

URETEK®

WALLS RESTORING



Iniezioni di consolidamento
in murature ammalorate

PRESENTAZIONE TECNICA



SE RISOLVE, È URETEK

1990 Fondazione URETEK S.r.l.

Uretek S.r.l. è stata fondata nel 1990 e si occupa da sempre di iniezioni di resina espandente. Molto attenta alle innovazioni, l'azienda ha investito, già dai primi anni d'attività, ingenti risorse economiche ed umane nel campo della ricerca applicata.

1996 Uretek Deep Injections® - Uretek Geoplus®

Nel 1996, Carlo Canteri, fondatore di Uretek Srl, brevetta Uretek Deep Injections®, la tecnologia che consente di migliorare le caratteristiche del terreno di fondazione iniettando in profondità la speciale resina ad alta pressione d'espansione Uretek Geoplus®. Questa tecnologia, che rappresenta attualmente il "core business" aziendale, viene affiancata al metodo Uretek Floor Lift® per il sollevamento ed il livellamento di pavimentazioni avallate.

2004 Uretek Walls Restoring®

Grazie all'azione peculiare della resina espandente IDRO CP 200, questo procedimento innovativo permette di ripristinare e rinforzare strutture murarie deteriorate.

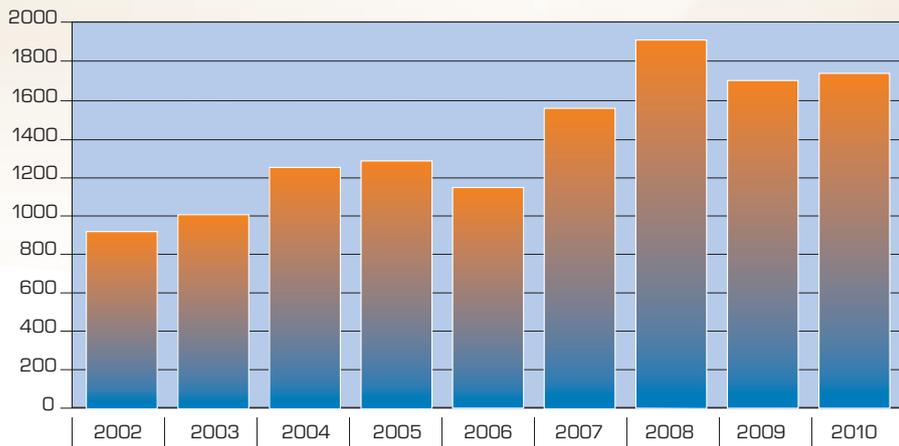
2006 Uretek Cavity Filling®

Una metodologia rivolta al riempimento completo e alla stabilizzazione di cavità sotterranee e vespai.

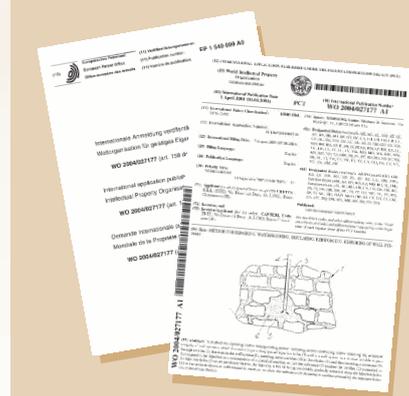
2008 Certificazione di Sistema di Gestione Qualità

Nel 2008 Uretek S.r.l. ottiene la Certificazione di Sistema di Gestione di Qualità UNI EN ISO 9001:2000 (numero certificato 50 100 7969) per la progettazione ed esecuzione di interventi di consolidamento di terreni di fondazione con iniezioni di resine espandenti.

