

# memory<sup>®</sup>-steel re-bar

Matteo Breveglieri, Empa

Julien Michels, re-fer AG



# memory<sup>®</sup>-steel per il vostro progetto



## re-plate applicazione su strutture in c.a.

«carichi statici e dinamici»



## re-bar applicazione su strutture in c.a.

«carichi statici e dinamici»



# re-bar



Prodotto	Forza massima di trazione	Deformazione a rottura
re-bar 10	46.7 kN (Valore di calcolo)	30 %
re-bar 16	109.8 kN (Valori di calcolo)	30 %

Procedura di attivazione	Temperatura	Forza di pre-tensione
re-bar 10 Barre - Gas	300-350 °C	36.0 kN
re-bar 10 Barre - Elettricità	200 °C	2 x 31.5 kN = 63.0 kN
re-bar 16 Barre - Gas	300-350 °C	67.6 kN



- Consegna in cantiere → pre-deformate, barre singole o con accoppiatori
- Subito efficace dopo dopo l'attivazione (riscaldamento → raffreddamento) e applicazione della malta cementizia
- Azione di pre-tensione con aderenza al calcestruzzo

# re-bar in malta da riprofilamento o malta a spruzzo

**Sika MonoTop®  
-452 N**

Malta da  
riprofilamento

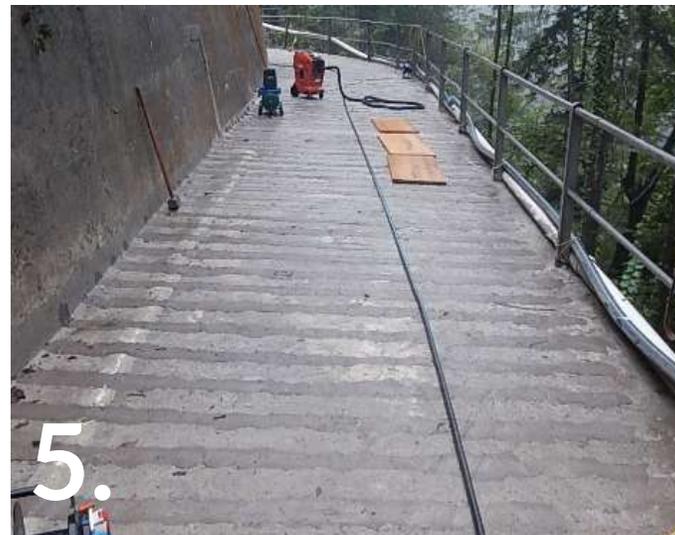
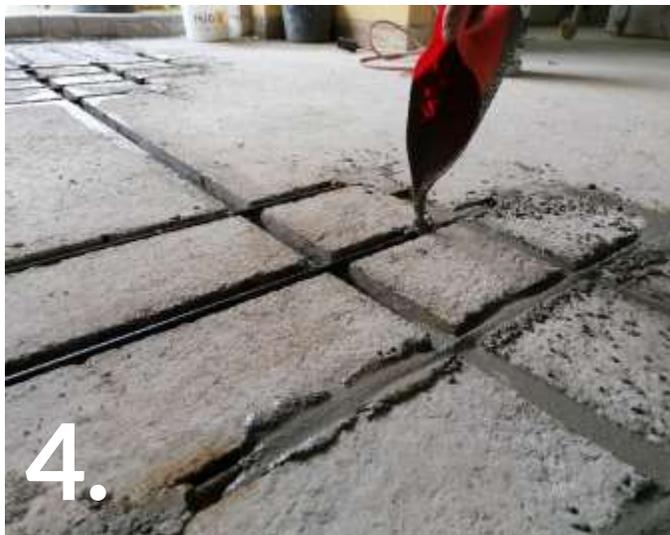


**Sika MonoTop®  
-412 Eco/-4012**

Malta a spruzzo



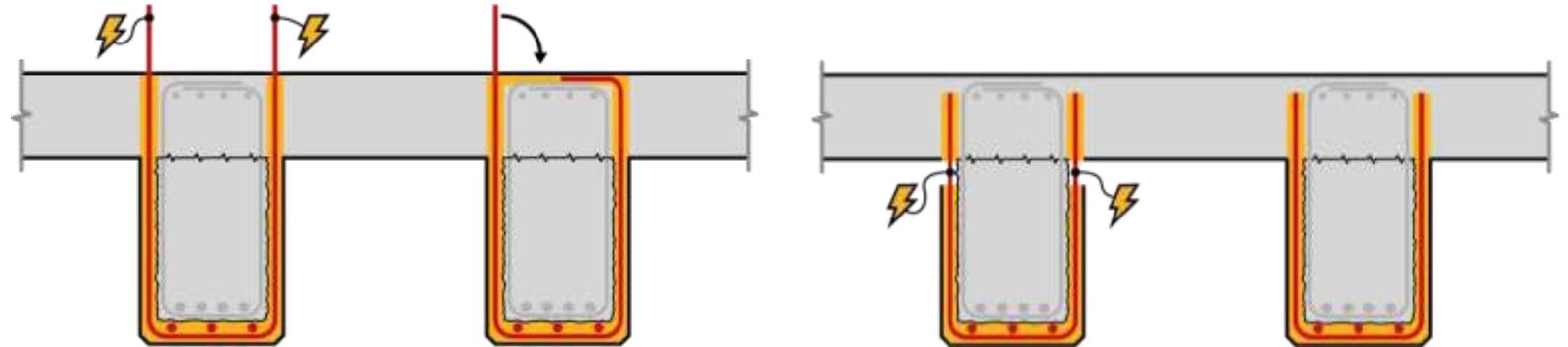
# Applicazioni in intagli riempiti con malta colabile



