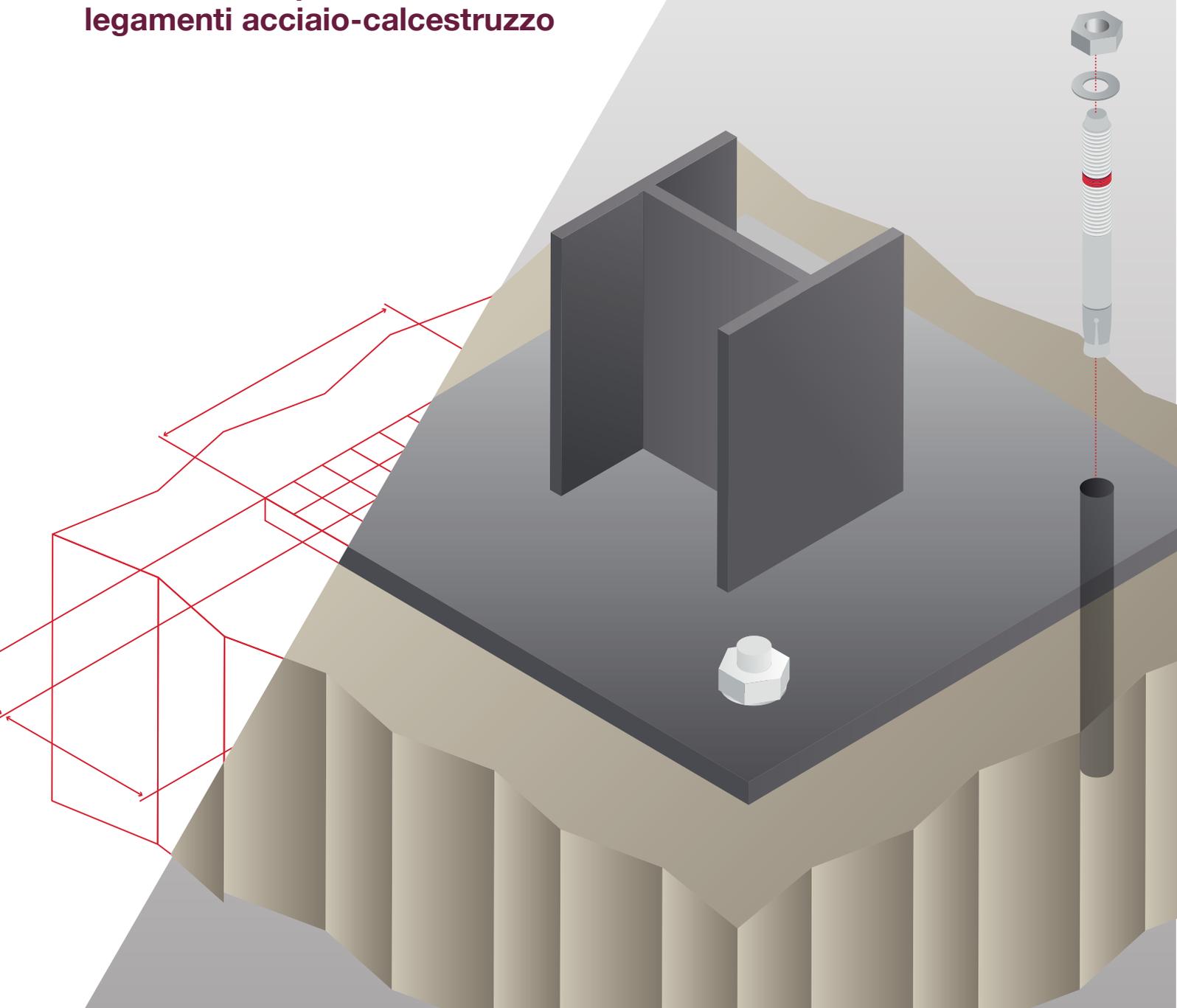




New Civil Engineer

DIMENSIONAMENTO DEI COLLEGAMENTI ACCIAIO-CALCESTRUZZO

Soluzione del problema dei collegamenti acciaio-calcestruzzo



INTRODUZIONE

Per molti progetti edilizi, il dimensionamento dei collegamenti acciaio-calcestruzzo è un compito centrale, fondamentale per garantire la sicurezza. Se eseguiti correttamente questi collegamenti possono fare in modo che un edificio resti funzionante per molti decenni. Se eseguiti in modo errato, possono provocare una catastrofe, eventualmente infortuni gravi e addirittura la perdita di vite umane.

