

DOSSIER TECNICO



*SISTEMI DI RINFORZO SRP ed SRG:
Dal calcolo all'esecuzione degli interventi*

Indice generale

1 Dimensionamento di interventi SRP ed SRG.....	3
1.1 Quadro normativo.....	3
1.2 Riferimenti per il calcolo.....	3
1.3 Ancoraggi	4
2 Quadro degli interventi proposti.....	6
2.1 Tabella degli Interventi.....	6
2.2 Illustrazione fasi operative tipo per interventi prevedenti tesatura o comunque lieve messa in tensione del tessuto.....	6
2.3 Illustrazione fasi operative tipo per interventi non prevedenti alcuna tesatura.....	9

1 Dimensionamento di interventi SRP ed SRG

1.1 Quadro normativo

Il D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008 non riporta disposizioni in merito alla progettazione di sistemi compositi, ma nella sua ultima sezione elenca le fonti che possano essere considerate di riferimento progettuale in mancanza di specifiche indicazioni.

Tra queste vengono annoverate Istruzioni e Documenti Tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Dunque le Istruzioni CNR DT 200/2004 costituiscono, di fatto, il riferimento normativo adoperabile in Italia per l'utilizzo dei compositi fibrorinforzati negli interventi di consolidamento.

Le sopra menzionate Istruzioni, sin dal loro concepimento, citavano la possibilità di impiegare matrici inorganiche (par. 2.2.3.3), oltre alle già consolidate matrici organiche.

Kimia ha dunque messo a punto un sistema di rinforzo a base di matrice inorganiche da impiegare con rivoluzionari tessuti di rinforzo costituiti da filamenti in acciaio ad alta resistenza

1.2 Riferimenti per il calcolo

Kimia ha certificato in collaborazione con vari istituti di ricerca e Università le caratteristiche meccaniche sia dei singoli elementi costituenti il sistema di rinforzo (tessuti e matrici), sia la resistenza a rottura e delaminazione dei vari tipi di sistemi (SRP ed SRG) applicati su svariati supporti (muratura e CLS).

I dati ricavati nel corso delle attività sperimentali possono essere assunti come valori caratteristici delle resistenze meccaniche dei sistemi compositi (come chiarito nel paragrafo 2.3.3.2 del CNR, quando si parla di "Modalità 2" per la determinazione delle caratteristiche meccaniche) applicati sui vari supporti (muratura, CLS).

I coefficienti parziali da impiegare agli SLU sono desumibili dalla tabella 3.2 del CNR, per applicazioni di tipo A.

Le verifiche su supporti in CLS possono essere eseguite sulla base delle indicazioni fornite al capitolo 4; quelle sulla muratura sono disciplinate al capitolo 5 del già citato documento.

1.3 Ancoraggi

Dal momento che generalmente il valore minimo della tensione di calcolo sostenibile dal rinforzo è regolato dalla tensione di delaminazione, molto minore della tensione di rottura del sistema (vedi formula 4.19), per sfruttare al meglio i rinforzi SRP ed SRG Kimia ha ulteriormente studiato e sviluppato sistemi di ancoraggio dimensionati per resistere ad una tensione pari a quella di rottura del tessuto.

Scongiurata la possibilità che il collasso avvenga per delaminazione di estremità, la tensione di calcolo massima sopportabile dal rinforzo diviene così pari al valore minimo tra la tensione di delaminazione intermedia (pari a 3 volte quella di delaminazione di estremità, cfr. par. 4.1.4 delle istruzioni CNR) e quella di rottura.

La resistenza ultima a trazione del Kimisteel 1500, nota la resistenza del singolo filamento (1,415 KN) vale: $1,415 \times 40 = 56,6$ KN.

Per il dimensionamento degli elementi si è considerato di sottoporre il sistema di ancoraggio ad una sollecitazione di calcolo T_{sd} di $56,6 \times 1,2 = 67,92 = 70$ KN: la progettazione è stata condotta con il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite utilizzando come moltiplicatore di carico un coefficiente di amplificazione locale $\gamma_p = 1,2$.

