

Schede difettologiche

Le schede difettologiche riportano la descrizione dei fenomeni di degrado da rilevare in sede di ispezione e i criteri per l'individuazione dei parametri da assegnare.

Ogni scheda è riferita ad uno specifico difetto. Esse sono divise in macro-gruppi in funzione del materiale su cui il difetto a cui si riferisce può manifestarsi. Nel seguito si trova la seguente suddivisione:

- **Acciaio o Metallo:** include i difetti riscontrabili su elementi in acciaio;
- **Muratura:** include i difetti riscontrabili su elementi in muratura;
- **C.a./C.a.p.:** include i difetti riscontrabili su elementi in c.a. o in c.a.p.;
- **C.a.p.:** include i difetti specifici degli elementi in c.a.p.;
- **Legno:** include i difetti riscontrabili su elementi in legno.

In aggiunta si trovano schede riferite a:

- **Difetti generici,** riscontrabili su tutti i materiali sopra elencati;
- **Apparecchi di appoggio;**
- **Rilevati e Fondazioni;**
- **Giunti;**
- **Elementi accessori.**

Ogni difetto è identificato da un numero, riportato sulla scheda in alto a destra, che ne permette l'individuazione nelle schede di difettosità.

Elementi in ACCIAIO o METALLO



Difetti di saldatura

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

0,2 (appena presente)

0,5 (~50% superficie)

1 (~tutta la superficie)

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

I difetti, localizzati lungo lo sviluppo dei cordoni di saldatura, risultano particolarmente pericolosi poiché riducono i valori di resistenza e tenacità del giunto saldato e con il tempo possono causare la frattura della saldatura stessa. Essi si manifestano sotto forma di:

- cricche, ossia microlesioni o fessurazioni sui cordoni di saldatura;
- inclusioni di natura solida e gassosa o soffiature superficiali, riconoscibili dalla presenza di piccoli crateri sulla superficie del cordone;
- irregolarità sulle maglie del cordone con evidente variazione del suo profilo per presenza di avvallamenti, irregolarità dei bordi, ecc.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Cause

L'origine di tali fenomeni si può far risalire ad errori o problematiche insorte durante l'esecuzione della saldatura stessa, quali scelta di materiali e/o tecniche non adeguate, condizioni di esecuzione non favorevoli e scarsa capacità del saldatore.

Fenomeni di degrado correlati

L'evoluzione di tali difetti potrebbe comportare la completa **rottura della saldatura**, per cui è bene valutarne l'entità (ad esempio, se sono presenti lesioni passanti dovranno indicarsi come rotture di saldatura).

Particolare attenzione deve essere posta in presenza di nodi perché si potrebbe ricadere nel caso di **lesione ai nodi**.

Rottura di saldature

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si presenta con estese e profonde fessurazioni, generalmente passanti, nel cordone di saldatura o nelle sue immediate vicinanze. È un fenomeno particolarmente pericoloso perché interessa l'intera sezione resistente della saldatura e/o degli elementi collegati e comporta lesioni che tendono a propagarsi rapidamente per fatica.



Cause

Le rotture delle saldature è dovuta a:

- difetti di esecuzione della saldatura (cricche a caldo, chicche a freddo, strappi lamellari);
- cicli di carico ripetuti nel tempo (fenomeni di fatica);
- eccessiva sollecitazione.

Fenomeni di degrado correlati

La rottura delle saldature può essere conseguenza dei **difetti di saldatura** precedentemente descritti, ma può manifestarsi anche indipendentemente da essi. Spesso sono presenti qualora si riscontrano **lesioni ai nodi**.

Sfogliamento vernice

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

0,2 (appena presente)

0,5 (~50% superficie)

1 (~tutta la superficie)

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si riferisce al distacco della vernice protettiva dagli elementi di acciaio, con la conseguente esposizione del metallo. Può presentarsi come:

- squamatura a pelle di cocodrillo;
- spellamento/scollamento di strati;
- corrosione sotto la vernice;
- difetto di stesura della vernice in corrispondenza di giunti bullonati e/o zone angolari.

