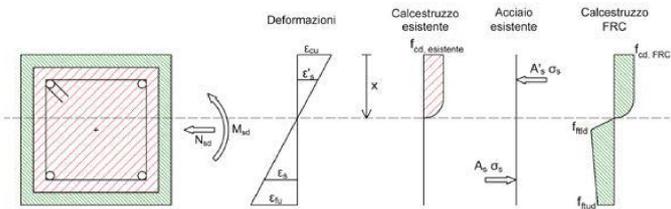


# AETERNUM HTE

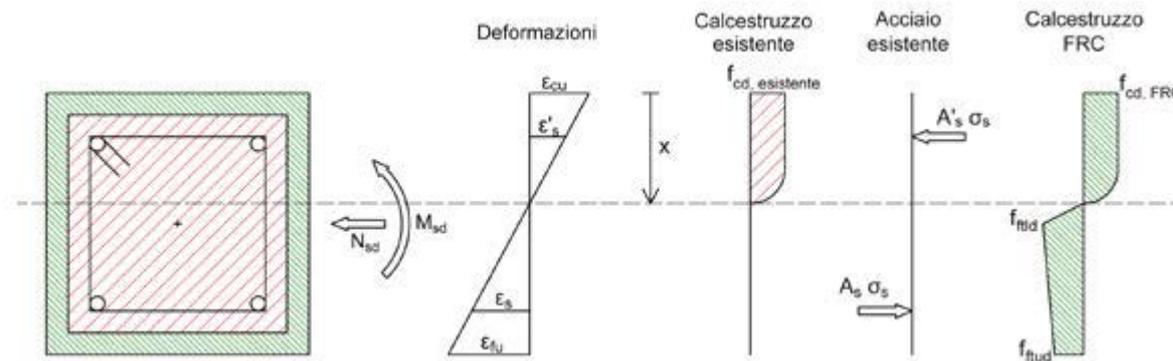
Publicato il 15/01/2023

**Tag:** [Aeternum](#), [Aeternum Fire](#), [Aeternum HTE](#), [Floortek](#), [Silvio Cocco](#), [Tekna Chem](#), [Tekna Struct](#), [Tensofloor](#)

Il micro-calcestruzzo con CVT (certificato di valutazione tecnica) in classe 14D Incrudente.



Porsi dei traguardi e raggiungerli penso sia per l'essere umano motivo di vita, essere riuscito a trasmettere questo modo di pensare ai miei collaboratori più stretti è motivo di orgoglio, condividere con loro la gioia di un traguardo raggiunto è un momento di felicità indescrivibile, non ci sono parole, non sono necessarie. È sufficiente la luce degli occhi che traspare dal gruppo di lavoro. Di questi momenti TEKNA CHEM ne ha vissuti, per sua fortuna e deve a questi momenti la sua sopravvivenza su un mercato dove regna indisturbata la legge del "QUANTO COSTA". La pavimentazione in completa assenza di qualsiasi tipo di giunto: FLOORTEK; il compound AETERNUM; l'intonaco anti Fuoco "AETERNUM FIRE" in classe T1.



Pressoflessione

diagrammi  $\sigma$ - $\epsilon$  per valutazione dello Stato Limite Ultimo

Queste sono le tappe vincenti che hanno segnato il successo di TEKNACHEM sul mercato dei prodotti speciali al servizio del buon costruire, dove la ricerca e l'innovazione sono stati sempre il nostro faro conduttore.

L'ultimo, ma solo in ordine temporale, successo ottenuto da TEKNACHEM è l'**Aeternum HTE**, come detto un micro-calcestruzzo che ha recentemente ottenuto il **Certificato Ministeriale di Valutazione Tecnica (CVT) nella classe 14D incrudente**: un prodotto dalle caratteristiche uniche nel settore, quanto di meglio sia stato messo a punto a livello nazionale e internazionale, frutto di lunghi studi ricerche e prove continue. Un materiale **nato per gli interventi antisismici**, ma come recita il Certificato di Valutazione Tecnica, da utilizzarsi anche per: **fabbricazione di elementi strutturali leggeri a sezione sottile; ripristini strutturali con colaggio in casseri o in ambienti confinati; recupero e rinforzo strutturale a basso spessore su solai, travi, pilastri; riparazione di pavimenti strutturali con necessità di resistenza a elevate sollecitazioni statiche e dinamiche**. La **costruzione sostenibile** è sempre più al centro dell'attenzione a livello globale, poiché cresce la consapevolezza dell'impatto ambientale dell'edilizia, AETERNUM HTE offre promettenti benefici per l'ambiente; è caratterizzato da una **lunghissima durata** che consente alle strutture in cui viene utilizzato di **ridurre drasticamente le manutenzioni** e di conseguenza le **demolizioni e ricostruzioni**.



