

## Interventi specifici su Pile Snelle

### Perimetro di Intervento

- ✓ A valle dello studio condotto sulla vulnerabilità all'urto da parte dei mezzi pesanti si è convenuto di intervenire sulla tipologia di cavalcavia «A - portale senza architrave» ;

### Descrizione Interventi Tipologia A

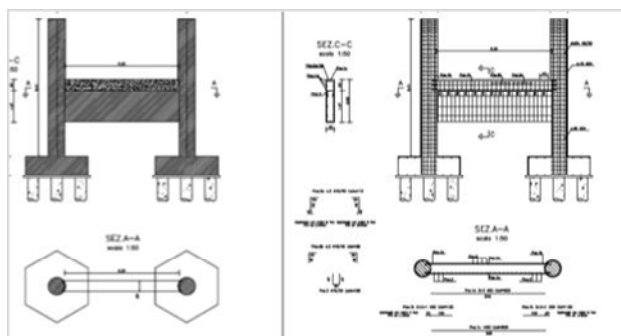
- ✓ La tipologia A è il tipo di cavalcavia avente pile a sezione circolare in assenza di architrave superiore.
- ✓ In alcuni cavalcavia si distingue la presenza di un traverso di irrigidimento tra le elevazioni già presente all'epoca di primo impianto.
- ✓ su di essi è pertanto possibile intervenire in modo "diretto" sulla struttura mediante un intervento che, a seconda della presenza o meno del traverso esistente, si esplicita rispettivamente in un rialzamento di quest'ultimo o nella realizzazione di un traverso ex novo.

### Cavalcavia con traverso esistente

#### Intervento di rialzamento traverso esistente 1.1

Si prevedono le seguenti lavorazioni:

- ✓ Idrodemolizione dell'estradosso del traverso esistente per uno spessore medio di 3cm (estensione intervento pari al 100% della superficie);
- ✓ Posa in opera di armatura aggiuntiva opportunamente inghisata alla struttura esistente, cassetatura e getto di un setto di calcestruzzo tipo CE ( $R_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$ ) per uno spessore medio pari a 40cm pari a quello del traverso esistente.

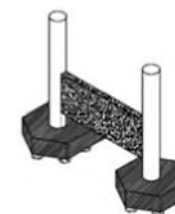
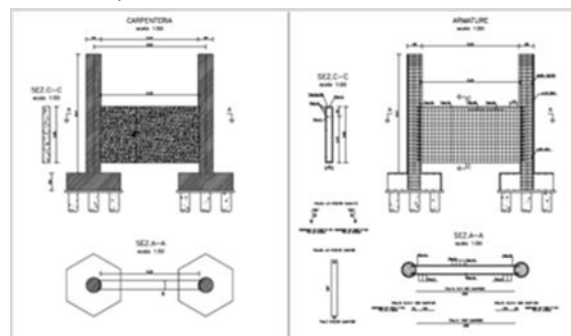


### Cavalcavia senza traverso esistente

#### Intervento di realizzazione traverso 1.2

Si prevedono le seguenti lavorazioni:

- ✓ Scavo a sezione obbligata fino a scoprire l'estradosso della fondazione;
- ✓ Asportazione del calcestruzzo ammalorato di una fascia interna della superficie laterale delle elevazioni e per un'altezza variabile (1.50 m dal piano di rotolamento);
- ✓ Posa in opera di armatura aggiuntiva opportunamente inghisata alla struttura esistente, cassetatura e getto di un setto di calcestruzzo  $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$ ;
- ✓ Ripristino mediante malta cementizia tipo "MT1" sp. medio 4 cm lungo le pareti delle elevazioni a ridosso del nuovo getto;
- ✓ Riposizionamento terreno di scavo.



## Protezione con Verniciatura Trave in Acciaio - Caratteristiche difetto e tecniche di intervento

### Difetto per strutture in acciaio:

- ✓ **Ossidazione/corrosione strutture in acciaio:** ossidazione travi o trasversi come conseguenza distacco vernice protettiva;

### Cause:

- ✓ cattiva esecuzione verniciatura di primo impianto;
- ✓ malfunzionamento sistema raccolta acque;



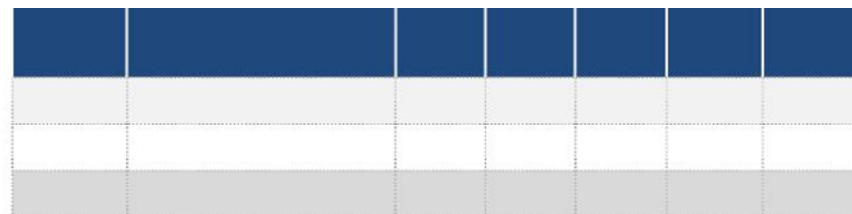
Sfogliamento vernice trave di bordo



Ossidazione travi

### Intervento di Verniciatura

- ✓ Sabbatura impalcato;
- ✓ Ciclo di verniciatura acciaio;



Prima mano verniciatura trave Impalcato riverniciato

## Zona cerniere cavalcavia struttura mista - Caratteristiche difetto

### Caratteristiche del Difetto

- ✓ Corrosione con riduzione di sezione dell'anima della trave portata;
- ✓ Corrosione con riduzione di sezione dei fazzoletti di collegamento;
- ✓ Corrosione con riduzione di sezione deformazione delle piastre di collegamento;
- ✓ Corrosione perni di collegamento;
- ✓ Corrosione bulloni;

### Cause:

- ✓ Fenomeni di carattere chimico (attacco dei cloruri);
- ✓ Fenomeni di carattere fisico (cicli di gelo e disgelo) legati anche alle caratteristiche climatiche;

### Correlazioni:

- ✓ Malfunzionamento giunti e percolazione acqua di piattaforma;



Corrosione cerniera



Anima trave in zona cerniera forata



Inizio corrosione cerniera



Anima trave in zona cerniera forata



Particolare inizio corrosione



## Zona cerniere cavalcavia struttura mista - Tecniche di intervento

Tecniche di intervento: Interventi su altre tipologie di giunti in zona cerniera

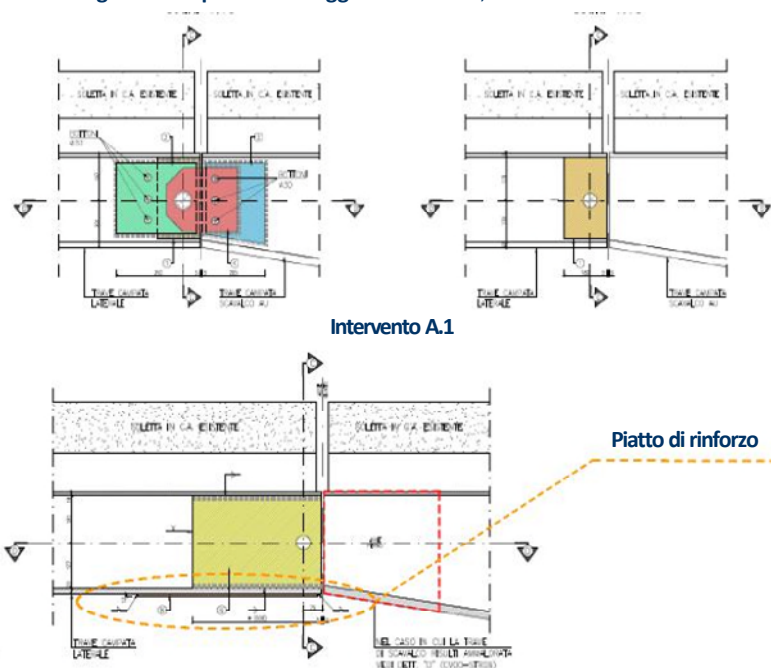
Ripristino della funzionalità statica del collegamento

**Intervento A.1:**

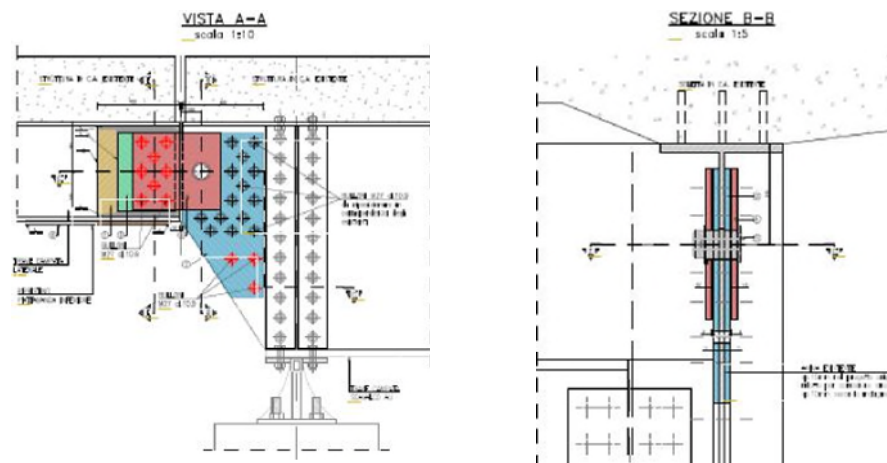
- ✓ Posizionamento **torrini e presa di carico** per sostenere le campate laterali portate;
- ✓ **Taglio di una porzione degradata dell'anima** della trave portata e ripristino della zona mediante saldatura di testa;
- ✓ Saldatura tramite cordoli e bottoni di piatti **in sovrappessore** sia sulla trave portata sia sulla trave portante;
- ✓ Saldatura tramite cordoli e bottoni delle **nuove piastre di cerniera**;
- ✓ Inserimento del **nuovo perno**.

**Intervento A.2:**

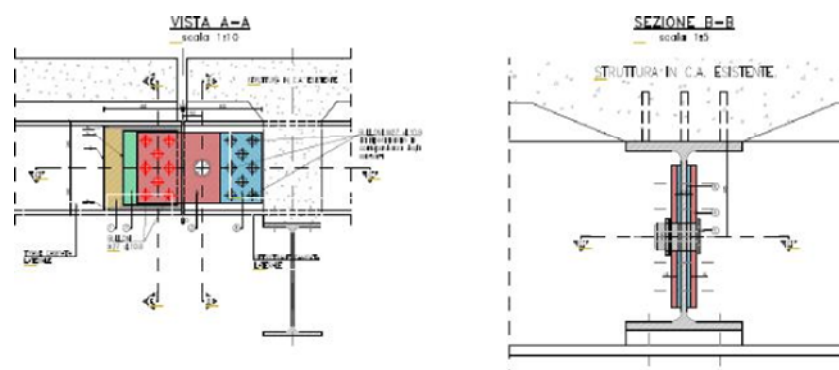
- ✓ L'unica differenza rispetto all'intervento **A.1** è la seconda fase: verrà **tagliata una porzione maggiore di anima**;