**SikaGrout®-314 N**

Malta colabile

# Applicazione delle staffe a U - re-bar



**Sika® FastFix-121**

Malta cementizia per  
ripristino

**Sika® InjectoCem-190**

Cemento per iniezioni

# Applicazioni in edilizia

## Modifica del sistema statico, cambio di destinazione d'uso :

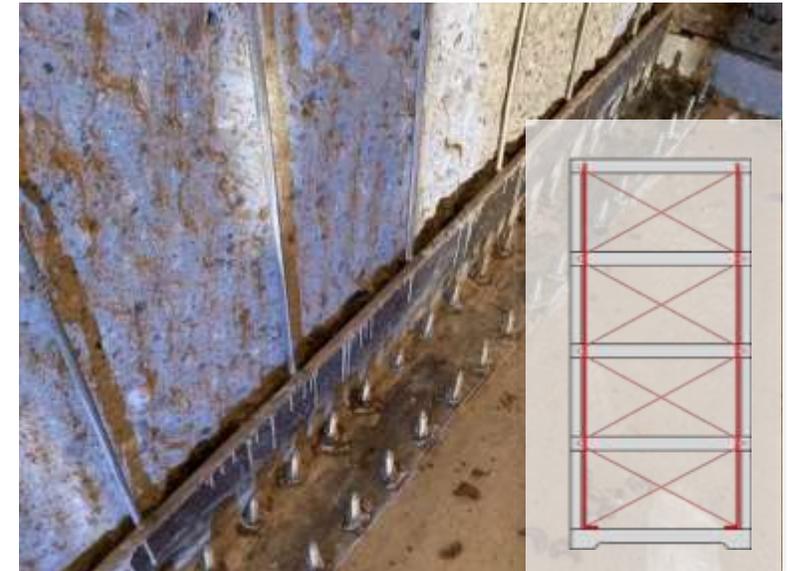


Rinforzo a flessione (momento positivo o negativo)



Rinforzo a taglio

## Rinforzi sismici:



Rinforzo di pareti (installazione verticale diagonale o orizzontale)

# Applicazioni su ponti

## Rinforzo a flessione, aumento della vita utile :



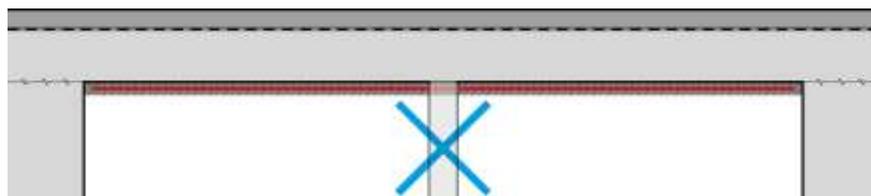
Idrodemolizione del calcestruzzo



Fissaggio delle re-bar e realizzazione dell' ancoraggio con malta a spruzzo

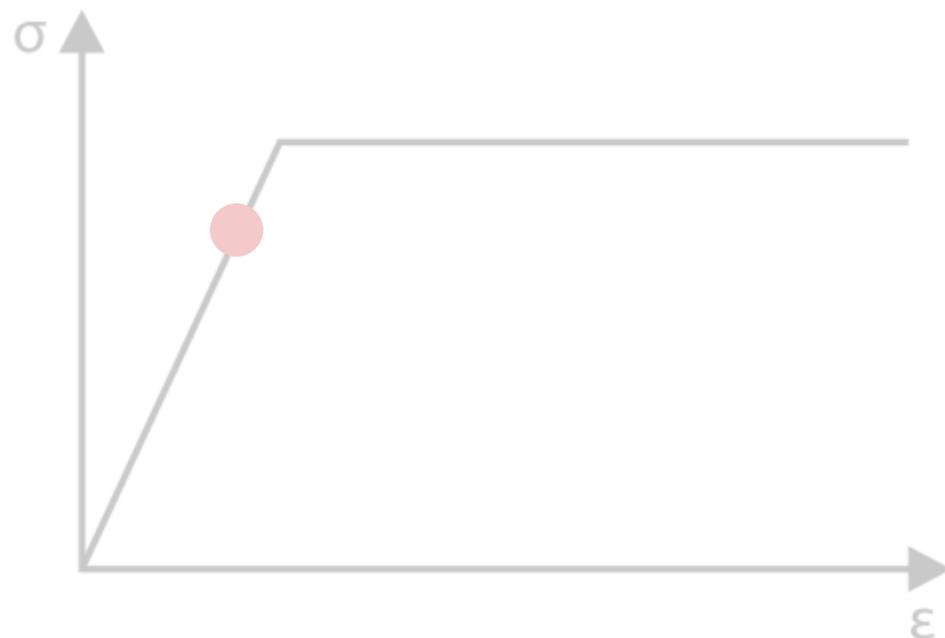


Attivazione delle re-bar, applicazione della malta a spruzzo tra le zone di ancoraggio e riprofilatura