OGGI: migliaia di casi risolti in centro e sud Europa



domanda di BREVETTO EUROPEO n. 1.540.099



certificato UNI EN ISO 9001: 2000 n. 50 100 7968



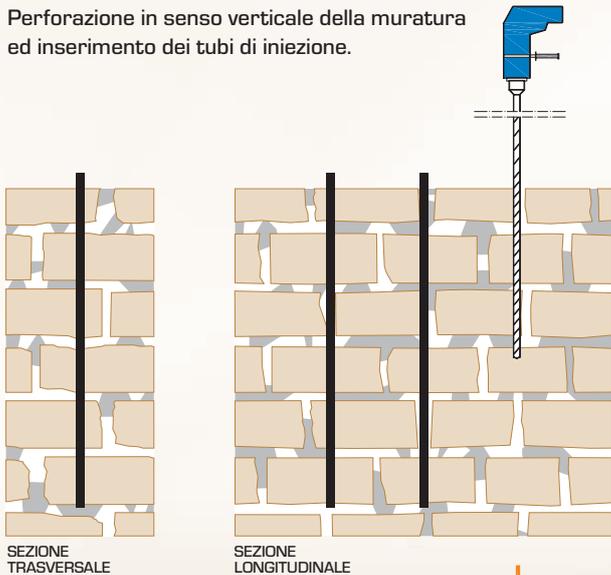
IL GRUPPO URETEK®

Uretek S.r.l. appartiene ad un gruppo internazionale presente in oltre 60 paesi del mondo. Le imprese del gruppo sono tutte indipendenti tra loro, ma legate da continui scambi di brevetti, esperienze e know how.

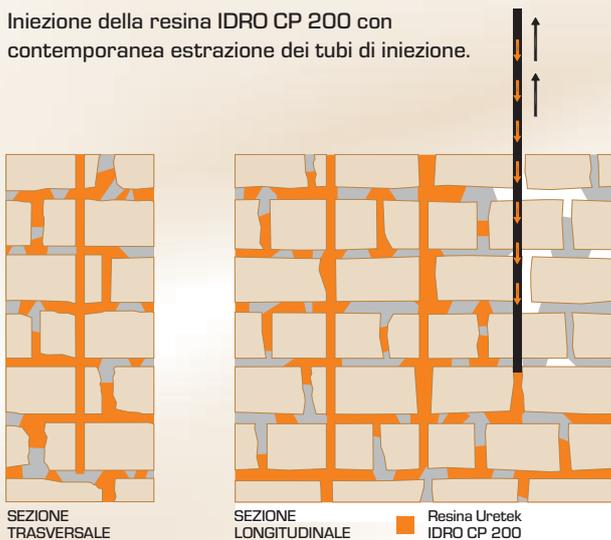


URETEK® WALLS RESTORING

Perforazione in senso verticale della muratura ed inserimento dei tubi di iniezione.



Iniezione della resina IDRO CP 200 con contemporanea estrazione dei tubi di iniezione.



Iniezioni di resina con forza di espansione calibrata nelle strutture murarie

IL METODO

Varie sono le tecnologie che garantiscono il ripristino della sicurezza e la rigenerazione delle murature, il metodo Uretek Walls Restoring® si distingue dai metodi tradizionali grazie ad un particolare procedimento che garantisce risultati rapidi e sicuri.

IL PROCEDIMENTO

Il metodo consiste nell'eseguire dei fori, distanziati fra loro all'interno di un sistema murario, in modo da attraversare le discontinuità presenti nello stesso; successivamente vengono inseriti dei tubi di iniezione e, attraverso questi, viene iniettata la resina espandente. L'espansione del materiale, conseguente ad una reazione chimica, consente alla miscela di raggiungere le cavità in comunicazione o prossime al punto di iniezione. Estrahendo i tubi gradualmente, senza interrompere il flusso, la miscela si diffonde in tutte le cavità attraversate. Con questo procedimento si eliminano le discontinuità, dovute a difetti costruttivi od all'invecchiamento, che possono rappresentare pericolose debolezze strutturali.