**Intervento A.2 – Porzione maggiore di anima da sostituire**



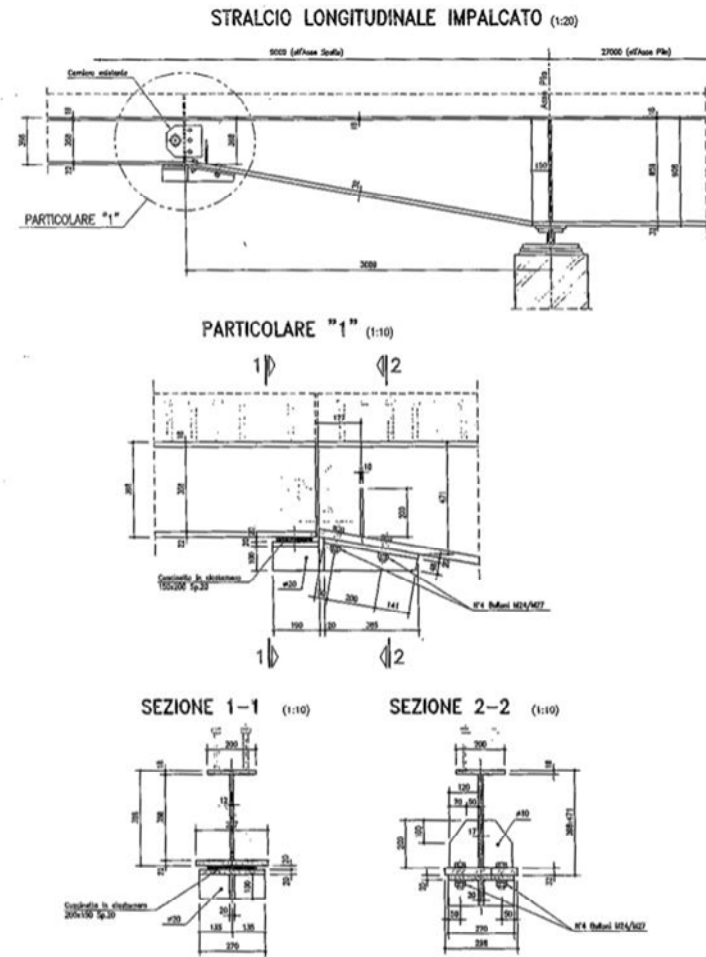
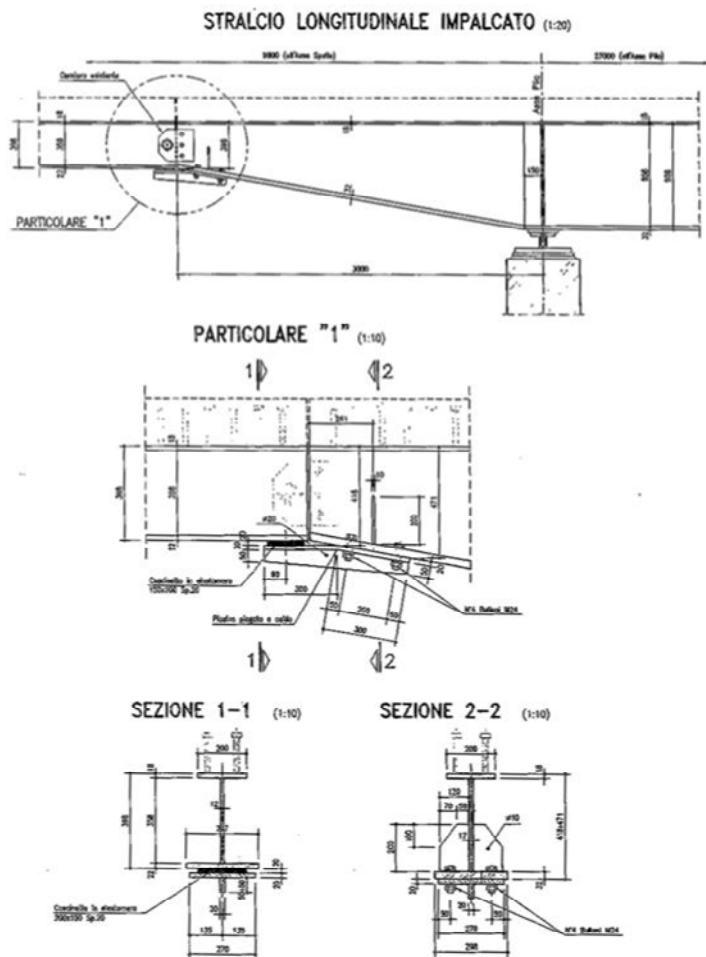
Cerniera con trave portante molto più grande della portata



Cerniera in corrispondenza della trave di spina



## Zona cerniere cavalcavia struttura mista - Installazione piastra sull'ala inferiore



**Tipologia 1- Piastra coprigiunto piegata a caldo Tipologia 2 – Piastra coprigiunto con elementi saldati**

**Opportunità di installare le piastre coprigiunto, utilizzate in fase di getto durante la costruzione, come elemento di presidio per eventuali successivi interventi di manutenzione**

## Caratteristiche difetti

### Caratteristiche del Difetto

- ✓ **Calcestruzzo Ammalorato:** tale definizione indica diversi fenomeni di deterioramento sulla superficie del cls. Genericamente, con il termine "ammaloramento" vengono indicati fenomeni come scagliamento, porosità, perdita di coesione, rigonfiamento reale o apparente.
- ✓ **Cls lievemente ammalorato:** in questo caso è degradata la parete corticale del calcestruzzo, con profondità di contaminazione / degrado minore di 5mm
- ✓ **Cls mediamente ammalorato - degrado compreso tra 5 e 40 mm:** in questo caso gli ammaloramenti possono interessare zone limitate dei singoli elementi strutturali (ammaloramenti localizzati), o riguardare la totalità delle strutture. La profondità del degrado può essere tale da interessare tutto o parte del copriferro fino a coinvolgere anche l'armatura;
- ✓ **Cls profondamente ammalorato - degrado oltre i 40 mm:** in questo caso l'ammaloramento coinvolge ampie aree del manufatto, si interessano quasi sicuramente le armature, e l'intervento assume rilevanza strutturale;

### Cause:

- ✓ Fenomeni di carattere chimico (carbonatazione o attacco dei cloruri)
- ✓ Fenomeni di carattere fisico (cicli di gelo e disgelo) legati anche alle caratteristiche climatiche;

### Correlazioni:

- ✓ Dilavamento: fase anteriore di degrado
- ✓ Riduzione sezione resistente del cls: fase successiva di ammaloramento
- ✓ Cls Ammalorato su testate travi: fase successiva di ammaloramento sulle travi



Cls in distacco con armatura scoperta



Correlazioni: Cls ammalorato e distaccato con armatura scoperta (V.tto Alento)



Cls dilavato Cls ammalorato in superficie Cls con ammaloramento medio



## Tipologici interventi di ripristino

### Tecniche di intervento:

#### Ammaloramento lieve:

- ✓ Rasature con malte cementizie - spessore millimetrico (1-8 mm); **Ammaloramento medio (10-50 mm):**
- ✓ Elementi strutturali verticali ed intradosso di elementi orizzontali: Ripristini di ammaloramenti localizzati o globali mediante applicazione a spruzzo di Malte tixotropiche (MT1, MT2, MT3) tramite macchina intonacatrice;
- ✓ Estradosso di elementi strutturali orizzontali: ripristino per collaggio utilizzando malte fluide tipo MC;

#### Ammaloramento profondo (50-100 mm):

- ✓ Colaggio su superfici orizzontali con cls espansivi alle brevi stagionature, a stabilità volumetrica alle lunghe stagionature (CE, CS, CF);
- ✓ Colaggio per incamiciatura entro cassero di calcestruzzi (CE, CS, CF);



Ripristino di Travi con Malta MT1.

### Intervento A:

#### Ripristino di calcestruzzo lievemente ammalorato con rasatura

- ✓ Preparazione del supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura;
- ✓ Rasatura con malta, cementizia, polimero modificata, di "tipo MR2", per rasature grosse per uno spessore di 8 mm, premiscelata, tixotropica, bicomponente;
- ✓ Posa in opera di rivestimento protettivo tipo "PP", elastico a base poliuretanica, spess.250 micron;

*N.B. Tutte le lavorazioni sono da intendersi estese al 100% delle superfici*

### Intervento B:

#### Ripristino di calcestruzzo mediamente ammalorato con malta MT1 sp 5 cm:

- ✓ Asportazione del calcestruzzo ammalorato tramite idrodemolizione per uno spessore pari a 5 cm estensione al 30% delle superfici;
- ✓ Ripristino con Malta cementizia tipo MT1, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14 µm, resistenza a trazione 1.700 MPa, modulo elastico 72.000 Mpa, per uno spessore pari a 5 cm ed estensione al 30% delle superfici;
- ✓ Ravvivatura delle superfici non soggette a ripristino (70% delle superfici);
- ✓ Applicazione di protettivo filmogeno tipo PP (100% delle superfici);

### Intervento C:

#### Ripristino di calcestruzzo profondamente ammalorato mediante incamiciatura sp. 8 cm:

- ✓ Asportazione del calcestruzzo ammalorato tramite idrodemolizione per uno spessore pari a 5 cm;
- ✓ Casseratura e getto in calcestruzzo fibrorinforzato tipo CF, per uno spessore pari a 8 cm;
- ✓ Posa in opera di rivestimento protettivo tipo "PP", elastico a base poliuretanica, spess 250 micron;

*N.B. Tutte le lavorazioni sono da intendersi estese al 100% delle superfici.*

*L'intervento è da considerarsi con finalità conservativa e non strutturale*



## Caratteristiche difetti e tipologici interventi di ripristino

### Caratteristiche del Difetto

- ✓ **Descrizione:** lo "scoprimento" dell'armatura indica la mancanza del cls di ricopertura e quindi spesso compare abbinato ai difetti del cls; l'ossidazione dell'armatura è una diretta conseguenza dello scoprimento.
- ✓ **Cause:** la mancanza di ricopertura è causata dal deterioramento del cls oppure da errori in fase esecutiva o da cause accidentali; l'ossidazione è causata dal contatto con l'aria e facilitata dalla presenza di acqua; è da notare che nel caso di cls porosi in ambienti aggressivi (carbonatazione) è l'ossidazione dell'armatura che rigonfiando genera il distacco del cls e quindi lo scoprimento.

### Correlazioni:

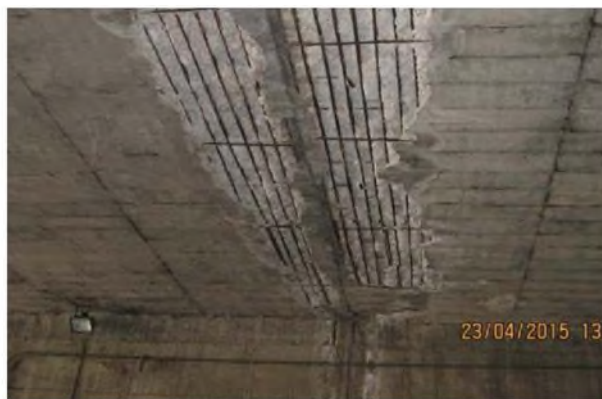
#### ✓ **lesioni in corrispondenza ferri d'armatura:**

fase anteriore di degrado, il difetto si riferisce ad un gruppo di lesioni, spesso ripetute ad intervalli regolari, che sembrano riprodurre la disposizione dei ferri di armatura;

#### ✓ **Riduzione sezione armatura:**

quando l'ossidazione dei ferri di armatura delle strutture in c.a. supera lo strato superficiale, si parla di una riduzione di sezione delle barre. Va ovviamente riportata in questo difetto anche la rottura dei ferri, rappresentando lo stadio ultimo di riduzione di sezione.

## Principali Difetti



Armatura scoperta e ossidata Armatura scoperta con voto 40 Riduzione di sezione armatura

### Intervento B1:

#### **Ripristino di cls degradato con armatura scoperta con malta MT1 sp 5 cm:**

- ✓ Asportazione del calcestruzzo ammalorato tramite idrodemolizione per uno spessore pari a 5 cm estensione al 30% delle superfici, comprensivo di sabbiatura riposizionamento dell'armatura scoperta;
- ✓ Passivazione dei ferri di armatura eseguita mediante applicazione di malta cementizia monocomponente penetrabile a base di leganti idraulici, polveri silicee, inibitori di corrosione e dispersione di polimeri acrilici;
- ✓ Ripristino con Malta cementizia tipo MT1, spessore pari a 5 cm ed estensione al 30% delle superfici;
- ✓ Ravvivatura delle superfici non soggette a ripristino (70% delle superfici);
- ✓ Applicazione di protettivo filmogeno tipo PP (100% delle superfici); **Intervento D:**

#### **Ripristino di cls profondamente ammalorato ed armatura scoperta in vista corrosa e a tratti anche rotta mediante incamiciatura sp. 10 cm con cls SCC e reintegro delle armature :**

- ✓ Asportazione del calcestruzzo ammalorato tramite idrodemolizione per uno spessore pari a 5 cm estensione intervento 100%;
- ✓ Posa di nuova armatura in acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C e staffe con sovrapposizione saldata;
- ✓ Casseratura e getto mediante cls autocompattante tipo "SCC" avente  $R_{ck} \geq 67 \text{ MPa}$  (spessore medio 10 cm), estensione intervento 100%;

## Efflorescenze, macchie di umidità e tracce di scolo - Caratteristiche difetto ed interventi tipici di ripristino

### Caratteristiche del Difetto

✓ **Efflorescenze:** il difetto si presenta come delle macchie o come dei cordoni bianchi sulla superficie del cls, generalmente all'intradosso delle strutture. La colorazione bianca è dovuta al fatto che le efflorescenze sono costituite dalla sedimentazione di carbonato di calcio.

✓ **Cause:** il difetto è generato dal passaggio di acqua aggressiva o attraverso il cls (per porosità o lesioni) o, più raramente, sulla sua superficie ed è dovuto a fenomeni locali di carbonatazione.

### Correlazioni:

✓ **Macchie di umidità:** la presenza di umidità penetrata attraverso il cls, è tipica degli elementi orizzontali (ad es. le solette) anche se talvolta è presente sulle pareti verticali per particolari percorsi trovati dall'acqua (ad es. per la presenza di sacche di acqua a tergo delle spalle o di pile cave). oltre la porosità del materiale, sono concause la mancata od imperfetta impermeabilizzazione, le irregolarità dello smaltimento delle acque, la imperfetta tenuta dei giunti.