Il materiale utilizzato è l'acciaio Fe360¹.

Il riferimento normativo utilizzato per i calcoli dei componenti in acciaio è la norma CNR10011/85.

Sono state previste due soluzioni per l'ancoraggio del sistema di serraggio al supporto (adottabili in contemporanea o in alternativa):

4 barre filettate zincate classe 4.6 (secondo DIN 976-1 ISO 898-1) M12². 1 barra filettata zincata classe 4.6 (secondo DIN 976-1 ISO 898-1) M20³.

1
Caratteristiche meccaniche:
Tensione di rottura a trazione $f_t = 360$ N/mm²
Tensione di snervamento di calcolo $f_d = 235$ N/mm²
Resilienza $KV = 27$ J/cm²
Allungamento percentuale a rottura $\epsilon_t = 24\%$

2
Lo sforzo assiale sulla barra M20 vale: 222 N/mm² < 240 N/mm²

3
Lo sforzo di taglio sulle 4 barre vale:
 $\tau = (T_{s,d}/4) / (2 \cdot A_{res}) = 113$ N/mm² < $f_d / \sqrt{3} = 135,7$ N/mm²

Lo spessore della piastra e della contro-piastra (8 mm per entrambe) è stato determinato mediante la verifica a rifollamento, ripartendo lo sforzo di tiro tra i 4 fori di diametro d_1 12,5 mm⁴.

Per il collegamento tra piastra e contro-piastra che a sandwich inglobano il tessuto, si impiegheranno 4 viti M12 classe 8.8 (f_{yb} 649 N/mm²; f_{tb} 800 N/mm²)⁵.

L'angolare impiegato per la tesatura del tessuto è un 120x80x14⁶.

Le prove qualitative interne condotte sul sistema così realizzato si sono concluse con la rottura del tessuto e non con lo sfilamento dello stesso dall'ancoraggio, confermando a pieno la validità del sistema messo a punto.

4

$$\sigma_{rif} = (T_{s,d}/4) / (t*d_1) = 63 \text{ N/mm}^2 < \alpha f_d = 211 \text{ N/mm}^2$$

5

$$\tau = (T_{s,d}/4) / (2*A_{res}) = 60 \text{ N/mm}^2 < f_{d,v} = 192 \text{ N/mm}^2$$

6

Lo spessore dell'elemento è tale da superare la verifica a rifollamento in corrispondenza degli ancoraggi $\sigma_{rif} = (T_{s,d}/2) / (t*d_1) = 208 \text{ N/mm}^2 < \alpha f_d = 211 \text{ N/mm}^2$. Su ciascuno dei due bulloni di connessione dell'angolare, agisce taglio e trazione in fase di tesatura. Il taglio vale $T_{s,d}/2 = 35 \text{ KN}$. Lo sforzo di taglio è 222 N/mm². La forza assiale sul bullone vale $(T_{s,d}/2*h/2)/(l) = 15 \text{ KN}$, con h = altezza lato corto = 80 mm e $l = 120 - 15 = 105 \text{ mm}$. Lo sforzo assiale è 75 N/mm².

$$f_{d,v} = 0,6 f_{tb} / \gamma_{M2} = 0,6*800/1,25 = 384 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{d,N} = 0,9 f_{tb} / \gamma_{M2} = 0,9*800/1,25 = 576 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Risulta } 227/384 + 75/576 = 0,72 < 1$$

2 Quadro degli interventi proposti

Di seguito sono riportati i capitolati attualmente elaborati per l'impiego di sistemi di rinforzo Kimisteel. Per interventi non contemplati nella lista sotto riportata, contattare l'Ufficio Tecnico.