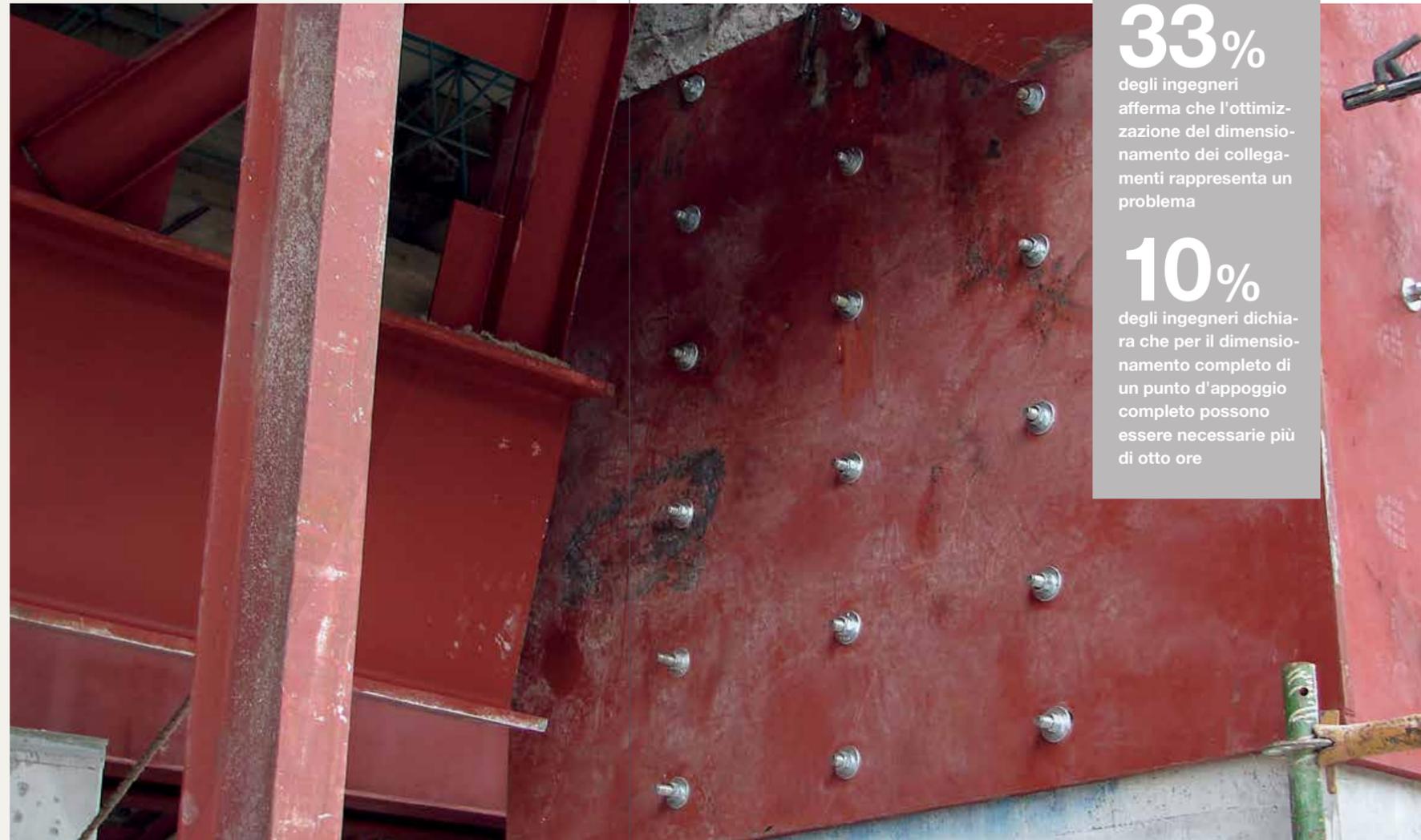
Tuttavia, gli ingegneri che devono dimensionare regolarmente i collegamenti acciaio-calcestruzzo incontrano spesso delle difficoltà, perché nonostante l'importanza di questo compito non esiste un software con cui sia possibile dimensionare i diversi componenti di un collegamento acciaio-calcestruzzo.

Troppo spesso sono necessari più approcci di calcolo per analizzare i diversi componenti di un unico punto d'appoggio, cosa che aumenta il dispendio di tempo per il dimensionamento del collegamento. L'intero processo è lungo e difficile, e dato che per le iterazioni resta solo poco tempo i dimensionamenti spesso non sono così efficienti come potrebbero essere.

Attualmente, per il dimensionamento di collegamenti acciaio-calcestruzzo è consuetudine utilizzare una serie di diversi sistemi software o addirittura effettuare calcoli manuali che ogni volta interessano un altro componente del collegamento – tassello, piastra di ancoraggio, linea di saldatura, irrigidimento – laddove l'ingegnere deve attenersi a diverse direttive e norme tecniche.

Questo articolo si occupa del software PROFIS Engineering Premium di Hilti, sviluppato esattamente per questa applicazione.

Approfondisce i problemi, analizza la ricerca che ha portato a questa soluzione e mostra come il software garantisce che tutti e quattro i componenti chiave di un collegamento possano essere dimensionati in conformità alle norme tecniche europee in una minima parte del tempo attualmente necessario per questo compito.

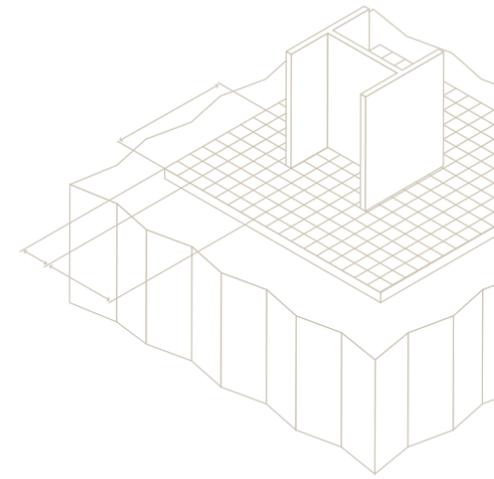


33%

degli ingegneri afferma che l'ottimizzazione del dimensionamento dei collegamenti rappresenta un problema

10%

degli ingegneri dichiara che per il dimensionamento completo di un punto d'appoggio completo possono essere necessarie più di otto ore



Hanno scoperto che, nonostante la prassi ingegneristica standard, supportata dalle comuni normative relative al dimensionamento, parta dal presupposto di una piastra di ancoraggio rigida, in realtà in molti casi è presente una piastra di ancoraggio flessibile. Ciò significa che per individuare la sollecitazione esatta di un determinato elemento di collegamento acciaio-calcestruzzo, questo dovrebbe essere definito con esattezza e analizzato come punto d'appoggio globale con una serie di variabili.