Cause

La presenza del difetto è principalmente dovuta a:

- carenze esecutive legate ad utilizzo di prodotti non idonei e incompleta o non corretta stesura di strati;
- invecchiamento dello strato di vernice;
- attacco chimico, ad esempio da parte di cloruri;
- danneggiamenti dovuti a urti di automezzi.

Il manifestarsi di tale fenomeno è favorito in presenza di umidità e sotto l'azione di agenti aggressivi, quali quelli presenti in ambiente marino o industriale.

Fenomeni di degrado correlati

Questo difetto se non viene tempestivamente e opportunamente riparato può portare alla **corrosione** e **ossidazione** degli elementi strutturali.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Difetti di chiodatura

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Estensione k_1	0,2 (un chiodo)	0,5 (più chiodi su un elemento)	1 (più chiodi su più elementi)
Intensità k_2	0,2 (difettosità – testa o gambo)	0,5 (caduta di una delle due teste)	1 (chiodo caduto)

Rientrano in tale categoria, i difetti di chiodatura rilevabili a vista, quali l'errata conformazione della testa ribattuta del chiodo (teoricamente a calotta emisferica coassiale con il gambo) e l'assenza di una delle due teste o dell'intero chiodo dal foro.

Cause

Il difetto di chiodatura ha origine per:

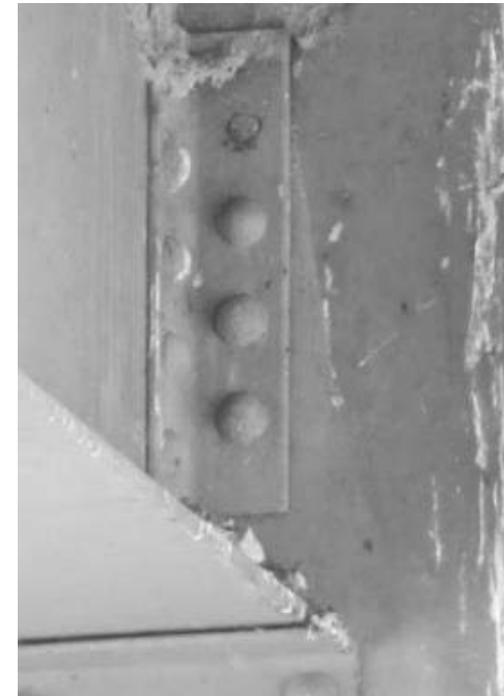
- conformazione e dimensionamento non corretti del giunto chiodato;
- ricalcatura/ribattitura non corretta del chiodo;
- eccessiva sollecitazione.

Si manifesta con più facilità laddove la chiodatura è soggetta a corrosione localizzata o fenomeni di fatica.

Fenomeni di degrado correlati

In alcuni casi si arriva alla caduta di uno o più chiodi con conseguenza perdita di efficacia della connessione.

Talvolta si trova associato a **deformazioni delle anime/piattabande** degli elementi collegati dal giunto chiodato e in corrispondenza di **lesioni ai nodi**.



Fonte: Manual for Bridge Element Inspection – AASHTO (2019)

Bulloni allentati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Estensione k_1	0,2 (meno del 10%)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k_2	0,2 (difettosità – testa o dado)	0,5 (rottura testa o caduta dado)	1 (bullone mancante)

Il difetto corrisponde alla presenza di una coppia di serraggio inferiore a quella prescritta.

Esso si può individuare:

- a vista, se manca il dado del bullone e se vi è spazio tra la rondella e la piastra;
- a mano, se si può svitare il bullone a mano;
- controllando la coppia di serraggio dei bulloni con chiave dinamometrica.

