t(\Delta s) \quad (2)$$

dove t_n e t_t sono le tensioni normali e tangenziali di interfaccia, rispettivamente, k_n è la rigidezza normale all'interfaccia, Δu è lo spostamento relativo normale all'interfaccia, $f_t(\Delta s)$ è un'opportuna legge di bond-slip, che descrive l'andamento della tensione tangenziale di interfaccia in funzione dello spostamento tangenziale relativo (slip) Δs.

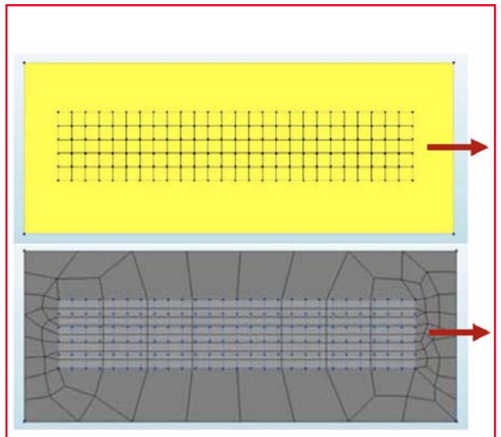
Come si evince dall'Equazione 1, nella direzione ortogonale all'andamento delle fibre si considera una relazione lineare tra la tensione normale e lo spostamento relativo normale all'interfaccia, caratterizzata dal parametro di rigidezza k_n.

L'elevata deformabilità delle fibre in direzione ortogonale al loro allineamento e lo scorrimento relativo che può avvenire tra i filamenti ortogonali, suggerisce di utilizzare un valore piuttosto basso di tale parametro, considerato qui inferiore all'unità, come confermato anche da alcune analisi parametriche preliminari eseguite. In direzione longitudinale, invece, si definisce una funzione $f_t(\Delta_s)$ tra la tensione tangenziale e lo scorrimento di tipo bilineare, scelta comune nell'ambito della modellazione di sistemi FRCM (Bertolesi et al. 2016), dettata da ragioni legate a una maggior facilità di calibrazione di tale relazione.

Questa scelta risulta appropriata anche nell'ottica di utilizzare il legame bond-slip calibrato per la modellazione di rinforzi in FRCM a livello strutturale.

Proprietà	C1	C2	C3
Dimensioni supporto (mm^3)	125x120x315		250x120x315
Spessore matrice (mm)	12	10	9
Lunghezza aderenza (mm)	260	260	260
Larghezza rinforzo (mm)	54	50	100
Sezione filamento (mm^2)	0,47	0,47	0,47
Perimetro filamento (mm)	4	8	8
Modulo elastico supporto (GPa)	14	14	14
Modulo elastico matrice (GPa)	8	7	7
Modulo elastico fibra (GPa)	240	197	203

/ Tabella 1 / Proprietà geometriche e meccaniche usate nella modellazione.

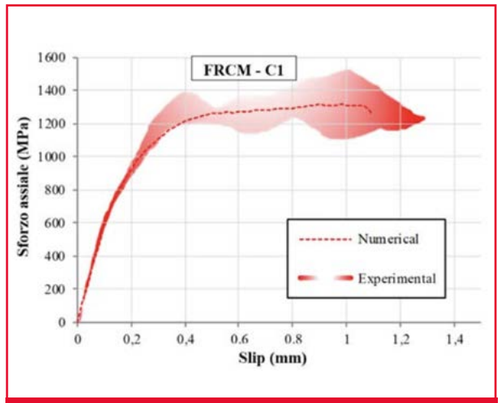


/ Figura 4 / Prova di aderenza: geometria del modello e mesh.

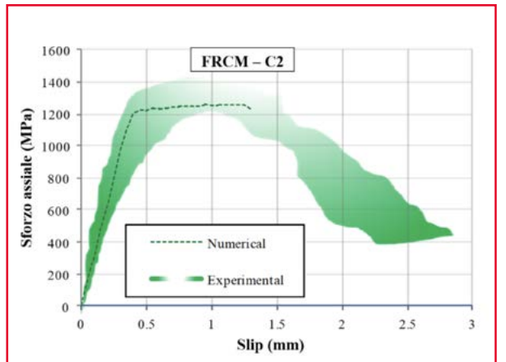
3.2 Calibrazione del legame bond – slip

Per la calibrazione del legame bond-slip, sono state eseguite diverse simulazioni numeriche di prove di aderenza, considerando 3 diversi tipi di tessuti FRCM con rete in fibra di carbonio, identificati nel seguito tramite le sigle C1, C2 e C3. Le proprietà geometriche e meccaniche dei materiali utilizzate nel modello a elementi finiti, scelte sulla base delle prove sperimentali descritte al paragrafo 2, sono riportate in Tabella 1. La geometria e la mesh del modello utilizzato nelle simulazioni numeriche sono rappresentate in Figura 4.

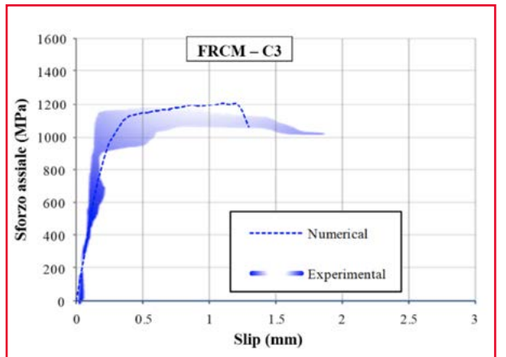
Le analisi non lineari sono condotte tramite il software Diana FEA (versione 10.1) applicando uno spostamento, in maniera monotona, all'estremità libera delle singole fibre, impedendo, allo stesso tempo, i movimenti del substrato sottostante.



/ Figura 5 / Confronto tra risultati numerici e sperimentali per il sistema di rinforzo FRCM C1.



/ Figura 6 / Confronto tra risultati numerici e sperimentali per il sistema di rinforzo FRCM C2.

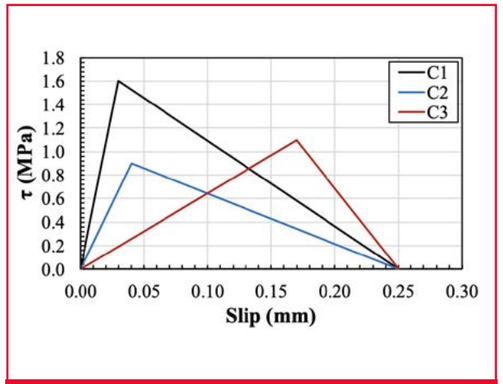


/ Figura 7 / Confronto tra risultati numerici e sperimentali per il sistema di rinforzo FRCM C3.

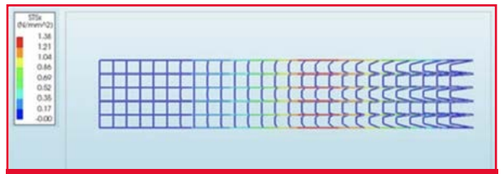
Ai fini della calibrazione del legame bond-slip per i rinforzi analizzati, sono stati considerati i risultati ottenuti nella campagna sperimentale descritta in precedenza (Carozzi et al. 2016). In Figura 5, Figura 6 e Figura 7 vengono mostrati i confronti tra i risultati delle analisi non lineari e i risultati sperimentali, rispettivamente per i sistemi FRCM C1, C2 e C3. Tali confronti sono riportati in termini di sforzo assiale delle fibre σ ***vs*** slip. Lo sforzo assiale è calcolato considerando la forza orizzontale applicata al campione divisa per l'area totale della fibra secca. Le aree colorate rappresentano gli inviluppi sperimentali.

Parametro	C1	C2	C3
τ_{max}(MPa)	1,60	1,10	0,90
S_{picco}(mm)	0,03	0,17	0,04
S_u(mm)	0,25	0,25	0,25

/ Tabella 2 / Parametri del legame bond-slip bilineare.



/ Figura 8 / Legami bond-slip per i rinforzi FRCM analizzati.



/ Figura 9 / Andamento delle tensioni tangenziali all'interfaccia tra fibre e matrice

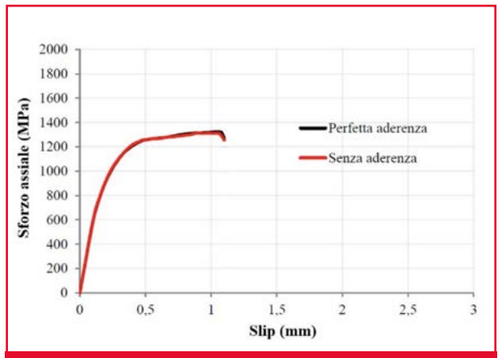
Si può notare un buon accordo tra le curve numeriche e sperimentali per tutti i rinforzi considerati, sia in termini di rigidezza inziale, in corrispondenza del primo ramo delle curve, che in termini di resistenza di picco. I parametri che descrivono le leggi di bond-slip così calibrate, mostrate in Figura 8, sono riportati in Tabella 2. A livello rappresentativo, in Figura 9 sono riportate le tensioni tangenziali all'interfaccia tra fibra e matrice, ottenute dalla simulazione numerica della prova di aderenza riferita al rinforzo C1.

3.3 Analisi dell'interazione tra fibre longitudinali e ortogonali

Con l'obiettivo di giungere a una corretta implementazione dei compositi FRCM nei modelli di calcolo, si ritiene importante valutare la possibile interazione tra fibre longitudinali e ortogonali. Nella pratica, infatti, le reti possono essere caratterizzate dalla presenza o meno di una termosaldatura in corrispondenza dei punti di contatto delle fibre ordite nelle due direzioni. È evidente che alle due condizioni citate corrispondono, rispettivamente, una condizione di perfetta aderenza e una condizione in cui è consentito lo scorrimento relativo tra fibre ortogonali. Questi due casi limite sono di particolare interesse per valutare l'effetto dell'interazione tra le fibre sul comportamento uniassiale del rinforzo in una prova di aderenza.

Sono, quindi, stati considerati due modelli: (i) modello con perfetta aderenza nei punti di interse-

/ Figura 10 / Andamento delle tensioni tangenziali all'interfaccia tra fibra e matrice: scorrimento consentito tra fibre tangenziali e ortogonali.



/ Figura 11 / Confronto tra modello con perfetta aderenza e modello con scorrimento consentito tra le fibre ortogonali per il sistema di rinforzo FRCM C1.

zione delle fibre, che corrisponde al modello già considerato in precedenza; (ii) modello in cui le fibre disposte lungo le due direzioni ortogonali non sono in contatto e, dunque, lo scorrimento è consentito. Le analisi non lineari sono state condotte in accordo con quanto descritto al paragrafo 3.2, considerando le leggi di bond-slip calibrate in precedenza. Queste simulazioni numeriche sono state condotte solamente per il sistema FRCM C1.

Dal punto di vista numerico, si è notata una differenza in termini di configurazione deformata delle fibre nei due modelli, come si può notare confrontando la Figura 10 con la Figura 9, corrispondenti a simili livelli tensionali. Si può notare anche come lo sviluppo delle massime tensioni tangenziali avvenga, per il modello con scorrimento consentito, a una maggior distanza dall'estremità libera delle fibre. Tali differenze non trovano riscontro nel diagramma sforzo assiale *vs* slip, dove le curve relative ai due diversi modelli sostanzialmente coincidono (Figura 11).

Questa apparente incongruenza può essere spiegata considerando la ridotta rigidezza d'interfaccia considerata per la direzione normale all'allineamento delle fibre (k_n) per cui le fibre ortogonali non sono in grado di opporre resistenza al meccanismo di scorrimento che si attiva tra le fibre longitudinali e la matrice, anche quando vi sia la congruenza nei nodi di intersezione. Si registrano, infatti, spostamenti comparabili all'aumentare del carico applicato nelle due simulazioni. Valori più alti del parametro kn potrebbero portare a una sovrastima della capacità del rinforzo analizzato e non sono qui considerati.

Nella pratica, a seconda della tipologia di rete utilizzata, l'analisi dell'interazione tra fibre longitudinali e ortogonali in una prova di aderenza può rivestire un ruolo rilevante e deve essere valutata nel caso specifico. Resta inteso, comunque, che anche nel caso in cui non vi sia alcun tipo di collegamento tra fibre longitudinali e ortogonali, il fatto che le fibre siano annegate all'interno della matrice cementizia non consente, per bassi valori di carico, elevati spostamenti relativi, che invece possono essere significativi dopo la fessurazione della malta stessa e in corrispondenza del collasso del rinforzo.

Conclusioni

Nel presente lavoro, sono state eseguite simulazioni numeriche di prove di aderenza su campioni in muratura rinforzati per mezzo di compositi FRCM con reti in fibra di carbonio. In particolare, sono state analizzate 3 diverse tipologie di rinforzo, sulla base di prove sperimentali eseguite in una precedente campagna. Dal confronto tra i risultati delle analisi non lineari e delle prove sperimentali, è stato possibile calibrare opportunamente le leggi di bond-slip, di tipo bilineare, per ciascuno dei rinforzi considerati. Tali legami potranno essere efficacemente utilizzati per la modellazione di queste tipologie di sistemi FRCM nell'ambito di prove su interi elementi strutturali rinforzati con compositi.

Si è inoltre analizzata l'interazione tra fibre longitudinali e ortogonali, che riveste un ruolo di particolare importanza a seconda del collegamento effettivamente presente tra le fibre ordite nelle due direzioni. Le fibre perpendicolari al carico orizzontale applicato durante una prova di aderenza possono, infatti, rappresentare un vincolo allo scorrimento delle fibre longitudinali, che deve essere opportunamente tenuto in conto.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dipartimento di Protezione Civile (Progetto Reluis 2019 – Materiali innovativi) per il supporto finanziario alla ricerca.

References

Carozzi, F.G., Bellini, A., D'Antino, T., de Felice, G., Focacci, F., Hojdys, L., Laghi, L., Lanoye, E., Micelli, F., Panizza, M., Poggi, C., 2017. Experimental investigation of tensile and bond properties of Carbon- FRCM composites for strengthening masonry elements, Composites Part B, 128, 100-119.

Ceroni, F., de Felice, G., Grande, E., Malena, M., Mazzotti, C., Murgo, F., Sacco, E., Valluzzi, M.R., 2014. Analytical and numerical modeling of composite-to- brick bond, Materials and Structures, 47(12), 1987- 2003.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2018. Linee guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti.

Basili, M., Marcari, G., Vestroni, F., 2016. Nonlinear analysis of masonry panels strengthened with textile reinforced mortar, Engineering Structures, 113, 245-258.

Bertolesi, E., Milani, G., Poggi, C., 2016. Simple numerical homogenization model for the non-linear static analysis of in-plane masonry walls strengthened with FRCM composites, Composite Structures, 158, 291-307.

Ferretti, F., Incerti, A., Ferracuti, B., Mazzotti, C., 2016. Diagonal compression tests on masonry panels strengthened by FRP and FRCM. 10th SAHC Conference. September 13-15, Leuven, Belgium.

Garofano, A., Ceroni, F., Pecce, M., 2016. Modelling of the in-plane behavior of masonry walls strengthened with polymeric grids embedded in cementitious mortar layers, Composite Part B, 85, 243-258.

Papanicolaou, C., Triantafillou, T., Lekka, M., 2011. Externally bonded grids as strengthening and seismic retrofitting materials of masonry panels, Construction and Building Materials, 25, 504-514.

Wang, X., Ghiassi, B., Oliveira, D.V., Lam, C.C., 2017. Modelling the nonlinear behaviour of masonry walls strengthened with textile reinforced mortars, Engineering Structures, 13, 11-24.

