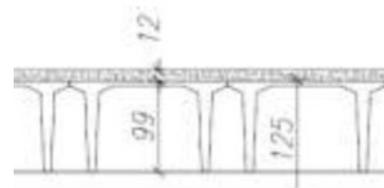
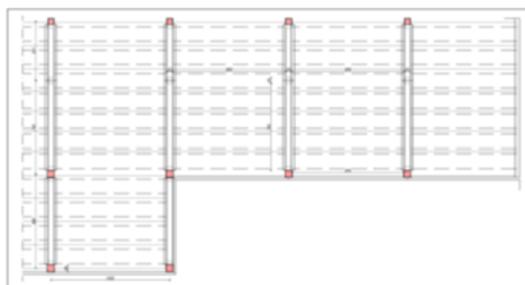




Rinforzi strutturali risolti velocemente con la tecnologia dei materiali composti fibrorinforzati FRP (Fibre di Carbonio)

01. INTRODUZIONE

L'intervento, oggetto del presente articolo, si riferisce al rinforzo strutturale di n°2 tegoli TT in calcestruzzo armato pre-compresso che, a causa del posizionamento di alcune macchine di circa 3000 kg/mq necessitavano di un rinforzo strutturale. L'intero corpo di fabbrica si trova in una zona a sud di Brescia e l'attività del Cliente è nel settore manifatturiero. La progettazione ed il seguente intervento con gli FRP hanno riguardato solo una porzione del solaio (ovvero due tegoli TT in c.a.p.) interessato da un intervento di riparazione locale, ovvero di rinforzo strutturale del medesimo mediante applicazione di materiali composti fibrorinforzati FRP, di cui al D.T. 200/2013. Tale tipologia di intervento venne proposta e valutata dalla Committente, in base alla normativa vigente di cui al NTC 2018 e successivamente approvata. Tutti i dati di input, le geometrie, i carichi etc. che sono stati utilizzati dalla nostra progettazione, fanno riferimento a specifiche indicazioni ricevute dalla Committenza. Vista la non sicura certezza dei dati si è utilizzato un livello di conoscenza pari a 2.



02. PROGETTAZIONE

Per la verifica è stata presa in considerazione l'armatura presente con caratteristiche pari a B450C ed il calcestruzzo con classe C35/45. Si sono fatte inoltre prove sclerometriche e per la determinazione del valore delle armature ci si è riferiti a quanto riportato nei disegni progettuali.

Dall'analisi dei carichi si sono evinte le seguenti sollecitazioni:

Sovraccarico totale	W	14714,75	Da N/m	147,14	KNm
Momento massimo in mezzeria $M_{max} = W \cdot L_c / 8$	M	171284,288	Da N/m	1712,84	KNm
Taglio massimo all'appoggio $V_{max} = W \cdot L_c / 2$	V	70998,6688	Da N	709,98	KN

Dopo aver calcolato tutte le sollecitazioni, usando il noto programma del prof "GELFI" utilissimo per queste verifiche, si sono calcolati i momenti resistenti: Per lo stato attuale è risultato:

Per lo stato di progetto:

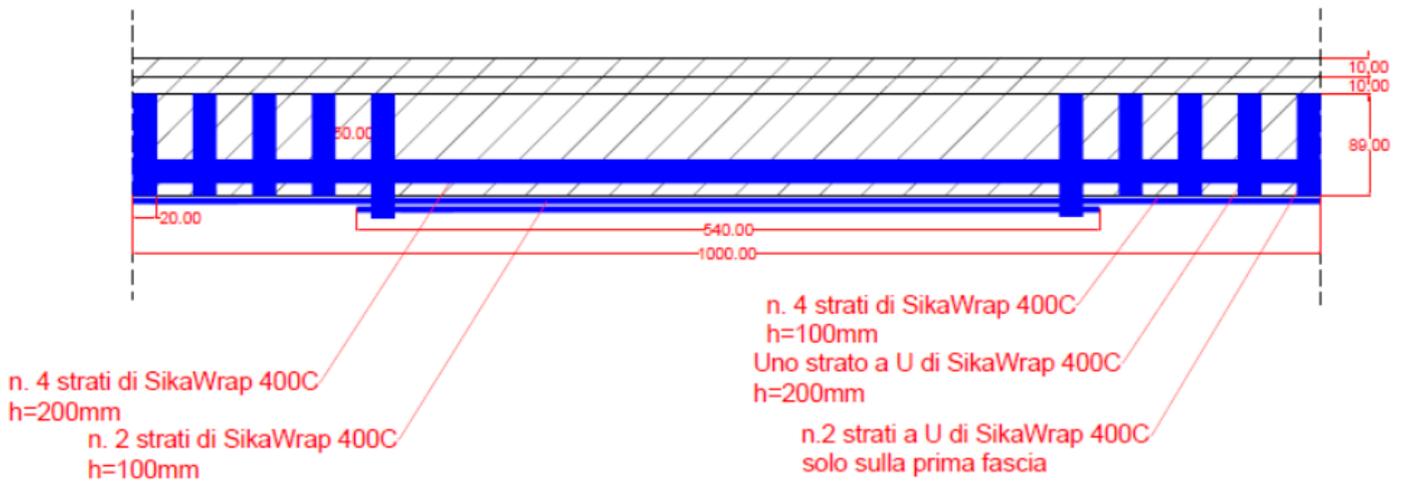
È risultato che allo SLU per l'intera sezione del tegolo risulta che il Momento Resistente $M_{rd} = 2 \cdot 526.6 = 1053.8$ [KNm] pertanto alla flessione risultava che $M_{ED} > M_{rd} \longrightarrow$ **NON VERIFICATO**

Stessa situazione anche per il Taglio che non risultava verificato, in quanto dalle formule risultavano i seguenti valori, $V_{Rcd} = 565$ KN e $V_{Rsd} = 391.30$ KN quindi $V_{rd} = 391.30$ KN $< V_{ed} = 709.28 \longrightarrow$ **NON VERIFICATO**

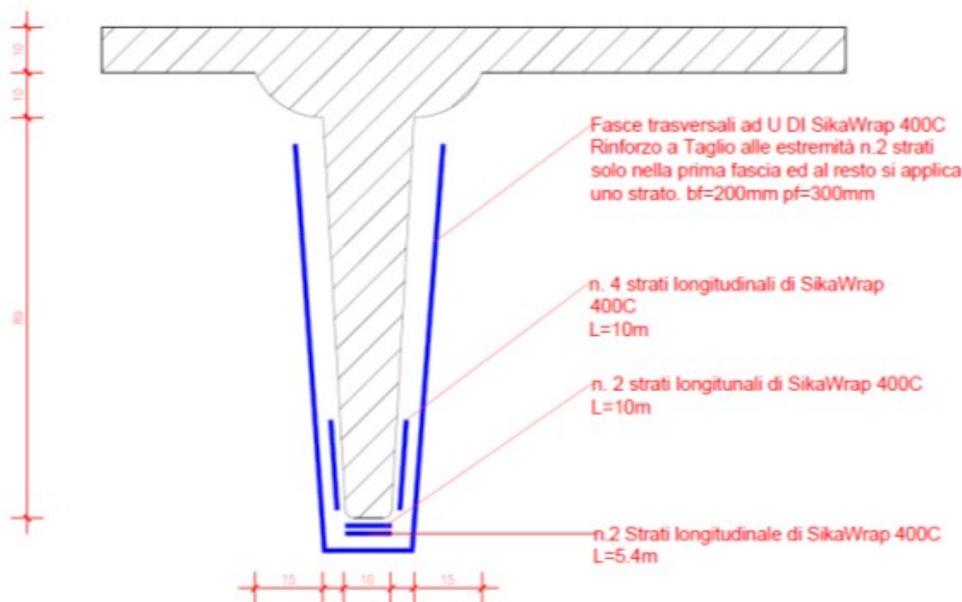
A questo punto si è passati ad un vero dimensionamento degli FRP con programmi di calcolo forniti dalla Società fornitrice del sistema, verificati grazie a fogli di calcolo interni frutto di anni di studio.