La scelta dell'AETERNUM HTE consente – grazie alle sue caratteristiche – di **utilizzare meno calcestruzzo e ferro di armatura rispetto ad un normale calcestruzzo tradizionale** e di conseguenza di **produrre meno CO<sub>2</sub>**.

## IL SOFTWARE “TEKNASTRUCT”

TEKNA CHEM sulla scorta dei risultati ottenuti ha commissionato un software di calcolo specifico che consente ai progettisti di dimensionare gli spessori di intervento, il software “TEKNASTRUCT” è stato messo a disposizione gratuitamente per tutti coloro che ne faranno semplice richiesta, consultando il sito web [www.teknachemgroup.com](http://www.teknachemgroup.com). Il nuovo software, spiega l'ing. Edoardo Pettinari di Tenso Floor, TeknaStruct permette proprio il dimensionamento di questo microcalcestruzzo su elementi esistenti in c.a., consentendo in particolare di progettare il rinforzo a pressoflessione e taglio su pilastri, a flessione e a taglio su travi mediante la tecnica dell'incamiciatura (jacketing), nonché interventi di rinforzo estradossali sulle travi stesse.

## VERIFICARE A PRESSOFLESSIONE UN PILASTRO ESISTENTE

Il pilastro ha dimensioni 30 cm x 30 cm (b x h), 2 $\phi$ 20 sia come armatura superiore che inferiore (A's e A<sub>s</sub>), staffe  $\phi$ 6/20 e copriferro 3 cm; l'elemento è caratterizzato da un calcestruzzo di classe C20/25, acciaio FeB38k e, per entrambi si applica un fattore di confidenza FC di 1.35 che corrisponde al primo livello di conoscenza LC1. Questa sezione è sollecitata da un'azione assiale (NSd) di 200 kN e da momenti in direzione x e y (MSd,x e MSd,y) pari a 30 kNm e 40 kNm rispettivamente. Per il sistema di rinforzo, si considera un ringrosso della sezione di 3 cm mediante AETERNUM HTE.

Le ipotesi fondamentali su cui si basa l'analisi allo Stato Limite Ultimo delle sezioni in calcestruzzo fibrorinforzato sono le medesime utilizzate per l'analisi delle sezioni in calcestruzzo armato ordinario (conservazione delle sezioni piane e perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo), con l'aggiunta del contributo

resistente a trazione.

Il legame costitutivo a compressione del calcestruzzo esistente è di tipo parabola-rettangolo con specifico riferimento al paragrafo 4.1.2.1.2.1 “Diagrammi di progetto tensione-deformazione del calcestruzzo” delle NTC 2018: per la sezione esistente di partenza, le deformazioni  $\varepsilon_{c2}$  e  $\varepsilon_{cu}$  sono pari rispettivamente al 2.0‰ e al 3.5‰.

Il legame costitutivo per l'acciaio esistente è di tipo elastoplastico con incrudimento, così come definito al paragrafo 4.1.2.1.2.2 “Diagrammi di progetto tensione-deformazione dell'acciaio” delle stesse NTC 2018; nel caso in esame, i valori di deformazione al limite elastico  $\varepsilon_{yk}$  e ultimo  $\varepsilon_{su}$  risultano rispettivamente 1.39‰ e 67.5‰.

I valori della resistenza a compressione del calcestruzzo esistente ( $f_{cd}$ ) e dell'acciaio esistente ( $f_{yd}$ ) risultano pari a 14.8 MPa e 277.8 MPa, calcolati in riferimento a meccanismi duttili.

Per il legame costitutivo a compressione e a trazione del microcalcestruzzo FRC si seguono le indicazioni contenute nelle “Linee guida per la progettazione, messa in opera, controllo e collaudo di elementi strutturali in calcestruzzo fibrorinforzato con fibre di acciaio o polimeriche” (decreto n.258 del C.S.LL.PP. pubblicato in data 21/07/2022) ai paragrafi 3.3.2 “Compressione assiale” e 3.3.1 “Trazione uniassiale”.