PASSA ALLA BIM 7

LE NOVITÀ DELLA NUOVA VERSIONE DI IPERSPACE BIM:

RINFORZI FRP PARETI IN C.A. ESISTENTI

Possibilità di rinforzare le pareti esistenti in calcestruzzo armato mediante materiali fibro-rinforzati.

RIORGANIZZAZIONE DEI COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Possibilità di visualizzare e raggruppare i coefficienti di sicurezza e i fattori sismici "Zita$_E$" in base all'elemento e alla tipologia di rottura.

SPETTRO PER PROGETTAZIONI NON DISSIPATIVE

Automatizzazione del calcolo del fattore di comportamento nel caso di progettazione non dissipativa delle strutture.

NUOVO MOTORE GOOGLE MAPS

Aggiornato il motore di ricerca delle coordinate geografiche di Google, per l'individuazione del sito di costruzione dell'opera.

LIBRERIE DI RINFORZI OLYMPUS (FRP)

Aggiornate le librerie dei rinforzi strutturali con i prodotti Olympus.

PILASTRI IN MURATURA

Introdotto, per la modellazione di struttura in muratura, l'elemento pilastro e relative verifiche.

ACQUISTALA IN PRE-ORDER AD UN PREZZO SPECIALE ENTRO IL 31 DICEMBRE 2023

IL CALCOLO STRUTTURALE SI EVOLVE!

NOTE TEORICHE NELLA RELAZIONE

Miglioramento delle relazioni di calcolo, attraverso l'introduzione di paragrafi con note teoriche relative alle verifiche degli elementi strutturali (tamponamenti, verifica degli elementi strutturali e dei nodi, incamiciature in calcestruzzo e acciaio, rinforzi in fibra, spostamenti SLD).

WIZARD DEI MATERIALI PER LE MURATURE

Implementazione di una procedura guidata che permette il calcolo automatico delle caratteristiche meccaniche e di deformabilità delle murature esistenti, in base al livello di conoscenza raggiunto e degli eventuali interventi migliorativi, secondo i valori indicati all'interno della Circolare Applicativa.

WIZARD DEI MATERIALI PER C.A. ESISTENTE E NUOVO

Plugin per il calcolo automatico di tutti i parametri di resistenza e di deformabilità del calcestruzzo a partire dal valore della resistenza a compressione, per e strutture nuove, o dai risultati delle prove di laboratorio per le strutture esistenti.

VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO SLD

Introdotta la possibilità di eseguire le verifiche di resistenza allo Stato limite di Danno per le strutture in classe III e VI.

SELEZIONE DEI SETTI DELLE STRUTTURE IN MURATURA

Nuova gestione delle verifiche delle strutture in muratura. Le verifiche e i risultati saranno visualizzati per singoli setti e non più per la parete nel suo complesso.

SINTESI GRAFICA DEI RISULTATI

Introdotta una relazione di sintesi dei risultati delle analisi più rappresentativi, sia numerici che grafici.

Ing. Carmelo Lanzafame
Progettista strutturale

REALIZZAZIONE DI UNA CANTINA A SERVIZIO DI UN FONDO AGRICOLO A VIGNETO SITO IN PEDARA (CT)

Ubicazione

Comune di Pedara (circa 1000 abitanti) in provincia di Catania da cui dista circa 15 km; il lotto di terreno ospite è ubicato in zona periferica denominata Via Cisternazza. Ha forma articolata e confina su tutti I lati con terreno della stessa proprietà (Vigneto).

Vincoli insistenti sul sito:

- Non rientra in sito di attenzione per rischio geomorfologico/idrogeologico del P.A.I. Sicilia
- Rientra in zona soggetta a vincolo paesaggistico
- E' sottoposta a vincolo sismico (nel 1982 Joppolo Giancaxio venne classificato di 2 categoria);

NTC2018 - parametri sismici:

- Latitudine 37.609
- Longitudine 15.064;
- Classe III:
- Ag/g=0.258393
- Fo=2.56917
- Tc=0.331189
- Terreno cat B
- Cat topografica T1

Descrizione del manufatto

L'edificio ha un volume totale di 6053 m^3 trattasi di un corpo totalmente interrato in c.a. a due elevazioni interrate e una elevazione fuori terra. Le fondazioni sono caratterizzate da travi rovesce di sezione rettangolare.

I muri para terra a protezione dei piani interrati sono in c.a. sono dello spessore di cm 30.00.

I suddetti muri paraterra previsti a protezione dei piani interrati, fanno parte integrante della struttura e sono stati tenuti in conto in fase di calcolo.

La struttura portante è a telai in c.a. orditi nelle due direzioni perpendicolari.

Gli interpiani sono di: 6 m al 1° piano interrato, 4 m 2° piano interrato mentre l'altezza è variabile da 2,80 m a 5,50 m al piano fuori terra.

La struttura è irregolare sia in altezza ch in elevazione. In pianta, il lato più lung si riduce dal valore di 39,00 m del piano interrato al valore di 18,00 m del piano terra; solo quattro delle pilastrate continuano interrottamente alla quota di impalcato del piano terra le altre rimangono a quota del terreno

Osservazioni sulla regolarità della struttura

La struttura è caratterizzata dall'assenza di piante "compatte" e nel suo sviluppo in altezza si hanno soltanto due pilastrate che vengono interrotte in corrispondenza dell'impalcato di copertura della zona superiore.

Considerando che Iperspace BIM esegue un'analisi simica lineare, le irregolarità sono state messe in conto attraverso il fattore di struttura "q" il cui valore limite, relativo allo SLV è calcolato con la relazione $q_{lim}=q_0 \cdot k_r$.

Poiché la struttura è irregolare in altezza, al fattore Kr si è assegnato il valore 0,8; a qo si è attribuito il valore 2,4 proposto dalla tabella 7.3.II delle NTC2018, in considerazione del fatto che la strut-

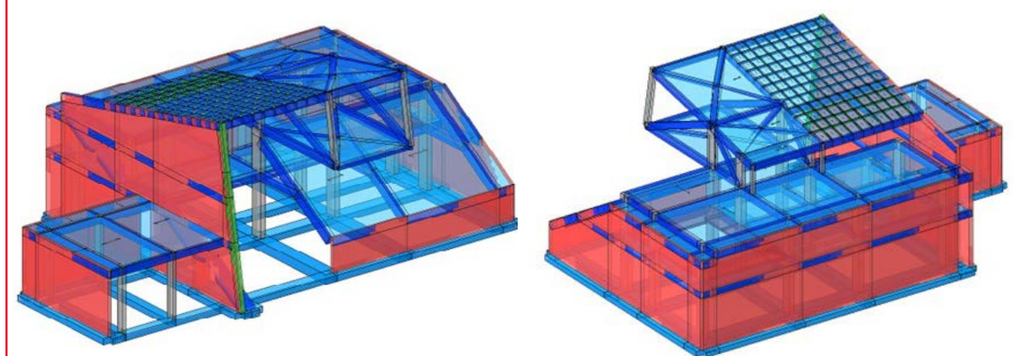
Centri di rigidezze e centri di massa:

Piano	Kx	Ky	Kxy	Kϕ	X	Y	$r^2/ls^2>=1$
	kg/cm	kg/cm	kg*cm/rad	kg/cm	cm	cm	
1	1.384371E07	1.414705E07	5.853123E05	5.343045E13	1189	-118	2.171
2	6.159889E06	5.512119E06	2.502102E05	1.597925E13	1625	-289	2.371
3	2.666237E05	2.074901E06	8.456970E04	2.034041E12	2458	845	1.579

Si noti come detto rapporto sia a tutti i piani >1

Ellissi di rigidezze:

Piano	K_ξ	K_η	alfa	r_ξ	r_η
	kg/cm	kg/cm	°	cm	cm
1	1.339074E07	1.460002E07	-38	1913	1998
2	6.245280E06	5.426728E06	19	1716	1600
3	2.626771E05	2.078848E06	-3	989	2783



/ Figura 1 / Assonometria

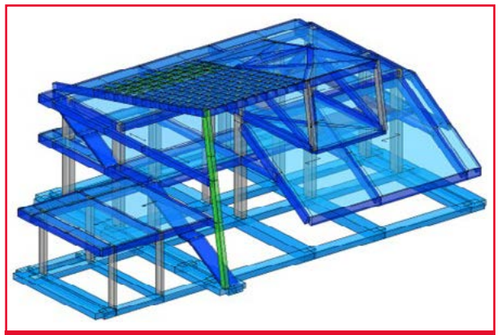
tura è progettata in CD"B".

Nonostante quanto detto la struttura risulta torsionalmente robusta, si riporta di seguito la tabella dei valori del rapporto r^2/l_s^2.

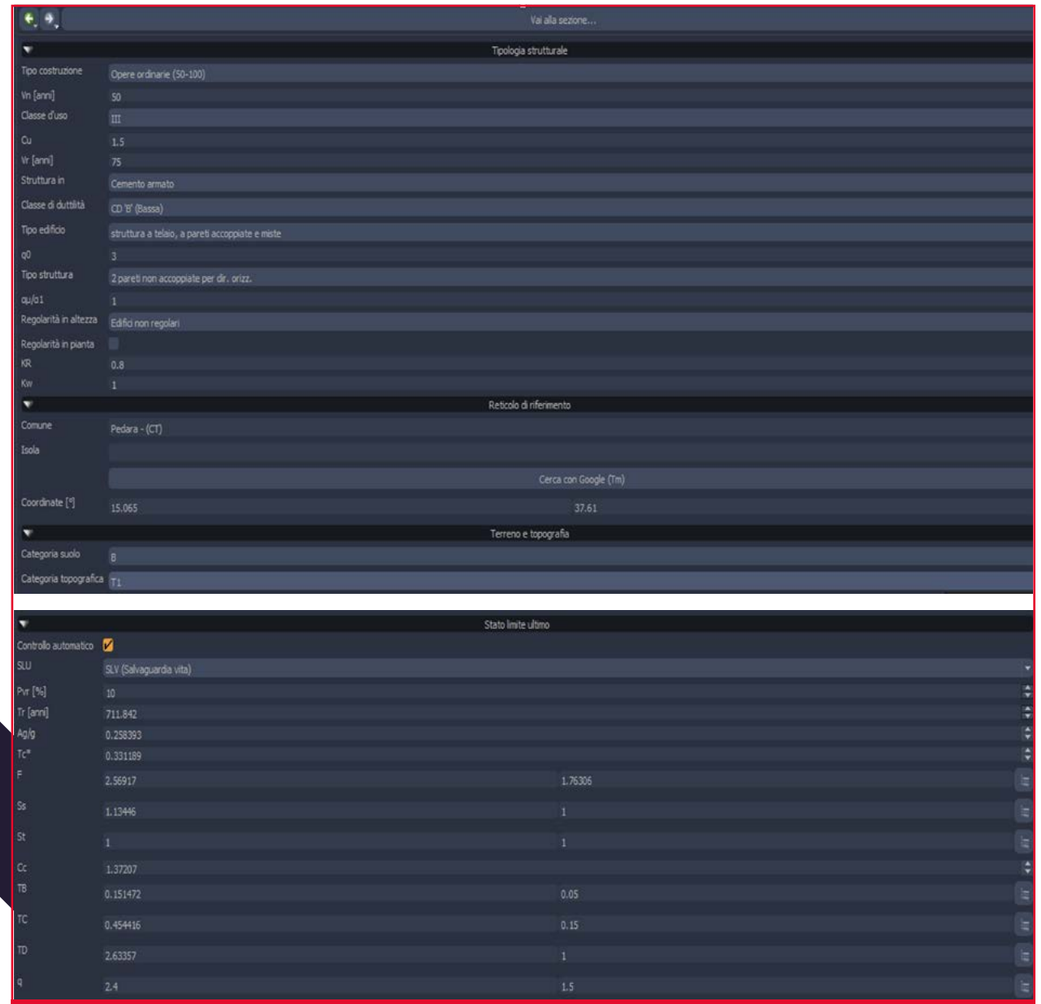
Avendo l'edificio uno sbalzo di circa 10.00 mt (9.50ml) ai sensi del punto del D.M. 17 gennaio 2018 si è considerata nel calcolo la componente verticale del Sisma.

Fattore di comportamento dell'edificio in esame (Sisma Orizzontale)

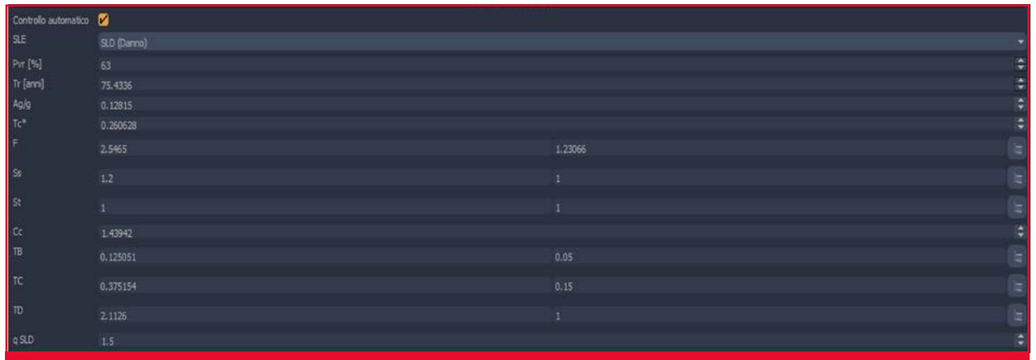
Si riportano di seguito lo spettro di progetto utilizzato per il fabbricato in oggetto e le relative schermate



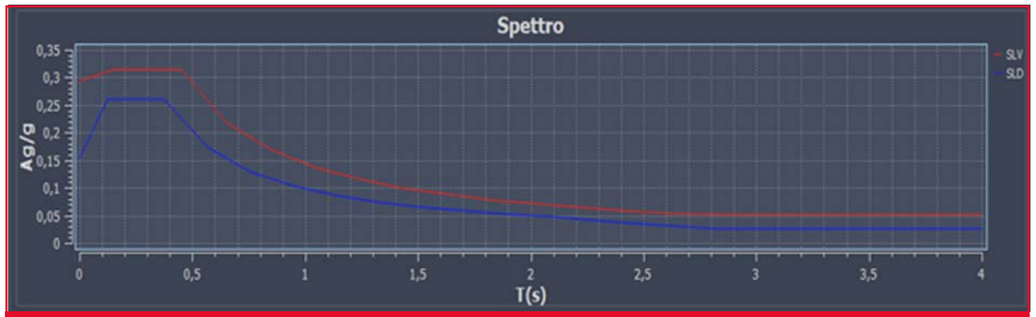
/ Figura 2 / Assonometria senza muri



/ Figura 3 / SLV



/ Figura 4 / SLD



/ Figura 5 / Spettro SLV-SLD - Fattori di comportamento: SLV q=2.4 / SLD q=1.5

Come mostrato nella sopra riportata immagine, si è scelto di utilizzare per la struttura in esame un fattore di comportamento pari a q=2.40

Mentre il fattore di comportamento per SLD è: 1.50

Sisma verticale

In accordo con quanto espresso dal DM 17-01-2018 al punto la componente verticale deve essere considerata, in aggiunta a quanto indicato al § 3.2.3.1, anche in presenza di:

1) elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m,
2) elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m),
3) elementi a mensola di luce superiore a 4 m,
4) strutture di tipo spingente,
5) pilastri in falso,
6) edifici con piani sospesi,
7) ponti e costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2.

Nel caso in esame essendo in presenza di elementi a sbalzo con luce superiore ai 4.00 mt si è considerata nel calcolo la componente verticale del moto.