✓ **Tracce di scolo:** difetto generato dal ripetuto passaggio dell'acqua sulla superficie dell'elemento interessato; è un difetto tipico delle pareti verticali, ma è rilevabile anche in strutture orizzontali, come ad esempio gli sbalzi di soletta, quando l'acqua proveniente dal coronamento ristagna al loro intradosso. Tra le cause la mancata od imperfetta impermeabilizzazione, le irregolarità dello smaltimento delle acque, la imperfetta tenuta dei giunti, ed altre legate a particolari esecutivi come l'assenza di gocciolatoi.

### Intervento A1:

#### Ripristino localizzato di macchie di umidità su calcestruzzo con rasatura al 20%:

- ✓ Preparazione del supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura estensione al 100% delle superfici;
- ✓ Rasatura con malta, cementizia, polimero modificata, di "tipo MR2", per rasature grosse per uno spessore di 8 mm, premiscelata, tixotropica, bicomponente estensione al 20% delle superfici;
- ✓ Posa in opera di rivestimento protettivo tipo "PP", elastico a base poliuretanica, spess.250 micron (100% delle superfici);

### Intervento B2:

#### Ripristino localizzato di calcestruzzo con tracce di scolo con malta MT1 sp 3 cm al 20%:

- ✓ Asportazione del calcestruzzo ammalorato tramite idrodemolizione per uno spessore pari a 3 cm estensione al 20% delle superfici;
- ✓ Ripristino con Malta cementizia tipo MT1, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, per uno spessore pari a 3 cm ed estensione al 20% delle superfici;
- ✓ Ravnatura delle superfici non soggette a ripristino (80% delle superfici);
- ✓ Applicazione di protettivo filmogeno tipo PP (100% delle superfici); *N.B.*

*La posa di rivestimento protettivo tipo PP non si applica al ripristino di solette*



Efflorescenze su sbalzo Macchie di umidità su soletta Tracce di scolo su travi

## Caratteristiche difetti e tipologici interventi cavi

### Difetto per strutture in c.a.p. a fili aderenti e a cavi scorrevoli

- ✓ **Lesioni capillari ancoraggi:** si presentano superficiali, corte e ravvicinate in corrispondenza degli ancoraggi;

#### Cause:

- ✓ scarsità armatura ripartizione, messa in evidenza da infiltrazione acqua;



#### Intervento di sigillatura lesioni capillari (vedi schede difetto 1):

- ✓ Preparazione del supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura estensione al 100% delle superfici;
- ✓ Rasatura con malta, cementizia, polimero modificata, di "tipo MR1", per rasature fine per uno spessore di 3 mm, premiscelata, tixotropica, bicomponente estensione al 20% delle superfici;
- ✓ Posa in opera di rivestimento protettivo tipo "PP", elastico a base poliuretanica, spess.250 micron (100% delle superfici) previa ravvivatura (80% superfici);

### Difetto per strutture in c.a.p. a fili aderenti

- ✓ **Fili aderenti in vista/ossidati:** ossidazione di fili o trefoli come conseguenza dello scoprimento;

#### Cause:

- ✓ Erosione calcestruzzo da parte di acque meteoriche, a volte collegata allo scarso copriferro nonché alla cattiva qualità del cls;



#### Intervento ripristino cls nella zona ammalorata (vedi schede difetto 1):

- ✓ Asportazione del calcestruzzo ammalorato tramite idrodemolizione meccanica nella zona ammalorata con particolare attenzione a non scoprire ulteriori tratti di fili/trefoli;
- ✓ Posa di nuova armatura lenta in acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C e staffe eventualmente ammalorate;
- ✓ Posa di Malta MT1 o cassetta e getto mediante cls fibrorinforzato tipo "CF", estensione intervento 100%;

**N.B.** è necessario verificare le sollecitazioni agenti nella zona dell'ammaloramento considerando l'eventuale perdita localizzata di precompressione. In caso di esito negativo è necessario o ringrossare il bulbo localmente o applicare FRP



## Caratteristiche difetti strutture in c.a.p. a cavi scorrevoli

### Ammaloramento lieve

- ✓ **Testate di ancoraggio non sigillate:** testate dei cavi di precompressione scoperte e/o ossidate
- ✓ **Distacco tamponi testate:** si riferisce al cls lesionato o distaccato delle testate delle travi

### Ammaloramento medio

- ✓ **Lesioni su anima lungo le travi:** le stesse riproducono posizione cavi (soprattutto in zona appoggi) e sono evidenziate da macchie d'umidità
- ✓ **Lesioni lungo suolo del bulbo:** le stesse riproducono posizione cavi (soprattutto in mezzzeria) accompagnate da umidità e talvolta stalattiti
- ✓ **Guaine in vista:** indipendentemente dalla causa

### Ammaloramento profondo

- ✓ **Guaine degradate e fili ossidati:** corrosione e/o rottura delle guaine con ossidazione di fili e trefoli

### Cause:

- ✓ Mancata sigillatura ancoraggio o distacco della stessa per dilavamento;
- ✓ Ritiro del cls, movimenti delle travi sotto traffico o percolazioni dai giunti;
- ✓ Presenza di acqua nelle guaine o problemi progettuali di concentrazione di tensioni;
- ✓ Ossidazione guaine metalliche che provocano fessurazione cls
- ✓ Presenza vespai, ridotto spessore o scarsa qualità cls di ricoprimento;
- ✓ Penetrazione acqua nelle guaine che causano prima la disgregazione della malta di iniezione e poi il disfacimento della guaina oppure urti.



Testate non sigillate Distacco tamponi testate



Lesione su anima Lesioni sul bulbo Guaine in vista Guaine degradate e fili ossidati in vista

### Tipologici e stima costi parametrici cavi scorrevoli



Armatura per ringrosso bulbo Casseratura per getto



Deviatore in acciaio Blocco in acciaio di testata



Deviatore Intervento completato



#### Interventi

##### **Ammaloramento lieve e medio** (vedi schede difetto 1):

- 1 Rasatura localizzata con malta, cementizia, polimero modificata, di "tipo MR1", per rasature fine per uno spessore di 3 mm, premiscelata, tixotropica, bicomponente;
- 1 Ripristino localizzato di calcestruzzo con malta MT1 sp 2-3 cm;
- 1 Eventuale posa di verniciatura protettiva do tipo PP;

##### **Ammaloramento profondo:**

##### **Realizzazione precompressione esterna:**

- 1 Localizzazione dei cavi;
- 1 Preparazione superfici mediante scalpellatura meccanica di zone della trave per asportare cls degradato;
- 1 Integrazione eventuale armature, casseratura e getto;
- 1 Ossidazione guaine metalliche che provocano fessurazione cls;
- 1 Posizionamento profili in acciaio di testata e deviatori in mezzzeria;
- 1 Posizionamento dei cavi di precompressione esterna e tiro.





## Baggioli degradati - difetti e interventi

### Caratteristiche del Difetto

- ✓ **Calcestruzzo Ammalorato:** tale definizione indica diversi fenomeni di deterioramento sulla superficie del cls. Genericamente, con il termine "ammaloramento" vengono indicati fenomeni come scagliamento, porosità, perdita di coesione, rigonfiamento reale o apparente.
- ✓ **Cls lievemente ammalorato:** in questo caso è degradata la parete corticale del calcestruzzo, con profondità di contaminazione / degrado minore di 5mm
- ✓ **Cls mediamente ammalorato – degrado compreso tra 5 e 40 mm:** in questo caso gli ammaloramenti possono interessare zone limitate dei singoli elementi strutturali (ammaloramenti localizzati), o riguardare la totalità delle strutture. La profondità del degrado può essere tale da interessare tutto o parte del copriferro fino a coinvolgere anche l'armatura;
- ✓ **Cls profondamente ammalorato – degrado oltre i 40 mm:** in questo caso l'ammaloramento coinvolge ampie aree del manufatto, si interessano quasi sicuramente le armature, e l'intervento assume rilevanza strutturale;
- ✓ **Lesioni da schiacciamento:** specifico per i baggioli ed evidenziato da lesioni a 45° con eventuali distacchi di calcestruzzo;

### Cause:

- ✓ Fenomeni di carattere chimico (carbonatazione o attacco dei cloruri);
- ✓ Fenomeni di carattere fisico (cicli di gelo e disgelo) legati anche alle caratteristiche climatiche;
- ✓ Dimensionamento non corretto ed eventuale carenza di armatura o scarsa qualità cls;

### Correlazioni:

- ✓ Dilavamento: fase anteriore di degrado;
- ✓ Riduzione sezione resistente del cls: fase successiva di ammaloramento;

Relativamente alle tipologie di intervento si rimanda alla scheda «Calcestruzzo dilavato o ammalorato»:

- ✓ Ripristino di calcestruzzo lievemente ammalorato con rasatura;
- ✓ Ripristino di calcestruzzo mediamente ammalorato con malta MT1 sp 5 cm;
- ✓ Ripristinodi calcestruzzo profondamente ammalorato mediante incamiciatura sp. 8 cm:

**N.B.** Tutte le lavorazioni sono da intendersi estese al 100% delle superfici.  
L'intervento è da considerarsi con finalità conservativa e non strutturale



Ammaloramento calcestruzzi



Lesioni da schiacciamento



Baggiolo ripristinato



## Apparecchi ossidati e/o fuori piombo - difetti e interventi

### Caratteristiche del Difetto

- 1 **Ossidazione:** degrado dello stato superficiale di acciaio con perforazione della verniciatura protettiva, ammaloramento superficiale riduzione spessore delle lastre d'acciaio inferiori al 5%;
- 1 **Corrosione:** riduzione spessore delle lastre d'acciaio superiori al 5%;
- 1 **Fuori piombo permanente dei pendoli:** posizione permanente di non verticalità al variare delle stagioni o manifestazione di un fuori piombo eccessivo;

### Cause:

- 1 Mancanza di manutenzione delle superfici;
- 1 Aggressione da parte di umidità e cloruri (sali antigelo, ambiente marino);
- 1 Errato posizionamento in fase di costruzione;
- 1 Eccessivi fluage o ritiro;

### Correlazioni:

- 1 Non utilizzabile per armature metalliche per strutture;
- 1 Errori nella preregolazione, bloccaggio o presenza di detriti;

### Interventi:

- 1 **Sabbatura a metallo bianco** delle superfici in acciaio dell'apparecchio di appoggio;
  - 1 **Verniciatura** protettiva delle superfici in acciaio;
- N.B.** Nel caso di pendolo fuori piombo eventuale riposizionamento dello stesso con l'utilizzo di martinetti



Apparecchio ossidato



Apparecchio fuori piombo



Intervento di sabbatura e verniciatura

## Difetti relativi agli apparecchi d'appoggio

### Appoggi in neoprene

- ✓ **Invecchiamento neoprene:** screpolature superficiali, lesioni ed irregolarità;
- ✓ **Deformazione orizzontale neoprene:** deformazione sezione, distacco o scorrimento;
- ✓ **Schiacciamento e fuoriuscita neoprene:** diminuzione spessore, rifluimento e rotture.

### Appoggi in acciaio

- ✓ **Deformazione piastre:** deformazione nel proprio piano o perdita di posizione orizzontale;
- ✓ **Ovalizzazione rulli.**

### Appoggi in acciaio-teflon

- ✓ **Bulloni e perni allentati/tranciati:** deformazione e/o rottura bulloni e perni;
- ✓ **Deterioramento teflon:** fuoriuscita, distacco, schiacciamento e rifluimento.

### Cause:

- ✓ Età, usura ed escursioni termiche;
- ✓ Ossidazione lamierini;
- ✓ Deformazione permanente dovuta alla mancata rotazione ed aumento attriti;
- ✓ Posizionamento non corretto e movimenti anomali in esercizio;
- ✓ Dimensionamento non corretto, corrosione, fatica.



Deformazione neoprene



Fuori uscita neoprene



Deformazione piastre Ovalizzazione rullo Bulloni tranciati Deterioramento teflon



## Caratteristiche difetti

### Caratteristiche del Difetto

✓ **Descrizione:** il difetto riguarda i giunti la cui continuità è realizzata con un tampone in asfalto colato o altro materiale con analoghe caratteristiche; si presenta come una rottura della superficie del tampone.

### Cause:

✓ dipende principalmente dalla scelta non idonea del materiale del tampone (privo delle caratteristiche di elasticità richieste), dalla sua non corretta posa in opera o dal suo deterioramento per usura del traffico. Talvolta può essere connesso a movimenti delle fondazioni o a dimensionamento non corretto in relazione alla luce degli impalcati.