Con i metodi esistenti non era possibile occuparsi dei dettagli tecnici necessari per il dimensionamento sicuro e ottimale di una piastra flessibile, includendo le saldature, gli irrigidimenti e gli ancoraggi nonché le diverse forze esercitate su un edificio e altre variabili.

Era necessario un nuovo software per ottimizzare le proposte di dimensionamento tramite processi iterativi sofisticati e per poterle rielaborare premendo semplicemente un pulsante, finché non fossero perfezionate al punto da raggiungere la massima efficienza. Se ciò fosse riuscito, si sarebbero potuti ridurre il tempo e le tonnellate di materiale necessari per la produzione di un unico collegamento tra acciaio e calcestruzzo.

Dopo test su larga scala e sondaggi tra i clienti, nella primavera del 2019 è stato possibile mettere in funzione il modulo per le piastre di ancoraggio di PROFIS Engineering Premium. Questo è stato l'ultimo passo di Hilti verso la risoluzione di questo specifico problema dei clienti – e la prima occasione per gli ingegneri edili per familiarizzare con un dimensionamento efficiente dei collegamenti.

RIEPILOGO

Quando all'inizio di questo decennio Hilti ha constatato che i clienti si lamentavano di frequente delle difficoltà nel dimensionamento di collegamenti acciaio-calcestruzzo complessi, il fornitore edile globale si è messo al lavoro per trovare una soluzione.

Il primo passo è stato comprendere il problema. Nei colloqui con gli utenti del software di calcolo degli ancoraggi Hilti PROFIS è emersa chiaramente la richiesta degli ingegneri

di analizzare e dimensionare l'intero punto d'appoggio al di là dei dettagli di un tassello.

Ciò significava che era necessario analizzare il comportamento delle saldature, degli irrigidimenti e – cosa molto importante – il comportamento delle piastre di ancoraggio nei collegamenti agli edifici reali, per dare ai costruttori la possibilità di ottimizzare l'efficienza delle proposte di dimensionamento per i propri progetti futuri. Hilti – un'azienda con più di 31 000 collaboratori in 120 paesi – ha dunque formulato una serie di domande per un sondaggio concepito in modo scientifico per comprendere a fondo l'entità del problema nell'intero settore.

Più di un terzo degli ingegneri edili intervistati ha dichiarato che lo sviluppo di un programma per la modellizzazione di tasselli, piastre di ancoraggio, saldature e irrigidimenti sarebbe di grande aiuto per loro.

Il reparto di ricerca e sviluppo di Hilti ha analizzato la teoria matematica alla base del dimensionamento dei collegamenti. Il lavoro è stato coordinato da Mario Fitz, Global Product Line Manager, Jörg Appl, Technical Marketing Manager, e Oliver Geibig, Senior Trade Manager per l'Engineering. Essi hanno analizzato una serie di dati sperimentali provenienti da diverse fonti per determinare il punto in cui un aumento delle forze su un tassello influenza il punto di cedimento dell'intero collegamento.

Carlos Taborda,
Product manager software Nord Europa:
il software dimezza i tempi di dimensionamento



PROBLEMA

Per comprendere meglio la questione piastra di ancoraggio rigida vs. flessibile, Hilti ha eseguito un progetto di ricerca globale pubblicato ad aprile 2017. I risultati sono stati congruenti con le informazioni di un sondaggio di supporto effettuato in collaborazione con il "New Civil Engineer", in cui 100 ingegneri edili hanno fornito informazioni sulle loro esperienze di dimensionamento di collegamenti acciaio-calcestruzzo.

Più della metà degli intervistati del sondaggio del New Civil Engineer ha dichiarato di utilizzare una combinazione confusionaria di diversi programmi software, calcoli manuali, nonché direttive tecniche e omologazioni per dimensionare tasselli, piastre di ancoraggio, saldature e irrigidimenti. Solo il 6% ha dichiarato di aver utilizzato un unico programma per l'intero collegamento.

Uno dei 10 ingegneri intervistati ha affermato che per l'ingegnere collaudatore il dimensionamento di un collegamento acciaio-calcestruzzo completo e la creazione di un rispettivo rapporto può richiedere fino a otto ore. Più della metà degli intervistati ha dichiarato che questa operazione è durata almeno due ore.

In relazione al controllo, gli intervistati hanno evidenziato i loro dubbi sul dimensionamento

di collegamenti acciaio-calcestruzzo. "Questo è un argomento fortemente dibattuto tra i costruttori di componenti in acciaio e quelli di componenti in calcestruzzo", ha dichiarato un ingegnere. L'ottimizzazione di un collegamento completo è stato considerato un problema da quasi un terzo dei partecipanti al sondaggio. Una percentuale simile ha considerato un problema il fatto che non ci fosse un software con cui poter portare a termine questo compito nella sua interezza.

L'analisi di Hilti, integrata dal sondaggio di New Civil, ha messo al centro dell'attenzione questa sfida: l'azienda ha dovuto trovare un modo che permettesse a ingegneri qualificati di sfruttare le proprie capacità per migliorare l'efficienza dei collegamenti acciaio-calcestruzzo definitivi e del processo di dimensionamento.

Hilti ha subito capito che le ipotesi da cui di solito si partiva per tali dimensionamenti impedivano il raggiungimento della soluzione ottimale.