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale del Sisma è dato dalla seguente espressione definita in accordo allo spettro di risposta ela-

stico in accellerazione della conponente verticale

Lo spettro di risposta elastico in accellerazione della conponente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \le T < T_B \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$$

$$T_B \le T < T_C \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \qquad (3.2.10)$$

$$T_C \le T < T_D \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \le T \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right)$$

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accellerazone spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accellerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione.

$$F_v = 1{,}35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0{,}5} \qquad (3.2.11)$$

I valori di a_g, *Fo, S,* η, *sono definiti nel* § 3.2.3.2.1 per le componenti orizzontali; T_C e T_D, salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella Tabella 1

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

/ Tabella 1 / Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Per tenere conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella.

L'azione verticale va portata in conto in tutti questi casi purché l'accelerazione al sito nel periodo di riferimento superi il valore di 0.15 g. Le equazioni che definiscono lo spettro di risposta in accelerazione della componente verticale, hanno la stessa forma di quelle relative alla componente orizzontale: varia il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, che nel caso dell'azione orizzontale è un parametro di pericolosità del sito F_0.

Il fattore di amplificazione verticale F_V è definito in funzione di F_O attraverso la relazione sopra menzionata:

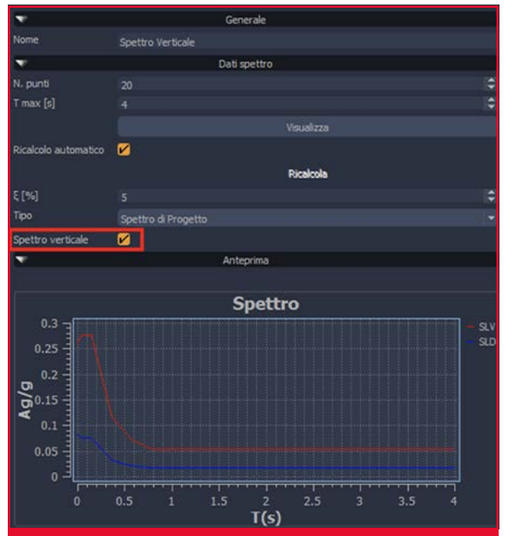
È da osservare che i parametri T_B, T_C e T_D non dipendono dalla sismicità del sito come per la componente orizzontale ma assumono valore pari rispettivamente a 0.05 s, 0.15 s e 1 s, indipendentemente dalla categoria di sottosuolo. Anche il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s è in tutti i casi pari a 1.

	COMPONENTE ORIZZONTALE	COMPONENTE VERTICALE
$0 \le T < T_B$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_O}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$	$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_O}\left(1 - \frac{T}{T_B}\right)\right]$
$T_B \le T < T_C$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O$	$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$
$T_C \le T < T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$	$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$
$T_D \le T$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right)$	$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right)$

Spettro verticale in IperSpace BIM

Per portare in conto, in fase di calcolo e analisi di una struttura in *IperSpace BIM*, la componente verticale dell'azione sismica, la corretta procedura da seguire è descritta di seguito.

In linea generale la filosofia di calcolo di *IperSpace BIM* è quella di **analizzare separatamente la condizione con sisma verticale e successivamente, combinare i risultati ottenuti con la condizione di sisma orizzontale 1.** Si creano due spettri di risposta in accelerazione: uno relativo alla componente orizzontale e uno per quella verticale; quest'ultimo si ottiene spuntando con un check, nella finestra delle proprietà ad esso associata, l'etichetta ***Spettro Verticale***.



/ Figura 6 / Creazione dello spettro verticale

Creazione dello spettro verticale

Successivamente si procede alla creazione di due ***Scenari di Calcolo***. Il primo, relativo alle azioni orizzontali, è lo stesso che si utilizzerebbe nel caso si portasse in conto solo la componente orizzontale, come avviene nella maggioranza dei casi, senza nessun tipo di modifica. Il secondo, a cui associare lo spettro verticale, deve essere caratterizzato da due combinazioni di carico, SLV e SLD, per ognuna della quali si deve impostare come tipologia di analisi rispettivamente *Modale Verticale STR* e *Modale Verticale SLE*.

Creazione dello scenario associato allo spettro verticale

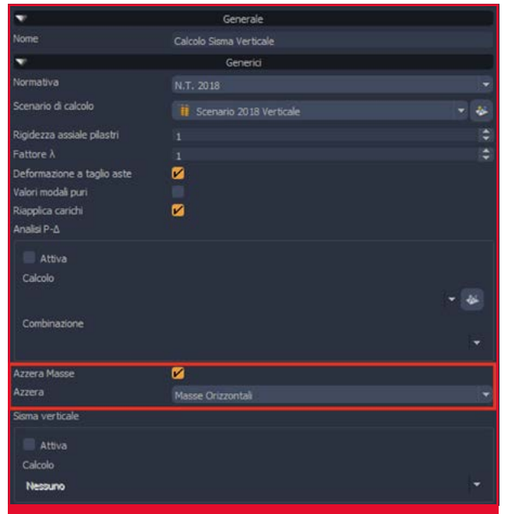
A questo punto, può essere lanciato il calcolo considerando **solo la presenza del sisma verticale**; chiaramente lo scenario da associare è il secondo tra i due definiti nello step precedente.

Conviene, in questa fase, azzerare le masse orizzontali all'interno delle proprietà del calcolo, in modo tale che questo risulti più veloce. I modi di vibrare della struttura, trattandosi di un'analisi agli autovalori e autovettori, sono ordinati in maniera inversamente proporzionale al periodo di vibrazione T: al primo modo di vibrare compete, infatti, periodo massimo T1 (*periodo fondamentale*, con $T_1 > T_2 > \ldots > T_N$). L'azzeramento delle masse, appena definito, fa sì che vengano direttamente esclusi i modi di vibrare orizzontali che risulterebbero quelli predominanti (poiché la deformabilità orizzontale è maggiore di quella verticale). Avremo quindi che, il numero di frequenze da eccitare per raggiungere l'85% delle masse partecipanti, sarà nettamente più basso.

Creazione del calcolo per sisma verticale

I risultati ottenuti da questa prima analisi devono essere combinati con quelli che si ottengono nel calcolo della struttura considerando il sisma orizzontale.

/ Figura 7 / Creazione dello scenario associato allo spettro verticale



/ Figura 8 / Creazione del calcolo per sisma verticale

Prima di lanciare questa seconda analisi, all'interno della finestra delle proprietà, deve essere attivato il *Sisma Verticale*, specificando a quale calcolo fare riferimento e scegliendo di azzerare le masse verticali.

Quest'ultimo passaggio non sarebbe necessario poiché i primi modi risulteranno comunque quelli orizzontali per la stessa motivazione spiegata al punto precedente.

Creazione del calcolo per sisma orizzontale + verticale

Tutti i risultati che si ottengono al termine di questo calcolo sono relativi alla condizione di sisma orizzontale associato a quello verticale; in automatico il numero di combinazioni sismiche, per tener conto che il baricentro delle masse può non coincidere con quello delle rigidezze, risulta essere pari a 64, il doppio del caso in cui il sisma verticale è ignorato.

Deformabilità torsionale

Per il corpo in progetto, si riporta di seguito la verifica del rispetto della condizione $r^2/ls^2>1$ al fine di verificare la rigidezza torsionale, che si traduce in comportamenti prevalentemente traslazionali, come visibile attraverso le immagini delle deformate riportate nei paragrafi conclusivi.

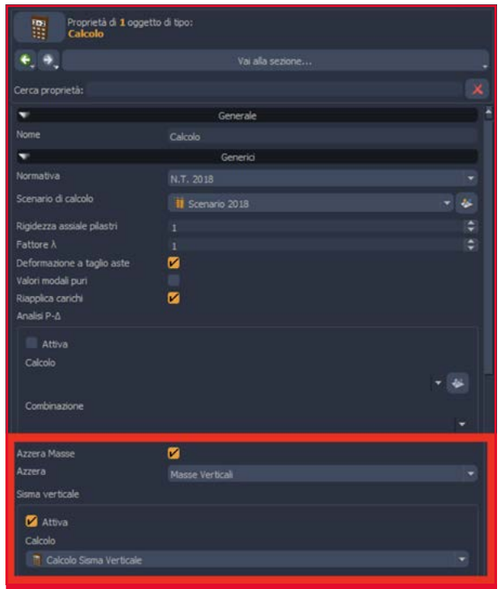
Tale rapporto, inoltre, indica il grado di sovrapposizione/corrispondenza tra il centro di massa e il centro di rigidezza del singolo piano. Tale corrispondenza, risulta fondamentale per ottenere i comportamenti traslazionali citati in precedenza.

Nel rapporto r^2/ls^2 compaiono:

• **r^2 = raggio torsionale al quadrato** è, per ciascun piano, il rapporto tra la rigidezza torsionale rispetto al centro di rigidezza laterale e la maggiore tra le rigidezze laterali, tenendo conto dei soli elementi strutturali primari, per strutture a telaio o a pareti (purché snelle e a deformazione prevalentemente flessionale), r^2 può essere valutato, per ogni piano, riferendosi ai momenti d'inerzia flessionali delle sezioni degli elementi verticali primari.

• **ls^2** = per ogni piano, è il rapporto fra il momento d'inerzia polare della massa del piano rispetto ad un asse verticale passante per il centro di massa del piano e la massa stessa del piano; nel caso di piano a pianta rettangolare **$ls^2 = (L^2 + B^2)/12$**, essendo L e B le dimensioni in pianta del piano.

Si riporta nell'ultima colonna della tabella di seguito riportata, il rapporto r^2/ls^2.



/ Figura 8 / Creazione del calcolo per sisma orizzontale + verticale

/ Figura 9 / Spostamento delle masse di impalcato

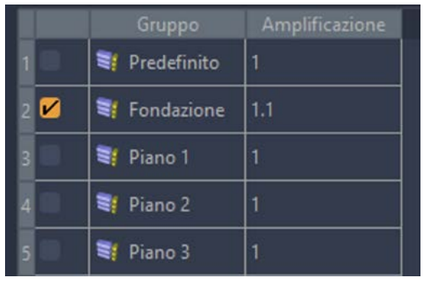
Centri di rigidezze:

Piano	Kx	Ky	Kxy	K	X	Y	$r^2/ls^2>=1$
	kg/cm	kg/cm	kg/cm	kg*cm/rad	cm	cm	
1	1.384371E07	1.414705E07	5.853123E05	5.343045E13	1189	-118	**2.171**
2	6.159889E06	5.512119E06	2.502102E05	1.597925E13	1625	-289	**2.371**
3	2.666237E05	2.074901E06	8.456970E04	2.034041E12	2458	845	**1.579**

Per il corpo in esame a tutti i piani il rapporto r^2/l_s^2 è maggiore di 1 per cui la struttura è torsionalmente robusta.

Fattore di sovra resistenza per le fondazioni

Per le fondazioni del suddetto corpo di fabbrica si è scelto di applicare il principio dello strengh ductility design ovvero sono state amplificate le sollecitazioni agenti sugli stessi del 10% applicando un fattore di amplificazione ari ad 1.10. Lo stesso fattore di amplificazione è stato applicato alla piastra di fondazione..



Azioni sulle strutture

Le azioni che sono state prese in considerazione sono conformi a quanto riportato nel D.M. 17.01.2018 e nella Circolare n.7/C.S.LL.P. del 21.01.2019, e precisamente sono:

· Peso Proprio, punto 3.1.2
· Sovraccarichi, punto 3.1.4
· Azione del vento, punto 3.3
· Azione della neve, punto 3.4
· Azioni della temperatura, punto 3.5
· Azione sismica, punti C7.3.3.2 - 2.4.2 - 3.2 - 7.3.3.2

Peso proprio, punto 3.1.2

Le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali e non strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dei pesi dell'unità di volume dei materiali cui sono realizzate rispettivamente le parti della costruzione. Per i materiali più comuni si utilizzano i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab.3.1.I della Normativa, riportata in Fig. 10.

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi presenti sulla costruzione durante il suo normale esercizio, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro.

Trattandosi di edifici residenziali il peso proprio degli elementi divisori interni si assume ragguagliato ad un carico permanente uniformemente distribuito.
.

Materiali	Peso unità di volume [kN/m³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
calcestruzzo ordinario	24,0
calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0÷20,0
calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0÷50,0
malta di calce	18,0
malta di cemento	21,0
calce in polvere	10,0
cemento in polvere	14,0
sabbia	17,0
Metalli e leghe	
acciaio	78,5
ghisa	72,5
alluminio	27,0
materiale lapideo	
tufo vulcanico	17,0
calcare compatto	26,0
calcare tenero	22,0
gesso	13,0
granito	27,0
laterizio (pieno)	18,0
legnami	
conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
Sostanze varie	
acqua dolce (chiara)	9,81
acqua di mare (chiara)	10,1
carta	10,0
vetro	25,0

/ Tabella 2 / Pesi dell'unità di volume dei principali materiali

Solai di progetto

Solaio da 25

Solaio in laterocemento - parte strutturale

Elemento	n. elementi	peso specifico [kN/m³]	Base [m]	Altezza [m]	lato 2 [m]	peso [kN/m²]	peso [kN/m²]
Caldana	1.00	25	0,05	1,00	1,00	1,25	125,00
Travetto	3.00	25	0.08	0,20	1,00	1,20	120,00
Pignatte	1.00	8	0.76	0,20	1,00	1,21	121,00
Sommario						3,66	**366,00**

Solaio intermedio in laterocemento -parte non strutturale

Elemento	n. elementi	peso specifico [kN/m³]	Spessore [m]	Lato 1 [m]	lato 2 [m]	peso [kN/m²]	peso [kN/m²]
Massetto	1.00	18	0.08	1,00	1,00	1,44	144,00
Pavimento	1.00	22	0.02	1,00	1,00	0,44	44,00
Intonaco	1.00	18	0.02	1,00	1,00	0,20	20,00
Controsoffitto				1,00	1,00	0,40	40,00
Incidenza tramezzature						1,20	120,00
Sommario					**totale**	**1,34**	**368,00**

Sovraccarichi magazzino
Si è considerato un sovraccarico di 600,00 Kg/mq

Solaio in laterocemento -parte strutturale h cm 30

Elemento	n. elementi	peso specifico [kN/m³]	Base [m]	Altezza [m]	lato 2 [m]	peso [kN/m²]	peso [kN/m²]
Caldana	1.00	25	0.1	1,00	1,00	1,50	150
Travetto	3.00	25	0.1	0,24	1,00	1,20	180,00
Pignatte	1.00	8	0.76	0,24	1,00	1,21	146,00
Sommario						**3,66**	**476,00**

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	**Ambienti ad uso commerciale**			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Sale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categiria d'uso servita		
E	**Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale**			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci relaive aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manufatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	Da valutarsi caso per caso		
F-G	**Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)**			
	Cat. F Rimesse per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggi di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi per caso e comunque non minori di 5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	**Coperture**			
	Cat. H Coperture pereticabili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H Coperture pereticabili di imbienti di categori d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per us speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

/ Tabella 3 /

Sovraccarichi, punto 3.1.4

I sovraccarichi, o carichi imposti, comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k
- carichi verticali concentrati Q_k
- carichi orizzontali lineari H_k

I valori nominali e/o caratteristici dei q_k, Q_k e H_k sono riportati nella Tab. 3.1.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	**Ambienti ad uso commerciale**			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Sale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categiria d'uso servita		
E	**Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale**			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci relaive aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manufatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	Da valutarsi caso per caso		
F-G	**Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)**			
	Cat. F Rimesse per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggi di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi per caso e comunque non minori di 5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	**Coperture**			
	Cat. H Coperture pereticabili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H Coperture pereticabili di imbienti di categori d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per us speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	**Ambienti ad uso residenziale**			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazioni e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	**Uffici**			
	Cat. B1 Uffici non apeerti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	**Ambienti suscettibili di affolamento**			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attese, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffucu, ad alberghi e ospedali , ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzi per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

/ Tabella 3.1 / Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

In riferimento alla struttura in progetto, tra i possibili sovraccarichi riportati nella sopra citata tabella, bisogna considerare i seguenti:

Azione del Vento, punto 3.3

Per il calcolo dell'azione del vento bisogna innanzitutto identificare le caratteristiche del sito, al fine di poter procedere al calcolo di tale azione, così come previsto all'interno della Normativa.

a_s: Altitudine sul livello del mare del sito= 540 m slm

Zona4: Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0[m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	100	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiune Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiune Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguaria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

/ Tabella 4 / Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0, k_0

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superificie sia coperto da edifici la cui altezzamedia supera i 15m
B	Aree urhbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1km) e relativa fascia costirera (entro 1km dalla costa) c) Aree prove di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,...)