VANTAGGI

- ▶ Rapido ed immediatamente efficace;
- ▶ Eseguitabile in una sola fase;
- ▶ Pulito, non altera l'estetica della muratura;
- ▶ Efficace anche in murature sommerse o sotto falda;
- ▶ Non perde volume nel tempo indipendentemente dalle condizioni al contorno;
- ▶ Riempie i vuoti e aggrega gli elementi costituenti della struttura;
- ▶ Non subisce dilavamento ed è impermeabile;
- ▶ IDRO CP 200 ha caratteristiche meccaniche paragonabili alle normali malte di allettamento;



Il metodo Uretek Walls Restoring® è in grado di aumentare la resistenza meccanica di un sistema murario, di diminuirne la permeabilità e può essere eseguito anche in presenza d'acqua.



LA PREPARAZIONE

Nella fase preparatoria al trattamento di murature fuori terra, prima d'eseguire le iniezioni, si asporta l'intonaco (se non di particolare pregio artistico) per verificare le condizioni della muratura. Successivamente si procede alla scarnitura dei giunti, ossia all'eliminazione e pulitura della malta esistente per una profondità di 5 - 7 cm. A questo punto la superficie della muratura può essere lavata con acqua, vapore, agenti chimici o sabbature ed infine le fessure possono essere sigillate ed i giunti stilati per evitare la fuoriuscita della miscela durante le operazioni di iniezione.

- Rimozione dell'intonaco.
- Scarnitura dei giunti.
- Lavaggio della superficie.
- Sigillatura e stilatura dei giunti.



LA PERFORAZIONE

Nel caso più frequente, di sistema murario a sviluppo verticale, i fori di iniezione vengono preferibilmente eseguiti verticalmente o con una leggera inclinazione rispetto alla verticale, in quanto, avendo in generale le cavità di un sistema murario sviluppo prevalentemente orizzontale (ad esempio un muro di mattoni), così facendo è possibile intercettarne il maggior numero possibile con ogni singolo foro.

- I fori di iniezione sono eseguiti direttamente nel sistema murario con diverse lunghezze ed inclinazioni.
- L'interasse tra i fori è variabile fra 0,20 e 2,00 m.
- Il diametro dei fori è compreso fra 4 e 40 mm.



L'INIEZIONE

Attraverso i tubi di iniezione, viene iniettata nel sistema murario una sostanza espandente che, successivamente all'iniezione, aumenta di volume in seguito ad una reazione chimica.

Durante l'iniezione i tubi vengono gradualmente estratti lungo il foro, in senso contrario al senso di inserimento.

La velocità d'estrazione del tubo è controllata e può essere variata in base alle necessità.



IL RISULTATO

La resina, una volta iniettata, tende a penetrare buona parte delle cavità presenti nella muratura.

La pressione d'espansione controllata permette di raggiungere anche le cavità meno accessibili ed evita rotture e deformazioni rilevanti nel muro.

LE APPLICAZIONI

Il metodo Uretex Walls Restoring® è assolutamente efficace e risolutivo quando si rende necessaria la ricostruzione del legante all'interno di opere quali:

- Fondazioni
- Muri di contenimento
- Ponti
- Contrafforti
- Argini
- Banchine

Costituiti da:

- Mattoni
- Materiale lapideo
- Materiali misti

STRUTTURE FUORI TERRA



Walls Restoring® in un ponte
Ponte di Castelletto - Cuggiono (MI)

FONDAZIONI



Walls Restoring® in fondazione
presso Ponte Pietra - Verona (VR)



Walls Restoring® in un argine
Arzere corte Mazor e delle Terese - Venezia



Walls Restoring® in fondazione
Église Louis Segond - Chene Bourgèries Ginevra (CH)



Walls Restoring® in un muro di contenimento
Chiusa - Port Rhingard (F)



Walls Restoring® in fondazione
Abitazione Civile - Monte San Giusto (MC)

DIFETTI STRUTTURALI



Operazioni di perforazione lungo un argine



Particolare del difetto in blocco lapideo



Le murature possono presentare difetti strutturali che ne compromettono la solidità e la resistenza.