Cause

Frequentemente le cause associate a tale difetto sono:

- conformazione e dimensionamento non corretti del giunto bullonato;
- serraggio non controllato durante il montaggio;
- assenza di rondella o impiego di rondella non idonea;
- vibrazioni e urti.

Fenomeni di degrado correlati

L'evoluzione del fenomeno può comportare la presenza di **bulloni tranciati** o addirittura la caduta del bullone e quindi la riduzione della capacità portante della giunzione. Nel caso in cui il difetto interessi gli apparecchi di appoggio, la sua presenza può essere denunciata da un funzionamento anomalo dell'apparecchio stesso.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: Manual for Bridge Element Inspection – AASHTO (2019)

Bulloni tranciati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1

0,2 (un bullone)

0,5 (più bulloni su un elemento)

1 (più bulloni su più elementi)

Intensità k_2

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si riferisce alla rottura del gambo dei bulloni a seguito di deformazione plastica.

Nei casi più gravi si possono riscontrare anche rifollamento dei fori e/o lacerazioni degli elementi collegati.

Cause

La deformazione plastica e il conseguente tranciamento dei bulloni può avere origine da:

- conformazione e dimensionamento non corretti del giunto bullonato;
- carichi superiori a quelli di progetto;
- serraggio insufficiente;
- corrosione, nel caso di giunzioni non protette;
- fenomeni di fatica o eccessive vibrazioni;
- urto di automezzi.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto può essere conseguenza di coppie di serraggio insufficienti, per cui è possibile rilevare la presenza di **bulloni allentati**. Nei casi più gravi si riscontra la contemporanea presenza di **deformazione anime/piattabande** e **corrosione**.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: Structural Engineering International

Deformazione anime / piattabande

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% lunghezza)	1 (~tutta la lunghezza)
Intensità k ₂	0,2 (accennata)	0,5 (10 mm)	1 (oltre 10 mm)

Descrizione

Il difetto, localizzato nelle piattabande o nelle anime di sezioni aperte (a T, doppio T, a L, a C, ecc.), si manifesta con la perdita di forma dei profili. Nel caso in cui la deformazione interessi l'anima si parla di imbozzamento.

Cause

Generalmente il difetto è dovuto all'urto di veicoli, natanti o altro materiale trasportato dalla corrente o è conseguente al verificarsi di frane.

Ulteriori cause correlabili a tale difetto sono:

- deformazioni impresse al montaggio per errate tolleranze costruttive;
- incendio;
- avanzati stadi di corrosione;
- carichi concentrati non previsti o fenomeni di instabilità locale.

Fenomeni di degrado correlati

In concomitanza con questo difetto spesso si riscontrano fenomeni quali **sfogliamento della vernice**, **corrosione** e difetti caratteristici dei giunti bullonati o saldati.

Il fenomeno si riferisce alle sole sezioni aperte, altrimenti si parla di **deformazioni su pareti di travi scatolari**.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Deformazione pareti travi scatolari

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1

0,2 (appena presente)

0,5 (~50% lunghezza)

1 (~tutta la lunghezza)

Intensità k_2

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si manifesta con la perdita di forma delle pareti laterali o di fondo delle sezioni scatolari. Nel caso in cui si tratta di imbozzamento, le deformazioni si presentano come una successione di onde lungo lo sviluppo delle pareti.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Cause

Generalmente il difetto è dovuto all'urto di veicoli, natanti o altro materiale trasportato dalla corrente o è conseguente al verificarsi di frane.

Ulteriori cause correlabili a tale difetto sono:

- deformazioni impresse al montaggio per errate tolleranze costruttive;
- avanzati stadi di corrosione, con conseguente riduzione di sezione resistente;
- carichi concentrati non previsti o fenomeni di instabilità locale, nel caso di sezioni con lamiere sottili o non sufficientemente irrigidite.

Fenomeni di degrado correlati

In concomitanza con tale difetto spesso si riscontrano fenomeni quali **sfogliamento della vernice** e **corrosione**.