/ Tabella 5 / Classi di rugosità del terreno

Zona vento	$V_{b,0}$ (m/s)	a_0 (m)	K_a (1/s)
4	28	500	0,020

Categoria di esposizione	K	z_0 (m)	z_{min} (m)
2	0,19	0,05	4

Altitudine:	a_s = 540m s.l.m.	
Distanza dalla costa:	terra - entro 10km	
Classe di rugosità terreno:	C	
Altezza manufatto:	h=5.00 m	
Periodo di ritorno:	T_R= 50.0 anni => C_R = 0.75 {1-0.2ln[-ln(1-1/TR)]}0.5=1.00	
Velocità di riferimento del vento:	V_b=Vb,0 V_b=$V_{b,0}$ + K_a (a_s-a_0) V_b = 28.800 m/s $V_b(T_R)$ = C_R V_b = 28.821 m/s	per $a_s \leq a_0$ per $a_s > a_0$
Coefficiente dinamico:	C_d = 1.00	
Coefficiente di forma:	C_p = 0.80	
Coefficiente di attrito:	C_f = 0.02	
Coefficiente di topografia:	C_t = 1.00	
Coefficiente di esposizione:	$C_e(z)$ = K2 Ct ln(z/z0) [7 + Ct ln(z/z0)] $C_e(z)$ = Ce(zmin) $C_e(z)$ = 1.93	per $z \geq zmin$ per $z < zmin$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione.

La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$\mathbf{p} = q_b\, C_e\, C_p\, C_d$ = 801.30 Pa=80.13 Kg/mq

dove,

$\mathbf{q_b}$ = 1/2 ρ v_b^2: è la pressione cinetica di riferimento;

ρ = 1,25 Kg/m^3: è la densità dell'aria.

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è:

$\mathbf{p_f} = q_b\, C_e\, C_f$ = 20.03 Pa

C_E = 1.0: Coefficiente di esposizione

C_t = 1.0: Coefficiente termico

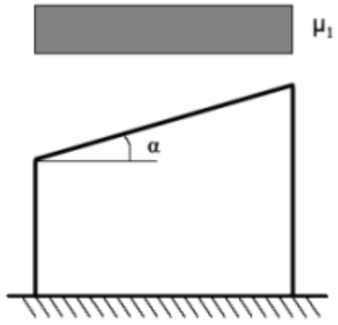
q_{sk} = 1.15: KN/m^2 Carico neve al suolo

Nel caso in esame (copertura ad una falda), con:

α = 15.00°

il coefficiente di forma vale:

$\mu_1(\alpha)$ = 0.80 => q_s = 0.92 KN/m^2



Azione della Neve, punto 3.4

Provincia: Catania

Zona: 3

Altitudine as: 540 m s.l.m.

Esposizione: Normale

Periodo di ritorno: 50 anni

Il carico neve sulle coperture viene valutato con la seguente espressione:

$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$ KN/m^2

dove:

μ_i: Coefficiente di forma della copertura

Modi di Vibrare

Iperspace BIM a valle dell'analisi dei modi di vibrare ha consegnato il relativo tabulato mostrando che per ciascuna delle 4 posizioni delle masse, il numero di frequenze prese in conto, è stato adeguato ad eccitare una percentuale di massa superiore al 90%, maggiore delll'85%, valore ritenuto sufficiente dalle norme per considerare l'analisi significativa.

Situazione problematica sorta - Quale modello?

In prima battuta, potremmo modellare la struttura così com'è. Iperspace BIM ci restituire tutti i modi di vibrare della struttura (numero variabili a seconda del filtro masse impostato a 0,1% di default). In effetti siamo interessati solamente ad alcuni di essi, quelli che riteniamo "significativi", utili a comprendere se e come funziona la struttura. Nel nostro caso, ad esempio, è stato eseguito un primo calcolo modellando tutto così come si trova nell'architettonico. Per eccitare più dell'85% della massa, è stato necessario considerare 175 modi di vibrare.

Di questi, lasciando il filtro masse di default, il software ne ha filtrate un numero variabile in un range compreso tra 50 e 70, secondo la posizione delle masse. Vediamo la qualità di tali modi, limitandoci per brevità ai primi quindici.

Periodi di vibrazione e Masse modali

Posizione masse 1

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.2847	163.653	-27.246	262643	7280	11.16	0.31
2(2)	0.2804	-35.816	-72.199	12580	51120	0.53	2.17
3(3)	0.2170	-110.103	0.733	118883	5	5.05	0.00
4(4)	0.1918	-0.857	-19.309	7	3656	0.00	0.16
5(5)	0.1884	74.879	-13.096	54984	1682	2.34	0.07
6(6)	0.1543	25.485	-180.806	6369	320588	0.27	13.62
7(7)	0.1501	87.528	-303.837	75130	905317	3.19	38.47
8(8)	0.1491	-64.933	-107.719	41348	113791	1.76	4.84
9(10)	0.1469	58.716	26.626	33809	6953	1.44	0.30
10(11)	0.1261	71.759	-93.612	50498	85937	2.15	3.65
11(12)	0.1176	-283.169	-50.901	786343	25409	33.42	1.08
12(13)	0.1122	-113.779	-42.868	126953	18021	5.40	0.77
13(14)	0.1102	-43.217	-5.787	18316	328	0.78	0.01
14(15)	0.1012	28.564	9.685	8001	920	0.34	0.04
15(16)	0.0934	16.924	10.452	2809	1071	0.12	0.05

Posizione masse 2

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1	0.2952	156.566	-29.122	240388	8317	10.22	0.35
2	0.2845	-42.582	-66.154	17782	42918	0.76	1.82
3	0.2165	-118.045	4.742	136652	220	5.81	0.01
4	0.1943	-73.253	7.490	52623	550	2.24	0.02
5	0.1918	-17.386	19.420	2964	3698	0.13	0.16
6	0.1599	9.795	-42.524	941	17733	0.04	0.75
7	0.1594	-77.531	10.703	58949	1123	2.51	0.05
8	0.1544	-19.813	163.676	3850	262718	0.16	11.16
9	0.1511	-56.673	324.403	31498	1032024	1.34	43.86
10	0.1429	80.852	13.061	64106	1673	2.72	0.07
11	0.1288	72.953	-112.375	52192	123840	2.22	5.26
12	0.1190	-283.422	-56.608	787751	31425	33.48	1.34
13	0.1121	-74.147	-35.986	53914	12699	2.29	0.54
14	0.1085	-29.952	-21.810	8798	4665	0.37	0.20
15	0.1038	35.439	12.377	12317	1502	0.52	0.06

Posizione masse 3

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.3102	154.393	-11.222	233763	1235	9.93	0.05
2(2)	0.3007	-3.047	-72.283	91	51238	0.00	2.18
3(3)	0.2264	91.319	-6.050	81778	359	3.48	0.02
4(4)	0.2219	115.158	-3.129	130049	96	5.53	0.00
5(6)	0.1822	-77.565	-0.827	58999	7	2.51	0.00
6(7)	0.1741	68.529	-2.734	46054	73	1.96	0.00
7(8)	0.1711	1.433	-38.974	20	14896	0.00	0.63
8(10)	0.1519	-53.195	366.235	27750	1315347	1.18	55.90
9(11)	0.1259	71.284	-83.555	49831	68465	2.12	2.91
10(12)	0.1196	-251.978	-14.910	622652	2180	26.46	0.09
11(13)	0.1143	-24.457	16.746	5866	2750	0.25	0.12
12(14)	0.1118	-166.907	-62.865	273194	38756	11.61	1.65
13(15)	0.1056	27.129	14.143	7218	1962	0.31	0.08
14(16)	0.0990	-22.660	-18.920	5036	3511	0.21	0.15
15(17)	0.0975	51.902	-8.050	26417	636	1.12	0.03

Posizione masse 4

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=29

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
1(1)	0.3005	147.835	16.752	214327	2752	9.11	0.12
2(2)	0.2960	54.289	-75.648	28903	56120	1.23	2.38
3(3)	0.2225	-135.496	1.462	180041	21	7.65	0.00
4(4)	0.2213	-47.204	5.915	21852	343	0.93	0.01
5(5)	0.1922	-6.978	16.749	478	2751	0.02	0.12
6(6)	0.1871	-76.007	-0.399	56654	2	2.41	0.00
7(7)	0.1698	0.348	44.883	1	19756	0.00	0.84
8(8)	0.1628	-71.042	5.143	49494	259	2.10	0.01
9(9)	0.1513	53.848	-367.593	28435	1325118	1.21	56.31
10(10)	0.1506	-6.478	23.124	412	5244	0.02	0.22
11(11)	0.1230	90.064	-68.496	79547	46010	3.38	1.96
12(12)	0.1190	-227.536	-16.690	507714	2732	21.58	0.12
13(13)	0.1139	146.217	42.883	209660	18034	8.91	0.77
14(14)	0.1119	147.712	31.854	213969	9951	9.09	0.42
15(15)	0.1048	17.421	11.201	2976	1230	0.13	0.05

Sisma Verticale

Numero di Frequenze calcolate =30, filtrate=19

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
		SVert.	SVert.	SVert.
1(2)	0.2954	-125.700	154949	5.48
2(8)	0.1670	-17.097	2867	0.10
3(9)	0.1626	28.119	7754	0.27
4(13)	0.1233	74.906	55025	1.95
5(14)	0.1146	-58.754	33853	1.20
6(15)	0.1090	199.366	389785	13.78
7(16)	0.1059	-140.847	194543	6.88
8(17)	0.0981	-58.597	33672	1.19
9(19)	0.0923	73.611	53139	1.88
10(20)	0.0915	114.122	127719	4.52
11(21)	0.0875	46.749	21432	0.76
12(22)	0.0862	88.961	77611	2.74
13(23)	0.0833	-26.234	6749	0.24
14(24)	0.0806	111.777	122525	4.33
15(25)	0.0791	195.346	374221	13.23

Conclusioni

Si riportano di seguito, rispettivamente al corpo in progetto, le immagini delle sollecitazioni e delle deformate per le principali combinazioni di carico, quali: carichi permanenti, combinazioni sismiche allo Stato Limite di salvaguardia della Vita e in particolar modo per le deformate le combinazioni sismiche allo Stato Limite di Danno.

Per il fabbricato in esame è stato eseguito il calcolo della struttura sia in c.a. sia in acciaio da Progetto.

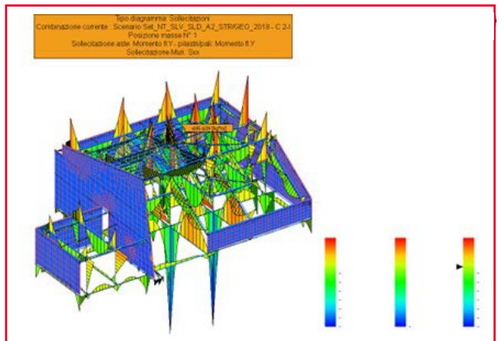
Le immagini riportate di seguito mostrano come l'edificio in oggetto, sottoposto sia a carichi verticali e sia alle differenti combinazioni sismiche abbia un comportamento perlopiù traslazionale, come già evidenziato nel paragrafo "Deformabilità torsionale".

Dalle immagini seguenti è possibile anche osservare le deformate nel caso di combinazioni sismiche allo SLD. Tali deformate, con i valori che ne derivano, sono state utilizzate per verificare il rispetto dei limiti deformativi previsti dalla Normativa e dal punto "C4.1.2.2.2 Stato limite di deformazione" della Circolare. In particolare, ad esempio, per il punto sommitale dell'edificio si ha uno spostamento inferiore rispetto a 1/500 dell'altezza e 1/350 per le deformate verticali.

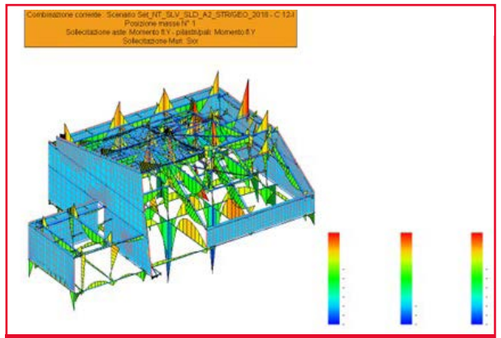
Tutti gli elementi del corpo in oggetto risultano verificati come riportato e dettagliato all'interno degli elaborati di calcolo allegati.

Sollecitazioni

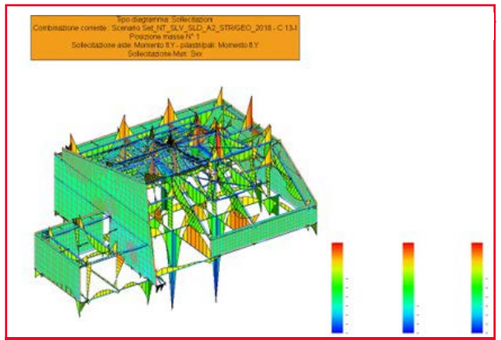
Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni flessionali per il corpo di fabbrica per le condizioni di carico più comuni e significative.