"La maggior parte dei dimensionamenti acciaio-calcestruzzo parte da una piastra rigida, ma in realtà ci sono deformazioni. Per ottenere un dimensionamento il più preciso possibile, è necessario considerare il carico

di tutti i componenti di un collegamento, ad es. dei tasselli, degli irrigidimenti, della piastra di ancoraggio e delle saldature", afferma Carlos Taborda, product manager di Hilti per i software tecnici nell'Europa del Nord. "Ciò porta a una complessità che richiede un'analisi dettagliata."

Per il rispetto dell'Eurocode occorre considerare due cose: in primo luogo le formule dell'Eurocode si basano sull'ipotesi di una distribuzione del carico lineare in una piastra di ancoraggio rigida. In secondo luogo è importante che i carichi effettivi siano appoggiati sui tasselli. Se non si è in presenza di una piastra di ancoraggio rigida e pertanto di una distribuzione del carico lineare, i carichi dei tasselli possono essere differenti, ad es. a causa di effetti di puntellamento o di un braccio della leva interno accorciato. Tuttavia è necessario prevedere le forze effettive, dato che altrimenti si avrebbe una rottura del tassello.

METODO

Il rigoroso processo di test di Hilti ha svelato uno "sweet spot". Hilti ha scoperto che, nel caso di una differenza di carico inferiore al 10% tra le forze di ancoraggio di una piastra di ancoraggio flessibile e una rigida, non si prevedono effetti sul carico di rottura complessivo del collegamento.

Ciò è stato spiegato in modo dettagliato in una pubblicazione di Fitz, Appl e Geibig del 2018 dal titolo "*Dimensionamento realistico e completo di piastre di ancoraggio comprensive dei mezzi di fissaggio > Nuovo software di dimensionamento sulla base di ipotesi realistiche*".

Nell'articolo è stato abbozzato in primo luogo il contesto del problema tecnico.

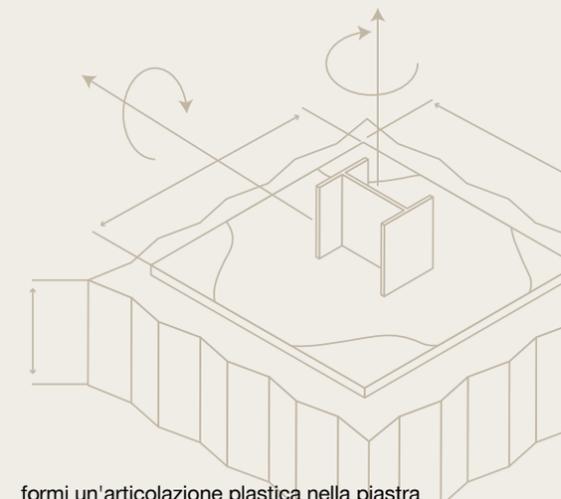
"Il dimensionamento delle piastre di ancoraggio e dei loro mezzi di fissaggio che vengono ancorati nel calcestruzzo è importante per i progettisti e gli utenti.", si legge nel documento. "Con i moderni mezzi di fissaggio, nelle costruzioni in calcestruzzo è possibile inserire carichi elevati in modo sicuro. È chiaro che questo collegamento rilevante per la sicurezza richiede un dimensionamento preciso. Inoltre, l'ingegnere progettista è obbligato nei confronti dei committenti a costruire in modo economico, ovvero a dimensionare in base a procedure che consentano

uno sfruttamento ottimale degli elementi di fissaggio."

Nel documento, inoltre, viene spiegato che in base alle norme vigenti è necessario partire da una piastra di ancoraggio rigida, se il carico dei componenti di collegamento è stato determinato in base alla comune teoria dell'elasticità.

Gli autori aggiungono tuttavia che non ci sono regole chiare su quando una piastra di ancoraggio deve essere considerata sufficientemente rigida. Si legge inoltre: "L'ipotesi secondo cui la piastra di ancoraggio non si deforma sotto l'azione determinata sulla base della teoria dell'elasticità non è sempre garantita per i consueti spessori delle piastre di ancoraggio".

"In una piastra di ancoraggio rigida si suppone, tra le altre cose, che la forza di compressione del calcestruzzo risultante agisca sull'estremità esterna della piastra di ancoraggio e ne risulti quindi il braccio della leva interno z. Se tuttavia, contrariamente all'ipotesi, si è in presenza di una piastra di ancoraggio flessibile, a seconda della rigidità ciò porta a una riduzione del braccio della leva delle forze interne e pertanto a carichi più elevati sul mezzo di fissaggio. In casi estremi è necessario prevedere che si

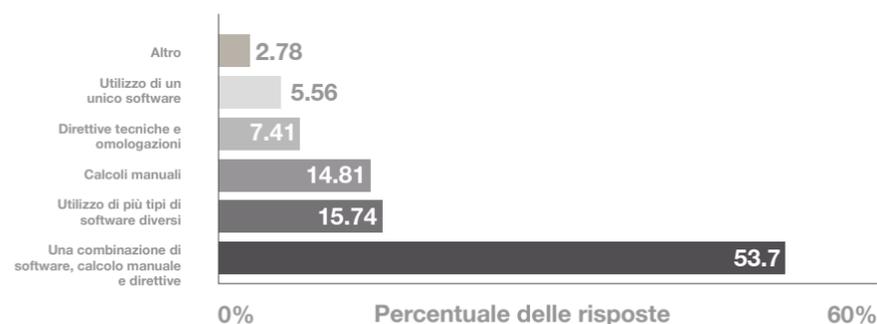


formi un'articolazione plastica nella piastra di ancoraggio al bordo del profilo saldato. In questo caso la forza di compressione del calcestruzzo risultante si trasferisce al bordo del profilo."