2.1 Tabella degli Interventi

SUPPORTO	ELEMENTO	MATRICE	STATO TENSIONALE IMPOSTO	TITOLO CAPITOLATO
MURATURA	VOLTE	MISTA	Leggera tesatura	Consolidamento di volte in mattoni o mattoncini con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		ORGANICA	Leggera tesatura	Consolidamento di volte in mattoni o mattoncini con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		INORGANICA	Leggera tesatura	Consolidamento di volte in mattoni o mattoncini con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice inorganica
	PILASTRI	MISTA	Nessuna	Rinforzo strutturale di pilastri in mattoni con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		ORGANICA	Nessuna	Rinforzo strutturale di pilastri in mattoni con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		INORGANICA	Nessuna	Rinforzo strutturale di pilastri in mattoni con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice inorganica
	MASCHI	MISTA	Tesatura	Rinforzo strutturale di murature con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		ORGANICA	Tesatura	Rinforzo strutturale di murature con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		INORGANICA	Tesatura	Rinforzo strutturale di murature con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice inorganica
CLS	PILASTRI	MISTA	Nessuna	Rinforzo strutturale di pilastri e colonne in c.a. con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		ORGANICA	Nessuna	Rinforzo strutturale di pilastri e colonne in c.a. con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
	TRAVI	MISTA	Nessuna	Rinforzo strutturale di travi e travetti in c.a. con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica
		ORGANICA	Nessuna	Rinforzo strutturale di travi e travetti in c.a. con tessuto unidirezionale in acciaio al carbonio ad alta resistenza immerso in matrice epossidica

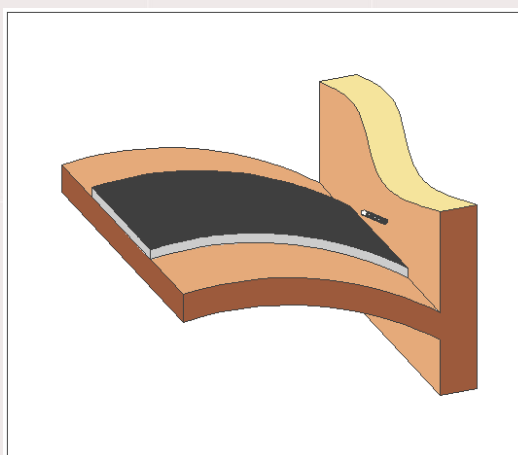
2.2 Illustrazione fasi operative tipo per interventi prevedenti tesatura o comunque lieve messa in tensione del tessuto

Stuccatura accurata di eventuali lesioni o microlesioni, pulizia delle superficie con eliminazione totale di parti inconsistenti e di qualsiasi materiale che possa pregiudicare il buon aggrappo delle lavorazioni seguenti. Smusso di eventuali angoli (Raggio di curvatura minimo 2 cm).

Per interventi su supporti in calcestruzzo che si presentassero eccessivamente degradati con la presenza di ferri d'armatura a vista, effettuare un primo intervento di ripristino strutturale (vedi voce di capitolato di riferimento). Eliminazione totale della polvere dall'intera superficie da trattare.