/ Figura 10 / Sollacitazione momento flettente per carichi verticali



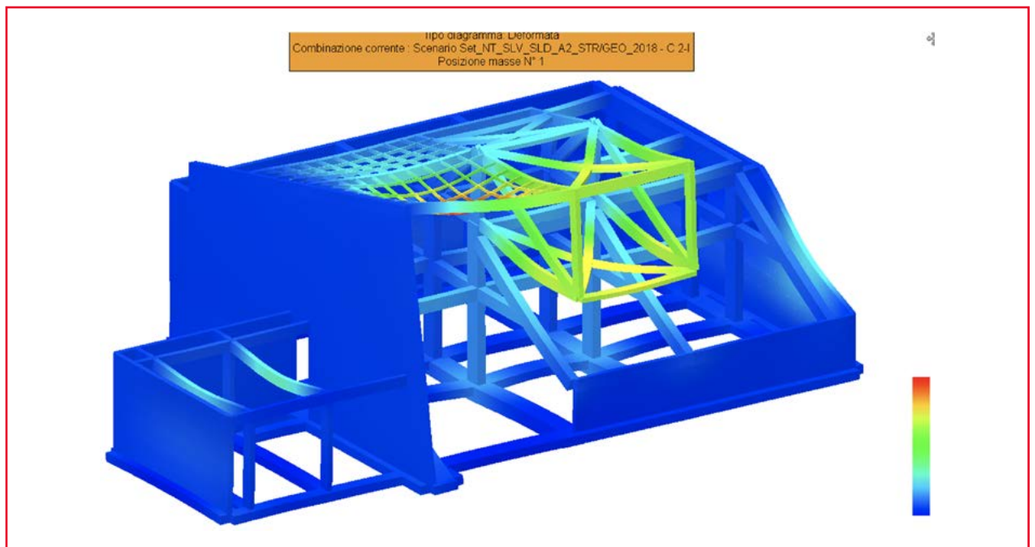
/ Figura 11 / Sollacitazione momento flettente per combinazione SISMA X



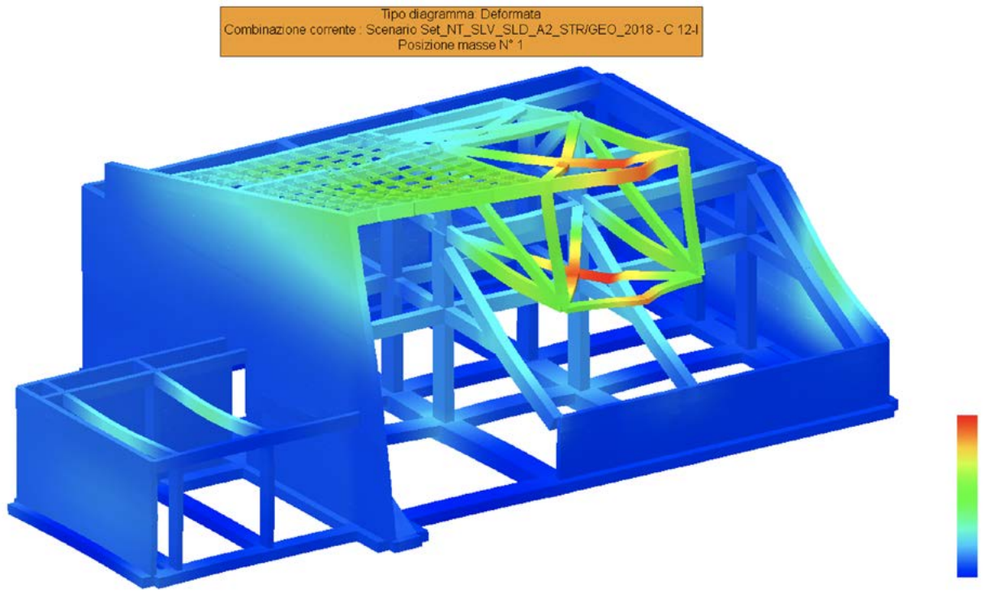
/ Figura 12 / Sollacitazione momento flettente per combinazione SISMA Y

Deformante

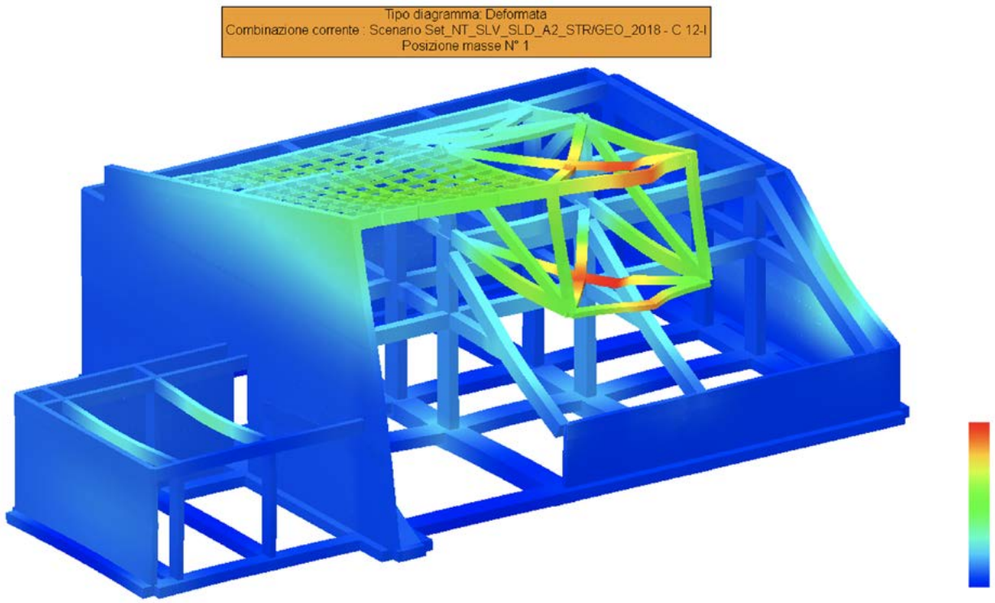
Si riportano di seguito le deformate per il corpo di fabbrica per le condizioni di carico più comuni e significative.



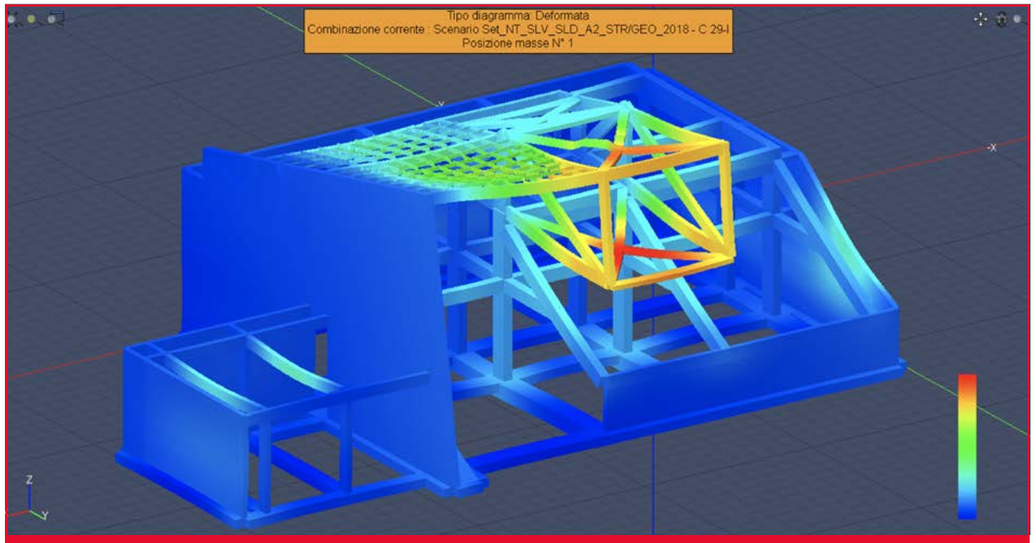
/ Figura 13 / Deformata per carichi verticali



/ Figura 14 / Deformata per SISMA X SLV



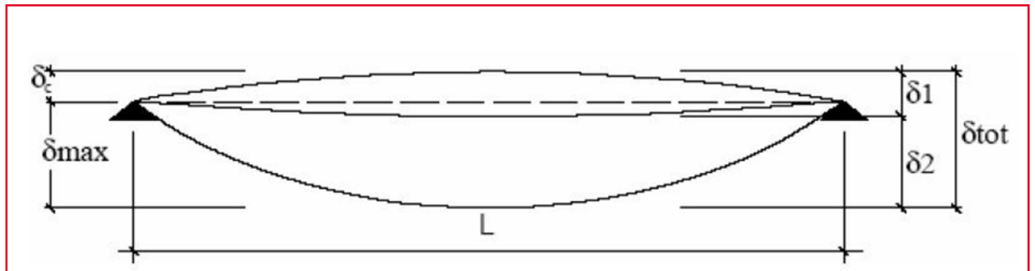
/ Figura 15 / Deformata Sisma Y SLV



/ Figura 16 / Deformata Sisma Y SLD

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento (Fig. 17) è definito come

$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$



/ Figura 17 / Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

δ_c = la monta iniziale della trave,

δ_1 = lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 = lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} = lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_C$.

Nel caso di coperture, solai e travi di edifici ordinari, i valori limite di δ_{max} è δ_2, riferiti alle combinazioni caratteristiche delle azioni, sono espressi come funzione della luce L dell'elemento.

I valori di tali limiti sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle caratteristiche degli elementi strutturali e non strutturali gravanti sull'elemento considerato, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 6, dove L è la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

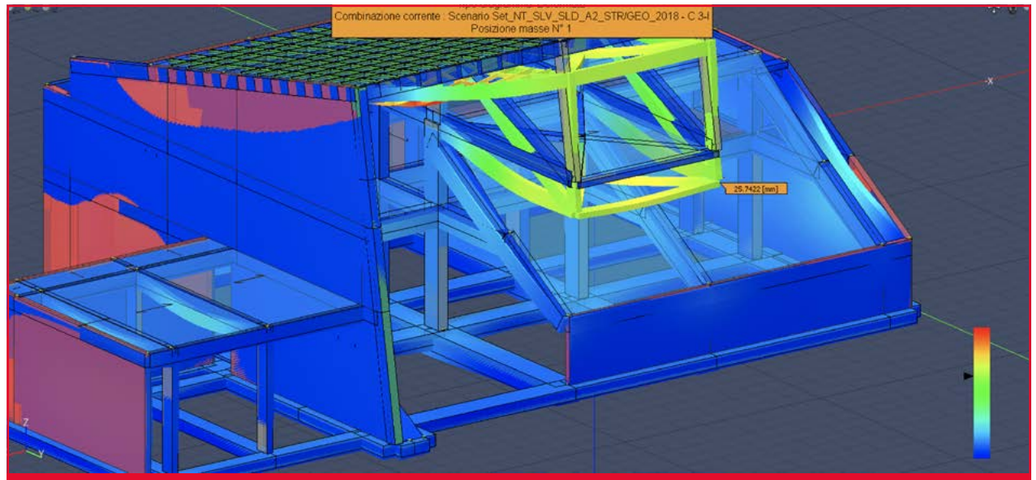
Nel caso in esame lo sbalzo ha lunghezza di 950mm suppomendo di imporre un limite di 1/350 luce lo spostamento massimo sarebbe 9500/350=27.1 mm

Nel caso in esame il massimo spostamento verticale è pari ad δ_{max}=25.74mm<δ_{adm}=27.1mm.

Per cui la verifica degli spostametni massimi si intende soddisfatta.

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunatamente ridotti.		

/ Tabella 6 / Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie



/ Figura 18 /

/ Figura 19 / Foto del cantiere

/ Figura 20 / Foto del cantiere

/ Figura 21 / Foto del cantiere

TEKNO

NUOVO SERVIZIO ASSISTENZA TECNICA

ASSISTENZA DA PROFESSIONISTI
PER PROFESSIONISTI

LE SOLUZIONI CHE CERCHI PER I TUOI CALCOLI

Con TEKNO, il servizio di assistenza tecnica, Soft.Lab ti offre un supporto pratico, veloce e completo per affiancarti nella tua attività di progettazione strutturale. Il servizio è svolto da una ***unit interna all'azienda composta da ingegneri civili strutturisti*** *di grande esperienza e di comprovata affidabilità nell'utilizzo dei nostri software.*

Puoi scegliere tra tre diversi piani di abbonamento annuale a TEKNO con prezzi contenuti e servizi pensati per soddisfare ogni esigenza progettuale.

GUIDA AL TUO SERVIZIO DI ASSISTENZA TECNICA

		SILVER	GOLD	PLATINUM
MODALITÀ DI EROGAZIONE DEL SERVIZIO	Orario servizio: 5/5 giorni 8/8 ore al giorno	✓	✓	✓
	Assistenza attraverso ticket helpdesk	✓	✓	✓
	Assistenza telefonica dalle 15:30 alle 17:30	●	✓	✓
SERVIZI COMPRESI	Supporto all'installazione dei software anche tramite assistenza remota	✓	✓	✓
	Supporto generico sull'utilizzo del software	✓	✓	✓
	Assistenza attraverso collegamento pc via desktop sharing	●	●	✓
	Supporto per la creazione del modello strutturale, analisi e calcolo	●	✓	✓
	Supporto per il controllo dei risultati di calcolo	●	●	✓
	Interpretazione della normativa tecnica	●	●	✓
	Invio del file della struttura per esplicitare meglio la problematica	●	✓	✓
	Invio del file della struttura e successivo reinvio corretto e/o check	●	●	✓
COSTO		~~150,00€~~ + IVA/anno **120,00€** + IVA/anno (possibilità illimitata di inviare ticket)	~~400,00€~~ + IVA/anno **350,00€** + IVA/anno (possibilità illimitata di inviare ticket + carnet di 5 telefonate)	~~500,00€~~ + IVA/anno **400,00€** + IVA/anno (possibilità illimitata di inviare ticket + carnet di 6 telefonate /invii file)

SCOPRI DI PIÙ SUL SERVIZIO

TEKNO for BUSINESS

Tekno for Business è il servizio esclusivo che consente la realizzazione da parte di una nostra unit interna di una progettazione strutturale completa.

La progettazione strutturale sarà realizzata mediate i nostri software IperSpace BIM e IperWall.

VERIFICHE DI RIGIDEZZA E RESISTENZA DEGLI IMPALCATI

Nell'effettuare un calcolo sismico di una struttura, molto spesso, si ricorre alle ipotesi di impalcato rigido nel proprio piano: in tal modo l'onere di calcolo si riduce notevolmente poiché si riducono a tre i gradi di libertà dell'intero implacato (due traslazioni orizzontali e una rotazione intorno all'asse verticale).

Tale semplificazione comporta che lo spostamento orizzontale risulta essere lo stesso per tutti i punti dell'implacato o, analogamente, presi due punti, la loro distanza, a deformazione avvenuta resta immutata.

L'ipotesi di impalcato rigido, continuo e indeformabile, tale da costituire un vincolo tra i vari nodi della struttura, fa sì che l'azione sismica si ripartisca sugli elementi struttura in base alla loro rigidezza e non per aree di scarico dei solai, come avverrebbe in caso di impalcato deformabile.

L'analisi strutturale risulta molto più semplice, poiché è possibile considerare per ogni impalcato direttamente l'azione sismica complessiva, che risulta proporzionale alla massa dell'impalcato stesso.

Indicazioni normative sulla rigidezza

La normativa fornisce delle indicazioni affinché un impalcato possa considerarsi rigido nel proprio piano. Si tratta di indicazioni qualitative, piuttosto che quantitative. Infatti, come riportato al §7.2.6. "a meno di specifiche valutazioni e purché le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidezza, gli orizzontamenti piani possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano medio a condizione che siano realizzati in calcestruzzo armato, oppure in latero-cemento con soletta in calcestruzzo armato di almeno 40 mm di spessore, o in struttura mista con soletta in calcestruzzo armato di almeno 50 mm di spessore collegata agli elementi strutturali in acciaio o in legno da connettori a taglio opportunamente dimensionati."

Ulteriore precisazione è riportata al §C7.2.6 della Circolare Applicativa. "Gli orizzontamenti devono essere dotati di opportuna rigidezza e resistenza nel piano ed essere collegati in maniera efficace alle membrature verticali che li sostengono, affinché possano assolvere la funzione di diaframma rigido ai fini della ripartizione delle forze orizzontali tra le membrature verticali stesse. Particolare attenzione va posta quando abbiano forma molto allungata o comunque non compatta; in quest'ultimo caso, occorre valutare se le aperture presenti, specie se localizzate in prossimità dei principali elementi resistenti verticali, non riducano significativamente la rigidezza. "

In **IperSpaceBIM** è possibile intervenire sulle caratteristiche di rigidezza degli implacati in tre modi diversi:

- in fase di definizione dei singoli **solai di piano;**
- nella scelta delle **proprietà del calcolo;**
- nella caratterizzazione degli **impalcati di calcolo.**

Di default in **IperSpaceBIM**, l'utente può scegliere di considerare deformabile:

- un solo campo di solaio mediante il check *solaio deformabile*, presente nelle proprietà dell'oggetto solaio tipo (Figura1);
- un intero impalcato, agendo nelle proprietà degli implacati di calcolo (Figura2);
- tutti gli impalcati della struttura, modificando il Tipo nella sezione Impalcati delle proprietà del calcolo (Figura3).