Il fenomeno può manifestarsi in corrispondenza di **bulloni allentati** o **tranciati**, nel caso in cui esso sia causato da urti sugli elementi.

Nel caso di deformazioni su travi a sezione aperta ci si riferisce al difetto **deformazione anime/piattabande**.

Lesioni ai nodi

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (un solo nodo)	0,5 (fino a tre nodi)	1 (oltre tre nodi)
Intensità k_2	Sempre = 1		

Descrizione

Per nodo si intende il punto di convergenza di elementi strutturali in acciaio, quali i tiranti e i puntoni di una travatura reticolare. Le lesioni a cui si riferisce il difetto possono riguardare sia gli elementi di collegamento e le piastre di nodo (saldature, bullonature, chiodature), sia gli elementi strutturali collegati.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Cause

Il danno ai nodi è frequentemente causato da:

- conformazione e dimensionamento non corretti della giunzione;
- carichi non previsti o superiori a quelli di progetto;
- fenomeni di fatica e corrosione.

Fenomeni di degrado correlati

Va valutato parallelamente e non confuso con **difetti saldature** e **rottura saldature**. Nel caso di zone prossime agli apparecchi di appoggio può essere concomitante con difetti specifici degli apparecchi stessi.

Corrosione

Peso del difetto

G = 1 G = 2 G = 3 **G = 4** G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% lunghezza)	1 (~tutta la lunghezza)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Gli acciai comuni reagiscono con l'ambiente formando una superficie contenente ossido di ferro. Questa superficie è estremamente porosa e consente al processo elettrochimico di ossidazione di evolversi, penetrando nell'acciaio e corrodendone la superficie, riducendo progressivamente la sezione fino alla perforazione del metallo stesso. I tipi di corrosione più pericolosi sono solitamente quelli localizzati, in quanto possono creare cricche, fori, fessurazioni.

Cause

Questo tipo di problematica ha molteplici cause; le principali sono:

- deterioramento della protezione del metallo (verniciatura/zincatura);
- presenza di umidità o ristagni d'acqua;
- scarsa manutenzione;
- presenza di correnti vaganti o soluzioni saline (ambiente marino, soluzioni antigelo, ambiente industriale).

Fenomeni di degrado correlati

La corrosione è dovuta al contatto del materiale con l'acqua e l'umidità, per cui è spesso correlata all'assenza di un adeguato sistema di convogliamento delle acque, alla presenza di **ristagni d'acqua** e all'esposizione del materiale a seguito di **sfogliamento della vernice**. Essa è la fase successiva del fenomeno di ossidazione, che si limita agli strati più superficiali degli elementi.



Ossidazione

Peso del difetto

G = 1 **G = 2** G = 3 G = 4 G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% lunghezza)	1 (~tutta la lunghezza)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

È un fenomeno elettrochimico in cui il ferro (Fe) contenuto nell'acciaio reagisce con l'ossigeno dell'atmosfera formando sulla superficie ossidi più o meno aderenti. A seconda dello stadio di evoluzione del fenomeno, esso si presenta come:

- ossidazione superficiale omogenea;
- rigonfiamento della superficie esterna;
- corrosione puntiforme (vaiolatura).

Cause

L'ossidazione è essenzialmente causata dal contatto del materiale con l'ambiente esterno, per cui è favorita nel caso in cui la protezione del metallo sia mancante o deteriorata e in presenza di alte percentuali di umidità. Ulteriori cause possono essere la presenza di correnti vaganti o di soluzioni saline (ambiente marino, soluzioni antigelo, ambiente industriale).

Fenomeni di degrado correlati

L'ossidazione è dovuta al contatto del materiale con l'acqua e l'umidità, per cui è spesso correlata all'assenza di un adeguato sistema di convogliamento delle acque, alla presenza di **ristagni d'acqua** e all'esposizione del materiale a seguito di **sfogliamento della vernice**. Essa è la fase precedente del fenomeno di **corrosione**, il quale può manifestarsi nel caso in cui non si contrasti opportunamente la sua evoluzione.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



A photograph of a large, multi-arched stone bridge spanning a river. The bridge is constructed from light-colored stone blocks. A house with a red roof is visible through one of the arches. The river reflects the bridge and the surrounding greenery. A red arrow-shaped graphic points to the right, containing the text 'Elementi in MURATURA'.