Vediamo cosa accade in termini tecnici: le murature, o sistemi murari, costituenti i manufatti edilizi sono realizzate con la sovrapposizione e l'accostamento di blocchi lapidei o laterizi con interposto del legante, in genere calce o cemento, senza la presenza di vuoti o cavità. Il dimensionamento progettuale degli stessi pertanto, considera come reagente l'intera sezione del sistema murario, ovvero dispone che tutta la sezione della muratura sia coinvolta nell'opera di sostegno dei carichi gravanti.

In termini di resistenza, il progetto tiene conto del contributo fornito dal blocco laterizio, o lapideo, e di quello fornito dal legante utilizzato.

A costruzione ultimata, col trascorrere del tempo, può accadere che il legante interposto fra i blocchi o parte dei blocchi stessi, venga disgregato e dilavato dall'azione dell'acqua o dell'aria, oppure che venga alterato dall'azione chimica di diversi fenomeni, anche atmosferici. L'asporto di materiale dall'interno della sezione muraria dà origine alla presenza di vuoti con conseguente netta diminuzione della sezione resistente ed aumento della permeabilità.

In alcuni casi tale diminuzione di resistenza può provocare il collasso del manufatto (superamento stato limite ultimo), mentre in altri può accadere che sistemi murari completamente integri, ma con presenza di vuoti, non svolgano più correttamente la loro funzione (superamento stato limite d'esercizio).



Particolare del difetto di una muratura in laterizio

UNIFORMITÀ

Il metodo Uretek Walls Restoring® si distingue significativamente dai metodi tradizionali in quanto l'esito del trattamento dipende principalmente dalle caratteristiche espandenti e meccaniche del materiale utilizzato e non dalla pressione d'esercizio della pompa e dalla direzione del flusso iniettato.

Uretek Walls Restoring® garantisce perciò un trattamento uniforme in ogni punto della struttura muraria iniettata.



LA RESINA

La resina bicomponente Uretek IDRO CP 200 viene iniettata allo stato liquido mentre è già in fase di reazione. In un tempo compreso tra 30 e 60 secondi la resina termina l'espansione aumentando di volume fino ad un massimo di 2,5 volte ed acquisisce in 24 ore le caratteristiche meccaniche definitive.

La pressione massima d'espansione della resina è limitata a circa 200 kPa in condizioni di massimo confinamento e diminuisce durante l'espansione.



ACCURATEZZA E COMPLETEZZA

Durante l'iniezione, la resina Uretek IDRO CP 200 oltre che dalla pressione idraulica di iniezione viene spinta anche e soprattutto dalla propria pressione di rigonfiamento. Tale pressione permette alla resina di andare ad occupare tutti i vuoti presenti nell'ammasso anche se ubicati ad una quota superiore rispetto a quella d'uscita del tubo di iniezione.

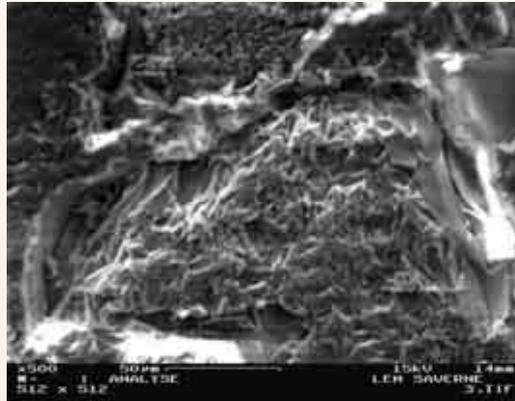
La pressione massima di rigonfiamento può arrivare fino a 200 kPa, permettendo iniezioni in sicurezza in qualunque tipo di muratura.