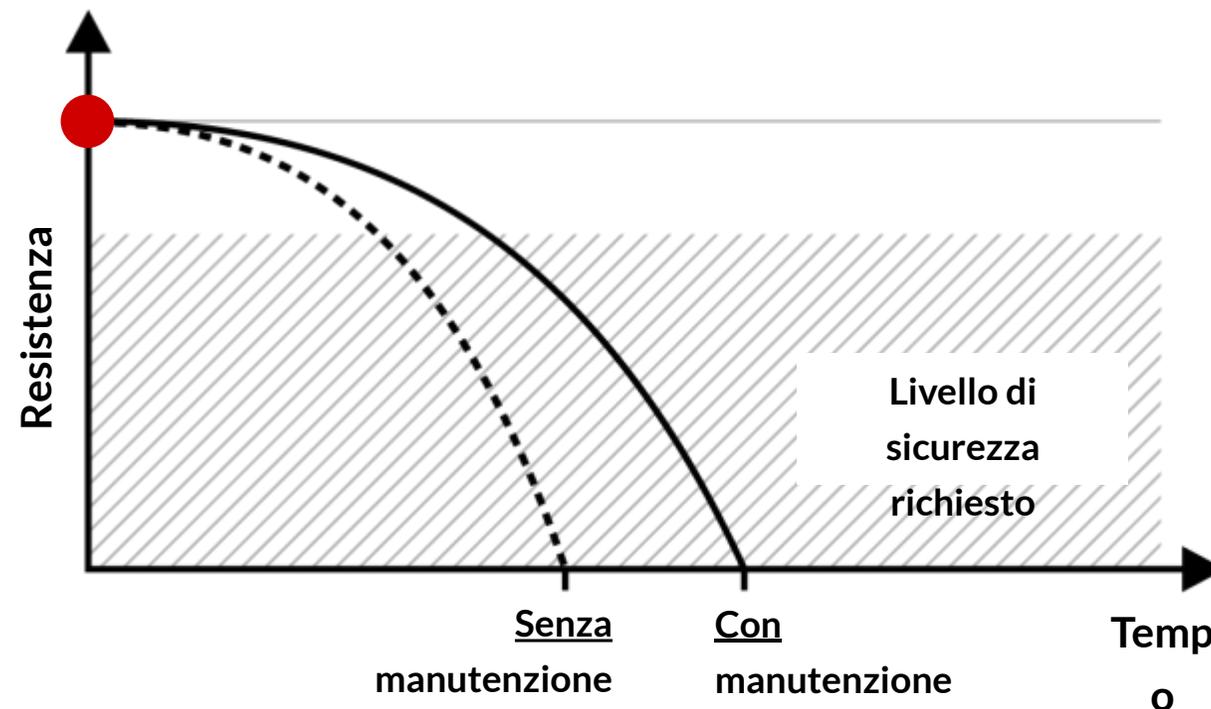


# Una nuova epoca per l'industria delle Costruzioni

Tensione nell' armatura esistente:



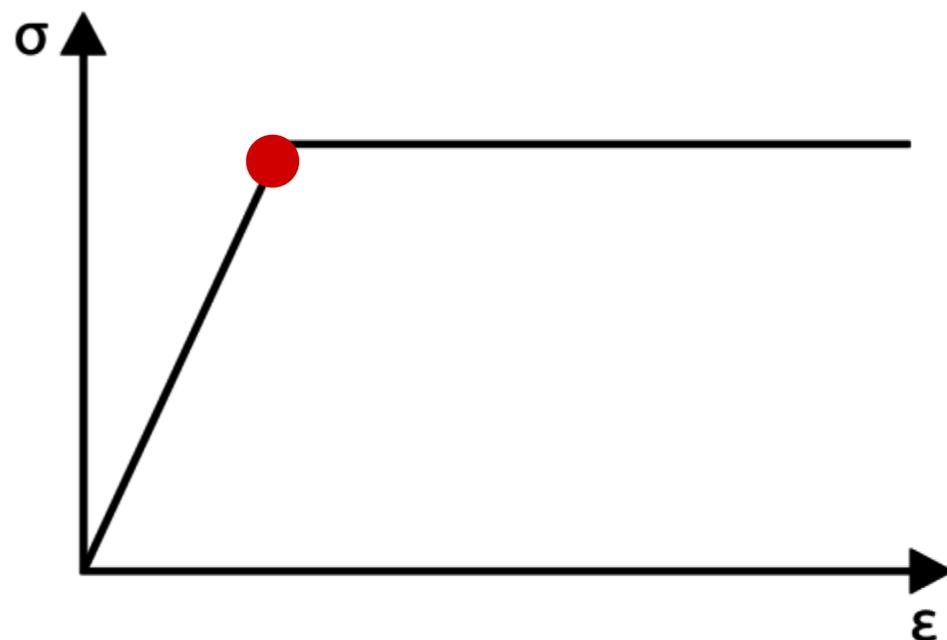
Vita utile:



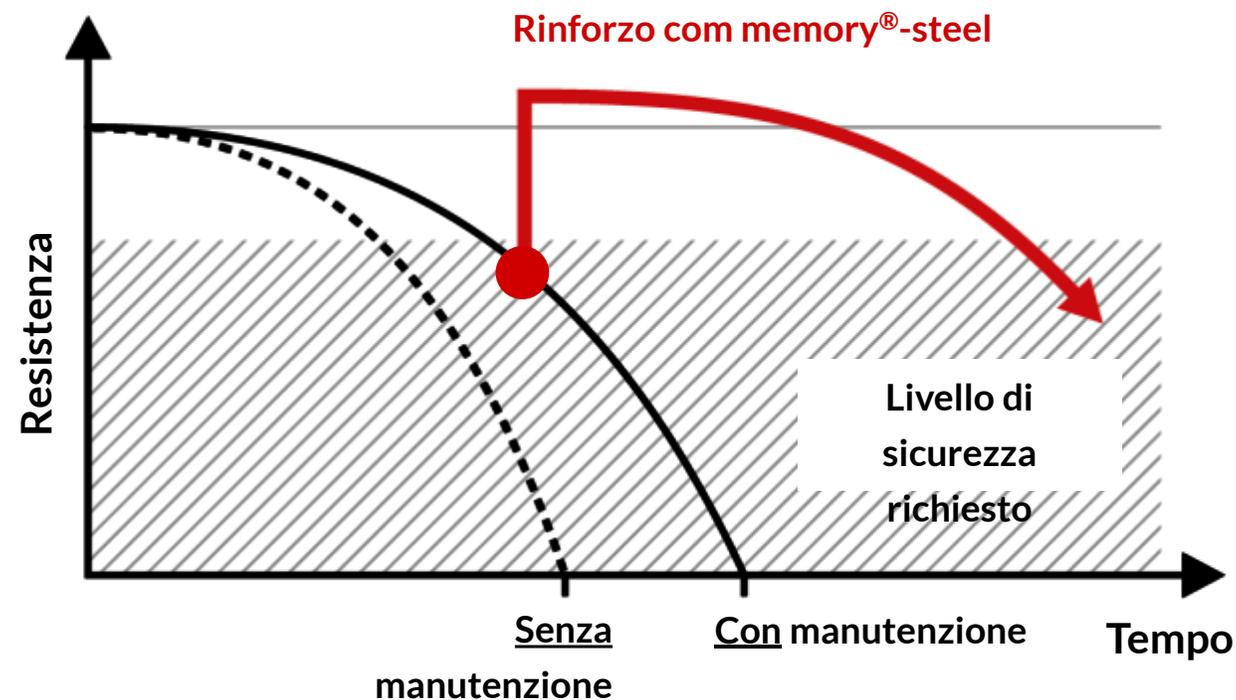
**Dopo l'invecchiamento** (Rilassamento, fatica, corrosione)

# Una nuova epoca per l'industria delle Costruzioni

Tensione nell'armatura esistente:



Vita utile:



**Grazie alle pre-tensione** (riduzione della tensione nell'armatura esistente)

# Funziona davvero ?



**Rinforzo di travi  
parzialmente distrutte  
(es. terremoto)**

# Breve e chiaro:



**Efficiente, Facile, Veloce.**

**Robusto, versatile e olistico  
Soluzioni con prodotti di qualità**



**Conservazione sostenibile delle  
strutture, Utilizzo mirato delle risorse**



**100% Materiale riciclabile**



# Analisi Costi/benefici

## Sistema Sika in materiale composito



- ✓ Aumento della capacità portante

Semplice prezzo  
«una misura»

La combinazione dei due sistemi è  
la soluzione per il successo.

## memory®-steel con malta Sika



- ✓ Aumento del carico di servizio
- ✓ Aumento della capacità portante
- ✓ Requisiti di resistenza al fuoco
- ✓ Ridistribuzione delle forze durante eventi sismici terremoti
- ✓ Aumento della durata

Prezzo per «5 misure»



# Applicazioni



# Quando utilizzare il memory<sup>®</sup>-steel?

## Edilizia

- Riduzione della freccia
- Rinforzo a flessione, nel caso in cui carico da incendio può essere coperto solo da re-plate
- Rinforzo dell' armatura a punzonamento
- Rinforzo sismico
- Soluzioni speciali



## Ponti

- Rinforzi a flessione e a taglio (cementizi, permeabili al vapore)
  - ✓ Possibile anche in caso di scarsa qualità del calcestruzzo!
- Aumento della vita utile
  - ✓ Grazie alla riduzione della tensione nell' armatura esistente!
  - ✓ Rallentamento della reazione alcali-aggregato e formazione ettringite !



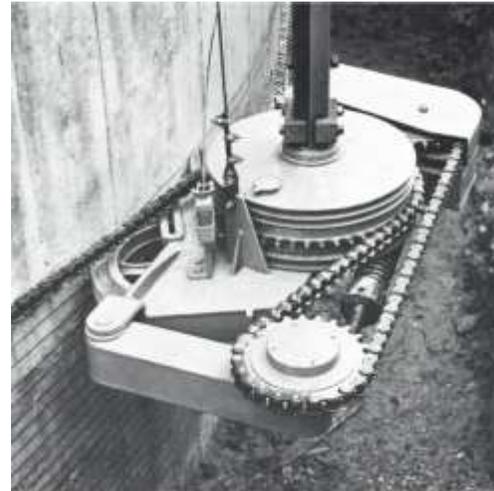
# ARA Silo



Luogo: Cham, Svizzera  
Anno: 2022  
Prodotti: re-bar 16, Sika MonoTop®-452N

## Foratura della facciata

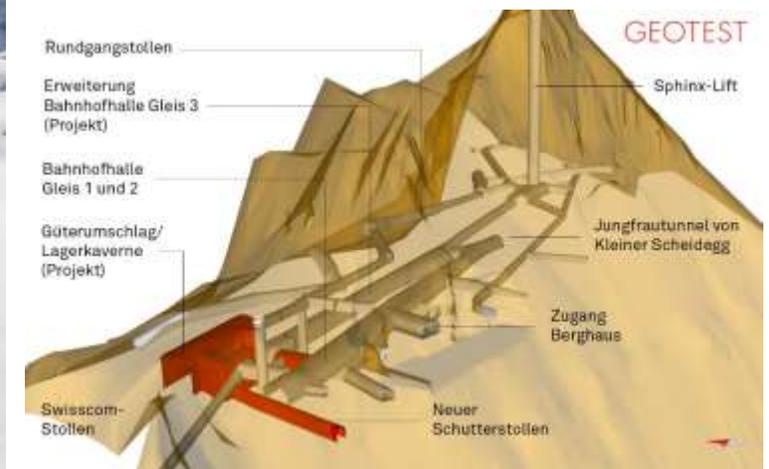
- Rinforzo locale delle aperture realizzate per punti di fissaggio dei cavi in acciaio
- re-bar in malta Sika per riparazioni