Elementi in MURATURA

Fessure orizzontali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1

Sempre = 1

Intensità k_2

0,2 (capillare)

0,5 (qualche mm)

1 (qualche cm)

Descrizione

Questo tipo di difetto è riferito alle fessure con andamento prevalentemente orizzontale che possono manifestarsi sugli elementi verticali come spalle e pile e, nel caso dei ponti ad arco, su rinfianchi e timpani. Esse si sviluppano principalmente lungo i ricorsi di malta o, meno frequentemente, attraversano direttamente i mattoni o i blocchi di pietra.

Cause

Le fessure orizzontali localizzate su pile e spalle possono essere conseguenza di:

- cedimenti differenziali delle fondazioni;
- eccessiva spinta del terreno sulle spalle ;
- eventi sismici.

Nel caso di archi, fessure orizzontali alle imposte possono essere dovute a:

- carichi non simmetrici per ponti con un solo arco o tra campate contigue specie se di luce diversa (campate più lunghe o più caricate).

L'apertura di fessure è favorita dall'effetto delle vibrazioni ripetute indotte dal traffico.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni di acqua e degli agenti aggressivi che possono danneggiare la consistenza della muratura anche al suo interno, per cui potrebbero favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento** della muratura.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **fessure verticali**, **diagonali**, o **distacchi di interi elementi strutturali** (distacco del timpano nei ponti ad arco), né con la **polverizzazione** dei corsi di malta.



Fessure verticali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	Sempre = 1		
Intensità k_2	0,2 (capillare)	0,5 (qualche mm)	1 (qualche cm)

Descrizione

Ci si riferisce a fessure ad andamento prevalentemente verticale su pile, spalle e timpani. Esse possono seguire un andamento a zig-zag lungo i giunti di malta delle murature a blocchi, oppure avere un andamento continuo, tagliando i blocchi stessi, siano essi in pietra o in laterizio. A volte possono presentarsi come un insieme di piccole fessure ravvicinate; in questo caso deve esserne analizzata nel dettaglio la geometria.

Cause

Le fessure verticali in generale si localizzano in presenza di discontinuità geometriche o del materiale e possono essere dovute a:

- cedimenti differenziali delle fondazioni;
- cedimenti/rotazioni delle strutture di contenimento;
- collasso per schiacciamento della muratura in particolare su pile / spalle molto alte o molto caricate.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni di acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbero favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento** della muratura.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **fessure orizzontali**, **diagonali**, o **distacchi di interi elementi strutturali** (distacco del timpano nei ponti ad arco), né con la **polverizzazione** dei corsi di malta.



Fessure diagonali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	Sempre = 1		
Intensità k_2	0,2 (capillare)	0,5 (qualche mm)	1 (qualche cm)

Descrizione

Si tratta di fessure ad andamento inclinato rispetto alla verticale, che possono svilupparsi seguendo a zig-zag i giunti di malta orizzontali e verticali per i ponti in muratura di mattoni o a conci di pietra squadrata, o attraversando in modo continuo gli elementi in pietra/laterizio. A volte possono presentarsi come un insieme di piccole fessure ravvicinate; in questo caso deve esserne analizzata nel dettaglio la geometria per capire se siano state originate da un moto di traslazione o un moto di rotazione tra blocchi rigidi.

Cause

Le fessure diagonali possono essere dovute a:

- cedimenti differenziali delle fondazioni;
- scalzamenti locali alla base (provocati da piene);
- eccessiva spinta del terreno sulle spalle.