Si è studiato quindi un rinforzo con gli FRP qui sotto rappresentato nel suo sviluppo longitudinale e trasversale:

Sezione longitudinale



Sezione trasversale



Momento resistente finale della sezione rinforzata con 12 strisce di tessuto di SIKAWRAP®-400 risulta essere:

$$M_{Rd,fin} = 2215,77 \text{ kNm} > M_{Ed} 1712.84 \text{ kNm} \longrightarrow \text{VERIFICATO}$$

Tutti i valori predefiniti, le formule e i coefficienti impiegati nel paragrafo seguente fanno riferimento al documento tecnico edito dal CNR, DT200/2013. Si valuta il sistema di rinforzo applicato nel tegolo in esame. Taglio resistente finale della sezione rinforzata con 7+7 strisce di tessuto a U di SIKAWRAP®-400 per singola gamba di tegolo risulta essere:

$$V_{Rd,fin} = 920.2 \text{ kN} > V_{Ed} 709.28 \text{ kN} \longrightarrow \text{VERIFICATO}$$

03. FASI DI INTERVENTO

Le fasi lavorative che sono state eseguite per il rinforzo dei due tegoli sono state qui sotto identificate:

- Controllo accurato del supporto e sua coerenza.
- Eliminazione di boiaccia di cemento superficiale a mezzo molatura con disco diamantato al fine da ottenere un sottofondo con rugosità superiore a 0,3 mm come da DT 200/2004.
- Smussatura degli spigoli delle travi per un raggio di curvatura minimo di almeno 20 mm come da DT 200/2004

- Pulizia finale del sottofondo tramite bruschino e/o aspirapolvere.
- livellamento della superficie oggetto del rinforzo – per spessori superiori a 10 mm - mediante posa di resina epossidica a consistenza di stucco.
- Applicazione mediante rullo di resina epossidica da impregnazione – Sikadur®-330
- Impregnazione dei tessuti ad alto modulo elastico SikaWrap®-400 HM secondo le indicazioni progettuali

Appare chiaro che la fase di molatura e preparazione del sottofondo è la più delicata in quanto tutto il sistema si basa sull'adesione tra composito e sottofondo e le tensioni di scorrimento tra le due superfici non sono basse.

Sono stati messi a punto strumenti meccanici in grado di eliminare il lattime di cemento e di arrivare alla parte strutturale del calcestruzzo.

Nello stralcio della scheda tecnica qui sotto allegata è possibile verificare i valori performanti del tessuto che è stato utilizzato per il rinforzo strutturale dei tegoli:

Densità delle fibre secche	~ 1,77 g/cm ³	
Spessore di progetto	0.225 mm (riferito all'area totale delle fibre di carbonio)	
Sezione trasversale	225 mm ² /m (riferito all'area totale delle fibre di carbonio)	
Peso per unità di superficie	400 g/m ² (riferito alle sole fibre di carbonio)	
Resistenza a trazione delle fibre secche	Valore minimo ~ 4 410 N/mm ²	(ISO 10618)
Modulo di elasticità a trazione delle fibre secche	Valore minimo ~ 377 000 N/mm ²	(ISO 10618)
Allungamento a rottura delle fibre secche	~ 1.2 %	(ISO 10618)

INFORMAZIONI TECNICHE

Resistenza a trazione del laminato	Valore medio* ~ 3 480 N/mm ²	Valore caratteristico* ~ 3 110 N/mm ²	(EN 2561)
Modulo di elasticità a trazione del laminato	Valore medio* ~ 357 000 N/mm ²		(EN 2561)
Allungamento a rottura del laminato	~ 0.97%*		(EN 2561)

* Valori relativi alla direzione delle fibre, riferiti alle prove del Gruppo A (3 strati). Spessore laminato ~ 2.0 mm. Contenuto di fibra in volume ~ 30%, in peso ~ 40%

04. PRODOTTI UTILIZZATI

Sikadur®-330



SikaWrap®-400 C HM



SikaGard®-550W Elastic



05. CONCLUSIONI

Anche se non siamo riusciti ad entrare nello specifico della fase esecutiva, è possibile notare che l'intervento – durato 5 giorni lavorativi – è stato eseguito senza gravare il solaio di ulteriori pesi in acciaio, ma solo leggerissima fibra in carbonio. Tutto l'intervento è stato poi verniciato con specifiche pitturazioni a base di resine acriliche elastiche SikaGard®-550W Elastic in grado di sopportare eventuali deformazioni.

Da un punto di vista applicativo l'applicatore ha eseguito il lavoro utilizzando una squadra di n°3 operai specializzati con un preposto che ha seguito passo a passo la fase di posa dei tessuti che in alcuni casi erano di n°4 strati sovrapposti

Per qualsiasi ulteriore informazione vi invitiamo a contattarci.



SikaWrap®-400 HM per il rinforzo a taglio



SikaWrap®-400 HM abbraccia l'intradosso e risvolta sul verticale