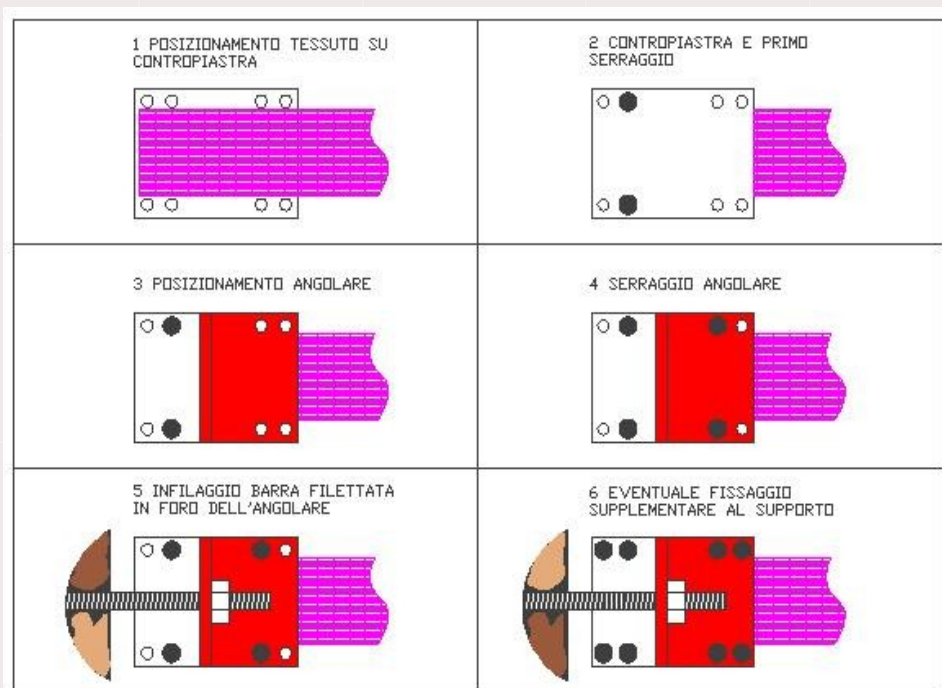
Applicazione di primer a base di resina sintetica bicomponente in dispersione acquosa tipo Kimicover Fix o similari con un consumo minimo di 0,3 kg/m² su supporti in muratura, 0,2 kg/m² su supporti in CLS. Il primer avrà la duplice funzione di consolidare il supporto e di prepararlo alle successive lavorazioni.

Su supporti in muratura molto irregolari, realizzazione di piste di livellamento da effettuare con la malta idraulica antiritiro pronta all'uso Betonfix FB o similare impastata con Kimitech B2 con un consumo medio di 18 kg/m² ogni cm di spessore.

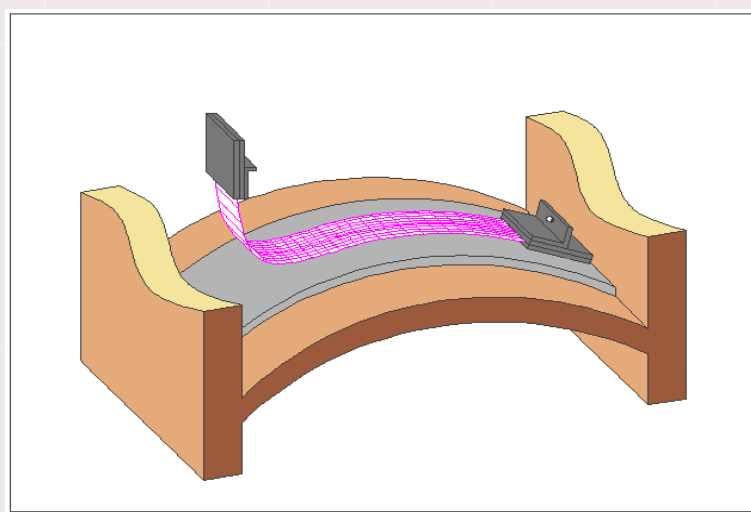


Ad indurimento delle piste di allettamento, predisporre gli ancoraggi meccanici bloccando a sandwich ciascuna delle estremità del tessuto tra la piastra e la contropiastra metallica (step 1 e 2 dell'immagine successiva).

Posizionare l'angolare sulle piastre di serraggio.
Avvicinare il sistema così realizzato al perforo precedentemente effettuato, facendo passare la barra filettata attraverso l'apertura di cui è provvista la parete verticale del profilo ad L.
Bloccare il sistema.