Elemento di muratura trattato con resina Uretek IDRO CP 200

RICERCA E SVILUPPO

Per garantire l'efficacia del rinforzo strutturale, è stato necessario verificare la penetrabilità e la diffusione, nonché l'assenza di segregazione, della miscela. Allo scopo si sono realizzati dei test sulla muratura di sponda di un canale veneziano che è stata di seguito smontata per consentire l'esame visivo del nucleo. Gli effetti di un'iniezione correttamente eseguita, si ripercuotono positivamente sulle prestazioni meccaniche del muro, sia eliminando in parte le cavità (fessure e/o vuoti), sia rafforzando i legami fra i vari componenti della muratura stessa. È tuttavia necessario che il materiale iniettato abbia determinate caratteristiche quali: proprietà igroscopiche (insolubilità in acqua e stabilità volumetrica all'umidità), proprietà meccaniche (caratteristiche di resistenza e rigidità simili a quelle



delle malte originarie) e proprietà fisiche (presa ed indurimento). Dai dati presenti in letteratura, si deduce che la resistenza della miscela non influenza sostanzialmente la capacità portante ultima del muro, sia sotto sforzi di compressione che di taglio. Sono tuttavia indispensabili determinate stabilità e resistenza che sono state accuratamente misurate durante una campagna d'indagini realizzata presso i laboratori dell'azienda chimica produttrice del prodotto iniettabile. Altre importanti indicazioni sono venute da test, fatti presso un laboratorio francese, con il microscopio elettronico a scansione (o SEM - Scanning Electron Microscope) nonché da prove a compressione comparative in scala reale su paramenti murari iniettati e non, realizzati ad hoc presso il laboratorio RI.CERT.

Sui campioni realizzati in laboratorio in condizioni ideali si sono misurate le seguenti caratteristiche:

CAMPIONI DI RESINA PRELEVATI IN CANTIERE

Materiale con espansione in condizioni non confinate:

$$\gamma_c = 10,00 \text{ kN/m}^3 \text{ (peso di volume prima dell'espansione)}$$

$$\gamma_u = 2,80 \text{ kN/m}^3 \text{ (peso di volume dopo l'espansione)}$$

$$\sigma_c = 3.800 \text{ kPa} \text{ (resistenza alla compressione del materiale espanso)}$$

In condizioni confinate, all'interno di un sistema murario sottofalda, le caratteristiche variano in funzione del tipo di muratura iniettata e della quantità forma e dimensione dei vuoti all'interno della stessa ovvero in funzione del grado di confinamento durante il processo d'espansione.

Si riportano di seguito dei valori indicativi del materiale espanso in condizioni confinate:

$$\gamma_c = 4,00 \text{ kN/m}^3 \text{ (peso di volume dopo l'espansione)}$$

$$\sigma_c = 5.600 \text{ kPa} \text{ (resistenza alla compressione del materiale espanso)}$$



CAMPIONI DI RESINA RIPRODOTTI IN LABORATORIO

Nel dettaglio, in condizioni di laboratorio, il materiale solido presenta una resistenza a trazione (la resistenza a trazione dei leganti tradizionali è praticamente quasi nulla) variabile in funzione della densità del materiale compresa tra:

Densità	Resistenza a trazione
2,00 kN/m ³	1.800 kPa
5,00 kN/m ³	8.000 kPa

oltre ad una resistenza a compressione compresa tra:

Densità	Resistenza compressione
2,00 kN/m ³	2.000 kPa
5,00 kN/m ³	13.000 kPa

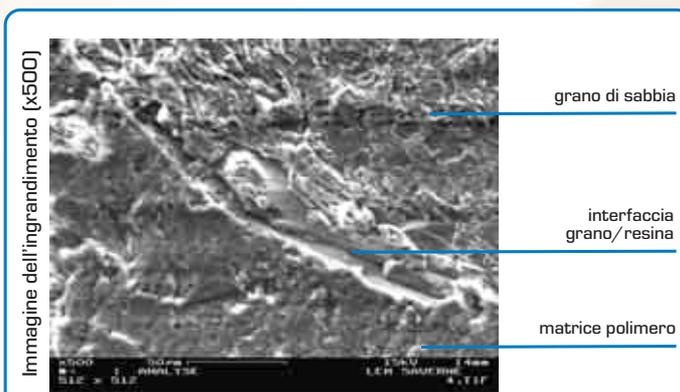
La densità del materiale all'interno della muratura non immersa raggiunge valori quasi sempre superiori a 5 kN/m³ e quindi la resistenza a trazione ed a compressione offerte sono superiori a quelle sopra riportate.

CARATTERISTICHE CHIMICO - FISICHE

La resina espansa è una schiuma di poliuretano bicomponente a celle chiuse che possiede un peso specifico inferiore a quello dell'acqua, presenta un coefficiente di permeabilità pari a 10^{-9} m/s ed una viscosità media prima dell'espansione compresa fra 200 e 300 mPa·s a 20°C.

Si è misurato un grado d'espansione, dicasi l'aumento di volume a reazione avvenuta rispetto allo stato liquido iniziale, pari a 2,5 in condizioni non confinate. Durante l'aumento di volume si sviluppa, al variare delle condizioni di confinamento, una pressione d'espansione che decresce da 200 kPa a 20 kPa.

Altre osservazioni, condotte su provini di sabbia iniettati, hanno messo in evidenza la presenza di resina all'interno della rete intergranulare della sabbia a dimostrazione dell'alta penetrabilità; già con ingrandimenti non



elevatissimi appare evidente il riempimento della rete intergranulare da parte della resina espansa anche in condizioni di scarso confinamento. Gli ingrandimenti più spinti (x 500) hanno permesso di misurare il diametro dei filamenti capillari del poliuretano che arriva fino a 0,05 mm.

GRADO D' IMBIBIZIONE

La prova effettuata è consistita nell'immergere un campione in acqua (1,25 m di profondità) a 20° per 7 giorni. In tutti i casi esaminati la spinta di galleggiamento è variata di meno dell' 1% e le variazioni dimensionali del provino sono state irrilevanti.



TEMPI DI PRESA ED INDURIMENTO

La miscela ha un tempo di reazione, ossia l'intervallo di tempo che intercorre fra la sua immissione nel tubo di iniezione e l'inizio del processo d'espansione, compreso tra 3 e 30 secondi. Tempo d'indurimento compreso tra 20 e 150 secondi.

DURATA NEL TEMPO

La natura poliuretanicica del prodotto assicura un'ottima durabilità nel tempo. L'azienda chimica produttrice garantisce, comunque, la stabilità del prodotto per 30 anni.



RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI

Se messo a contatto prolungato con i seguenti composti chimici, il materiale limita la propria perdita di volume, secondo la seguente tabella.

composto	variazione di volume
Acqua	< 3%
Acqua di mare	< 3%
Soluzione NaCl saturata	< 3%
Soluzione NaCl 10%	< 3%
Solfuro di idrogeno saturo	< 3%
Solfuro di idrogeno 80%	< 3%
Solfato di ammonio 2%	< 3%
Tetracloruro di carbonio	< 3%
Gasolio	< 3%
Acido cloridrico concentrato	6 - 15%
Acido cloridrico al 25%	< 3%
Acido cloridrico al 10%	< 3%
Acido nitrico conc.	Oltre 50%
Acido nitrico al 10%	3 - 6%
Acido solforico conc.	Oltre 50%
Acido solforico al 10%	< 3%
Benzina	< 3%
Benzina/Benzolo 60/40	< 3%
Benzolo	< 3%
Cherosene	< 3%
Clorato di potassio 5%	< 3%
Cloruro di benzolo	< 3%
Cloruro di metilene	6 - 15%
Gasolio	< 3%
Glicoletilene 100%	6 - 15%

PROVE DI COMPRESSIONE

Presso il laboratorio prove su materiali RI.CERT. S.p.A. di Monte di Malo (VI), sono state eseguite una serie di prove sperimentali su provini di muratura a sacco in scala reale (tre provini), per valutare l'effetto del consolidamento mediante l'iniezione di resine espandenti attraverso il confronto dei parametri fisico meccanici della muratura in presenza ed in assenza dell'iniezione delle resine.