### Correlazioni:

può essere presente insieme ai difetti :

- ✓ DISLIVELLO GIUNTO-PAVIMENTAZIONE
- ✓ DISLIVELLO FRA ELEMENTI CONTIGUI
- ✓ DISTACCO TAMPONE
- ✓ DEFORMAZIONE TAMPONE
- ✓ MOVIMENTI ANOMALI DEI GIUNTI.

Il difetto sostituisce specificatamente per il giunto a tampone il difetto ROTTURA ELEMENTI DI CONTINUITÀ di carattere più generico.

**Nota:** il difetto è tipico ed esclusivo dei giunti classificati "a tampone".



Deformazione giunto a tampone Distacco giunto a tampone



Rottura localizzata del giunto a tampone



Rottura estesa del giunto a tampone





## Tipologici Interventi di Ripristino

### Tecniche di intervento :

#### Ripristino totale del giunto a tampone:

- ✓ Rifacimento completo del giunto per l'intera lunghezza;

#### Ripristino localizzato del giunto a tampone:

- ✓ Rifacimento del giunto per la sola estensione del difetto;

#### Ripristino totale del giunto per uno spessore di 5 cm (Top):

- ✓ Rifacimento completo del giunto per l'intera lunghezza, limitato ai primi 5 cm di spessore;

## Esempi di intervento



Demolizione giunto a tampone viscoelastico



Ripristino giunto a tampone viscoelastico

### Intervento A:

#### Ripristino totale del giunto a tampone:

- ✓ Demolizione e asportazione del giunto fino a raggiungere l'estradosso della soletta;
- ✓ Eventuale ripristino delle testate di soletta con betoncino fibrorinforzato;
- ✓ Alloggiamento di scossalina in guaina bituminosa nel varco tra le due testate;
- ✓ Installazione di lamierino di acciaio inox sopra il varco tra le due testate;
- ✓ Posa in opera di tubo di drenaggio in alluminio per la raccolta delle acque;
- ✓ Realizzazione del giunto a tampone viscoelastico costituito da legante bituminoso gommato e aggregato lapideo realizzato sul luogo di installazione mediante un procedimento a caldo.

### Intervento B:

#### Ripristino localizzato del giunto a tampone

- ✓ Demolizione e asportazione del giunto (superficie da ripristinare) fino a raggiungere l'estradosso della soletta;
- ✓ Eventuale ripristino delle testate di soletta con betoncino fibrorinforzato;
- ✓ Alloggiamento di scossalina in guaina bituminosa, (da sovrapporre con quella già esistente) nel varco tra le due testate;
- ✓ Installazione di lamierino di acciaio inox sopra il varco tra le due testate;
- ✓ Posa in opera di tubo di drenaggio in alluminio per la raccolta delle acque;
- ✓ Realizzazione del giunto a tampone viscoelastico costituito da legante bituminoso gommato e aggregato lapideo realizzato sul luogo di installazione mediante un procedimento a caldo.

### Intervento C:

#### Ripristino totale del giunto per uno spessore di 5 cm (Top):

- ✓ Demolizione e asportazione del giunto per uno spessore di circa 5 cm;
- ✓ Ripristino del giunto a tampone viscoelastico costituito da legante bituminoso gommato e aggregato lapideo realizzato sul luogo di installazione mediante un procedimento a caldo per lo spessore precedentemente asportato.

## Caratteristiche Difetti

### Caratteristiche del Difetto

✓ **Descrizione:** il difetto riguarda gli elementi che garantiscono la continuità dei giunti, quali: profilati di neoprene, mattonelle di neoprene armato o non, pettini metallici, ecc. Vanno escluse le rotture dei tamponi in asfalto colato (o in materiale di analoghe caratteristiche), dei massetti e dei profilati metallici. Si presenta con lesioni, rotture, distacchi o porzioni mancanti, ecc.

✓ **Cause:** dipende dalla non corretta posa in opera o dal deterioramento dei materiali per usura del traffico e comunque da un ritardato intervento di manutenzione.

### Correlazioni:

nell'evolversi del degrado dei materiali per usura può essere successivo a :

- ✓ Deformazione elementi di continuità;
- ✓ Dislivello giunto pavimentazione;
- ✓ Dislivello tra elementi contigui;
- ✓ Massetti lesionati;
- ✓ Distacchi massetti;
- ✓ Ammaloramento;
- ✓ Profilati metallici;
- ✓ Riparazioni provvisorie giunti;
- ✓ Bulloni/Perni tranciati o allentati nei giunti;
- ✓ Distacco rivestimento in gomma: di carattere più specifico che non si riferisce a parti strutturali ma solo al rivestimento.



Rottura totale del giunto acciaio - gomma



Rottura parziale giunto a pettine Distacco massetto Distacco rivestimento in gomma



## Tipologici Interventi di Ripristino

### Tecniche di intervento :

#### Ripristino totale del giunto acciaio-gomma:

- ✓ Rifacimento completo del giunto per l'intera lunghezza;

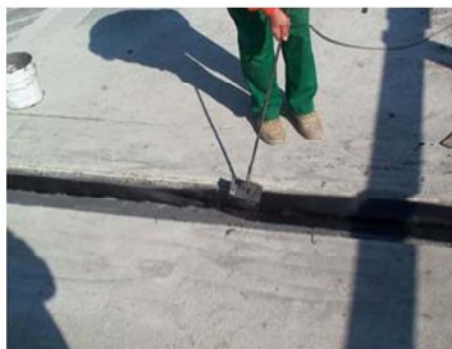
#### Ripristino localizzato del giunto acciaio-gomma:

- ✓ Rifacimento del giunto per la sola estensione del difetto;

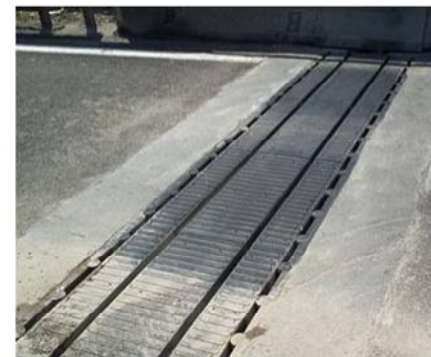
### Esempi di intervento



Demolizione giunto Realizzazione massetto



Ripristino delle testate e posa della scossalina Posa giunto



### Intervento A:

#### Ripristino totale del giunto acciaio - gomma

- ✓ Demolizione e asportazione del giunto fino a raggiungere l'estradosso della soletta;
- ✓ Eventuale ripristino delle testate di soletta con malta fibrorinforzata tipo MC4;
- ✓ Realizzazione del getto di malta fibrorinforzata di tipo MC4 con funzione di cuscinetto tra soletta e intradosso della struttura e posa della gabbia di armatura del getto di malta, ancoraggio della gabbia alla soletta;
- ✓ Alloggiamento di scossalina in hypalon nel varco tra le due testate;
- ✓ Posa in opera di canaletta in acciaio inox per la raccolta delle acque;
- ✓ Realizzazione del sistema di ancoraggio con tirafondi di idonea sezione e lunghezza;
- ✓ Posa in opera del giunto;
- ✓ Realizzazione dei massetti di raccordo alla pavimentazione realizzati con malta fibrorinforzata di tipo MC4.

### Intervento B:

#### Ripristino localizzato del giunto acciaio - gomma

- ✓ Demolizione e asportazione del giunto (superficie da ripristinare) fino a raggiungere l'estradosso della soletta;
- ✓ Eventuale ripristino delle testate di soletta con malta fibrorinforzata tipo MC4;
- ✓ Realizzazione del getto di malta fibrorinforzata di tipo MC4 con funzione di cuscinetto tra soletta ed intradosso della struttura e posa della gabbia di armatura del getto di malta, ancoraggio della gabbia alla soletta;
- ✓ Alloggiamento di scossalina in hypalon nel varco tra le due testate (sovrapposizione con quella esistente);
- ✓ Posa in opera di canaletta in acciaio inox per la raccolta delle acque;
- ✓ Realizzazione del sistema di ancoraggio con tirafondi di idonea sezione e lunghezza;
- ✓ Posa in opera del giunto (superficie da ripristinare);
- ✓ Realizzazione dei massetti di raccordo alla pavimentazione realizzati con malta fibrorinforzata di tipo MC4.



## Caratteristiche difetto e tecniche di intervento

### Caratteristiche del Difetto

#### 1 Descrizione:

si definisce così la presenza di una percolazione dal giunto dovuta o alla rottura di un elemento di tenuta, che non sia la scossalina, o alla mancanza di un elemento che assolva tale funzione.

#### 1 Cause:

l'elemento di tenuta può mancare dall'origine o a seguito della caduta dello stesso, specie se del tipo incollato o spinto a pressione tra le solette; la caduta o la rottura sono dovute al logorio del materiale costituente o alle spinte di detriti non trattiene dall'elemento di continuità. È quindi importante anche il buono stato di quest'ultimo che, peraltro, in alcuni giunti non è distinguibile dall'elemento di tenuta. Altra causa sono i movimenti anomali dei giunti.

### Correlazioni:

1 Scossalina permeabile;

1 Elemento tenuta assente o permeabile sul cordolo dislivello giunto pavimentazione;

1 Tracce di scolo;

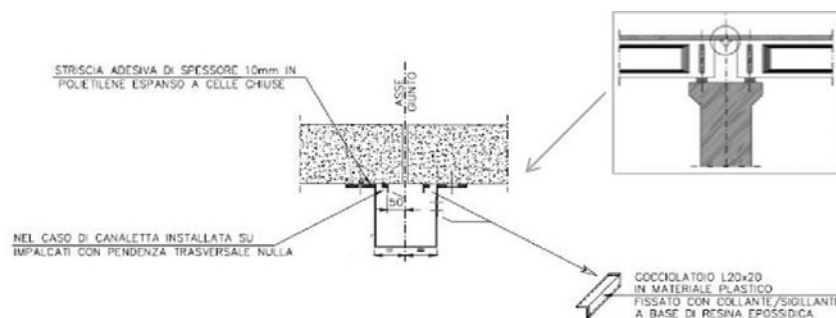
1 Cls ammalorato;

1 Cls dilavato;

### Tecniche di intervento:

Per la soluzione della problematica con sostituzione del giunto si rimanda a quanto previsto nei paragrafi «Giunti a tampone», «Giunti acciaio-gomma»

Nei casi in cui si riscontri l'attrezzatura di giunto assente o permeabile si può prevedere l'installazione di canalette sotto il giunto per lo smaltimento delle acque, al fine di salvaguardare le strutture sottostanti.



CLS dilavato Percolazioni in zona giunto



Tracce di scolo

## Tipologici Intervento

### Ripristino lastra ortotropa:

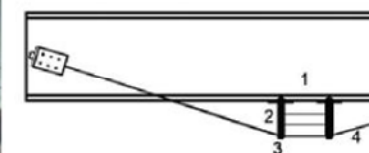
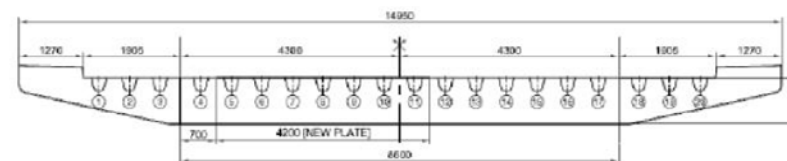
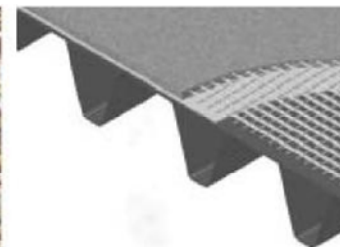
- ✓ **Rinforzo dell'impalcato con soletta in c.a. ad alta resistenza:**
  - ✓ Rimozione del ricoprimento;
  - ✓ Esame visivo e/o ad ultrasuoni della piastra;
  - ✓ Irruvidimento della superficie;
  - ✓ Applicazione di resina epossidica bi-componente;
  - ✓ Posa dell'armatura (rete 8-10mm in 2 o 3 strati);
  - ✓ Getto del cls (C70-110, 50-100mm spessore), rinforzato con fibre (di acciaio o acriliche);
- ✓ **Rinforzo con piastre aggiuntive:**
  - ✓ Rimozione del ricoprimento;
  - ✓ Esame visivo e/o ad ultrasuoni della piastra;
  - ✓ Irruvidimento della superficie;
  - ✓ Rinforzo con piastre aggiuntive previa applicazione di resina epossidica (o fissaggio tramite chiodatura/ bullonatura)
- ✓ **Sostituzione completa della piastra e degli irrigidimenti nel caso di danneggiamento esteso**

### Ripristino con materiali compositi:

aumentare la resistenza degli elementi strutturali può rappresentare un valido metodo per limitare gli effetti della fatica

### Inserimento di post-tensione esterna:

permette la riduzione delle deformazioni indotte dai carichi permanenti riducendo anche l'entità del momento flettente





## Interventi con FRP

### Ripristino con uso FRP:

- ✓ Ripristino ed adeguamento statico e sismico di strutture per integrare sezione resistente a trazione
- ✓ Confinamento elementi compressi o presso inflessi (pile) per migliorare capacità portante o duttilità
- ✓ Rinforzo elementi inflessi (travi) anche a seguito di urti





## Caratteristiche dispositivi

### Finalità dell'intervento:

- ✓ manifeste perdite di precompressione
  - ammaloramento – corrosione di trefoli
  - sviluppo di deformazioni lente non previste (viscoistà cls/rilassamento acciai)
- ✓ danneggiamenti incidentali
- ✓ rinforzo locale, generalmente a taglio (\*)

(\*) L'intervento di precompressione esterna è scarsamente usato in casi di solo incremento di capacità portante.