Per la parte a compressione, si può adottare il consueto legame parabola-rettangolo; per gli FRC caratterizzati da  $f_{R1k}$  superiore a 5 MPa, come nel caso di AETERNUM HTE, i valori delle deformazioni vengono opportunamente modificati per effetto del confinamento passivo esercitato dalle fibre nella direzione ortogonale alla direzione dello sforzo di compressione:

$$\varepsilon_{c2} = 0.7 \cdot f_{cm}^{1/3} \cdot (1 + 0.03 \cdot f_{R1k}) = 4.58 \text{ ‰}$$

$$k = 1 + \frac{7}{(82 - 2.2 \cdot f_{R1k})^{0.5}} = 1.98$$

$$\varepsilon_{cu} = k \cdot \varepsilon_{c2} = 9.07 \text{ ‰}$$

A trazione, invece, la resistenza post-fessurativa degli elementi in FRC, normalmente trascurata nei calcestruzzi ordinari, può essere considerata attraverso uno dei legami costitutivi semplificati proposti dalle stesse Linee Guida per la progettazione e dal CNR-DT 204/2006 “Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato”: nel caso specifico, si adotta un modello bi-lineare, nel quale i parametri di progetto  $f_{Ftld}$  e  $f_{Ftud}$  rappresentano rispettivamente la resistenza per apertura di fessura  $w$  nulla e la resistenza allo stato limite ultimo assunta pari al valore residuo  $w_u$  ( $CMOD_3=2.5$  mm):

$$f_{Ftld} = \frac{k_0 \cdot k_G \cdot f_{Ftlk}}{\gamma_{cf}} = \frac{k_0 \cdot k_G \cdot (0.53 \cdot f_{R1k} - 0.14 \cdot f_{R3k})}{\gamma_{cf}} = 3.51 \text{ MPa}$$

$$f_{Ftud} = \frac{k_0 \cdot k_G \cdot \left[ f_{Ftlk} - \frac{w_u}{CMOD} \cdot (f_{Ftlk} - 0.57 \cdot f_{R3k} + 0.26 \cdot f_{R1k}) \right]}{\gamma_{cf}} = 3.43 \text{ MPa}$$

Il comportamento del materiale evidenziato dai test condotti per la qualificazione, ai sensi della UNI EN 14651, può differenziarsi anche significativamente dal comportamento del calcestruzzo FRC nell'elemento strutturale:

per questo motivo, per la progettazione, i valori delle resistenze vengono moltiplicate per un coefficiente  $k_0$  che tiene conto dell'orientamento e della distribuzione delle fibre all'interno della matrice; come riportato nel paragrafo 5.1 "Verifica agli stati limite ultimi" delle Linee Guida per la progettazione, per elementi lineari si può utilizzare  $k_0$  unitario.

Oltre al coefficiente di orientamento, per situazioni caratterizzate da iperstaticità multi-direzionale, i valori delle risposte strutturali risultano caratterizzati da valori di resistenza che si avvicinano ai valori medi in quanto, per volumi di frattura significativi, la variabilità dei valori di resistenza residua viene fortemente ridotta, rispetto a quanto rilevato nella prova di flessione utilizzata per la qualificazione, nella quale è rilevante l'eterogeneità del numero di fibre nella sezione interessata dal processo di frattura: a tale scopo viene inserito l'ulteriore fattore geometrico  $k_G$  compreso tra 1.0 e 1.25; cautelativamente, questo parametro viene imposto pari al valore unitario.

In Figura 2, considerando un generico asse neutro, vengono dunque riportati i diagrammi sforzo-deformazione, appena descritti, per la sezione da analizzare allo SLU a seguito del rinforzo applicato.

Le verifiche di resistenza a pressoflessione deviata, sia per la sezione esistente che per quella rinforzata, sono invece eseguite in accordo al paragrafo 4.1.2.3.4.2 "Verifiche di resistenza e duttilità" delle NTC 2018, nella seguente forma:

$$(M_{Sd,x}/M_{Rd,x})^\alpha + (M_{Sd,y}/M_{Rd,y})^\alpha \leq 1$$

dove  $M_{Sd,x}$  e  $M_{Sd,y}$  sono i valori di sollecitazione delle due componenti di flessione retta attorno agli assi x e y,  $M_{Rd,x}$  e  $M_{Rd,y}$  rappresentano i valori dei momenti resistenti corrispondenti a  $N_{Sd}$  e valutati attorno agli assi x e y mentre  $\alpha$  è un opportuno coefficiente da valutare in accordo alla normativa vigente: nel caso specifico, questo esponente viene valutato per interpolazione con la tabella presente in questo specifico paragrafo della norma; utilizzando il rapporto  $N_{Sd}/N_{Rd}$  (0.15) si ottiene  $\alpha$  pari a 1.041. Come si evince dalla Figura 3, in cui vengono graficamente mostrati i risultati ottenuti tramite il dominio  $M_x$ - $M_y$ , il rinforzo con 3 cm di AETERNUM HTE risulta determinante per il soddisfacimento delle verifiche.