In **IperWallBIM** invece ogni impalcato viene considerato con l'effettiva rigidezza, calcolata a partire dalla geometria e dalle caratteristiche dei materiali che lo costituiscono.

/ Figura 1 /

/ Figura 2 /

/ Figura 3 /

La norma da un lato fornisce indicazioni sulla geometria dell'impalcato e dall'altro indica le tecnologie costruttive e le dimensioni minime di validità dell'ipotesi di infinita rigidezza nel piano.

Un forte restringimento della pianta dell'impalcato fa sì che si creino delle zone più deboli, che risultano maggiormente deformabili. Ad una deformazione più accentuata in alcuni punti, corrisponde una variazione di forma dell'impalcato stesso

A meno di particolari accorgimenti che evitino l'insorgete di sollecitazioni eccessive nei punti più deboli, l'impalcato non si sposterà rigidamente e l'attendibilità dell'ipotesi di indeformabilità del piano risulta compromessa.

La norma fornisce delle indicazioni di carattere generale: andrebbe verificato, caso per caso, che sussistano le condizioni affinché l'impalcato non si deformi eccessivamente nel proprio piano.

Basti pensare al caso in cui gli elementi verticali irrigidenti non siano distribuiti uniformemente in pianta oppure, nel caso di strutture in muratura o a pareti, gli elementi portanti siano già molto rigidi, resistenti e ammorsati fra loro.

È sempre la Circolare del 2019 a stabile che "gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano se, modellandone la deformabilità nel piano, le variazioni degli spostamenti di tutti i punti appartenenti al piano in esame non differiscono tra loro per più del 10%. Tale condizione può ritenersi generalmente soddisfatta nei casi specificati nelle NTC salvo porre particolare attenzione quando gli orizzontamenti siano sostenuti da elementi strutturali verticali (per es. pareti) di notevole rigidezza e resistenza."

Calcolo della rigidezza di un impalcato

Per quanto l'impalcato possa essere rigido, comunque subirà una deformazione che si riflette sullo spostamento dell'intera struttura. La variazione di spostamento deve essere tale da non aumentare le sollecitazioni sugli elementi portanti, rispetto all'ipotesi limite di diaframma infinitamente rigido nel piano.

La verifica consiste, in pratica, nel controllare che la deformazione dell'impalcato sia almeno dieci volte più piccola rispetto allo spostamento relativo di piano, ottenuto dall'analisi. Si tratta pertanto, di una verifica che può essere effettuata a valle del calcolo e qualora non risulti soddisfatta è necessario ri-calcolare la struttura considerando gli impalcati deformabili.

Mentre il calcolo dello spostamento relativo di pia-

no è abbastanza semplice, per l'impalcato è più complesso poiché è necessario definire uno schema di calcolo che tenga conto della geometria, della tecnologia costruttiva e dei vincoli effettivi che la struttura esplica nei confronti dello stesso. È indispensabile, inoltre, definire anche uno schema di carico, rappresentativo dell'azione orizzontale sismica.

La valutazione della rigidezza del solaio può essere effettuata in maniera rigorosa discretizzando lo stesso attraverso un metodo FEM. Ad esempio, un solaio in calcestruzzo armato, nei confronti dell'azione orizzontale può essere modellato come una lastra nervata, nella quale la soletta costituisce l'elemento principale e i travetti la nervatura. Modellando il diaframma con la sua reale deformabilità, al termine del calcolo gli spostamenti ottenuti saranno più accurati e prossimi all'effettivo comportamento dell'intera struttura.

Chiaramente, in questo caso, la modellazione sarà più laboriosa e l'onere computazionale maggiore; il vantaggio principale è che non sarà necessario procedere ad una verifica di attendibilità dell'ipotesi di infinita rigidezza nel piano.

Un secondo metodo, più semplice, per modellare i solai con la loro effettiva rigidezza, prevede l'inserimento di bielle equivalenti (metodo SAM). In questo caso è necessario definire le caratteristiche di rigidezza e deformabilità della biella, che si suppone vincolata ai nodi attraverso cerniere, in modo da non trasmettere momenti a travi e pilastri.

Le dimensioni geometriche della biella si calcolo uguagliando la sua rigidezza assiale K_b a quella del solaio K_s; quest'ultima può essere valutata mediante la seguente formula semplificata:

$$K_s = \frac{1}{\frac{L^3}{12\,E\,I} + \frac{\chi\,L}{A\,G}}$$

dove: L è la lunghezza del solaio in direzione ortogonale a quella del sisma, E e G i moduli di elasticità longitudinale e a taglio del materiale che costituisce il solaio, I ed A rispettivamente il momento di inerzia e l'area della sezione e χ il fattore di taglio-

Noto K_s, si eguaglia a K_b e si determina l'area Ab della sezione della biella.

$$K_b = \frac{E\,A_b}{L_b}$$

In cui L_b è la lunghezza della biella, il cui valore dipende dalla geometria del solaio.

Alternativamente si modella il solaio come rigido e separatamente, al termine del calcolo globale, si effettua la verifica di rigidezza.

Un metodo approssimato, ma veloce, per effettuare la verifica di rigidezza, consiste nel considerare il solaio come una trave appoggiata, soggetta ad un carico distribuito q ottenuto dividendo la forza orizzontale di piano per la lunghezza L del solaio.

La deformazione massima, che si ottiene tenendo conto anche della deformabilità tagliante dell'elemento, vale:

$$f = \frac{5}{384}\frac{qL^4}{E\,I} + \frac{\chi\,qL^2}{8\,G\,A}$$

Affinché la verifica sia soddisfatta, per ogni impalcato deve risultare:

$$\Delta f \leq \frac{\delta}{10}$$

dove Δf è la variazione di deformazione dell'impalcato rispetto a quello inferiore e δ lo spostamento relativo di piano.

Indicazioni per le verifiche di resistenza

Indipendentemente che l'impalcato possa essere considerato rigido o deformabile, si deve effettuare una verifica di resistenza, controllando che sia in grado di sopportare le sollecitazioni sismiche e quindi trasmetterle agli elementi verticali che compongono l'ossatura della struttura.

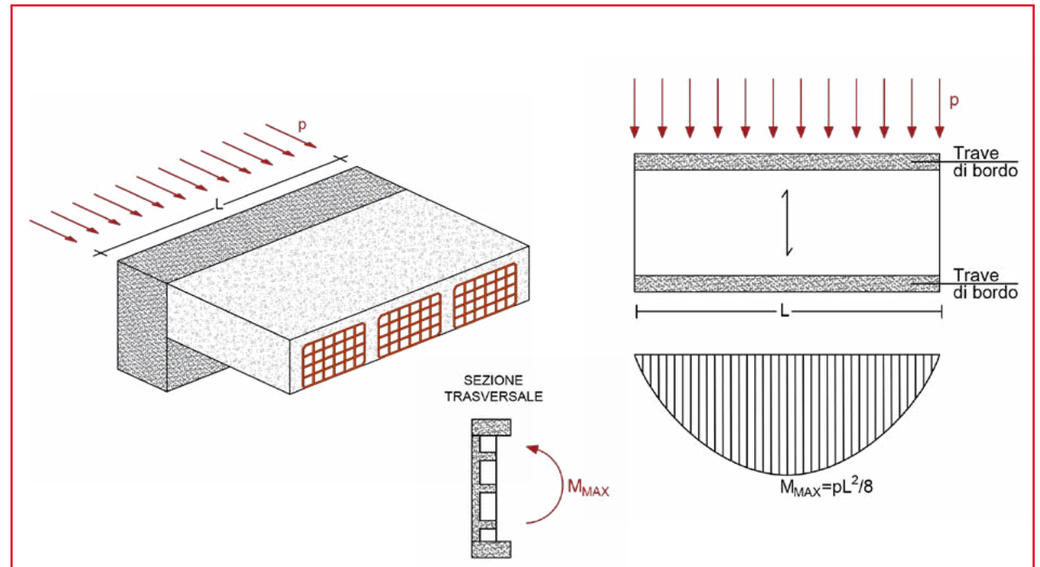
Infatti, come specificato al §7.4.4.4.1 delle NTC 2018, "Gli orizzontamenti devono essere in grado di trasmettere le forze ottenute dall'analisi, aumentate del 30%". Questo significa che l'impalcato deve essere progettato in moda tale da resistere ad una sollecitazione data dal tagliante di piano incrementato del 30%.

Anche in questo caso, come per le verifiche di rigidezza, la metodologia di analisi dipende della schematizzazione adottata.

Nel caso in cui si sceglie di adottare il modello di lastra l'impalcato risulta sollecitato da un carico distribuito per unità di superficie [F/L²], dato dal rapporto tra il tagliante di piano e la superficie del solaio.

Si procede determinando le tensioni principali e la verifica consiste nel controllare che la tensione di compressione sia inferiore alla resistenza a compressione del calcestruzzo e che l'armatura disposta nella soletta sia sufficiente ad assorbire la trazione.

Un modello più semplificato consiste nel considerare il solaio come una trave, caratterizzata da una dimensione prevalente, e appoggiata alle estremità del telaio.



/ Figura 4 /

Quanto più il solaio è vincolato ad elementi molto più rigidi (per esempio pareti o telai con tamponamenti), tanto più lo schema di comportamento dell'implacato si avvicina effettivamente a quello di una trave appoggiata.

Il modello di calcolo prevede una trave di lunghezza pari a quella del solaio, corrispondente alla dimensione ortogonale alla direzione di applicazione della forza sismica, soggetta ad un carico distribuito [F/L] dato dal rapporto tra tagliante di piano e lunghezza del solaio stesso (Figura 4).

Considerando lo schema di trave appoggiata, detto p il carico distribuito e *L* la lunghezza del solaio, il massimo momento vale $M_{max}=pL^2/8$ mentre il taglio massimo assume valore pari a $T_{max}=pL/2$.

La verifica, coerentemente con l'ipotesi di materiale omogeneo, andrebbe condotta considerando la sezione interamente reagente, portando in conto sia la soletta che gli altri elementi in calcestruzzo (travi e travetti).

In maniera ancora più semplificata si può considerare la sezione parzializzata e affidare il momento alle travi perimetrali, ortogonali alla direzione di applicazione del sisma, e il taglio alla soletta.

Il meccanismo è simile alla verifica di una sezione a doppia T in acciaio, in cui l'anima è deputata all'assorbimento del taglio e le ali all'assorbimento del momento flettente.

Quest'ultimo schema di calcolo fa si che le travi perimetrali siano soggette a sforzi di trazione/compressione che dovranno essere sommati alle sollecitazioni derivanti dall'analisi globale dell'intera struttura: le travi, pertanto, andranno verificate a presso-flessione e non più semplicemente a flessione, come avviene nella pratica progettuale usuale.

Si faccia attenzione al fatto che i due modelli, seppur equivalenti, possono portare a differenti disposizioni delle armature: lo schema di sezione interamente reagente necessita di un'armatura diffusa mentre quello di sezione parzializzata porta a una concentrazione di barre alle estremità.

CORSO BASE DI ANALISI E CALCOLO STRUTTURALE CON IPERSPACE BIM

WEBINAR ONLINE

DAL 24 GENNAIO AL 3 APRILE 2024

OGNI MERCOLEDÌ ALLE ORE 16:30

Obiettivi e finalità del corso

Il corso ha l'obiettivo di fornire ai partecipanti gli strumenti, sia teorici che pratici, che permettano la modellazione, l'analisi e il calcolo di strutture in cemento armato, acciaio, legno e muratura, sia nuove che esistenti.

Poiché per una corretta progettazione strutturale è indispensabile conoscere le teorie alla base del comportamento strutturale, ogni lezione sarà suddivisa in una parte prettamente teorica, nella quale saranno esposte le principali regole di progettazione, con costanti richiami alle indicazioni normative, e il corretto iter progettuale da seguire, dalla concezione architettonica al calcolo strutturale vero e proprio.

Un'intera lezione sarà dedicata alla discussione e analisi dei casi studio presentati dai partecipanti, evidenziando quelle che possono essere le criticità legate alla costruzione del modello.

La seconda parte è quella applicativa: si analizzeranno le principali soluzioni di modellazione e si illustreranno le procedure da seguire in *IperSpace BIM.* L'obiettivo è quello di creare da ex novo un modello strutturale completo, procedere al calcolo, l'analisi e l'elaborazione di tutta la documentazione necessaria per depositare il progetto presso gli organi competenti.

Prof. Ing. Francesco Marmo
Docente di Scienze delle costruzioni presso l'Università Federico II di Napoli

Ing. Jacopo Cavotta
Tecnical Expert Soft.Lab

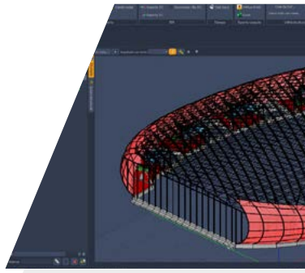
www.soft.lab.it

Programma del corso

MODULO 1: Analisi FEM delle strutture

Introduzione all'analisi FEM

Introduzione a IperSpace BIM
Analisi FEM, principio di funzionamento (modellazione a oggetti) e di calcolo, interfaccia grafica e librerie. Primi elementi di modellazione (importazione piante, inserimento nodi e primi elementi strutturali)

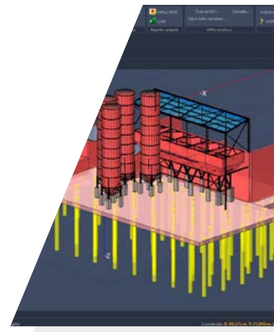


MODULO 2: Progetto e verifica di strutture in c.a.

Dal modello architettonico a quello strutturale
Elementi beam e shell, dalla concezione strutturale alla creazione del modello di calcolo, modellazione di travi, pilastri, solai, pareti, elementi di collegamento e fondazioni.

Calcolo di strutture nuove in c.a.
Criteri di calcolo. Progettazione dissipativa di strutture in c.a.: criteri di teorici e normativi. Combinazioni di carico e calcolo strutturale (statico e sismico).

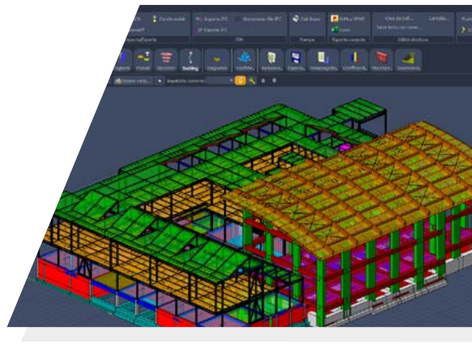
Analisi, verifiche e progettazione
Verifiche degli elementi strutturali ai diversi stati limite (duttilità, resistenza e rigidezza), impostazione delle carpenterie, relazione di calcolo.



MODULO 3: Progetto e verifica di strutture esistenti

Strutture esistenti in c.a.
Teoria e tecnica dei sistemi di rinforzo con analisi dei principali interventi che è possibile implementare per giungere ad un miglioramento del comportamento statico e sismico. Incamiciatura in calcestruzzo e in acciaio, materiali fibrorinfozati, controventi in acciaio.

