

## Soluzione in Microcalcestruzzo Fibrorinforzato per la Riabilitazione Strutturale delle Infrastrutture

### Descrizione

**i.power RIGENERA** è una soluzione specifica per la riabilitazione delle opere infrastrutturali in calcestruzzo armato. La riabilitazione è intesa sia come ripristino delle prestazioni per cui le opere sono state progettate, sia come adeguamento ai nuovi carichi imposti dalle normative vigenti e alle sollecitazioni sismiche.

La soluzione consiste nel getto in opera di un calcestruzzo fibrorinforzato autocompattante che avvolge l'elemento strutturale (sia esso una trave, una pila o un impalcato da ponte) creando una nuova pelle dello spessore di pochi centimetri. Il calcestruzzo fibrorinforzato è caratterizzato da elevatissime prestazioni meccaniche ed elevatissima durabilità. Il calcestruzzo utilizzato nella soluzione **i.power RIGENERA** è composto da tre componenti: una parte premiscelata in polvere, fibre in acciaio e una parte liquida (comprensiva di additivo).

Dal punto di vista delle prestazioni, il calcestruzzo della soluzione **i.power RIGENERA** ricade nella classe dei calcestruzzi ad alta resistenza, conferita dalle speciali caratteristiche della miscela, e ad elevata capacità deformativa (tenacità), data dalla presenza delle fibre in acciaio.



## I valori di i.power RIGENERA

I vantaggi di i.power RIGENERA	I valori per il mercato
<p><b>Durabile</b> La durabilità conferita dalla soluzione i.power RIGENERA alla struttura esistente è molto elevata, sia per la particolare struttura chimica della matrice cementizia, che impedisce agli agenti aggressivi di penetrare nel calcestruzzo, sia per il ridotto rischio di fessurazione.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Elevata durabilità</li><li>▪ Costi di manutenzione ordinaria e straordinaria ridotti</li><li>▪ Incremento della vita utile dell'opera.</li></ul>
<p><b>Resistente</b> La soluzione i.power RIGENERA interagisce con la struttura ammalorata aumentandone la resistenza flessionale, la resistenza a taglio e la duttilità.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ L'uso integrato di fibre di acciaio consente di garantire elevate resistenze a trazione. Queste caratteristiche meccaniche, quando considerate nei calcoli strutturali, consentono di ottimizzare l'uso delle armature tradizionali in acciaio. Le armature tradizionali in acciaio possono integrare la soluzione di rinforzo nelle zone di maggiore sollecitazione come, ad esempio, le zone di collegamento con le fondazioni nel caso di pile da ponte.</li><li>▪ Anche il comportamento alle alte temperature è significativamente migliore rispetto a quella di un calcestruzzo ordinario. La resistenza meccanica residua del prodotto, se riscaldato fino a 750°C, è circa il 60 - 70% di quella misurata a temperatura ambiente.</li><li>▪ L'aderenza tra calcestruzzo della soluzione i.power RIGENERA e il calcestruzzo dell'elemento da riabilitare, è così elevata che la rottura si verifica nel calcestruzzo preesistente invece che all'interfaccia tra i due materiali.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Resistenza alle alte temperature</li><li>▪ Sostituzione quasi totale dell'armatura tradizionale</li><li>▪ Elevata aderenza al supporto (calcestruzzo preesistente)</li></ul>
<p><b>Versatile</b> Dal punto di vista della posa in opera, il calcestruzzo utilizzato per la soluzione i.power RIGENERA può essere miscelato con mescolatori forzati da cantiere direttamente a piè d'opera e posato per colatura. L'intervento di riabilitazione non è invasivo e permette all'Ente proprietario o concessionario dell'opera di non interromperne l'utilizzo.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Facile soluzione per edifici e strutture soggette a cambio di destinazione d'uso</li><li>▪ Nessuna interruzione della viabilità nel caso di ripristino di viadotti</li></ul>
<p><b>Sostenibile</b> L'intervento di riabilitazione con la soluzione i.power RIGENERA risulta leggero sulla struttura esistente in quanto l'incamiciatura con calcestruzzo fibrorinforzato è di pochi centimetri con conseguente minore impatto sulle masse inerziali. Dal punto di vista delle emissioni di anidride carbonica (carbon footprint), la soluzione i.power RIGENERA risulta più sostenibile rispetto ad un intervento tradizionale.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ripristino in pochi centimetri di spessore</li><li>▪ Costi di manutenzione ridotti</li><li>▪ Soluzione a ridotto impatto ambientale</li></ul>