Nella condizione di pre-intervento, la sezione non risulta verificata in quanto i momenti resistenti in entrambi le direzioni (pari a 52.98 kNm) portano ad avere un coefficiente di sicurezza, valutato tramite la formula sopra riportata, pari a 1.30 e dunque maggiore di 1:

$$(30.00/52.98)^{1.041} + (40.00/52.98)^{1.041} = 1.30 > 1$$

Nella condizione post-intervento, invece, il beneficio introdotto con un'incamiciatura di 3 cm con il microcalcestruzzo porta ad ottenere un coefficiente di sicurezza inferiore all'unità, con un momento resistente in entrambe le direzioni pari a 98.71 kNm:

$$(30.00/98.71)^{1.041} + (40.00/98.71)^{1.041} = 0.68 < 1$$

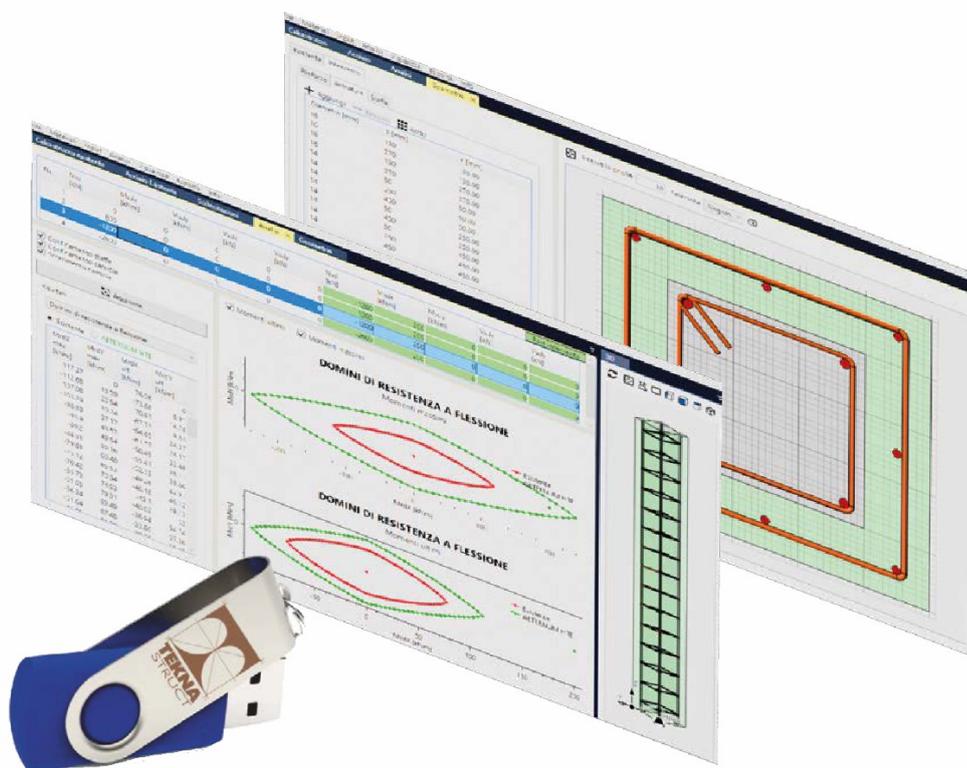
L'incremento di resistenza tra le due condizioni, ante e post, porta dunque ad un incremento delle prestazioni di circa l'86%: si evidenzia così l'elevato valore tecnico-prestazionale del prodotto AETERNUM HTE.

## TEKNA STRUCT

Un software innovativo frutto di una lunga ricerca nell'ambito del sistema di calcolo prodotto con l'ausilio di professionisti di prim'ordine ed il know-how acquisito negli anni da Tekna Chem, Tekna Struct permette di progettare il dimensionamento del sistema FRC (Fiber Reinforced Concrete) mediante Aeternum HTE.

Ciò consente di calcolare e verificare il rinforzo:

- A pressoflessione e tagli di pilastri in cemento armato;
- A flessione e taglio di travi in cemento armato;
- Estradossale di travi in cemento armato.



Silvio Cocco

Il Giovane dell'Ingegnere | Gennaio 2023