L'apertura di fessure è favorita dall'effetto delle vibrazioni ripetute indotte dal traffico.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni di acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento** della muratura.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **fessure orizzontali**, **verticali**, o **distacchi di interi elementi strutturali** (distacco del timpano nei ponti ad arco), né con la **polverizzazione** dei corsi di malta.



Porzione di muratura mancante

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si evidenzia per la mancanza o la rottura di mattoni o blocchi in pietra appartenenti agli elementi strutturali del manufatto.

Cause

Se la mancanza di porzione di muratura è localizzata in corrispondenza di fessure allora può essere dovuta a:

- tensioni o spostamenti che hanno generato tali fessure.

Se la mancanza di porzione di muratura è localizzata altrove può essere dovuta a:

- Urti;
- disfacimento della malta per cattiva qualità o per effetti di piene;
- deterioramento dei materiali dovuti all'effetto del tempo;
- presenza di vegetazione infestante (edera, capperi..) che in concomitanza con gli agenti atmosferici facilita la disgregazione della muratura.



Fenomeni di degrado correlati

Se le porzioni di muratura mancanti progrediscono nel tempo, si potrebbe avere una **riduzione della sezione resistente**, molto pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali primari. Quando si presenta sui muri di timpano non diminuisce la capacità portante dell'arco ma, se diffusa, può innescare un cedimento di tale elemento con fuoriuscita del riempimento e conseguente avvallamento della sede stradale. Spesso dove mancano porzioni di muratura, si riscontra anche la presenza di **polverizzazione**.

Fessure trasversali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5Estensione k_1

Sempre = 1

Intensità k_2

0,2 (capillare)

0,5 (qualche mm)

1 (qualche cm)

Descrizione

Per fessure trasversali si intendono le lesioni che possono presentarsi all'intradosso della volta, con andamento prevalente lungo la direttrice dell'arco, trasversalmente all'asse stradale. Generalmente esse interessano i giunti di malta.

Cause

Le fessure trasversali possono essere generate :

- cedimenti differenziali delle fondazioni;
- eccessiva spinta del terreno sulle spalle o eventi sismici;
- se la fessura è in chiave all'arco può essere indice di una insufficienza statica per carichi verticali.

Se si localizzano alle imposte possono essere dovute a:

- carichi non simmetrici tra campate contigue (campate più lunghe o più caricate). In questo caso sono il segno della formazione di una cerniera cilindrica dovuta ad eccesso di flessione;
- uno scorrimento tra conci contigui causato da un'eccessiva forza di taglio, più raramente.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni di acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento** della muratura.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **fessure orizzontali**, **verticali** o **diagonali**, che sono tipici di elementi verticali quali pile, spalle e timpani, e **fessure longitudinali**, che si sviluppano sull'arco ma lungo la direzione ortogonale.



Fessure longitudinali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (< ¼ della luce)	0,5 (< ½ della luce)	1 (> ½ della luce)
Intensità k_2	0,2 (capillare)	0,5 (qualche mm)	1 (qualche cm)

Descrizione

Questo tipo di difetto è riferito a fessure ad andamento circolare che si presentano all'intradosso dell'arco, che quindi seguono l'andamento longitudinale dell'asse stradale. Le fessure possono interessare sia i giunti di malta sia gli elementi lapidei o di laterizio, che costituiscono la tessitura muraria.

Cause

Le fessure longitudinali trovano spesso origine per:

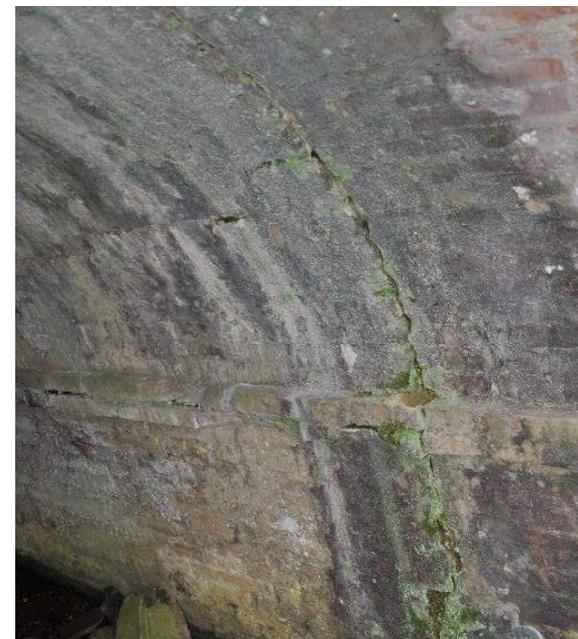
- cedimenti differenziali delle fondazioni in direzione trasversale;
- condizioni di carico fortemente sbilanciate (tracciati curvilinei);
- discontinuità del manufatto con volte realizzate a settori affiancati.

In prossimità dei bordi dell'arco possono essere associate al distacco del timpano.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni di acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento** della muratura.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **fessure orizzontali**, **verticali** o **diagonali**, che sono tipici di elementi verticali quali pile, spalle e timpani, e **fessure trasversali**, che si sviluppano sull'arco ma lungo la direzione ortogonale.



Distacco del timpano

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (modesto)	0,5 (qualche mm)	1 (qualche cm)

Descrizione

Per timpano si intende la parte verticale ai lati della struttura sovrastante l'elemento strutturale portante dell'arco, che racchiude il materiale di riempimento. Quest'ultimo, a volte, offre un notevole contributo alla capacità portante del ponte. Il difetto si riferisce al distacco di tale elemento dall'arco sottostante.

Cause

Il distacco del timpano può essere provocato da:

- movimenti differenziali delle fondazioni
- effetti di sovraccarichi non previsti;
- spinta del materiale di riempimento sul timpano;
- presenza di vegetazione con radici spingenti;
- infiltrazioni di acqua con conseguenti cicli di gelo/disgelo.

Il fenomeno è esaltato dalla mancanza di un efficace collegamento tra l'arco e il timpano.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento** della muratura.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **fessure orizzontali, verticali, diagonali, trasversali o longitudinali**, essendo riferito ad una localizzazione ben precisa, in corrispondenza della superficie di contatto tra timpano e arco.



Riprese successive deteriorate

Peso del difetto**G = 1**

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1

Sempre = 1

Intensità k_2

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si presenta nelle zone in cui sono stati eseguiti interventi per nascondere fenomeni di degrado e lesioni senza tuttavia eliminarne le cause scatenanti, per cui con il passare del tempo il difetto si ripresenta con le stesse caratteristiche.

**Cause**

Questo tipo di difetto è dovuto a:

- interventi di riparazione errata o sommaria;
- ripristino che ha operato solo sugli effetti ma non sulle cause.

**Fenomeni di degrado correlati**

A questo tipo di difetto sono correlati i fenomeni di degrado propri del difetto originale non correttamente ripristinato.

Macchie di umidità/risalita

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si presenta con macchie di colore pressoché uniforme ma in generale più scure rispetto alla muratura circostante integra. Tali macchie hanno forma molto variabile, che può dipendere sia dall'origine dell'umidità che le genera sia dal tipo di tessuto murario. Per esempio, sulle murature miste generalmente si presentano in modo disomogeneo a seconda dei vari materiali con cui esse sono realizzate (pietra, laterizio, ecc.).



Cause

La formazione delle macchie di umidità nel tessuto murario è principalmente dovuta a:

- risalita capillare di umidità dal suolo (macchie di risalita). In questo caso esse sono localizzate nella parte bassa della muratura;
- penetrazione di acqua meteorica, dovuta a sistemi di convogliamento delle acque assenti, inadeguati o danneggiati (macchie di umidità).