# Rinforzo di una volta in una stazione ferroviaria sotterranea



**Luogo:** Jungfrauoch BE, Svizzera  
**Anno:** 2019  
**Prodotti:** re-bar 10, Sika® Rock Gunit BE-8



# Rinforzo di una volta in una stazione ferroviaria sotterranea



## Nuovo collegamento

- Rinforzo a flessione locale con re-bar in malta a spruzzo Sika
- Malta a spruzzo a secco per applicazioni in galleria



# Rinforzo muratura Scuola in Vallese



**Luogo:** Sembrancher VS, Svizzera  
**Anno:** 2022  
**Prodotti:** re-bar 16, Sika AnchorFix®-3030,  
SikaGrout®-311, Sika Monotop®-412 Eco



# Riconversione dello stabilimento di produzione - Delica

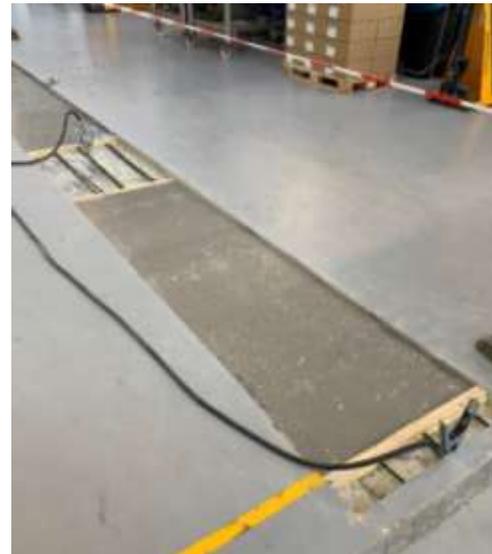
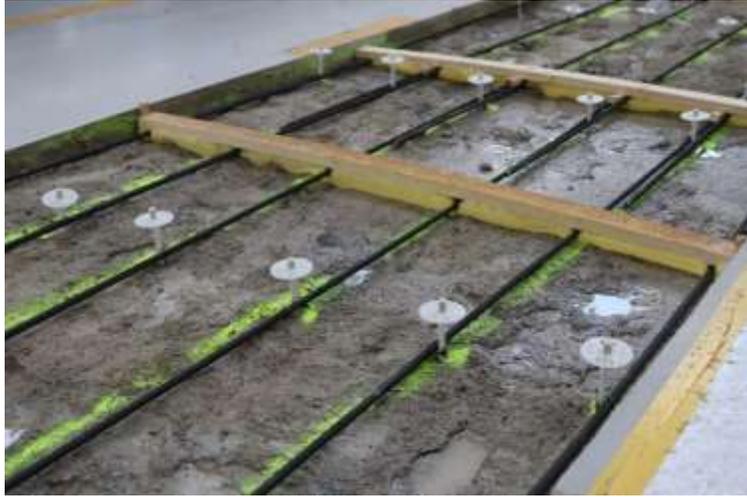


## Aumento dei carichi sul solaio

- Rinforzo a momento negativo con re-bar e malta per riprofilatura Sika
- Rinforzo a momento positivo con lamelle in fibra di carbonio. (CFRP)

**Luogo:** Birsfelden BS, Svizzera  
**Anno:** 2021  
**Prodotti:** re-bar 16, SikaGrout®-314 N, Sika® CarborDur®

# Riconversione dello stabilimento di produzione - Delica



# Soluzione completa per travi da ponte

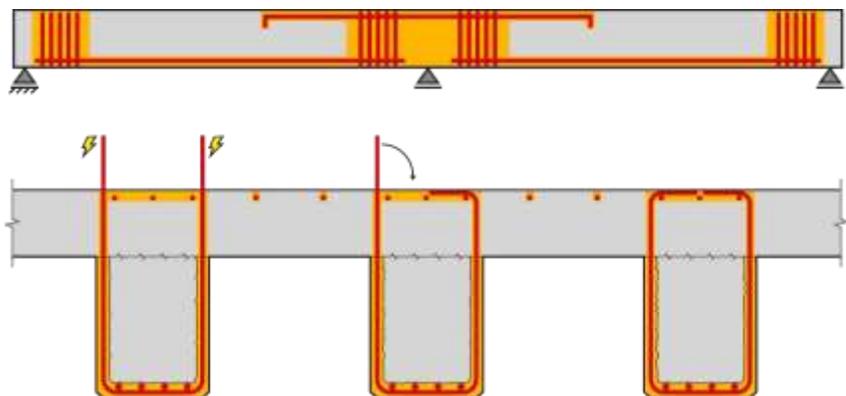


## Ponte in calcestruzzo invecchiato

- Robusto rinforzo a flessione per le travi
- Rinforzo a taglio e realizzazione di un ancoraggio nelle zone di estremità
- Aumento della vita utile