Deviatore Rinforzi a taglio

### Principali cause di compromissione del sistema:

- ✓ la perdita di tensione del/dei tiranti principalmente intervenuta per sviluppo di fenomeni di rilassamento e/o errori iniziali di chiusura dei terminali
- ✓ Nella rottura di uno o più elementi (rottura che in generale avviene «a catena», dal momento che la perdita di un punto di ancoraggio comporta lo squilibrio generale delle forze principalmente dovuta al degrado per effetto combinato di corrosione/fatica

#### Caso Ponte su fiume Adige A13

Sull'opera è installato un sistema di precompressione esterna a barre, che corrono «a coppie» sulle travi di bordo con un solo deviatore, in mezzera trave, che conferisce la necessaria eccentricità al sistema.

Si sono manifestate **rotture ricorsive del sistema a causa delle corrosione**, innescata da percolazioni di agenti aggressivi in prossimità delle teste di tiro.



Rottura barre di precompressione Squilibrio e rottura del deviatore

### Approfondimenti previsti

Si prevede di mettere in atto una serie di approfondimenti e contromisure, volte a:

- ✓ valutazione della tensione residua presente nel sistema ausiliario
- ✓ valutazione dell'efficacia del sistema nel conferire il corretto grado di precompressione
- ✓ esame dei possibili interventi di riparazione:
  - ripristino, utilizzando la medesima tecnologia (barre)
  - ripristino, impiegando in alternativa sistemi a trefoli

### Valutazione tensione iniziale nel cavo

Si prevede di effettuarla attraverso la teoria della corda tesa, noti:

- ✓ massa lineare del cavo/tirante => da progetto
- ✓ lunghezza libera (tra due deviatori successivi) => da progetto
- ✓ frequenza di vibrazione => da leggere mediante accelerometri La

stima della tensione residua è ricavata da:

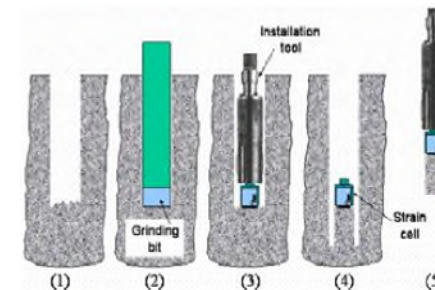
- ✓ confronto con il valore di progetto
- ✓ comparazioni tra vari elementi in situ

### Valutazione grado di precompressione del manufatto

Si prevede di effettuarla mediante metodi poco invasivi:

- ✓ ad esempio prove «door stopper»
  - effettuazione di carota e applicazione a fondo foro di rosetta estensimetrica
  - sovracarotaggio e lettura del rilascio delle tensioni

Per il caso del ponte su fiume Adige, le letture verranno effettuate prima e dopo il ripristino del sistema ausiliario => interpretazione «diretta» del beneficio indotto dalla pretesione.



Schema prova di sovracarotaggio

## Tipologia Interventi

### Incremento della durabilità e valutazione alternative progettuali

Avendo individuato nella corrosione la principale causa di danno ed ammaloramento del sistema, le contromisure previste saranno le seguenti:

- ✓ Nel caso si valuti l'opportunità di non modificare l'attuale «sistema» di tiro, si dovrà prediligere l'utilizzo di elementi ad elevata protezione, quali ad esempio:
  - barre ad alto limite elastico zincate (semplice protezione)
  - barre zincate e viplate con guaina in PVC installata a caldo (doppia protezione)
- ✓ Si potrà valutare, in alternativa, di predisporre, in luogo delle barre, sistemi di precompressione
  - cavi a trefoli, a tripla protezione:
    - Zincati
    - Viplati
    - in guaina ingrassata

Il cambio di tipologia di sistema di pretensione consente di ottenere una protezione ottimale ed una migliore resistenza alla fatica (cavo a trefoli => maggiore adattabilità)

L'applicazione è però condizionata dal numero di elementi di cui si intende procedere alla sostituzione, dal momento che è economicamente più impegnativo (necessario predisporre nuovi ancoraggi e deviatori).



Cavo a trefoli – guaina ingrassata



Testata – cavo a trefoli



Deviatore – cavo a trefoli

## Opere di stabilizzazione superficiale

Le opere consentono di stabilizzare fenomeni di dissesto superficiali mediante l'inserimento di strutture di rinforzo, prevalentemente in legname, entro cui impiantare materiale "vivo" come talee e piantine.

Tra gli interventi principali ci sono:

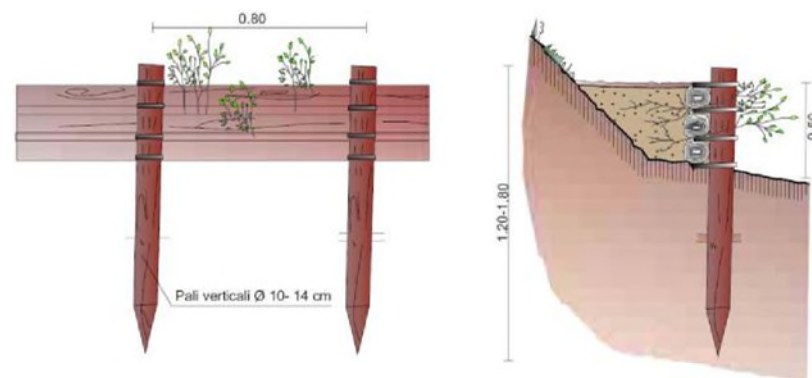
- **Viminate e palizzate vive:** installazione di pali di legname nel terreno, collegati da viminate o tronchi per realizzare piccole strutture di sostegno ancorate al terreno, con inserimento di talee;
- **Palificate vive:** strutture di sostegno tridimensionali costituite in pali di legno, riempite in terra e con inserimento di talee.

### Costi parametrici (opere di stabilizzazione superficiale: palizzate semplici o doppie)

Gli interventi sono valutati con i prezziari ANAS di riferimento ovvero con specifiche analisi.

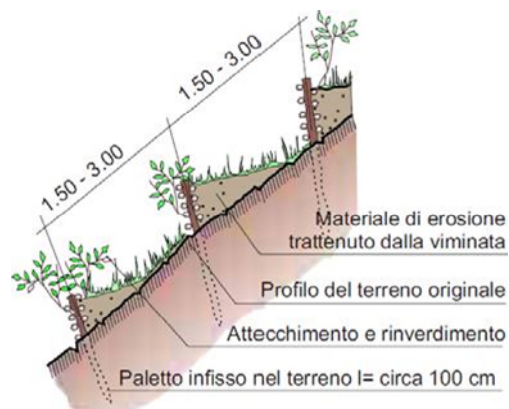
In linea generale si è valutato un costo di riferimento per metro lineare d'intervento:

- ✓ **Protezione con palizzate semplici:** 40-50 €/m;
- ✓ **Protezione strutture di sostegno con palizzate doppie:** 1.000 €/m;



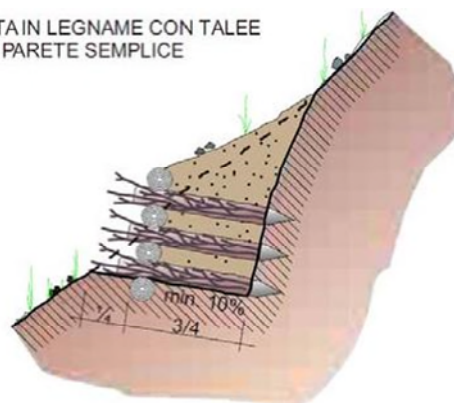
Palizzata

PIANTA E PROSPETTO DI UNA PALIZZATA CON TALEE E/O PIANTINE



Viminata

PALIFICATA IN LEGNAME CON TALEE  
A PARETE SEMPLICE



Palizzate semplici e doppie

PALIFICATA IN LEGNAME CON TALEE  
A PARETE DOPPIA



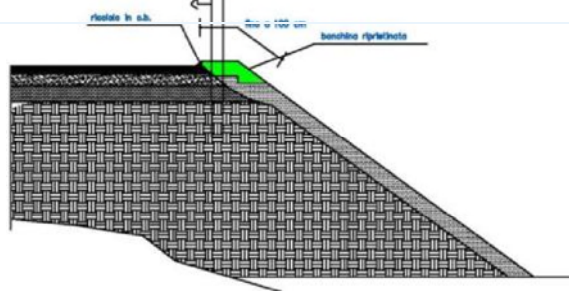


## Sistemazione instabilità locali

Il fenomeno riguarda la perdita di configurazione della sistema banchina-arginello, per dilavamento o erosione superficiale, ovvero locali instabilità della parte superficiale del rilevato con lesioni e/o limitati cedimenti sulla corsia d'emergenza.



### 4.3.1 Ricarico banchina laterale



#### Finalità intervento:

- ✓ Ripristino geometria iniziale rilevato

#### Descrizione Lavori:

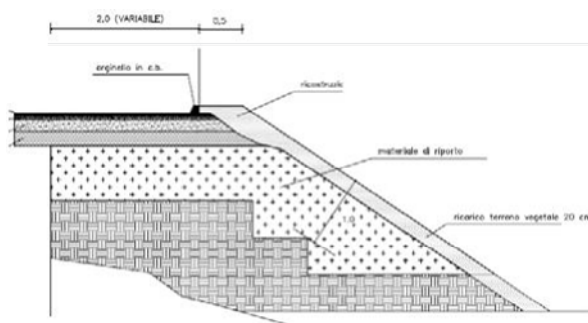
- ✓ Ripristino tramite ricarico, sagomatura e profilatura di tratti anche non contigui di banchine e arginelli in terra, eseguito manualmente o con l'ausilio di mezzi meccanici per ampiezze di intervento fino a m 1,00 dal ciglio pavimentato (di norma costituite da 50 cm di banchina pianeggiante e fino a 50 cm contigui di profilo del rilevato).

#### Costi lordi di intervento:

- ✓ Da **Euro 5,07** a **Euro 10,72** al metro lineare (al netto degli oneri della sicurezza).



### 4.3.2 Sistemazione Dissesto – banchina scarpata rilevato



#### Finalità intervento:

- ✓ Ripristino dissesto corpo del rilevato

#### Descrizione Lavori:

- ✓ Ripristino tramite smontaggio barriera, demolizione pavimentazione, scavo con gradonatura del materiale alterato, ricarico, sagomatura e profilatura con idoneo materiale da rilevato opportunamente compattato eseguito con mezzi meccanici.

#### Costi lordi di intervento:

- ✓ Da **Euro 250,31** a **693,22 Euro** al metro lineare (al netto dello smontaggio e rimontaggio della barriera e degli oneri della sicurezza).



## Opere di sostegno

Le opere sostegno sono interventi in cui il ruolo della “statica” diventa predominante per la risoluzione della problematica.

Queste opere sono impiegate per interventi di sistemazione e consolidamento di versanti o per stabilizzare e sostenere fronti di scavo o materiali di riporto e possono essere rigide o flessibili in relazione alla capacità di adattarsi alle deformazioni o cedimenti del terreno.

### Muri di sostegno in c.a.

struttura di contrasto alla spinta del terreno, in calcestruzzo debitamente armato, con ciabatta di fondazione ed elevazione di spessore modesto, resistenti prevalentemente a flessione.