Gli esperti di Hilti hanno dimostrato che, nel caso di una notevole deformazione dovuta alla formazione di una tale cerniera plastica nella piastra di ancoraggio sul lato di trazione del collegamento, gli angoli della piastra potrebbero essere pressati contro il calcestruzzo, cosa che potrebbe portare a ulteriori forze di supporto e pertanto nuovamente a un aumento della forza di trazione nei tasselli.

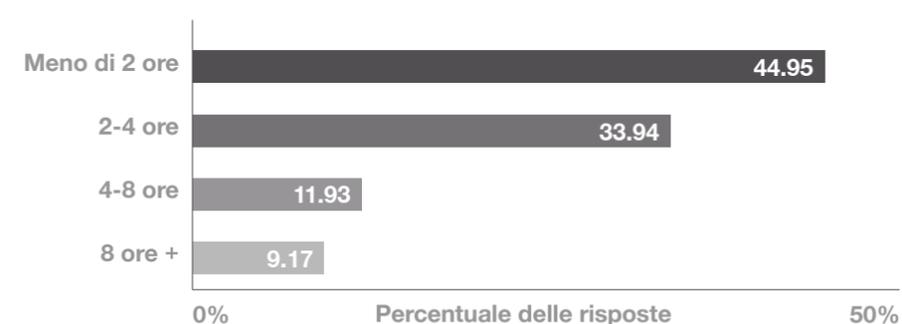
"Queste forze di supporto possono concretizzarsi anche in sporgenze di piastre di ancoraggio più grandi, in una piastra di ancoraggio flessibile e in una sollecitazione di trazione prevalente", si legge nel documento. "Attraverso le notevoli deformazioni della piastra di ancoraggio sollecitata, l'effetto di distribuzione del carico della piastra di ancoraggio viene impedito. Ciò può causare un notevole sovraccarico e un cedimento anticipato di un mezzo di fissaggio all'interno di un gruppo." ►

Come strutturate i diversi elementi del collegamento acciaio-calcestruzzo (tassello, piastra di ancoraggio, saldatura, irrigidimento)?



Per ottenere un dimensionamento il più preciso possibile, è necessario considerare la sollecitazione di tutti i componenti di un collegamento.

Quanto dura in media il dimensionamento di un tipico collegamento acciaio-calcestruzzo e la creazione di un report?



Possiamo risparmiare fino al 50% di tempo effettuando le verifiche con un unico software

► Per valutare con precisione la rigidità di una piastra di ancoraggio e dei suoi componenti nonché delle saldature e del fissaggio, gli autori hanno dovuto comprendere meglio la vera natura della deformazione del carico dei singoli componenti e pertanto considerare le condizioni di equilibrio e compatibilità.

Il lavoro ha illustrato anche il ruolo dell'Eurocode nella ricerca di Hilti.

"La piastra di ancoraggio, il profilo saldato, i puntelli intorno alle saldature vengono descritti tenendo conto delle caratteristiche del materiale in base alla EN 1993-1-1 [3] o EN 1993-1-5 [18], modellati secondo il metodo degli elementi finiti (MEF) e dotati di una relazione costitutiva elastico-plastica (saldature) o elastico-plastica indurente lineare (profilo, puntelli e piastra di ancoraggio)".

"La risposta del calcestruzzo viene formulata sulla base delle caratteristiche del calcestruzzo ai sensi della EN 1992-1-1 [2], laddove la rigidità del calcestruzzo avviene secondo il modello di Winkler-Pasternak."

Per determinare il comportamento di deformazione del carico dei tasselli, Hilti ha eseguito un apposito progetto di ricerca. Tenendo conto del pretensionamento, del materiale del tassello e del coefficiente di attrito, lo studio ha dimostrato che in alcuni casi la rigidità dei tasselli si discostavano notevolmente dai valori riportati nei rispettivi documenti di omologazione.

**Senza il software
durerebbe
molto di più e
bisognerebbe
cominciare da
zero**

"Ciò è spiegabile con il fatto che i valori di spostamento del mezzo di fissaggio pubblicati nei rispettivi documenti / nelle rispettive valutazioni sono stati determinati con una filosofia (valori di spostamento massimi) diversa dalla determinazione della rigidità dei mezzi di fissaggio per il dimensionamento della piastra di ancoraggio (valori di spostamento minimi).", spiegano Fitz, Appl e Geibig.

Per verificare la rigidità della piastra di ancoraggio, i carichi di ancoraggio calcolati in base alla teoria dell'elasticità vengono confrontati con i carichi di ancoraggio che tengono conto delle condizioni di equilibrio e di compatibilità sulla base di ipotesi realistiche del comportamento di spostamento del carico e delle curve sforzo-deformazione dei singoli elementi strutturali e ipotizzando una piastra di ancoraggio rigida. Attraverso il confronto dei carichi di ancoraggio di entrambi i metodi è possibile determinare il divario tra teoria e pratica.