## Gli ambiti di utilizzo

La maggior parte delle infrastrutture italiane sono state progettate e costruite fra gli anni '60 e '70. Dopo più di 50 anni di vita, queste opere d'arte stradali hanno bisogno di interventi di manutenzione straordinaria a causa del degrado materico e strutturale accumulato negli anni. Le soluzioni al problema possono essere due: la costruzione di nuove infrastrutture con la demolizione di quelle esistenti o la riabilitazione delle infrastrutture esistenti. Riabilitare una infrastruttura esistente permette di intervenire in modo efficiente (relativamente veloce), efficace (con costi contenuti), versatile (senza creare problemi alla viabilità) e sostenibile (minor impatto ambientale e ridotti costi di manutenzione).

- Protezione preventiva di strutture non danneggiate al fine di aumentarne la durabilità (aumento della vita utile) e la sostenibilità nella gestione dell'infrastruttura stessa (riduzione dei costi di manutenzione)
- Riparazione di strutture danneggiate localmente al fine di ripristinarne l'integrità (intervento localizzato)
- Rinforzo strutturale di strutture danneggiate al fine di ripristinare le prestazioni strutturali originarie
- Rinforzo strutturale di strutture danneggiate e non danneggiate al fine di migliorarne le prestazioni (intervento di miglioramento)
- Retrofitting strutturale e sismico di strutture danneggiate e non danneggiate al fine di adeguarne le prestazioni alla normativa vigente (intervento di adeguamento)
- Incremento della resistenza alle alte temperature di strutture sensibili

## Le possibili applicazioni

- Ripristino di travi da ponte danneggiate da urti o danneggiamenti locali (intervento locale).
- Riparazione o ricostruzione dei pulvini delle pile da ponte (intervento locale)
- Ripristino o esecuzione di una nuova cappa collaborante su impalcati da ponte (intervento di miglioramento o adeguamento)
- Incamiciatura di travi da ponte (intervento di miglioramento o adeguamento)
- Incamiciatura di pile da ponte (intervento di miglioramento o adeguamento)

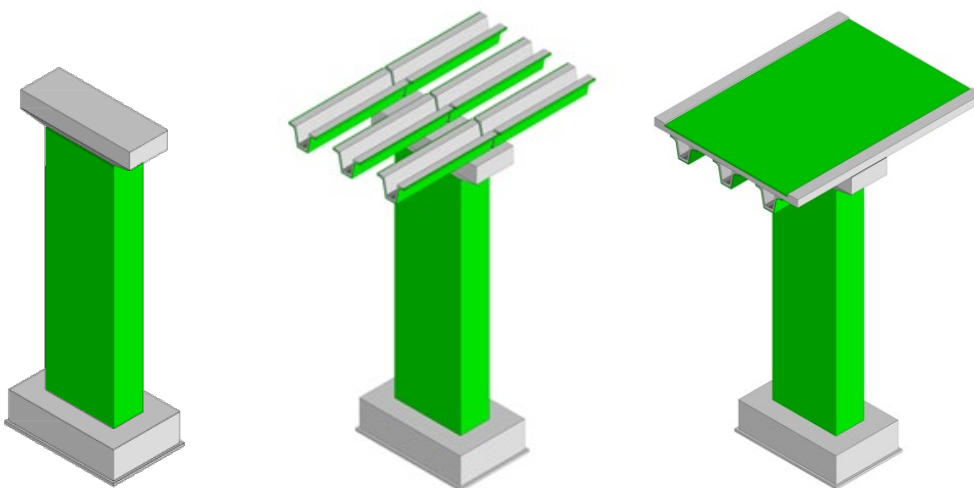


Fig 1: In verde sono evidenziati i possibili ambiti applicativi di i.power RIGENERA su pile, impalcati e travi.



## Prestazioni tipiche del calcestruzzo fibrorinforzato

### Prestazioni fisico-meccaniche

Caratteristiche prestazionali	Metodo di prova	Prestazione prodotto
Resistenza a compressione (MPa)	EN 196-1	> 60 (1gg) > 130 (28gg)
Resistenza a trazione indiretta per splitting (MPa)	EN 12390-6	> 4,0 (1gg.) > 8,0 (28 gg.)
Resistenza a trazione diretta (MPa)	CNR DT204/2006 app.C	> 7,0 (28 gg.)
Modulo elastico a compressione (GPa)	EN 12390-13	39 ± 4 (28 gg.)
Adesione su calcestruzzo (supporto di tipo MC 0,40 – rapporto a/c = 0,40) secondo EN 1766 (MPa)	EN 1542	> 3,0
Ritiro (%)	-	< 0,05
Reazione al fuoco	EN 13501-1	A1
Resistenza a flessione residua media (MPa): CMOD 1 = 500µm CMOD 2 = 1.500µm CMOD 3 = 2.500µm CMOD 4 = 3.500µm	EN 14651	> 14 > 12 > 9 > 6