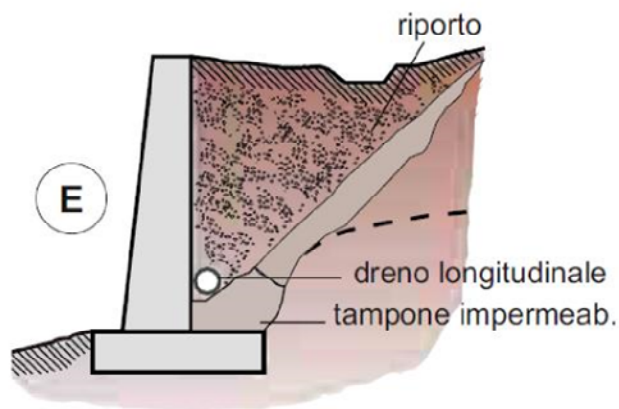
#### Costi parametrici (muro di sostegno in c.a.)

Gli interventi sono valutati con i prezzi ANAS di riferimento.

I costi parametrici variano in relazione alla natura dei terreni ed alle fondazioni necessarie, ed all'altezza della struttura.

In linea generale si è valutato un costo di riferimento per metro lineare ( $H = 3.0$  m):

✓ **Realizzazione muro in c.a.** (compreso scavo, fondazione, cassaforma e acciaio): 1.250 €/m;



Schema muro di sostegno in c.a.



A1 km 581 Sud – crollo muro in pietrame esistente e ricostruzione muro in c.a.





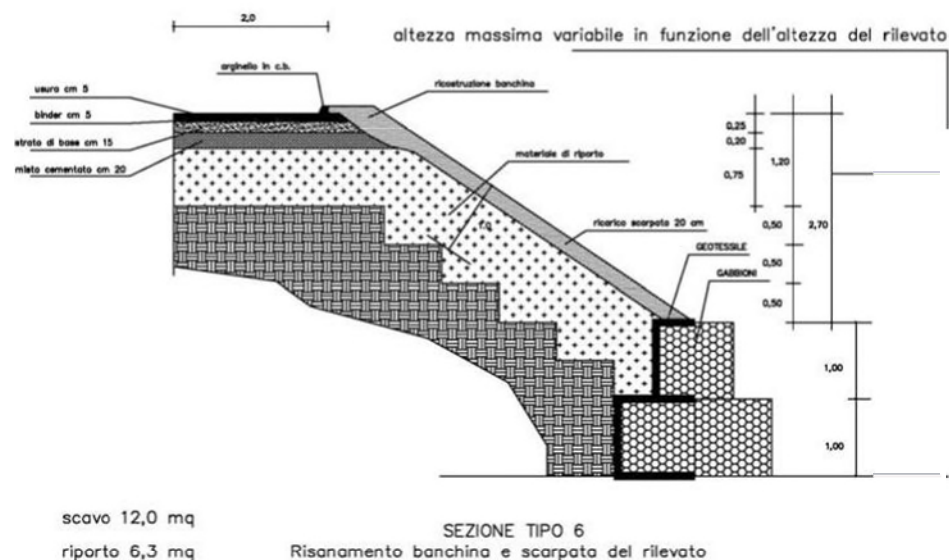
## Gabbionate

Struttura di sostegno modulare a forma di parallelepipedo in rete metallica a doppia torsione, riempite di materiale lapideo opportunamente assestato all'interno della gabbia. Agiscono come un muro a gravità con caratteristiche drenanti. Sono deformabili e si adattano alla geometria o all'evoluzione del sito.

### Costi parametrici (struttura di sostegno in gabbioni)

Gli interventi sono valutati con i prezzi ANAS di riferimento. I costi parametrici variano in relazione alla morfologia del sito (rilevato/trincea) e fila di gabbioni. In linea generale si è valutato un costo di riferimento per metro lineare d'intervento:

✓ **Struttura di sostegno in gabbioni con opere accessorie: 390-880 €/m;**



**Struttura di sostegno in gabbioni – schema d'intervento**



**A16 km 128 Ovest**

**Dissesto rilevato e ripristino con struttura di sostegno in gabbioni**



## Pali/Micropali

Nelle opere di sistemazione dei versanti, i pali sono utilizzati con molteplici finalità come, consolidamento di pendii (paratie di pali/micropali eventualmente tirantati), realizzazione di muri di sostegno e drenaggio profondo (paratie drenanti o pozzi drenanti).

Di fatto costituiscono una struttura di sostegno a contrasto della spinta del terreno di un movimento franoso o fronte di scavo, ecc. Sono generalmente costituite da una serie di pali o micropali affiancati, collegati da una trave in testa ed eventualmente tirantati, al fine di contenere le deformazioni e le sollecitazioni nella struttura.

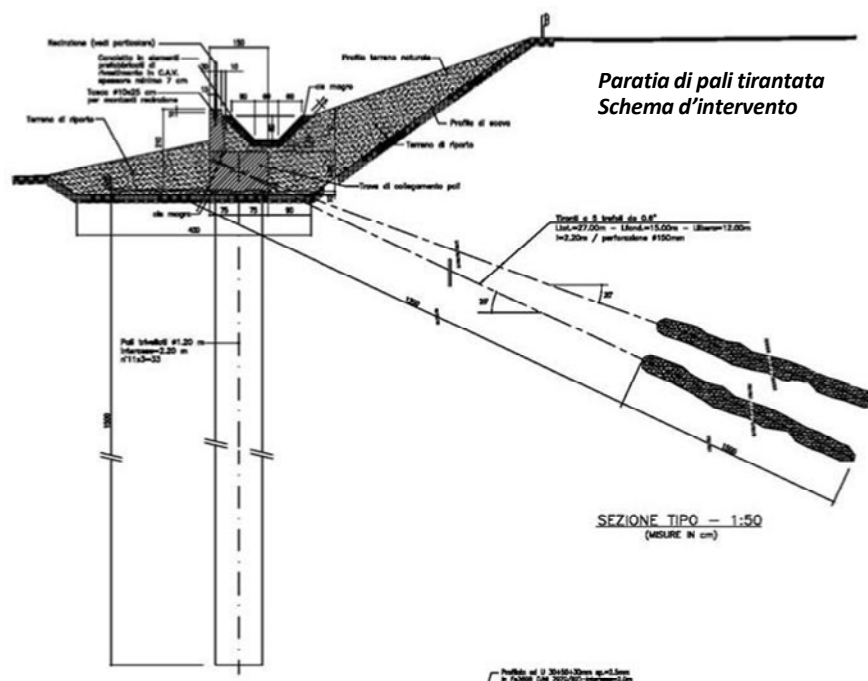
### Costi parametrici (paratia di pali eventualmente tirantata)

Gli interventi sono valutati con i prezzi ANAS di riferimento.

I costi parametrici variano in relazione alla natura dei terreni ed alla profondità del dissesto.

In linea generale si è valutato un costo di riferimento per metro lineare di struttura:

✓ **Paratia di pali** (eventualmente tirantata) ed opere accessorie: **5.000-6.000 €/m**;



Paratia di pali tirantata  
Schema d'intervento



A16 km 124+700 Ovest  
Evidenze del dissesto  
Paratia di pali tirantata



Esecuzione pali di  
grande diametro  
con bucket

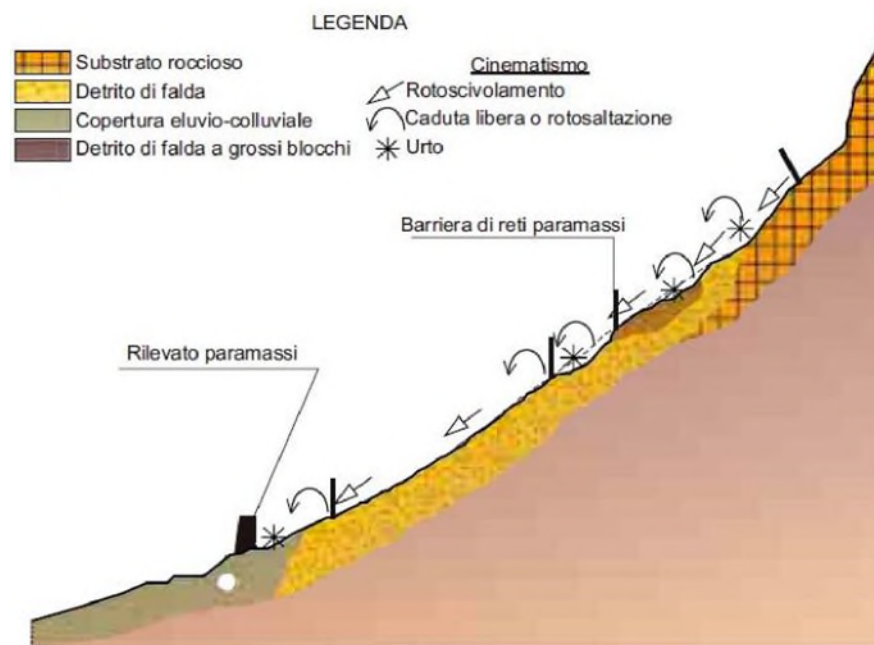


## Opere di difesa caduta massi

Opere di protezione e presidio delle infrastrutture, da possibile distacco di materiale lapideo da pareti in roccia o versanti.

Si distinguono principalmente in:

- ✓ **Attive**, con funzione di prevenire, impedire o ridurre il distacco (reti, rafforzamenti corticali, chiodature);
- ✓ **Passive**, con funzione di intercettare, ostacolare o deviare il rotolamento o movimento delle masse rocciose in distacco (barriere paramassi).



Simulazione del processo di caduta massi



Pareti in roccia con distacco materiale lapideo





## Reti e rafforzamento corticale

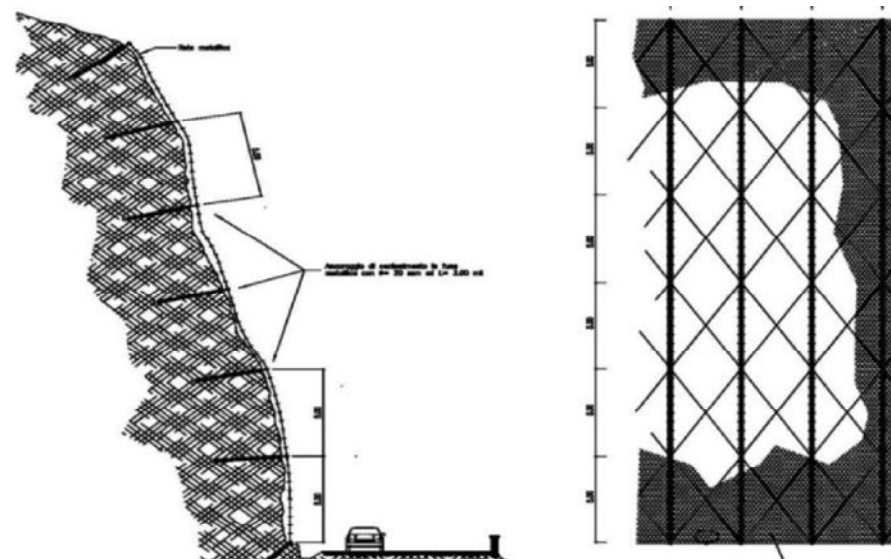
Opere di protezione di tipo “attivo” costituite da reti metalliche applicate in aderenza alle pendici rocciose, eventualmente integrate con rafforzamento corticale in funi di acciaio a maglia romboidale, ancorate al pendio con barre in acciaio di lunghezza variabile in funzione dello stato di fratturazione e della natura dell’ammasso roccioso.

### Costi parametrici (reti e rafforzamenti corticali)

Gli interventi sono valutati con i prezziari ANAS di riferimento (E.03.005 – E.03.042).

I costi parametrici variano in relazione alla eventuale presenza di rafforzamento corticale, maglia e lunghezza degli ancoraggi, funzione della formazione rocciosa. In linea generale si è valutato un costo di riferimento per metro quadrato di pendice:

- ✓ Protezione di pendice con rete semplice: 10 €/mq;
- ✓ Protezione di pendice con rafforzamento corticale ed ancoraggi: 45 - 105 €/mq.



Schema rete con rafforzamento corticale – difesa attiva





## Barriere paramassi

Opere di protezione di tipo "passivo" con lo scopo di intercettare e trattenere eventuali distacchi di materiale lapideo.

Sono generalmente costituite da pannelli di rete, altamente deformabili, collegati a montanti fissi o deformabili, ancorati a terra con plinti in c.a. o micropali, a seconda della formazione del sito.