**Luogo:** Currendlin JU, Schweiz  
**Anno:** 2021  
**Prodotti:** re-bar 16, Sika MonoTop®-412 Eco, re-plate

# Soluzione completa per travi da ponte



**Ancoraggio delle staffe nel nucleo di calcestruzzo mediante la piegatura dei ferri**

# Costi/benefici per l'adeguamento

## Costi approssimativi - Esempio ponte autostradale:

Attività	Costi (%)
Deviazione del traffico / impalcature / smaltimento dei rifiuti / attrezzature di cantiere / ecc.	~ 20
Sostituzione pavimentazione bituminosa	~ 15
Impermeabilizzazione solette e drenaggio	~ 15
Rimozione / sostituzione del calcestruzzo in eccesso / ecc.	~ 15
<b>Rinforzo pre-teso con acciaio memory-steel</b>	<b>~ 15</b>
Ingegneria/ Progettazione / Varie	~ 20
<b>Totale</b>	<b>100</b>



**Soluzione robusta con un costo pari 15 % dei costi totali**

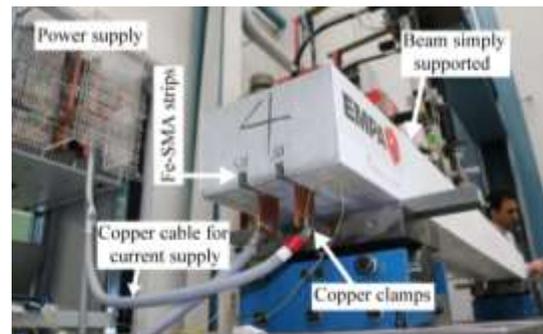
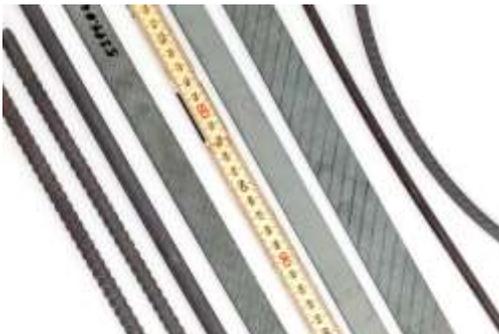


**Payback: i costi possono essere ammortizzati grazie all'aumento della della vita utile!**

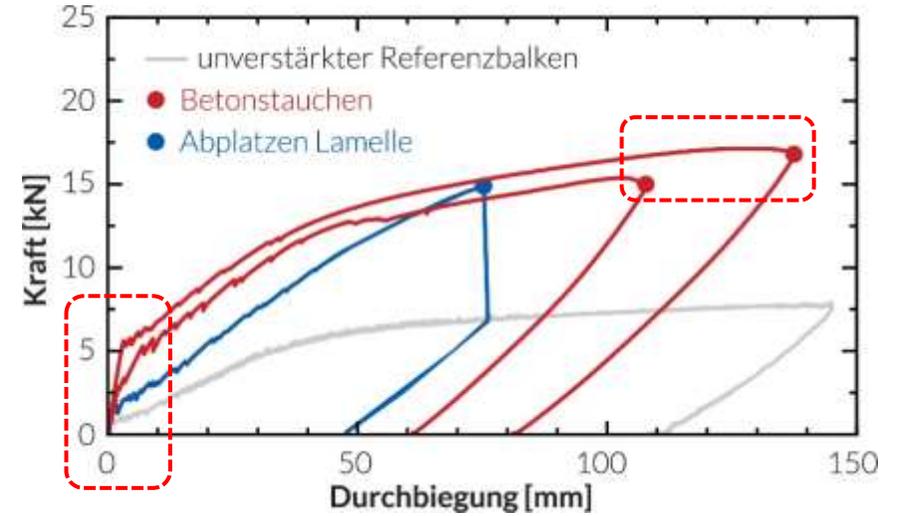


# re-fer Milestones

- Dal 2000 Attività di ricerca all' Empa (Dübendorf – CH)
- 2012 Fondazione di re-fer AG – Avvio delle attività di R&S nel settore dell'acciaio a memoria di forma per applicazioni nell'industria delle costruzioni
- 2014 Prima produzione industriale della lega in memory<sup>®</sup>-steel
- 2016 Completamento del capannone per la produzione e uffici a Müllheim DE
- 2017 Primo progetto pilota con re-plate
- 2018 Primo progetto pilota con re-bar
- 2019 Trasloco nel nuovo capannone e uffici a Seewen CH
- Dal 2020 Primo affiliato all' estero a inizio della collaborazione con Sika



# Confronto re-plate e lamelle FRP

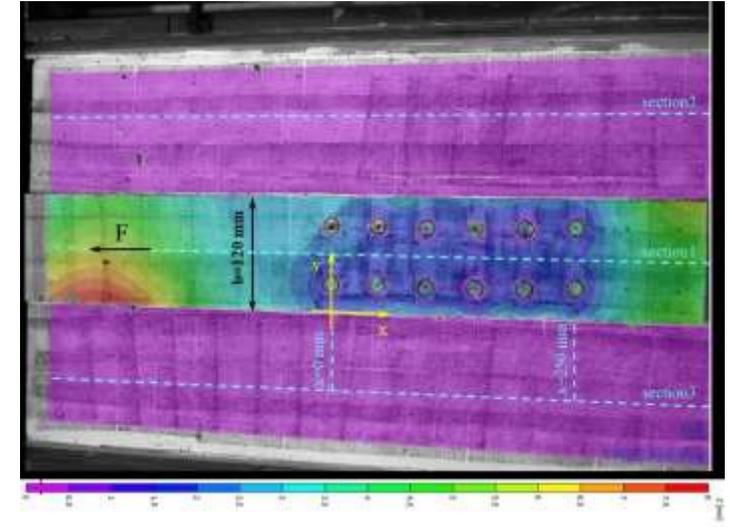
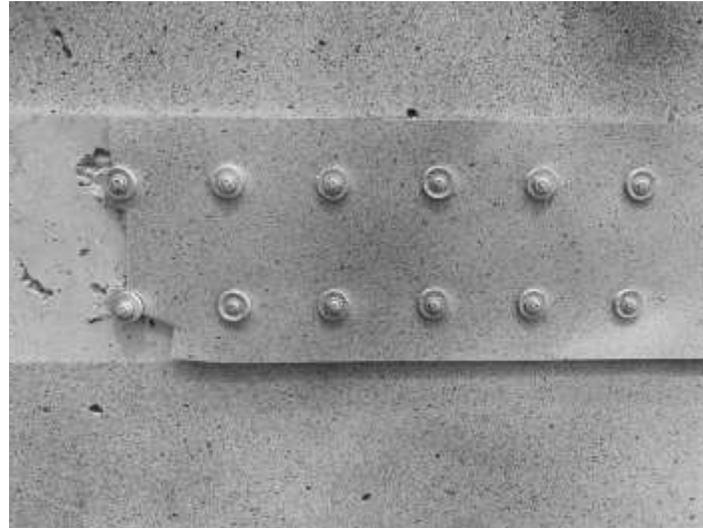