50%

Riduzione
dei tempi di
dimensionamento
con PROFIS
Engineering

10%

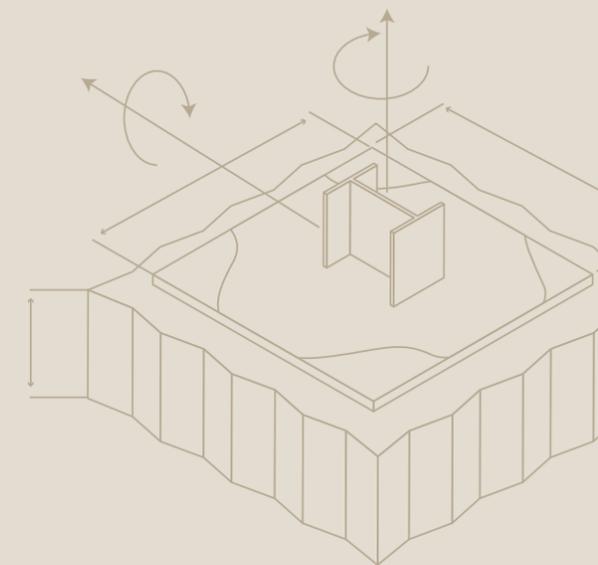
Percentuale di coloro
che dicono che la
progettazione di
collegamenti dura più
di otto ore

Sono state effettuate delle prove per determinare i carichi di rottura medi dei gruppi di tasselli in rapporto al carico di rottura calcolato tenendo conto della teoria dell'elasticità in funzione del tassello più sollecitato del gruppo.

In queste prove sono stati analizzati gruppi di tasselli con quattro e nove tasselli con una flessione monoasse e a due assi nel calcestruzzo non crepato. Nelle prove sono stati utilizzati connettori a taglio incorporati e tasselli installati a posteriori. Gli spessori idonei delle piastre sono stati calcolati in base alla tensione.

Con questo lavoro si dovrebbe stimare in che misura uno scostamento del tassello più sollecitato di un gruppo dal calcolo secondo la teoria dell'elasticità influisce sull'intera capacità di carico del gruppo.

Sulla base dei valori delle prove disponibili è stato dimostrato che nel caso di uno scostamento dei carichi di ancoraggio del tassello



più sollecitato di un gruppo di circa il 10% - tra piastre di ancoraggio rigide e realistiche - il carico di rottura medio del gruppo di tasselli corrispondeva al carico di rottura medio del gruppo di tasselli calcolato in base alla teoria dell'elasticità.

Ciò ha significato che con uno scostamento dei carichi di ancoraggio tra una piastra rigida e una flessibile pari a circa il 10%, nelle prove non è stata osservata alcuna influenza negativa sulla capacità di carico.

Dopo la fase di codifica e di sviluppo del software da parte del team inhouse di Hilti, è stato creato PROFIS Engineering, capace di effettuare il gran numero di calcoli dettagliati necessari per aiutare gli ingegneri a dimensionare al meglio i collegamenti per i loro progetti.

SOLUZIONE

Il cuore di PROFIS Engineering, che sostituisce l'attuale software di dimensionamento di tasselli PROFIS Anchor, consiste nell'utilizzo di algoritmi su misura per analizzare la distribuzione e l'effetto delle tensioni su tutti i componenti coinvolti nei collegamenti strutturali, in modo che gli ingegneri possano impiegare tutte le loro facoltà per ottimizzare l'efficienza del collegamento di due materiali da costruzione essenziali.

Il nuovo approccio si basa su un solido metodo degli elementi finiti con modelli di materiali precisi e su una straordinaria descrizione del comportamento dei tasselli, al fine di consentire un dimensionamento realistico dell'intero collegamento.

Nello sviluppo del metodo degli elementi finiti, Hilti ha collaborato con lo sviluppatore di software ceco Idea StatiCa.

Lubomir Šabatka, Amministratore di Idea StatiCa, è molto soddisfatto della collaborazione: "Crediamo che il nuovo metodo degli elementi finiti basato sui componenti sia l'approccio corretto per superare i limiti delle topologie

degli ancoraggi / delle fondamenta e al tempo stesso mettere al primo posto la sicurezza.

Abbiamo impiantato il CBFEM (metodo degli elementi finiti basato sui componenti) nel cuore del nostro prodotto, Idea StatiCa Connection, e Hilti lo ha integrato nella sua nuova PROFIS Engineering Suite." Il modernissimo software offre soluzioni su misura per ingegneri edili, progettisti, compratori e responsabili di cantieri. Facilita il flusso di informazioni nell'intero team costruzioni e riduce il rischio di errori.

Hilti PROFIS Engineering aiuta gli ingegneri a migliorare la precisione e a risparmiare

tempo tramite il trasferimento automatico del carico: "Senza il software durerebbe molto di più e si dovrebbe cominciare da zero con un software di statica."

Le applicazioni comprendono il dimensionamento di fissaggi con tasselli in calcestruzzo e in muratura, il dimensionamento di corrimano per il montaggio su calcestruzzo e la creazione di modelli di dati CAD e di edifici di collegamenti.

PROFIS Engineering può essere utilizzato per determinare il numero dei tasselli, calcolare la quantità di malta e creare distinte pezzi nonché per verificare il numero dei tasselli e la disposizione delle piastre di ancoraggio e dei tasselli su un cantiere.

PROFIS Engineering è compatibile con prodotti Android e Apple, viene supportato da Windows 7, 8 e 10 ed è disponibile in un gran numero di licenze per soddisfare esigenze individuali e aziendali.

Si tratta di un software intuitivo con cui ingegneri esperti inseriscono i fatti e le cifre rilevanti per il loro progetto, selezionano diverse opzioni a propria discrezione e possono vedere molto rapidamente come le loro decisioni influiscono sul progetto.