A tale scopo sono stati realizzati due provini di muratura di dimensioni circa 900x630x1700 mm (Lunghezza x Larghezza x Altezza) costituiti ciascuno da un supporto di base, una parte centrale in muratura a sacco e da un

supporto superiore.

I supporti di base e superiore sono stati realizzati con calcestruzzo armato (rete metallica con maglia da 10 cm e diametro 8 mm) di classe di resistenza Rck 35 con spessore pari a 200 mm. La parte centrale del provino è stata realizzata attraverso la costruzione di un muro di contenimento con mattoni faccia a vista (117x250x55 mm), con malta di allettamento di tipo M4, riempito

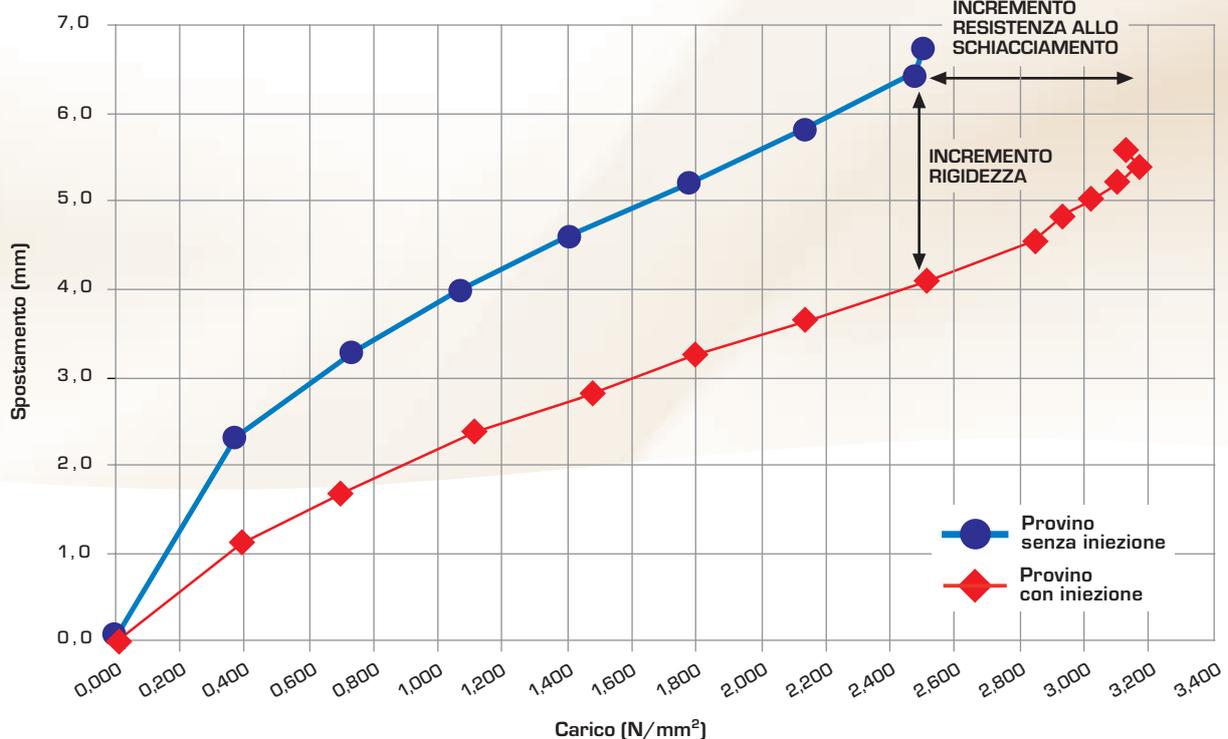
con pietrisco riciclato opportunamente vagliato con granulometria 15/30. Il riempimento è avvenuto con un modesto addensamento conferendo al pietrisco una massa volumica in mucchio pari a 10,98 kN/m³.