**70 - 170% : Aumento del carico di fessurazione in confronto alle lamelle in FRP**

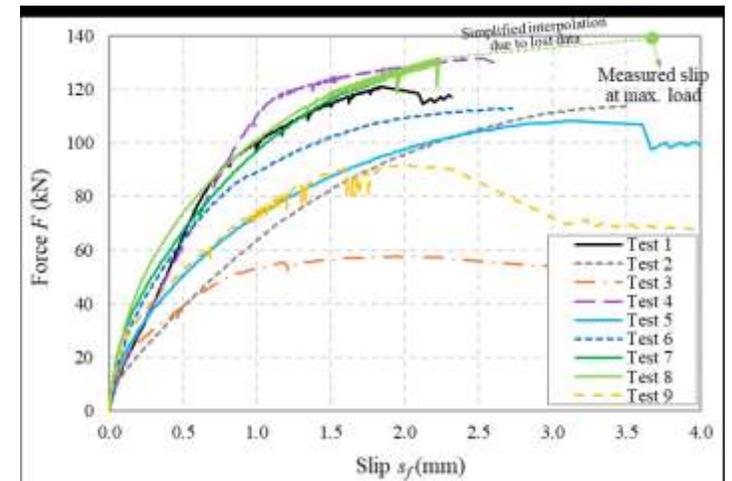
**Aumento della capacità portante**

	re-plate	CFK-Lamelle
Axiale Steifigkeit EA [kN]	$\sim 10 \cdot 10^3$	$\sim 11 \cdot 10^3$
Risslast [kN]	3.4 - 5.4	2.0

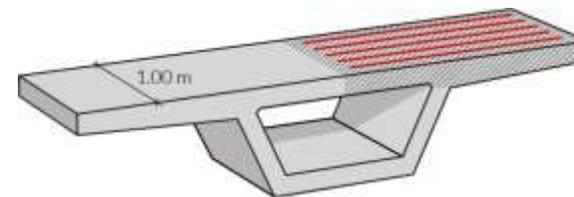
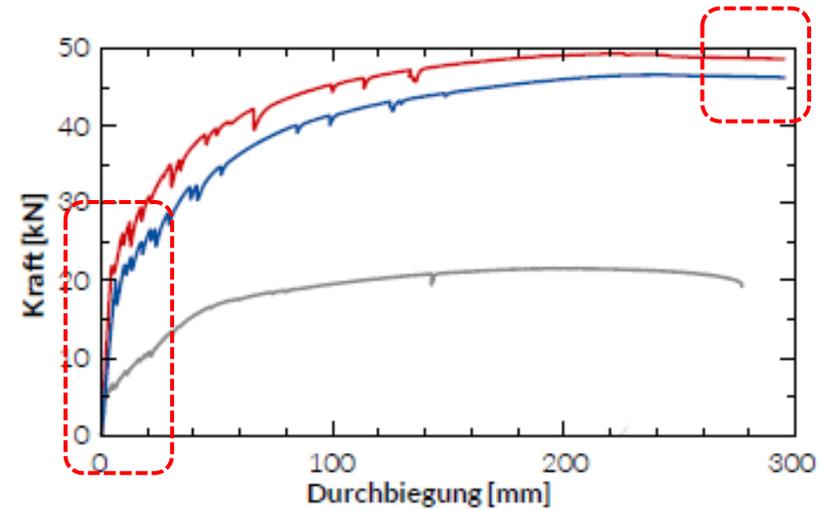
# Test: ancoraggio attraverso fissaggio meccanico (chiodi ad alte prestazioni)



- Il carico ultimo viene raggiunto in conseguenza alla rottura a taglio dei chiodi o alla rottura per trazione della lamella nella prima fila di chiodi.  $f_{cm,cube} > 20 \text{ N/mm}^2$



# Test: Rinforzo di una soletta da ponte



	Referenz- balken	re-bar in Betonnut	re-bar im Re- profilermörtel
Risslast [kN]	5.9	20.0	21.9
Bruchlast [kN]	21.6	46.6	49.4