In pochi secondi il software registra il quadro complessivo con l'ausilio di algoritmi su misura e analizza la distribuzione delle sollecitazioni e la deformazione. Su uno schermo

sdoppiato mostra come si comporterebbero una piastra rigida e una flessibile. Se confermate di essere soddisfatti della deformazione della piastra di ancoraggio, il software vi dice a quanto ammonta lo scostamento dalla rigidità. Se lo scostamento supera il limite del 10%, potete tornare indietro ed eseguire una nuova valutazione con una combinazione di proposte del programma e di vostre conoscenze specialistiche. La procedura non è dissimile dalla modifica dei dati e dei tempi di volo e dalla selezione delle comodità di un hotel per vedere come variano i costi per una vacanza. ►

DIMOSTRAZIONE E COMUNICAZIONE

Oltre a creare un manuale sul nuovo software e organizzare dei training, Hilti è riuscita a trasmettere ai clienti i vantaggi in diversi modi.

In un webinar su PROFIS Engineering effettuato da Hilti, Appl ha spiegato: "L'ipotesi di una piastra di ancoraggio rigida non è un'invenzione di Hilti, bensì una filosofia fondamentale dell'Eurocode 2-4". "Se voglio dimensionare dei tasselli secondo la EN1992-4, devo prevedere una piastra di ancoraggio rigida."

Durante il webinar Fitz ha dimostrato sulla base di un modello che anche per i carichi di trazione una piastra di ancoraggio non rigida può portare a carichi di ancoraggio maggiori rispetto a quanto calcolato preventivamente nell'ipotesi di dimensionamento originaria.

In caso di una forza di trazione applicata centralmente, una piastra di ancoraggio rigida porterebbe a una distribuzione del carico uniforme su tutti i tasselli, ma in realtà in una piastra di ancoraggio non rigida si ha un sistema meno rigido e il tassello medio dei tre avrebbe un carico molto maggiore rispetto agli altri, e ciò non sarebbe considerato nel dimensionamento originario.

"Da una dimostrazione risulta che le forze di compressione possono portare a forze estremamente elevate al di sotto della piastra di ancoraggio, il che può causare la rottura del calcestruzzo", afferma Appl. "Una piastra di ancoraggio non rigida può influenzare le forze di ancoraggio e altri parametri. C'è tutta una serie di parametri che influenzano la rigidità della piastra di ancoraggio: le dimensioni della piastra di ancoraggio, gli irrigidimenti, lo spessore della piastra di ancoraggio, le dimensioni dei tasselli, il tipo di tassello, la posizione dei tasselli e la distanza del tassello dal bordo della piastra di ancoraggio."

Fitz ha parlato delle domande dei clienti che hanno spinto Hilti a percorrere la lunga strada dell'introduzione del modulo della piastra di ancoraggio PROFIS Engineering (Premium).

"Ci hanno chiesto cosa rende rigida una piastra di ancoraggio - sono 12 mm, 16 mm o 20 mm? La risposta è semplice: Dipende! Dipende da tutti i parametri summenzionati. ►

► "Senza il software durerebbe molto di più e si dovrebbe cominciare da zero, se si nota che si è superato il limite di scostamento", dice Taborda. "Ora è possibile modificare rapidamente le dimensioni e la posizione dei tasselli, applicare più saldature e irrigidimenti, utilizzare una piastra più spessa ecc."

Il software PROFIS Engineering mostra subito all'utente se i suoi dimensionamenti porterebbero a uno scostamento maggiore del 10% per i carichi. Il pacchetto software consente poi a un ingegnere esperto o di accettare la differenza e proseguire con i

carichi effettivi oppure di tornare indietro e - con determinate esortazioni e indicazioni - adeguare gli elementi delle sue proposte di dimensionamento per arrivare sotto il 10% con i valori più sicuri ed efficienti. Secondo Hilti il tempo per un dimensionamento di un collegamento può essere ridotto da un'ora a 30 minuti, ma i segnali provenienti dal mercato indicano che potrebbe essere una stima molto conservativa.

Lo crede in ogni caso Greg Matejko di WML Consulting. "Un dimensionamento che prima durava un'ora può essere effettuato in 15-20 minuti con PROFIS Engineering", è quanto afferma.

"Prima di avere accesso a PROFIS Engineering, abbiamo dovuto determinare manualmente i carichi di fissaggio e poi effettuare un doppio controllo con il team tecnico di Hilti. La valutazione della rigidità della piastra di ancoraggio per garantire che essa si comportava come un elemento rigido è stata una sfida anche con PROFIS Anchor. In precedenza la verifica della rigidità della piastra di ancoraggio e il calcolo dei rispettivi elementi strutturali venivano trattati come due sistemi separati e non era semplice valutare l'interazione di entrambi.

La funzione in PROFIS Engineering che confronta i dimensionamenti con piastre di ancoraggio rigide e flessibili semplifica il processo di dimensionamento. In passato, nei dimensionamenti ci siamo attenuti a una piastra di ancoraggio rigida ideale, ma ora con PROFIS Engineering Premium e il modulo della piastra di ancoraggio possiamo valutare lo stesso caso di dimensionamento per una piastra di ancoraggio flessibile. Ciò consente uno spessore minore della piastra di ancoraggio e ottimizza l'utilizzo dei tasselli, il che comporta una riduzione dei costi per il cliente. Il vantaggio è che abbiamo

calcoli affidabili per tutti i componenti di un collegamento acciaio-calcestruzzo (tasselli, piastra di ancoraggio, saldature, irrigidimenti, calcestruzzo e profilo) e il tempo necessario per questi calcoli viene ridotto dal software, di facile utilizzo e con un'interfaccia utente intuitiva."