I risultati sperimentali di test effettuati in vera grandezza evidenziano in sintesi:

- ▶ un netto miglioramento delle caratteristiche meccaniche del mezzo trattato con incrementi della resistenza alla compressione del 20%;
- ▶ una maggiore rigidità d'insieme;
- ▶ una netta diminuzione (fino ad oltre il 50%) delle deformazioni misurate nel sistema iniettato rispetto a quello non iniettato;
- ▶ andamento delle deformazioni nel sistema iniettato molto più lineare rispetto al sistema non iniettato e direttamente proporzionale al carico;



GRAFICO CARICO/SPOSTAMENTI



Cantiere di Venezia

Al fine d'indagare il comportamento della resina all'interno del nucleo di un paramento murario, è stata realizzata una campagna d'indagini su un muro di sponda della città di Venezia. Nell'ambito di questo intervento



sperimentale, al termine delle iniezioni, si è proceduto allo smontaggio del segmento di paramento iniettato. Le fotografie illustrano le varie fasi di scavo, demolizione e trasporto sulla chiatta del campione prelevato.



Prove comparative d'impedenza meccanica presso il cantiere di Port Rhingard (F)

Presso un cantiere realizzato in Francia a Port Rhingard nel Luglio 2006 è stata realizzata una campagna d'indagini comparative utili a collaudare l'intervento. La prova utilizzata è stata una prova non distruttiva di misura d'impedenza meccanica. La prova consiste nel mettere in vibrazione la struttura attraverso un impulso provocato da un martello provvisto di misuratore di forza su una maglia di punti prestabilita. Di seguito viene registrata la risposta vibratoria della struttura dopo l'impatto utilizzando un misuratore di velocità. Si analizza infine il grafico del rapporto impulso/velocità in funzione della frequenza; si tratta della curva di mobilità della struttura testata. L'analisi della curva restituisce un parametro fondamentale: la rigidità dinamica. La rigidità dinamica, che è inversamente proporzionale alla pendenza della curva alle basse frequenze, da un'indicazione della qualità del contatto tra l'elemento oggetto d'indagine ed il suo contorno, ovvero qualifica

l'integrità del materiale costitutivo dell'elemento e segnatamente il suo grado di fessurazione. Una bassa rigidità è indice di una muratura disaggregata.



Le prove comparative, realizzate prima e dopo il trattamento con resina espandente, hanno evidenziato tutte un aumento della rigidità in tutti i punti misurati. **Mediamente l'aumento è stato del 23% con picchi del 73% nelle zone più degradate.**

URETEK® DEEP INJECTIONS



Consolidamento di terreni di fondazione con iniezioni di resina espandente Geoplus®.

URETEK® FLOOR LIFT



Sollevamento di pavimentazioni con iniezioni di resina espandente.

URETEK® WALLS RESTORING



Iniezioni di consolidamento in murature ammalorate

URETEK® CAVITY FILLING



Riempimento completo e stabilizzazione di cavità sotterranee e vespai.



URETEK S.r.l.
37021 Bosco Chiesanuova (VR)
Via Dosso del Duca, 16
Tel 045 6799111 - Fax 045 6799138
www.uretek.it - uretek@uretek.it



UNI EN ISO 9001:2000
Certificato di Sistema
di Gestione Qualità
nr. 50 100 7969