### Prestazioni allo stato fresco

Spandimento al cono [mm]	EN 12350-8	> 600
Tempo di spandimento al cono T500 [sec]	EN 12350-8	< 5

### Caratteristiche di durabilità

Cicli di gelo-disgelo dopo 300 cicli (fattore di durabilità) <sup>10</sup>	UNI 7087	0,98
Resistenza alla carbonatazione accelerata– strato carbonatato (mm)	EN 13295	0 mm
Impermeabilità all'acqua profondità di penetrazione (mm)	EN 12390-8	0 mm
Compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542 (MPa) -cicli gelo/disgelo con sali disgelanti	EN 13687-1	>2 MPa



## Esempio di voce di capitolato

Calcestruzzo fibrorinforzato tricomponente, tipo **i.power RIGENERA**, ad elevatissime prestazioni meccaniche e ad elevatissima durabilità per la riabilitazione strutturale e materica di elementi in calcestruzzo armato.

Il calcestruzzo fibrorinforzato deve essere applicato, in spessori variabili tra i 30 mm e i 150 mm, tramite colatura entro casseri a tenuta.

Il calcestruzzo fibrorinforzato deve rispondere alle seguenti caratteristiche tecniche:

- resistenza a compressione (EN 12390) [MPa]: > 130 (dopo 28 gg)
- resistenza a trazione diretta (CNR DT204/2006 app.C) [MPa]: > 5 (dopo 28 gg)
- adesione al supporto in calcestruzzo (EN 1542) [MPa]:  $\geq 2$  (dopo 28 gg)
- resistenza a flessione residua media (EN 14651) [MPa]:
  - CMOD 1 = 500 $\mu$ m                      fR1: > 13
  - CMOD 2 = 1.500 $\mu$ m                    fR2: > 10
  - CMOD 3 = 2.500 $\mu$ m                    fR3: > 8
  - CMOD 4 = 3.500 $\mu$ m                    fR4: > 6
  
- resistenza alla carbonatazione accelerata (EN 13295) [mm]: 0
- compatibilità termica misurata come adesione secondo EN 1542 [MPa] -cicli gelo/disgelo con sali disgelanti (EN 13687-1):  $\geq 2$
- reazione al fuoco (EN 13501-1): A1
- impermeabilità all'acqua – profondità di penetrazione (EN 12390-8) [mm]: 0



## Caso applicativo in scala reale

### Rinforzo strutturale di una pila da ponte

Presso Università di Brescia è stata eseguita una prova di validazione del sistema di rinforzo con calcestruzzo **i.power RIGENERA**. Una pila da ponte in scala 1:4 è stata realizzata e parzialmente danneggiata in modo da simulare una vita di esercizio di 50 anni. Successivamente la pila è stata sabbiata in superficie in modo da preparare il supporto all'intervento di rinforzo. Il calcestruzzo fibrorinforzato è stato applicato tramite colatura e con l'ausilio di casseri modulari in modo da creare uno strato da 3 cm. Nessuna armatura longitudinale o trasversale è stata aggiunta all'interno del rinforzo. Solo alcuni ferri di ripresa sono stati posizionati in corrispondenza della base della pila per connettere lo strato di rinforzo con la fondazione. La pila è stata quindi sottoposta a carichi orizzontali ciclici in modo

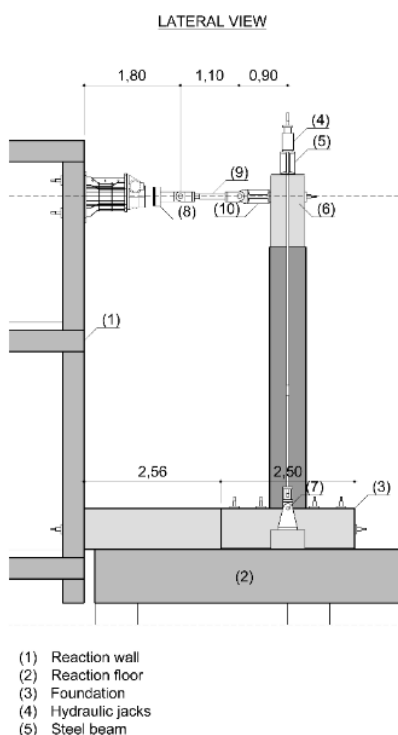


Fig 2: Set up di prova

### Setup di prova

- Altezza della pila: 7 m
- Dimensioni della sezione: 1,5 × 0,6 m
- Spessore del rinforzo in calcestruzzo i.power RIGENERA: 3 cm
- Carico verticale: 1000 kN
- Carico orizzontale massimo: 450 kN
- Spostamento orizzontale massimo: 200 mm (drift 4%)