Anche Marianne Johannsson, manager per l'ingegneria civile di costruzione presso il BalcoGroup, è dell'opinione che PROFIS Engineering faccia risparmiare tempo: "Il dimensionamento di una piastra (collegamento completo comprensivo di tasselli, irrigidimenti, piastra di ancoraggio ecc.) può durare fino

a quattro ore, più due ore per la creazione del report. Con PROFIS Engineering potremmo risparmiare fino al 50% di tempo. Lo stavamo aspettando!"

Per Jørstad, ingegnere strutturale presso Sweco, è d'accordo: "Effettuando tutte le verifiche dei dimensionamenti con un unico software possiamo risparmiare fino al 50% di tempo, da due/sei ore a una/due ore."



Una visualizzazione 3D del collegamento in PROFIS Engineering

► Ci avete detto che avete bisogno di un software che effettui un dimensionamento non solo del tassello bensì del punto d'appoggio completo, incl. piastra di ancoraggio, irrigidimenti, saldature e compressione del calcestruzzo. Ora offriamo un software con cui potete effettuare dimensionamenti completi.

Il programma vi consente di differenziare tra i metodi di calcolo "rigido" – ipotesi di una piastra di ancoraggio rigida o "realistico" – analisi della rigidità e dimostrazione completa del punto d'appoggio (dimensionamento profilo, irrigidimenti, saldature, tasselli e compressione del calcestruzzo).

Nel software definite l'applicazione – tutti i parametri", dice Fitz. "Cliccate poi su Calcola. Il software vi aiuta a comprendere quanto siete distanti dall'ipotesi teorica di una piastra rigida. Se siete vicini, lavorate sicuramente molto a vostra discrezione. Noi creiamo un rapporto di dimensionamento completo che potete presentare agli ingegneri collaudatori o alle autorità per l'edilizia."

Una fase essenziale del processo è la visualizzazione 3D del collegamento.

"Nell'interfaccia 3D potete definire la maggior parte dei parametri geometrici e la sollecitazione e selezionare quale tipo di saldatura desiderate e se desiderate avere degli irrigidimenti. Potete richiamare i risultati. In background ogni elemento strut-

turale viene valutato, e in media entro 5-10 secondi avete i risultati. Sulla sinistra vedete i risultati relativi alla piastra di ancoraggio rigida; sulla destra vedete il comportamento realistico."

Una tappa importante nello sviluppo del software è stata per Hilti registrare il significato delle differenze nella pratica.

"Non esiste una guida che dice cosa significa nella realtà una piastra di ancoraggio rigida, abbiamo dunque messo molto impegno nella ricerca e nello sviluppo", dice Fitz. "Fino a uno scostamento del 10% della piastra di ancoraggio rigida non abbiamo riscontrato alcuna differenza nel carico di rottura. Oltre questo valore dovete avere le idee chiare su come muovervi al di fuori della direttiva.

Se i carichi del singolo tassello si differenziano in una misura inferiore al 10%, questo non ha alcun effetto sulla prestazione definitiva del gruppo di ancoraggio."

"Ricevete un riepilogo dei risultati sul lato destro dello schermo", afferma Fitz. "Lì vengono visualizzate le sollecitazioni, l'estensione e la deformazione.

Se non volete ammettere alcun cedimento in una saldatura, potete selezionare questo parametro e il software lavorerà su questa base. Voi definite il problema, il software fornisce una soluzione." Nonostante il software effettui come per magia dimensionamenti che sarebbero del tutto impossibili

manualmente, esso è concepito in modo tale da non superare il controllo e la comprensione dell'utente.

"Le formule, i riferimenti alle norme e i risultati provvisori vengono sempre visualizzati nel rapporto. Non è una black box. Potete seguire le fasi e sentirvi a vostro agio nell'elaborazione", afferma Fitz.

"Ci sono molti consigli e suggerimenti pratici che gli esperti Hilti possono condividere con voi, affinché possiate eseguire rapidamente le vostre iterazioni e riceviate un dimensionamento che funzioni per voi."

Hilti ha effettuato migliaia di test per trovare il giusto comportamento non lineare del tassello e può dimostrare i suoi risultati in corsi di formazione.

"Il software vi dice se la vostra applicazione funziona o no. Poi dovete decidere quali parametri dovete modificare."

CONCLUSIONE

Secondo Hilti il dispendio di tempo per il dimensionamento di un punto d'appoggio completo, incl. calcolo di saldatura, profilo, compressione del calcestruzzo, irrigidimenti, piastra di ancoraggio e tassello si riduce in media del 50% a seconda della complessità del calcolo.

Questo numero si basa su test pratici completi con diverse grandi aziende di ingegneria in tutta Europa prima dell'introduzione sul mercato.

A ciò si aggiunge l'accesso al cloud, che permette agli utenti di scambiare file, di lavorare insieme, di stampare i rapporti e

fornire spiegazioni complete e dettagliate sui risultati – e gli effetti potrebbero essere enormi.

"E ciò consente risparmi supplementari in termini di materiale e tempo di lavoro nonché vantaggi in relazione alla tutela del lavoro – se è necessario effettuare meno fori, i vantaggi sono evidenti per tutti i soggetti coinvolti nella catena di fornitura."

Ulteriori informazioni su PROFIS Engineering sono disponibili qui:

<https://www.hilti.ch/content/hilti/E3/CH/de/engineering/software/profisengineering-suite.html>