Rinforzo e analisi dello stato di miglioramento
Scelta della soluzione ottimale per l'intervento di miglioramento sismico della struttura in IperSpace BIM. Valutazione della sicurezza strutturale ante e post operam



MODULO 4: Complementi di calcolo

Strutture in acciaio e legno
Strutture in acciaio a comportamento elastico e dissipativo, elementi monodimensiali in legno, pannelli in XLAM.

Verifiche geotecniche
Verifiche geotecniche a breve e lungo termine. Pali, plinti, plinti su pali. Soluzioni di modellazione delle fondazioni miste.

Strutture "speciali"
Strutture parametriche, PEDA e strutture non dissipative.

MODULO 5: BIM

BIM e calcolo strutturale
Che cos'è il BIM, differenze tra BIM e OpenBIM, differenze tra interoperabilità e BIM, criticità del BIM nel calcolo strutturale, i formati IFC e SAF, l'approccio BIM in IperSpace.

CORSO BASE WEBINAR

/ SPECIALE FIERA

BARI: PRESENTI AL SAIE CON L'OCTOBERFEST DEL CALCOLO STRUTTURALE

Dal 19 al 21 ottobre si è tenuta l'edizione 2023 di SAIE, presso la Fiera del Levante di Bari. La terza edizione di SAIE nel capoluogo pugliese ha registrato i numeri più alti di sempre: le aziende in esposizione sono state 407, +64% rispetto a SAIE Bari 2021, e i professionisti in visita 25.527 (+35%). La strategia d'alternanza annuale tra i poli di Bari e Bologna, confermatasi sempre più vincente, proseguirà anche in futuro. La prossima edizione di SAIE si terrà, infatti, a Bologna dal 9 al 12 ottobre 2024, per poi fare ritorno a Bari nel 2025.

La tre giorni barese si è aperta all'insegna del confronto tra le istituzioni e gli attori della filiera e Soft.Lab è stata tra le aziende espositrici nel Nuovo Padiglione con un proprio stand. Durante la tre giorni abbiamo accolto numerosi clienti ma anche nuovi professionisti che per la prima volta si sono affacciati alle nostre soluzioni per il calcolo strutturale e la geotecnica. A tutti è stata regalata in omaggio una birra, la "Bionda del Sud", un'artigianale di Birrificio Bari, in occasione della campagna promozione "L'octoberfest del calcolo strutturale".

Oltre allo stand, l'impegno di Soft.Lab è stato anche nel contributo volto ad AIST, l'associazione italiana software tecnico di cui la nostra azienda, tramite il General Manager Emanuele Pica, è membro del direttivo. L'Arena AIST ha infatti offerto una serie di convegni con rilascio di CFP per professionisti tra cui anche uno a cura del prof. Alessandro Fantilli del Politecnico di Milano dal titolo "Come i CAM (Criteri Ambientali Minimi) e l'uso dei materiali sostenibili influenzano il calcolo strutturale e i software".

Presente allo stand Soft.Lab per tutta la durata della fiera anche il nostro founder, il prof. ing. Dario Nicola Pica, espositore più anziano della manifestazione.

Oltre che per le aree espositive e per le sessioni formative che hanno valorizzato le migliori innova-

zioni presenti sul mercato e offerto una interessante analisi sui più recenti aggiornamenti tecnico-formativo, grande successo di pubblico anche per i Cassa Edile Awards, l'evento annuale che premia le imprese e i lavoratori più virtuosi, organizzato dalla Commissione Nazionale Paritetica delle Casse Edili e promosso da SAIE. Un riconoscimento innovativo, che non vuole affermare primati, ma che premia i valori della sana imprenditorialità e della professionalità al fine di creare un circolo virtuoso all'interno della filiera. Ma sono state tante le attività che hanno reso straordinaria questa edizione di SAIE, che ha potuto contare su 123 convegni formativi e 25 iniziative speciali, oltre che sul supporto di 75 associazioni di categoria. Tra le kermesse più seguite c'è stata sicuramente la finale di Ediltrophy, il tradizionale torneo di arte muraria organizzato da FORMEDIL in collaborazione con le eccellenze delle scuole edili italiane. A SAIE 2023 si è tenuta, inoltre, la prima edizione degli Stati Generali del Calcestruzzo, che aveva l'obiettivo di analizzare lo stato dell'arte del comparto e di approfondire i temi e le innovazioni principali del calcestruzzo.

Grande curiosità attorno al concorso fotografico pensato per Instagram "Il bello delle Infrastrutture – Ponti e Viadotti", che in un momento storico di grande importanza delle infrastrutture grazie agli investimenti del PNRR, ha valorizzato e celebrato il ruolo di ponti e viadotti come elementi estetici e strutturali, con uno sguardo fisso sulla sostenibilità.

"*L'edizione di SAIE appena terminata è stata un successo su tutti i fronti: dalla partecipazione del pubblico, alla soddisfazione delle aziende e delle associazioni di categoria partecipanti, fino al coinvolgimento di istituzioni e delle scuole edili nazionali* – ha dichiarato Emilio Bianchi, Direttore di SAIE. *Uno degli scopi principali della manifestazione è proprio permettere lo scambio reciproco tra espositori e visitatori, così da dare visibilità alle più importanti innovazioni di prodotto e favorire quel networking di valore che fa la differenza all'interno della filiera. Quest'anno abbiamo registrato numeri da record, che intendiamo replicare sia l'anno prossimo a Bologna, dove confermeremo il format inserendo ulteriori novità tematiche, sia nel 2025 quando torneremo a Bari. Un grande grazie va a tutti coloro che hanno reso possibile questa fiera, alle associazioni partner, agli espositori che hanno creduto nell'importanza di questo momento e ai professionisti in visita che hanno animato i padiglioni in queste giornate. Continueremo a lavorare per mettere a disposizione della filiera un appuntamento efficace e di sviluppo per l'intero mercato delle costruzioni".*

"*Sono molto soddisfatto del risultato qualitativo e quantitativo che Saie ha ottenuto qui a Bari in Nuova Fiera del Levante. Ha confermato il suo ruolo di manifestazione leader in Italia nel settore delle costruzioni, essendo stata un'opportunità di business fondamentale per imprese e professionisti, oltre al ruolo strategico di promuovere la conoscenza delle eccellenze del settore. Noi di Nuova Fiera del Levante siamo molto soddisfatti del rapporto di grande partnership che si sta consolidando con le persone di Senaf e di BolognaFiere, che ci porterà a raggiungere traguardi sempre più ambiziosi e gratificanti*" – ha commentato il Presidente della Nuova Fiera del Levante Gaetano Frulli.

/ SPECIALE FIERA

MILANO: L'ESPERIENZA DEL MADE EXPO CON IPERWALL BIM FINALISTA AI ME AWARDS

Dal 15 al 18 novembre scorsi, abbiamo partecipato come espositori all'edizione 2023 di MADE Expo a Milano, la fiera biennale dedicata all'abitare e al costruire. Il nostro team tecnico e commerciale è stato presente durante i quattro giorni con uno stand nel padiglione dedicato ai software e alla digitalizzazione.

Da segnalare l'inserimento del nostro software IperWall BIM tra i tre prodotti finalisti dei MADE Awards nella categoria BIM, digitalizzazione e nuove tecnologie.

Oltre 80.000 operatori professionali presenti a Fiera Milano, è questo il risultato della prima edizione di MIBA-Milan International Building Alliance, format nato dall'unione sinergica di quattro fiere - GEE-Global Elevator Exhibition, MADE expo, SBE-SMART BUILDING EXPO e SICUREZZA - focalizzate sull'evoluzione sostenibile e smart degli edifici e delle città, capace di offrire una visione integrata e innovativa delle soluzioni per affrontare la transizione energetica ed emergendo come nuovo punto di riferimento internazionale per i rispettivi settori rappresentati.

Quattro giorni e quattro padiglioni per un unico palcoscenico interamente dedicato ai topic del comparto e, in particolare, alla progettazione e alla realizzazione di edifici sostenibili, energeticamente efficienti, digitali e tecnologicamente integrati.

Con 701 aziende da 29 Paesi distribuite nei due saloni Costruzioni e Involucro, MADE expo si è confermata vetrina ideale dove fare spazio a nuovi processi, nuovi sistemi e nuovi materiali in grado di supportare il mondo dei professionisti nel fondamentale processo di trasformazione dell'ambiente costruito. Il Salone Costruzioni ha presentato le eccellenze dell'offerta italiana e internazionale, accompagnate da diverse aree speciali sviluppate in collaborazione con importanti partner della manifestazione.

Una rassegna completa e diversificata su prodotti e soluzioni per costruire, ammodernare e riqualificare: software e tecnologie per la progettazione; Building Information Modeling (BIM); prodotti chimici; sistemi costruttivi; soluzioni antisismiche; attrezzature per la sicurezza e il cantiere; proposte per il miglioramento dell'efficienza energetica; isolamento termico e comfort; materiali e finiture per l'architettura d'interni; soluzioni per l'integrazione tra edificio e impianto.

Guarda la video intervista al nostro General Manager, **Emanuele Pica**

/ EVENTI SUL TERRITORIO

BENEVENTO: SPONSOR DELL'EVENTO "IL CANTIERE DIGITALE"

Giovedì 30 novembre siamo stati sponsor dell'evento "Il cantiere digitale: prospettive e opportunità" organizzato a Benevento nell'ambito dell'iniziativa Destinazione SUD, il tour dell'edilizia e delle costruzioni del Centro-Sud Italia, pensato per accompagnare professionisti e imprese verso l'edizione 2024 di SED, il Salone dell'Edilizia Digitale in programma a Caserta dal 23 al 25 maggio prossimi.

All'estero della sala in cui è svolto l'evento, siamo stati presenti con un piccolo corner informativo sui nostri software. Qui a lato la locandina con il programma dell'evento.

DESTINAZIONE SUD

IL CANTIERE DIGITALE: PROSPETTIVE E OPPORTUNITÀ

SED SALONE EDILIZIA DIGITALE
CASERTA 23-25 MAGGIO 2024

Benevento - Giovedì 30 Novembre 2023
Centro La Pace - Via Antonio Cifaldi

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Benevento · Ordine Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori della Provincia di Benevento · Collegio Geometri e Geometri Laureati della Provincia di Benevento · Collegio dei Periti Industriali della Provincia di Benevento · ANCE Benevento Sezione Costruttori

PROGRAMMA:

14:30 Ingresso e registrazione dei partecipanti

15:00 Introduzione e saluti istituzionali
dott. Donato Perrotta
Project Manager SED
ing. Ivan Verlingieri
Presidente Ordine degli Ingegneri Provincia di Benevento
arch. Diodoro Tomaselli
Presidente Ordine degli Architetti Provincia di Benevento
geom. Giampaolo Biele
Presidente Collegio dei Geometri Provincia di Benevento
dott. Mario Grimaldi
Presidente Collegio dei Periti Industriali Provincia di Benevento

15:30 Prospettive tecnologiche-innovative nel settore edilizio
arch. Mario Ferraro
Presidente ANCE Benevento e CEO & Founder di Matter Economy

16:20 Caso studio del tratto Stazione FS-Aeroporto della metropolitana di Catania
arch. Flavian Basile
Presidente Offtec Progetti, società di ingegneria
ing. Giuseppe Rapuano
PM di commessa
Accompagnati dagli ingg. Giuseppe Logorano, Coridio Meoli, Biagio Rea, Eliana Parcesepe e dall'arch. Giuseppe Cutillo

17:30 Nuove tecnologie, flussi di lavoro e digitalizzazione al servizi del settore delle costruzioni: obblighi e opportunità
ing. Nicola Furcolo
Esperto in BIM, digitalizzazione delle costruzioni e appalti pubblici

18:20 Fine dei lavori

EVENTO IN PRESENZA CON RILASCIO DI CFP

Golden Sponsor: Analist Group · G&P intech · SOFT.LAB

Media Partner: Lavori Pubblici · calcolo strutturale.com · Agenda Tecnica · lostrutturista

Main Partner: AIST · KlimaHaus CasaClima · CENTRO STUDI EDILIZIA REALE

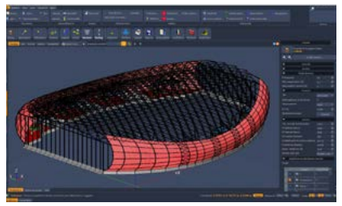
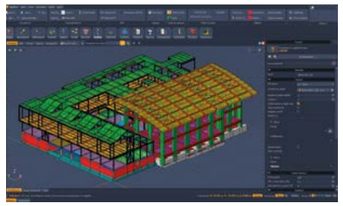
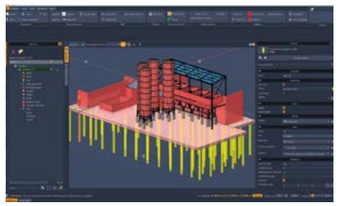
www.sededilizia.com

CATALOGO PRODOTTI

IPERSPACE BIM

MODELLAZIONE, CALCOLO E ANALISI LINEARE DI STRUTTURE NUOVE ED ESISTENTI IN CEMENTO ARMATO, ACCIAIO E LEGNO

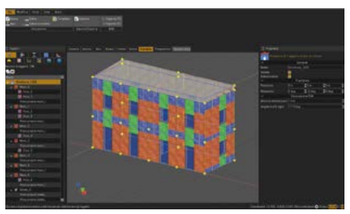
- Modellatore
- Solutore lineare
- Verifica aste CLS
- Verifica shell CLS
- Verifiche di resistenza aste in acciaio
- Verifiche di stabilità aste in acciaio
- Verifica elementi in legno
- Verifica dei nodi in acciaio
- Carpenterie CLS
- Gestore tavole di carpenteria
- Libreria sezioni in acciaio
- Verifica solai
- Relazione geotecnica
- Verifica fondazioni
- Verifica fondazioni speciali
- Azioni neve e vento
- Azioni termiche
- Verifica incendio
- Proprietà inerziali sezioni (Dinamo)
- Struttura automatica
- Capannoni e capriate
- Travi parametriche
- Cupole
- Serbatoi
- Armature esistenti
- Rinforzi HPFRCC (incamiciatura in c.a.)
- Rinforzi FRP e relative librerie
- Angolari e Calastrelli
- Rinforzi di tipo CAM®
- PEDA
- X-LAM
- Isolatori e relative librerie
- Verifica sezioni generiche
- Importer geometrie
- Import/Export IFC
- Export Computo metrico
- Export carpenterie in AutoCA
- Export Kipendoff

IPERWALL BIM

MODELLAZIONE, CALCOLO E ANALISI NON LINEARE DI STRUTTURE NUOVE ED ESISTENTI IN MURATURA E MISTE

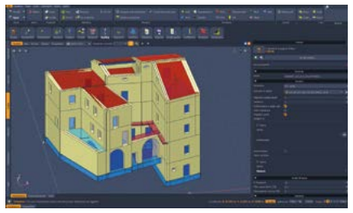
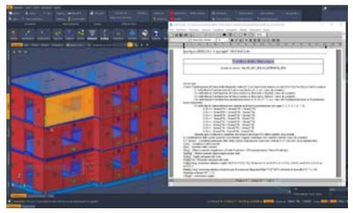
- Modellatore
- Solutore non lineare
- Analisi modale
- Analisi statica e sismica
- Verifiche globali
- Verifiche locali
- Rinforzi
- Import/Export IFC
- Analisi dei carichi
- Strutture miste
- Cinematismi locali
- Import dal modulo InSide (muratura lineare) di IperSpace BIM
- Relazione geotecnica
- Fondazioni
- Apertura vani: cerchiature e architravi
- Procedura automatica per la creazione di materiali in muratura