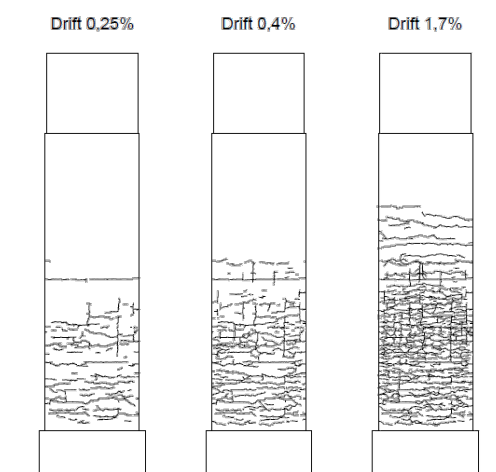


Fig 3: Propagazione della fessurazione in funzione della deformazione.

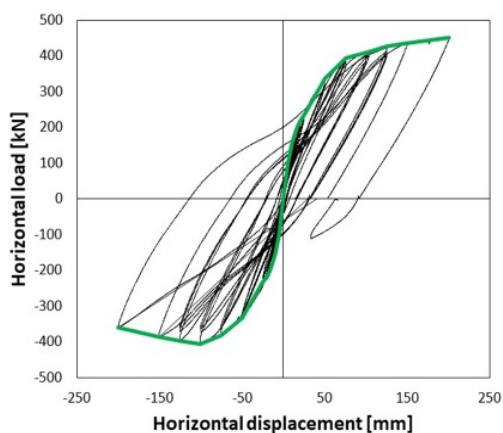


Fig 4: Grafico carico-spostamento durante la prova ciclica

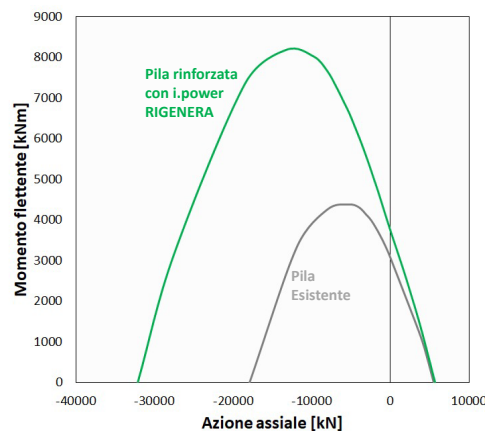


Fig 5: Dominio M-N. Confronto pila esistente e pila rinforzata con i.power RIGENERA





Fig 6: Pila rinforzata prima della prova ciclica



Fig 7: Particolare del rinforzo in calcestruzzo fibrorinforzato con spessore di 3 cm.

### Evidenze della prova in scala

- La resistenza a flessione della pila è stata incrementata di **più del 70% rispetto alla pila non rinforzata**.
- Le caratteristiche del calcestruzzo **i.power RIGENERA** hanno consentito all'elemento strutturale rinforzato di raggiungere **elevati valori di spostamento laterale**, compatibili con le richieste di spostamento della sollecitazione sismica.
- L'elevata capacità del materiale di resistere alla fessurazione (tenacità) ha generato un **quadro fessurativo diffuso**, caratterizzato da fessure di ampiezza ridotta al termine della prova.
- L'elevata adesione del calcestruzzo **i.power RIGENERA** ha consentito di sviluppare **il massimo sforzo di trazione nelle barre di collegamento alla fondazione** (cerniera plastica alla base).



Per informazioni tecniche sulla soluzione **i.power RIGENERA**

ing. Enrico Corio  
[e.corio@calcestruzzi.it](mailto:e.corio@calcestruzzi.it)

ing. Alessandro Morbi  
[a.morbi@italcementi.it](mailto:a.morbi@italcementi.it)

**Italcementi su internet:** [www.italcementi.it](http://www.italcementi.it)

**Italcementi sui social:**     @Italcementi