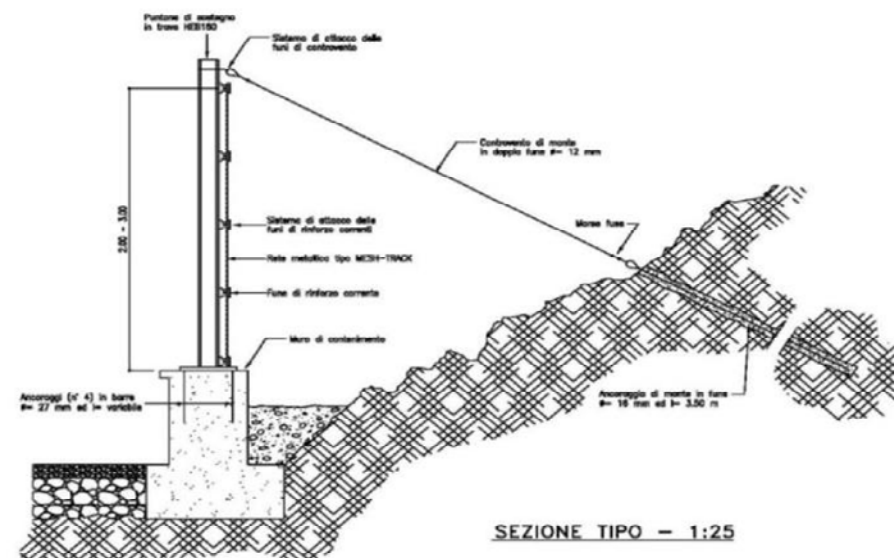
### Costi parametrici (barriere paramassi)

Gli interventi sono valutati con i prezzi ANAS di riferimento (G.04.015.a – G.04.015.h).

I costi parametrici variano in relazione alle dimensioni delle barriere, alla natura dei terreni per le fondazioni delle barriere, all'altezza d'intercettazione ed alla classe energetica di riferimento delle barriere.

In linea generale si è valutato un costo di riferimento per metro quadrato di barriera:

- ✓ Barriera paramassi ad alto assorbimento di energia da 100 a 4.500 kJ: 170 - 480 €/mq



Schema barriera paramassi fissa – difesa passiva





## Opere di Drenaggio

Le opere di drenaggio hanno lo scopo di allontanare e raccogliere le acque superficiali su terreni e pendii instabili in modo da ridurre i fenomeni di infiltrazione, le pressioni interstiziali e, di conseguenza, le spinte del terreno.

Generalmente si dividono in:

- **Opere di drenaggio superficiale (fossi, canalette, ecc.):** per controllare il flusso idrico superficiale convogliando le acque di ruscellamento in recapiti definiti, riducendo l'infiltrazione;
- **Opere di drenaggio profondo (dreni suborizzontali, trincee, paratie e pozzi drenanti):** strutture in materiale drenante (dreni, trincee, pali o pozzi) inserite nel terreno per il controllo della filtrazione dell'acqua nel terreno e abbassamento delle pressioni interstiziali. **Costi parametrici (opere di drenaggio)**

Gli interventi sono valutati con i prezzi ANAS di riferimento ovvero specifiche analisi.

I costi parametrici variano in relazione alla natura dei terreni, in relazione alla quota di falda, alla frequenza e lunghezza degli elementi drenanti.

- ✓ **Canalette per regolazione idraulica superficiale: 50 €/m di canaletta ;**
- ✓ **Dreni microfessurati: 23 €/m di dreno;**
- ✓ **Schermo drenante in pali in ghiaia collegati da condotta di fondo: 3.100 €/m d'intervento.**



*Regolazione idraulica superficiale Fuoriuscita acqua di drenaggio*



*Realizzazione dreni microfessurati su muro esistente*





## Interventi idraulici strutturali su opere d'arte maggiori o alvei

La manutenzione idraulica delle opere d'arte maggiori (ponti e viadotti) ha l'obiettivo di garantire la protezione delle strutture di fondazione **dai fenomeni di scalzamento** effettivi o potenziali e degradi, che si generano in seguito alle interazioni fra corso d'acqua e struttura.

La forma e la tipologia delle difese vengono ad essere condizionate dalle caratteristiche proprie dell'alveo in cui sono impostate le fondazioni e da quelle che sono le tendenze evolutive dei corsi d'acqua accertate nella fase di indagine e monitoraggio.

Le difese possono essere di tipo rigido o flessibile, localizzate od estese, in dipendenza di alcuni fattori che condizionano le scelte progettuali, quali: forma e dimensioni del plinto ed interasse fra le pile, tipologia fondazionale profonda, caratteristiche dell'asta fluviale e morfologia del fondo alveo, classe granulometrica prevalente del materiale d'alveo, dati idrologici di portata, **valore del massimo scalzamento prevedibile per valori di portata con Tempo di Ritorno ( $T_r$ ) di 100 e 200 anni**, profondità delle attuali fosse di escavazione intorno le pile, ampiezza e profondità media dell'alveo e vicinanza dalla foce del fiume, ecc.

### 5.1.1 Protezioni localizzate rigide (protezione fondazioni in alveo per pile)

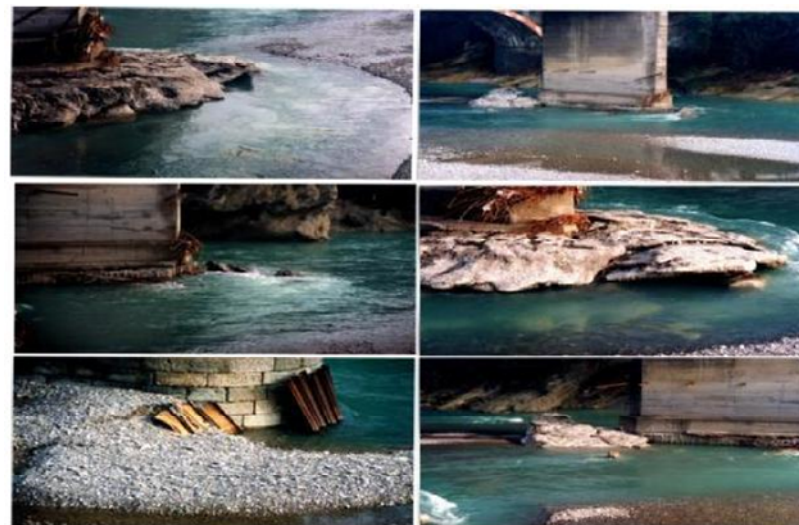
Si tratta, nella maggioranza dei casi, di paratie costituite da diaframmi in calcestruzzo armato da realizzare perimetralmente alle strutture di fondazione, previo consolidamento della porzione di terreno intorno i pali in caso di fondazioni su pali.

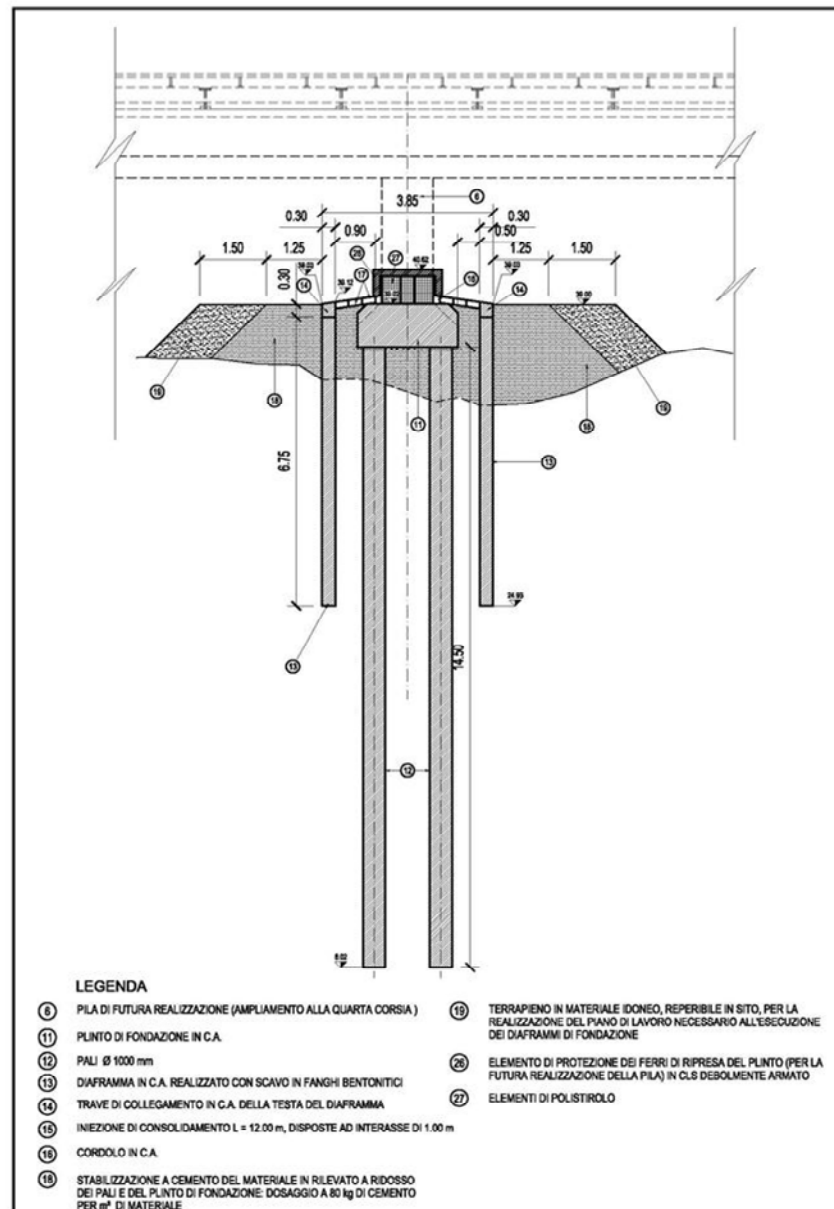
Tali strutture possono essere realizzate a profondità di imposta anche maggiore di 10 metri, senza apportare rilevanti modifiche agli ingombri delle fondazione esistenti (plinti su pali, pali-pila) e con opportuna sagoma garantendo la conservazione delle condizioni di moto preesistenti l'intervento sia a monte che a valle.

La nuova struttura fondazionale di protezione presenta generalmente una forma differente da quella protetta e maggiormente idrodinamica e ciò al fine di assecondare il flusso della corrente.

Le protezioni localizzate possono essere costituite anche da palancole Larssen rivestite con cls e collegate in sommità da un cordolo di coronamento o da micropali affiancati ovvero da micropali affiancati a quinconce a seconda delle peculiarità del sito. Nel dettaglio, la scelta della tipologia da adottare dipenderà generalmente dalla granulometria dei terreni interessati dagli scavi (grossolana, fine, più o meno addensata, con trovanti, ecc.), dalla morfologia dell'area d'intervento (difficoltà di cantierizzazione per attrezzature ingombranti).

Le strutture di protezione perimetrali in alveo sono dimensionate in relazione al massimo scalzamento prevedibile.





Schema intervento con diaframmi in c.a.





## Soglie e briglie selettive lungo gli alvei

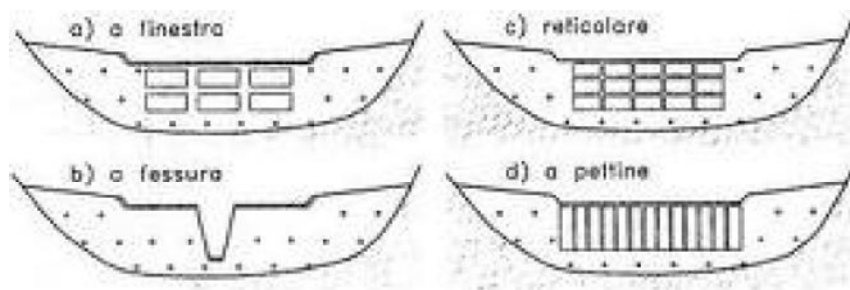
Altri esempi di strutture di protezione in alveo sono le soglie in cls e le briglie in cls. Queste vengono realizzate perpendicolarmente al flusso di corrente a valle delle strutture oggetto di fenomeni di scalzamento allo scopo di **contrastare le tendenze all'abbassamento progressivo del fondo alveo**.

Si realizzano di solito in alvei non eccessivamente ampi, non pluricursali e con sponde sufficientemente definite.

Una soglia posizionata a valle della struttura autostradale definisce una quota di fondo fissa che in genere viene fatta corrispondere, con la quota di estradosso dei plinti di fondazione.

*La scelta di tale soluzione è subordinata a fattori che debbono essere verificati in fase d'indagine, quali la pendenza pendenza media del fondo alveo, considerando dei tratti significativi a monte e valle della zona da proteggere, e la presenza di altre strutture;*

In corrispondenza della struttura il flusso della corrente subisce un progressivo rallentamento con conseguente ripascimento della zona a monte.