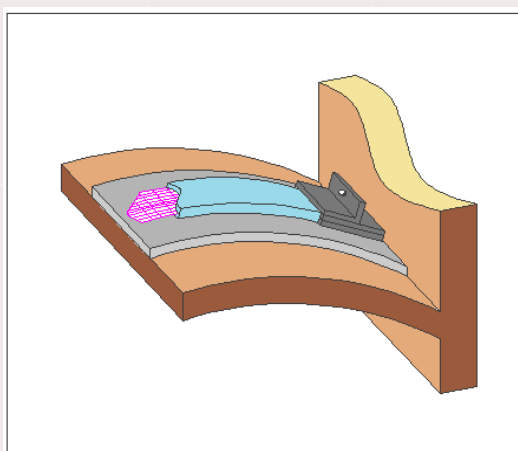


Stendere il tessuto sull'eventuale pista, procedere all'eventuale messa in tensione del tessuto e fissare l'altra estremità (contattare l'Ufficio Tecnico per dettagli sulle modalità realizzative) solidarizzando la doppia piastra di ancoraggio al supporto.



Successiva stesura a spatola di una delle seguenti matrici (consultare i capitolati di riferimento):

- Adesivo epossidico tixotropico a due componenti esente da solventi tipo Kimitech EP-TX o similari con un consumo minimo di 5,5 kg/m² su muratura, 4,5 kg/m² su CLS.
- Adesivo tricomponente⁷ costituito da Kimisteel LM impastato con Kimicover FIX (Parte A + Parte B) con un consumo medio di 5 kg/m² su muratura, 4 kg/m² su CLS.
- Kimisteel LM impastato con con Kimitech B2 al 30% con un consumo minimo di medio di 5 kg/m² su muratura, 4 kg/m² su CLS⁸.



7

La matrice andrà preparata unendo i due componenti del prodotto Kimicover FIX (componente A e componente B), miscelati accuratamente con trapano a basso numero di giri (200-300 al minuto) fino ad ottenere un perfetto amalgama e aggiungendo quindi il prodotto Kimisteel LM (un sacco da 15 kg ogni 6 kg di Kimicover FIX) sino ad ottenere un impasto omogeneo privo di grumi.

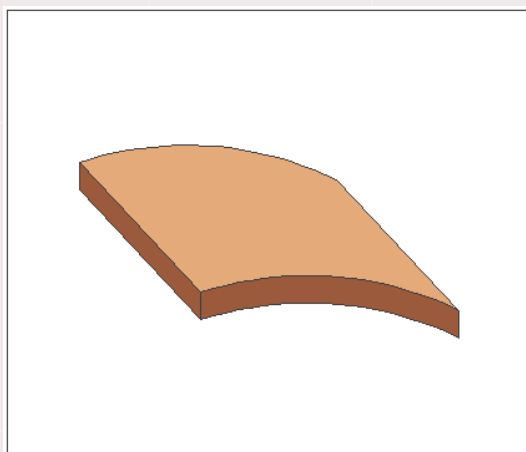
8

Preparare la malta mescolandola per max 2 minuti con betoniera o, in caso di piccoli impasti, con trapano e frusta, avendo l'avvertenza di introdurre prima i 3/4 del Kimitech B2 necessario e versare poi di continuo il restante liquido fino ad ottenere la consistenza voluta.

2.3 Illustrazione fasi operative tipo per interventi non prevedenti alcuna tesatura

Stuccatura accurata di eventuali lesioni o microlesioni, pulizia delle superficie con eliminazione totale di parti inconsistenti e di qualsiasi materiale che possa pregiudicare il buon aggrappo delle lavorazioni seguenti. Smusso di eventuali angoli (Raggio di curvatura minimo 2 cm).

Per interventi su supporti in calcestruzzo che si presentassero eccessivamente degradati con la presenza di ferri d'armatura a vista, effettuare un primo intervento di ripristino strutturale (vedi voce di capitolato di riferimento). Eliminazione totale della polvere dall'intera superficie da trattare.