MODULO INSIDE

MODELLAZIONE, CALCOLO E ANALISI LINEARE DI STRUTTURE NUOVE ED ESISTENTI IN MURATURA

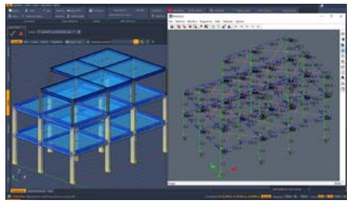
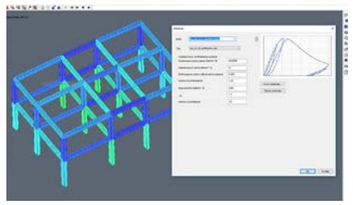
- Mesher
- Calcolo caratteristiche dei materiali
- Analisi statica
- Analisi dinamica
- Verifica setti e fasce nel piano
- Verifica fuori piano
- Rinforzi in FRP, con relative librerie

MODULO PUSHOVER

ANALISI STATICA NON LINEARE IN C.A. E ACCIAIO

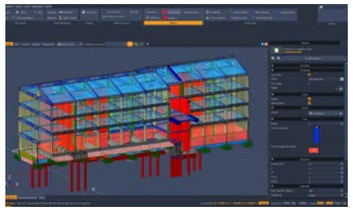
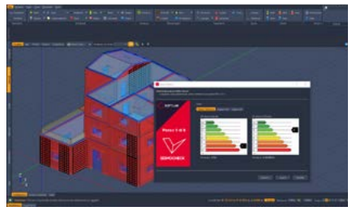
- Solutore non lineare c.a.
- Solutore non lineare acciaio
- Verifiche non lineari

MODULO SISMOCHECK

CLASSIFICAZIONE SISMICA C.A., ACCIAIO, LEGNO E MURATURA

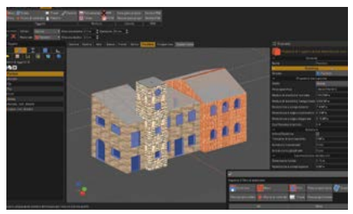
- Metodo convenzionale
- Metodo semplificato

MODULO SISMOWALL

CLASSIFICAZIONE SISMICA MURATURA

- Metodo convenzionale
- Metodo semplificato

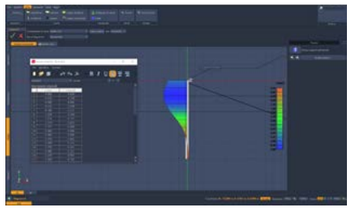


SOFTWARE GEOTECNICA

BULK

CALCOLO E VERIFICA PARATIE

- Modellatore
- Solutore lineare
- Solutore non lineare
- Paratie libere
- Paratie vincolate
- Verifiche strutturali
- Verifiche geotecniche
- Verifiche di stabilità
- Verifiche idrauliche



MONOLITH

CALCOLO E VERIFICA MURI DI SOSTEGNO

- Modellatore
- Solutore lineare
- Muri a mensola
- Muri a gravità
- Fondazioni superficiali
- Fondazioni profonde
- Verifiche strutturali
- Verifiche geotecniche
- Verifiche di stabilità
- Verifiche idrauliche

RELIX

RELAZIONE GEOTECNICA

- Fondazioni superficiali
- Fondazioni profonde
- Verifiche carico limite
- Verifiche scorrimento
- Calcolo cedimenti

MARTELLAMENTO E CALCOLO DEI GIUNTI STRUTTURALI

/ BEST PRACTICE

Il fenomeno del martellamento si verifica quando, a seguito di un'azione sismica o del vento, due costruzioni adiacenti collidono tra loro, lesionandosi reciprocamente. Affinché l'impatto sia evitato è necessario assicurare una distanza adeguata tra due strutture, prevedendo la realizzazione di un giunto strutturale.

La risposta dinamica di una costruzione dipende dalla configurazione strutturale, dalla distribuzione delle masse, delle rigidezze; a seguito di un evento sismico può capitare che l'oscillazione di due edifici contigui avvenga controfase, con conseguente urto in corrispondenza dei punti che si spostano maggiormente.

Proprio per evitare danneggiamenti, sia in presenza di costruzioni nuove che in caso si miglioramento sismico di immobili esistenti, è la normativa stessa che impone la verifica dei fenomeni di martellamento.

In base a quanto stabilito al paragrafo §7.2.1 delle NTC 2018, la distanza minima tra due punti di costruzione che si fronteggiano non può essere inferiore al seguente valore:

$$d_{min} = \frac{1}{100} h \cdot 2 \frac{a_g}{g} \cdot s$$

dove h è l'altezza dei due punti che si fronteggiano, misurata a partire dallo spiccato di fondazione o dalla sommità di una fondazione scatolare rigida; a_g/g è l'accelerazione sismica, valutata su suolo rigido ed S il coefficiente di amplificazione espresso come prodotto tra il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S e topografica S_T.

Calcolo degli spostamenti massimi

Per il calcolo degli spostamenti delle strutture si fa riferimento alla procedura descritta di seguito.

A partire dallo spostamento elastico dEe della struttura allo SLV, calcolato attraverso l'analisi lineare condotta riducendo l'azione sismica mediante il fattore di comportamento q, si calcola l'effettivo spostamento dE attraverso la relazione:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{E,e}$$

dove μ_d è il fattore di duttilità, calcolato sulla base delle equazioni proposte da Vidic (1994).

Per strutture il cui periodo proprio T_1 è maggiore di quello predominante del terremoto T_C vale il principio di uguaglianza degli spostamenti: il massimo spostamento della struttura è uguale a quello ottenuto analizzando un sistema di pari periodo ma con comportamento indefinitamente elastico. In questo caso il fattore di duttilità si assume pari proprio al fattore di comportamento.

Se la struttura è caratterizzata da deformabilità modesta ($T_1 < T_C$), lo spostamento massimo è maggiore di quello che subirebbe se esibisse un comportamento elastico-lineare. In questo caso vale il criterio di uguaglianza delle energie (area sottesa alla curva forza-spostamento): l'energia di un sistema elasto-plastico (somma di un'aliquota elastica e una inelastica) si assume uguale a quella assorbita dal sistema elastico. Quanto detto si concretizza nell'applicazione delle seguenti relazioni, recepite e riportate all'interno della normativa italiana [7.3.9]:

$$\mu_d = q \qquad T_1 \geq T_c$$

$$\mu_d = 1 + (q-1)\frac{T_c}{T_1} \qquad T_1 < T_c$$

In ogni caso deve risultare:

$$\mu_d \leq 5q - 4$$

Calcolati gli spostamenti dE delle due strutture, affinché siano evitati fenomeni di martellamento, la minima distanza fra le strutture è pari alla somma dei valori assoluti dei due spostamenti massimi.

La norma propone anche una procedura semplificata, come specificato al §7.2.1.

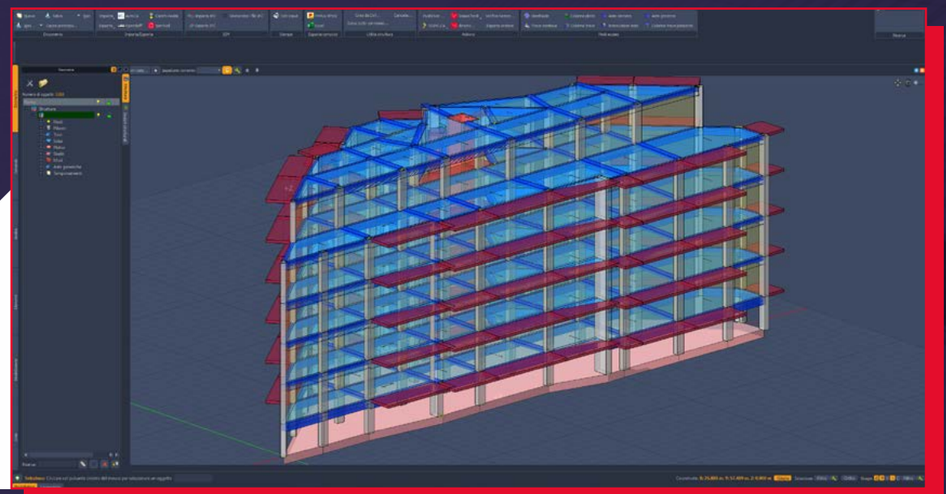
Qualora non si possano eseguire calcoli specifici, lo spostamento massimo di una costruzione non isolata alla

base può essere stimato in 1/100 della sua altezza, misurata a partire dallo spiccato di fondazione, moltiplicata per ag·S/g. Anche in questo caso, per la verifica deve risultare che la distanza tra due costruzioni contigue non sia inferiore alla somma degli spostamenti massimi di ciascuna di esse.

LAVORI IN CORSO

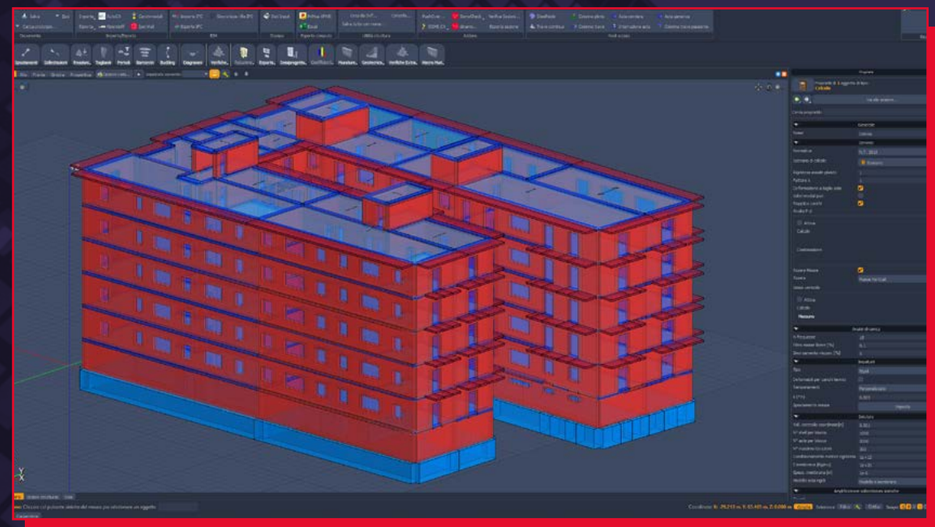
ECCO ALCUNI DEI LAVORI IN CORSO IN QUESTI MESI
CON IPERSPACE BIM
A CURA DI ALCUNI DEI NOSTRI UTENTI

Ing. ***Carlo Russo***
Formia, LT



Progettazione strutturale di un condominio

Progettazione di un edificio multipiano che sarà interamente destinato a civile abitazione, il piano seminterrato sarà adibito a rimessa comune (posti auto).



Ing. ***Pasquale Mugnolo***
Portici, NA

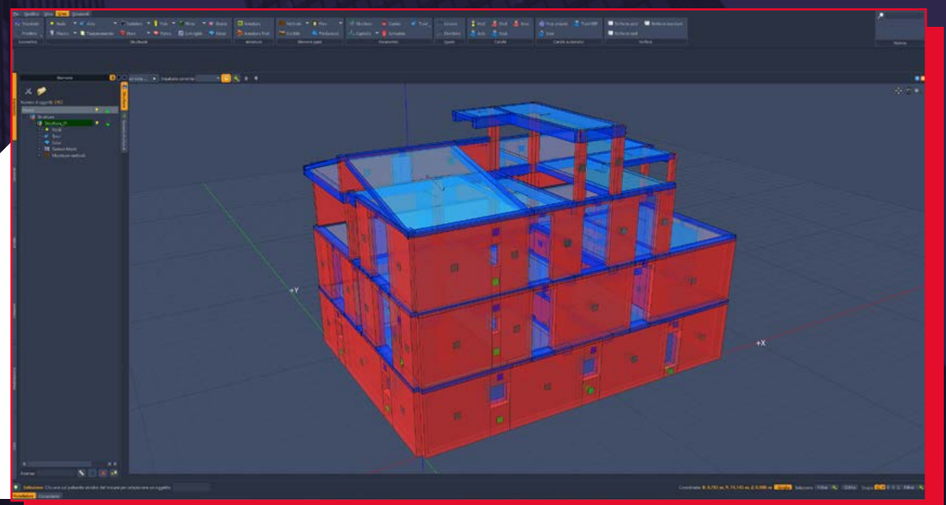
Miglioramento sismico di un condominio

Rinforzo strutturale del "Condominio viale II Camaggio n°20"con l'utilizzo di una geomalta a grana fine di pura calce naturale - del tipo Geocalce F Antisismico della Kerakoll, da utilizzare in abbinamento con tessuti di acciaio galvanizzato e barre elicoidali in acciaio.

Ing. ***Giampiero Mariani***
Roma

Miglioramento sismico di un fabbricato degli 50'.

Intervento di rinforzo dei solai dei primi due livelli per i quali è prevista la realizzazione di una caldana strutturale; la modifica di alcune bucature sui muri portanti; l'inserimento di un ascensore e il prolungamento della scala fino al terrazzo di copertura con conseguente modifica della copertura inclinata.



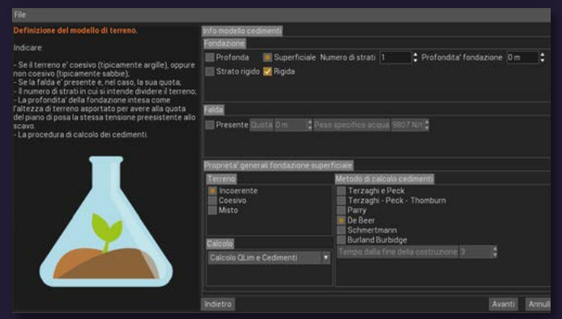
RELIX
RELAZIONE GEOTECNICA

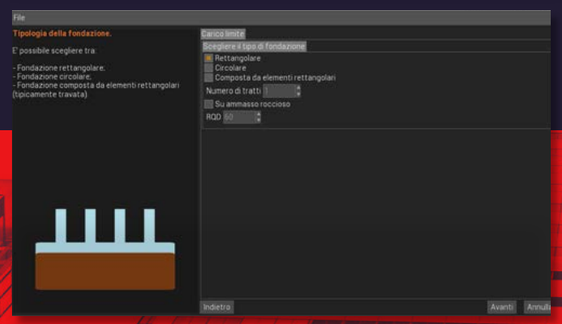
SOFTWARE

RELAZIONE GEOTECNICA

Relix è un software per redigere la relazione geotecnica con il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale o profonda (su pali) e, per le fondazioni superficiali, con il calcolo dei cedimenti secondo la teoria di Terzaghi e Peck, Terzaghi-Peck-Thomburn, Parry, De Beer, Burland e Burbidge, Schmertmann.

La fase di input prevede la scelta da parte dell'utente di una serie di parametri atti a definire il modello di terreno su cui poggia la struttura di fondazione. Il modello teorico del terreno è desunto da informazioni che il tecnico riceve direttamente dall'osservazione in loco di strutture di fondazione esistenti e dalle indagini geotecniche effettuate dallo specialista.





Il software, concepito come una procedura guidata, è costituito da step in successione per la personalizzazione del progetto.

Sono previste tre tipologie di fondazione: rettangolare, circolare o composta.

In base alla tipologia di fondazione, superficiale o profonda sono previsti differenti modelli di calcolo per il carico limite.

OFFERTA ~~***250,00€***~~

199,00€ ***IVA INCLUSA***

scopri di più su www.soft.lab.it

BUON NATALE STRUTTURISTI!

auguri da

SOFT.LAB
STRUTTURALE E GEOTECNICO

www.soft.lab.it

0824.874.392 | info@soft.lab.it