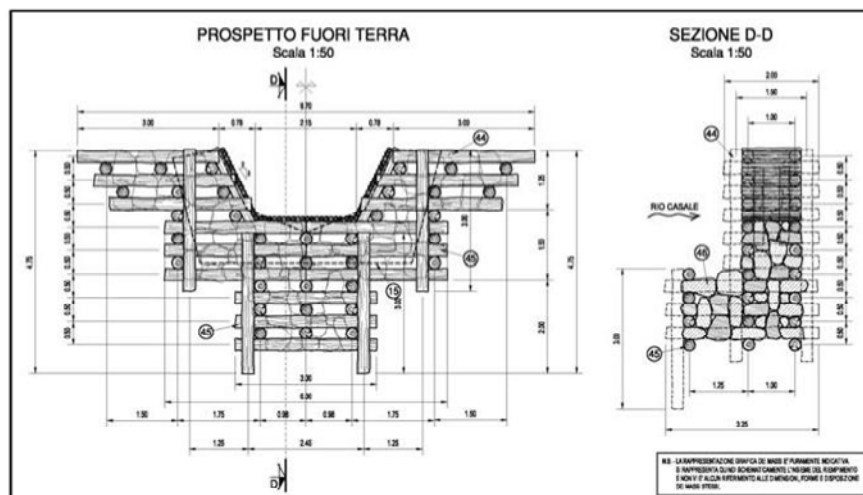


**Schemi intervento**



**A23 UDINE – CARNIA - TARVISIO: Sistemazione alveo Rio PIRGLER al Km 92+420**

## Briglie



Briglia in legname – schema d'intervento



A08DIR GALLARATE – GATTICO

Sistemazione sbocco opera minore al Km 22

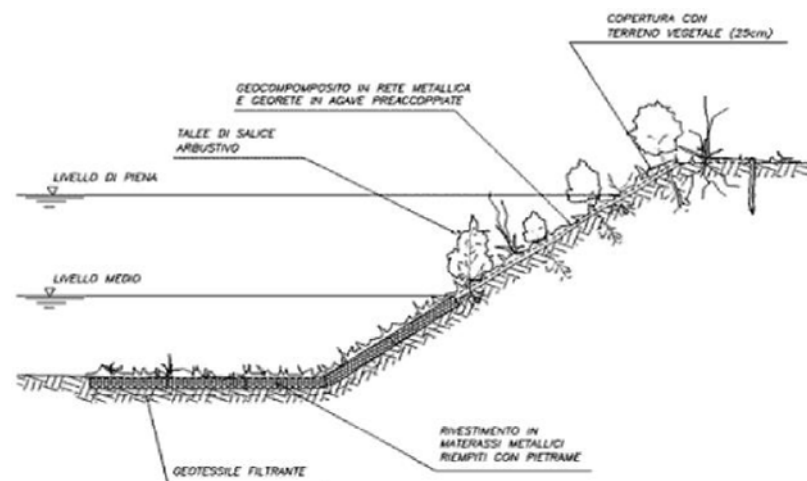


## Gabbioni e materassi "Reno"

Si tratta prevalentemente di **opere di protezione dall'erosione e contenimento** e non di difesa dagli scalzamenti. Sono di solito gabbie metalliche a forma cubica o di parallelepipedo riempite con pietrame di cava, si utilizzano generalmente o allo sbocco delle opere idrauliche per la creazione di salti idraulici o come contenimento di pendii in frana o lungo le sponde di torrenti (vedi immagine di seguito) e vengono posti in opera previa posa di geotessile di varia grammatura a non inferiore a 300 g/mq.

Vengono con il tempo ricoperte da vegetazione mimetizzandosi perfettamente nell'ambiente circostante dopo la semina, eseguita generalmente con talee, in seguito alla fase di posa in opera di biostuoie.

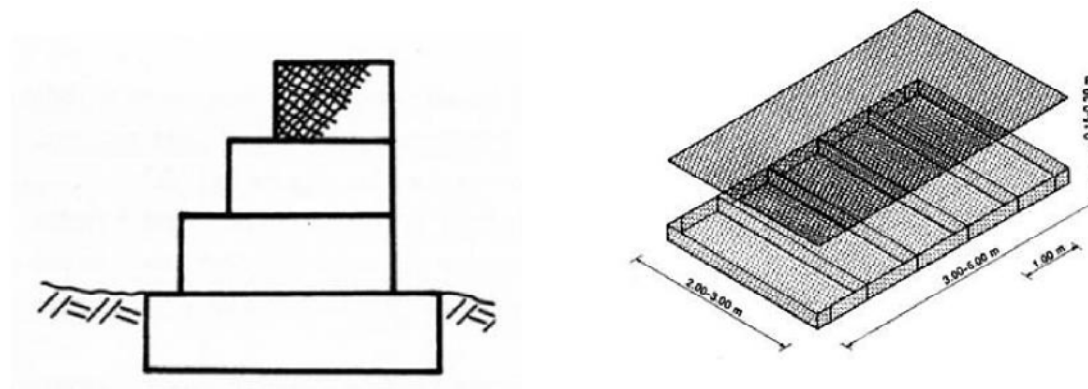
Le gabbionate hanno il pregio di costituire anche una barriera filtrante e di svolgere quindi opera di contenimento di versanti e sponde abbinata al drenaggio dei terreni a tergo delle stesse.



Sistemazione spondale con materassi "reno" – schema d'intervento



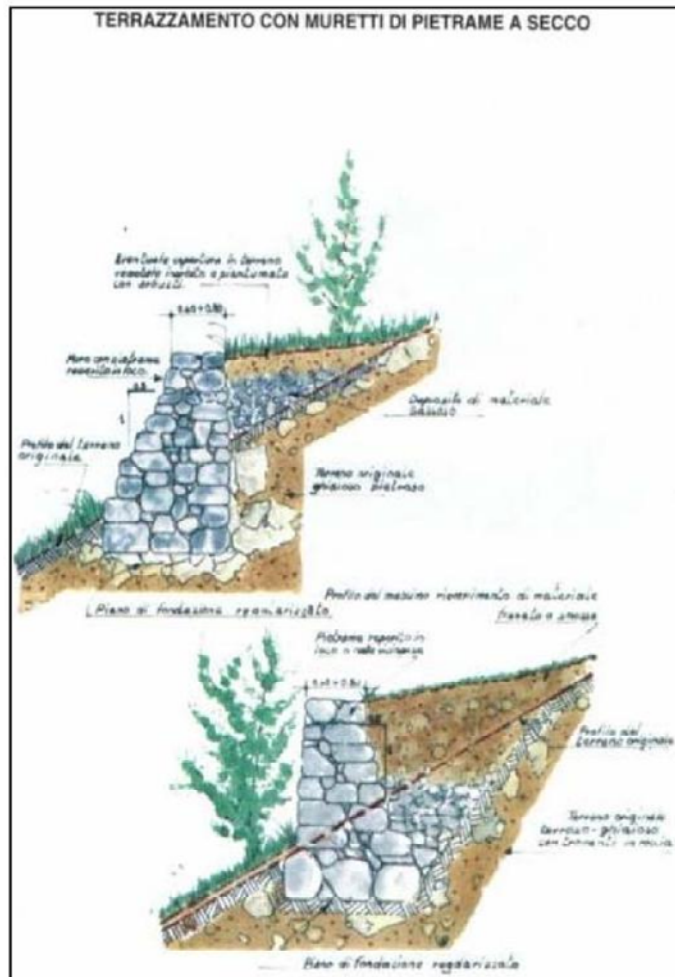
Gabbione



Sistemazione in gabbioni in più ordini - schema Tipologico materasso Reno

### 5.4.5 Muretti a secco

Si tratta di **opere di contenimento di versanti** costituite da blocchi di pietra posti in opera senza leganti o con una minima cementazione. Si distinguono rispetto alle altre forme di contenimento per la facilità di inserimento nel territorio circostante. La riuscita del risultato dipende molto dal tipo di pietra utilizzata e dalla modalità di messa in posa.

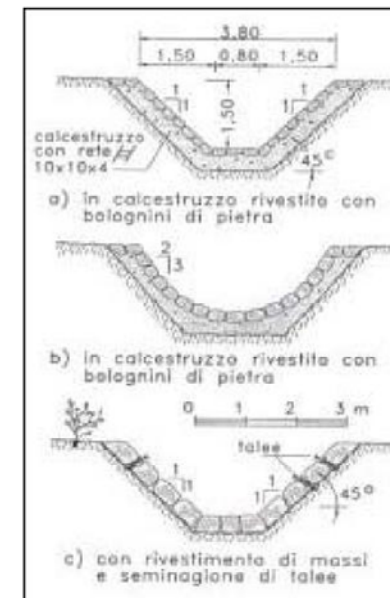


### **Muretti a secco - schema**



#### 5.4.6 Canalette rivestite e cunettoni

Si tratta di opere di rivestimento di canali di scolo in terra situati principalmente sotto le pile di ponti o viadotti con lo scopo di canalizzare i deflussi provenienti principalmente dai pluviali.



### ***Canalette rivestite e cunettoni schema***



## Sottarco Armato in Spritz-Beton

### Difetti principali:

Zone con calcestruzzo degradato e fratturato, vespai profondi e sistemi di lesioni medie o larghe nel rivestimento dei forni delle gallerie.

### Tipologia di intervento:

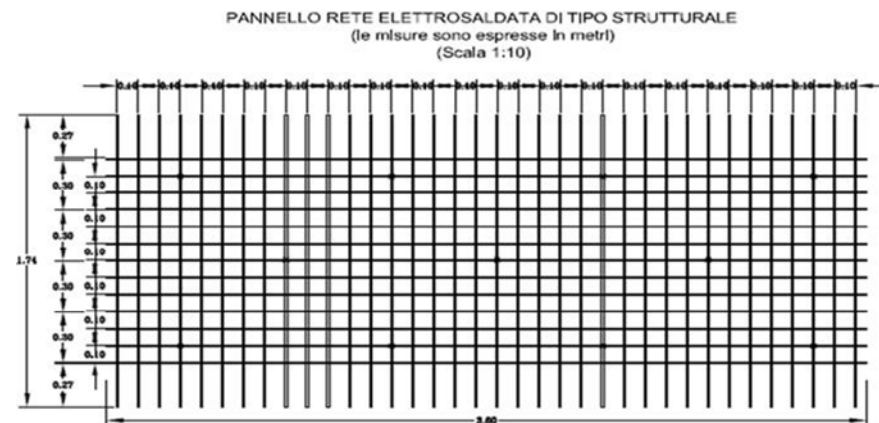
Realizzazione di un sottarco in spritz-beton, proiettato per via umida, armato con rete di tipo strutturale con spessori complessivi variabili da 12 a 20 cm.

**Il sottarco realizzato in spritz-beton (con Rck 2 40 MPa) può avere, a seconda dei casi, uno spessore da 12 cm a 20 cm ed è armato con rete di tipo strutturale  $\Phi 10\text{mm}$  e maglia  $10 \times 10\text{mm}$  ancorata con ganci inghisati chimicamente (in genere con incidenza  $n.2/\text{mq}$ ).**

Al fine di garantire una migliore collaborazione fra rivestimento esistente e nuovo sottarco si prevede la rimozione dei primi cm di rivestimento (preparazione del supporto) con spessori variabili in funzione dello spessore e dello stato di conservazione del rivestimento.

### Fasi di Intervento:

1. **Rimozione dei presidi esistenti** sui piedritti ed in calotta previa rimozione e/o protezione degli impianti presenti;
2. **Demolizione del rivestimento del fornice con fresatura meccanica** in spessore anche parziale (spessore minimo 4 cm);
3. **Eventuale intasamento con iniezioni con resina epossidica** delle venute d'acqua puntuali;
4. **Esecuzione di fori per l'inghisaggio dei ganci** e posa in opera dei ganci mediante inghisaggi per il successivo ancoraggio della rete di armatura;
5. **Realizzazione di un primo strato di spritz-beton** (4-6 cm) proiettato per via umida, additivato con accelerante liquido, a base di sali inorganici, privo di alcali;
6. **Posa in opera di membrana impermeabile a spruzzo millimetrica ad alta adesione;**



1. **Posa in opera dell'armatura** con installazione dei fogli di rete elettrosaldata di tipo strutturale  $\Phi 10\text{ mm}$  avente maglia  $10 \times 10\text{ cm}$ ;
2. **Completamento getto in spritz-beton (spess. 8-14 cm) Rck 2 40 MPa**, proiettato per via umida, eseguito in più fasi ed a strati successivi debitamente frattazzati per permettere un completo riempimento di tutti i vuoti.

Al termine dell'intervento è prevista la verifica del mantenimento dei franchi minimi laterali di progetto.