Applicazione di primer a base di resina sintetica bicomponente in dispersione acquosa tipo Kimicover Fix o similari con un consumo minimo di $0,3 \text{ kg/m}^2$ su supporti in muratura, $0,2 \text{ kg/m}^2$ su supporti in CLS.

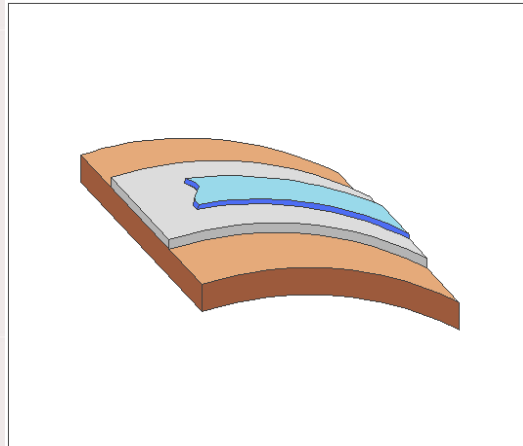
Il primer avrà la duplice funzione di consolidare il supporto e di prepararlo alle successive lavorazioni.

Su supporti in muratura molto irregolari, realizzazione di piste di livellamento da effettuare con la malta idraulica antiritiro pronta all'uso Betonfix FB o similare impastata con Kimitech B2 con un consumo medio di 18 kg/m^2 ogni cm di spessore.

Successiva stesura a spatola di una delle seguenti matrici (consultare i capitolati di riferimento):

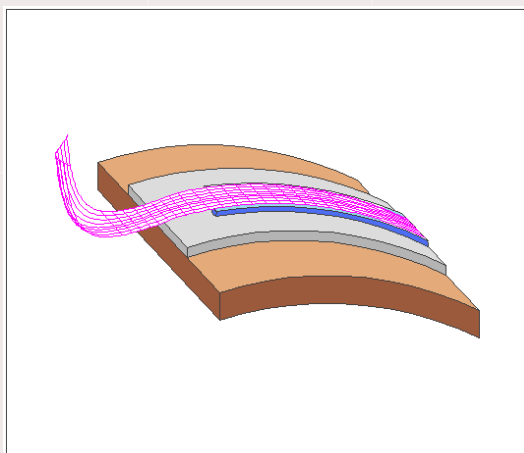
- Adesivo epossidico tixotropico a due componenti esente da solventi tipo Kimitech EP-TX o similari con un consumo minimo di $3,5 \text{ kg/m}^2$ su muratura, $3,5 \text{ kg/m}^2$ su CLS.

- Adesivo tricomponente costituito da Kimisteel LM impastato con Kimicover FIX (Parte A + Parte B) con un consumo medio di 3 kg/m² su muratura, 2 kg/m² su CLS.
- Kimisteel LM impastato con con Kimitech B2 al 30% con un consumo minimo di medio di 3 kg/m² su muratura, 2 kg/m² su CLS.



A prodotto ancora fresco stendere il tessuto unidirezionale costituito da filamenti di acciaio tipo Kimisteel 1500 o similari e, con spatola metallica e/o cazzuola, effettuare una leggera pressione su di esso.

Questa operazione servirà ad annegare completamente il tessuto all'interno della matrice.



Fresco su fresco applicare sul tessuto, con spatola metallica e/o cazzuola, una ulteriore mano di una delle seguenti matrici (consultare i capitolati di riferimento):

- Adesivo epossidico tixotropico a due componenti esente da solventi tipo Kimitech EP-TX o similari con un consumo minimo di 2 kg/m² (sia su muratura che su CLS).
- Adesivo tricomponente costituito da Kimisteel LM impastato con Kimicover FIX (Parte A + Parte B) con un consumo medio di 2 kg/m² (sia su muratura che su CLS).
- Kimisteel LM impastato con con Kimitech B2 al 30% con un consumo minimo di medio di 2 kg/m² (sia su muratura che su CLS).