**Carico di fessurazione triplicato, carico ultimo raddoppiato!**

**Riduzione della tensione nell' armatura interna**

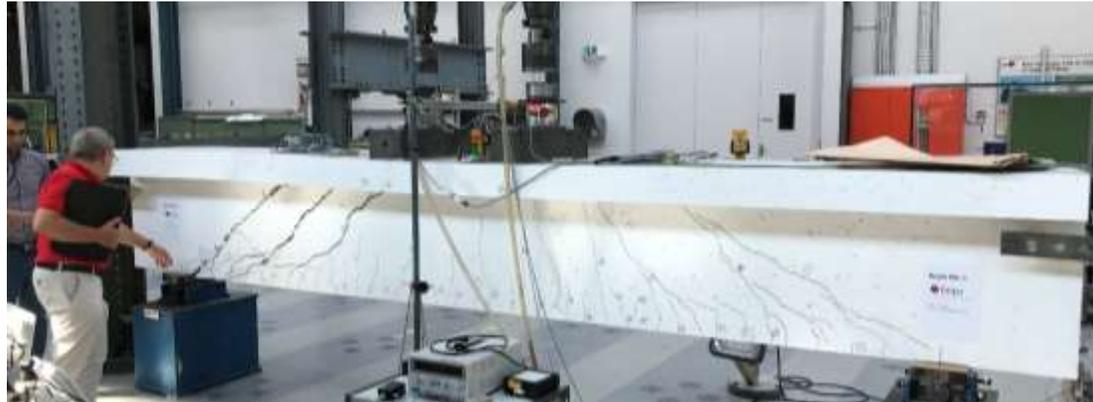


**Aumento della vita utile della struttura**

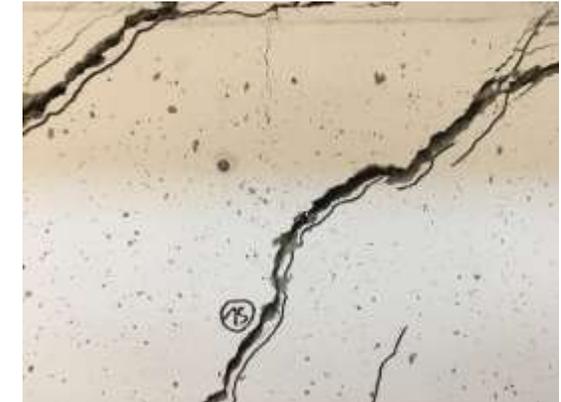
# Test: Rinforzo a taglio su travi a T



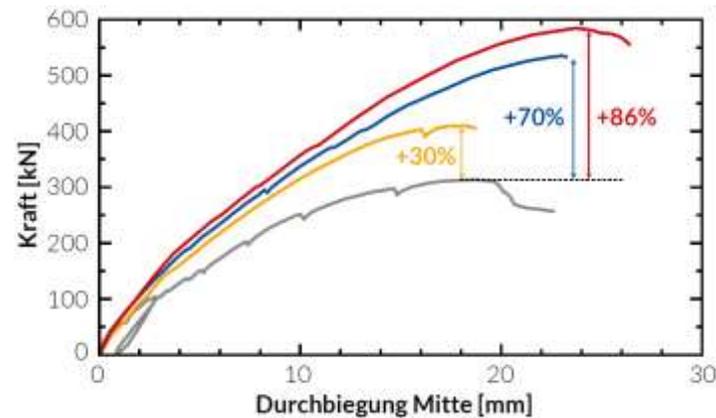
installazione estensimetri



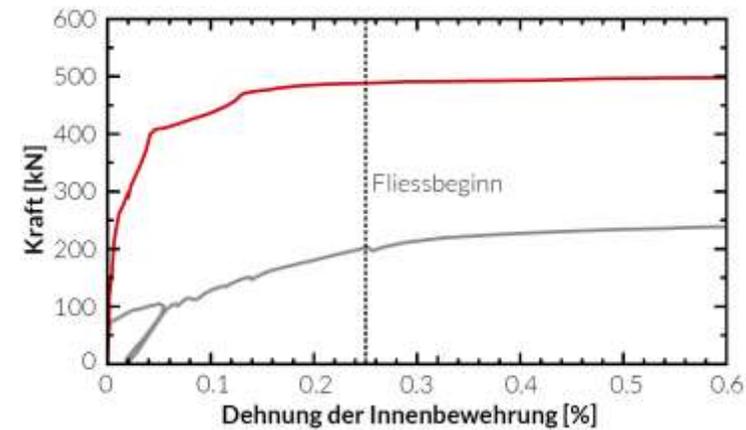
Test di carico fino alla rottura dell'armatura trasversale



Quadro fessurativo



**Aumento della capacità di carico della struttura danneggiata :  
+30% della travi dei riferimento**



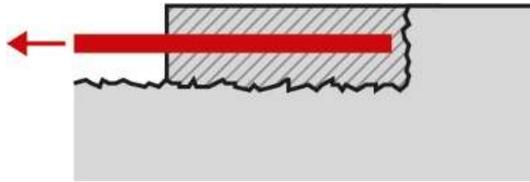
**Riduzione della tensione dell'armatura interna, comportamento a fatica migliorato**



**memory<sup>®</sup>-steel... Ora tocca a voi!**



# Possibilità di ancoraggio re-bar



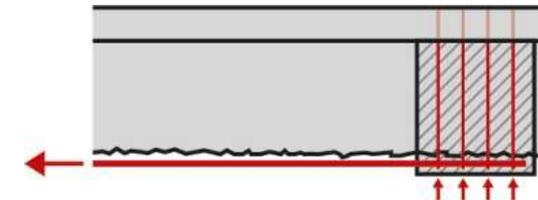
Normale - attraverso  
l'aderenza della malta  
cementizia



Forza di ancoraggio garantita da una  
saldatura



Con un sistema di ancoraggio  
direttamente nel calcestruzzo (ferri  
piegati)



Con staffe (staffe normali o pretese)  
in prossimità della zona di ancoraggio