Fenomeni di degrado correlati

Il progredire di tale fenomeno di degrado, soprattutto dovuto al mal funzionamento dei sistemi di convogliamento delle acque, potrebbe comportare l'innescarsi di **fenomeni di dilavamento** della muratura.

Dilavamento

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	-------

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k_2	Sempre = 1		

Descrizione

Il dilavamento della muratura si manifesta con macchie di colore più scuro rispetto alla parte integra, generalmente alternate ad altre di colore biancastro, dovute all'accumulo di depositi di calcare, il cui andamento ricalca il percorso dell'acqua sulla superficie.

Esse possono trovarsi localizzate in punti specifici delle superfici murarie o manifestarsi su una superficie più ampia, sotto forma di striature disomogenee o stalattiti calcaree.

Cause

Il dilavamento è provocato dagli effetti delle acque meteoriche, nel caso in cui esse non siano adeguatamente allontanate dalle superfici murarie. Pertanto, l'origine del fenomeno è da ricercare nella mancanza/inadeguatezza/danneggiamento dei sistemi di convogliamento o di altri elementi da cui può avvenire infiltrazione di acqua, quali scossaline o giunti.

Fenomeni di degrado correlati

I fenomeni di dilavamento e di ammaloramento della muratura sono la naturale evoluzione delle **macchie di umidità**. Il loro progredire può portare ad una **riduzione della sezione resistente**, pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali primari.



Macchie di colore scuro

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
--------------	-------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto è un'alterazione dello strato superficiale del materiale lapideo che spesso si presenta di colore diverso (*crosta nera*) e con durezza e fragilità maggiore rispetto allo strato sottostante o al materiale non ammalorato. Lo strato superficiale ammalorato tende a staccarsi spontaneamente dal materiale sottostante. Spesso si forma in zone riparate dalla pioggia e dal vento.

Cause

La formazione della crosta nera è dovuta all'effetto combinato di fenomeni termoigrometrici e azioni chimiche: le pietre si raffreddano più velocemente dell'aria, per cui l'aria calda e umida tende a condensare sulla superficie. A causa del processo chimico che si innesca con l'anidride solforosa presente in atmosfera, si forma uno strato di gesso che, cristallizzando, dà luogo alle cosiddette croste nere.

Fenomeni di degrado correlati

A questo difetto si può associare una lenta ma progressiva riduzione della sezione resistente. Non deve essere confuso con le **patine biologiche**.



Efflorescenze

*Peso del difetto***G = 1**

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto è dovuto alla formazione di una patina biancastra e cristallina sulla superficie della struttura che può presentarsi in forma pulverulenta o filamentosa. Quando si tratta di efflorescenze di tipo salino, la cristallizzazione avviene all'interno del materiale provocando il distacco delle parti più superficiali; in tal caso si parla di cripto-efflorescenza o sub-efflorescenza.

*Cause*

La formazione delle efflorescenze può essere dovuta a:

- fenomeni termoigrometrici e chimici: l'acqua che penetra all'interno di un paramento murario contiene sali minerali disciolti in essa (cloruri, solfati, nitrati). Questi ultimi, quando l'acqua evapora, si depositano sulla superficie, cristallizzando e accumulandosi nel tempo.

Il fenomeno è tipico delle zone esposte a sole e vento, dove l'evaporazione è facilitata.

*Fenomeni di degrado correlati*

A questo fenomeno si associa una lenta ma progressiva riduzione della sezione resistente che favorisce un'ulteriore infiltrazione di umidità all'interno della muratura. Non deve essere confuso con le **macchie di umidità/risalita**.

Patina biologica

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

La patina biologica è costituita da microrganismi a cui possono aderire polvere, terriccio, ecc., i quali formano uno strato sottile, morbido ed omogeneo, aderente alla superficie, di colore variabile, ma per lo più verde.

Rientra in questo tipo di difetto anche la presenza di vegetazione invasiva. La vegetazione invasiva se particolarmente rigogliosa provoca la disgregazione della malta e la conseguente riduzione dell'ammorsamento tra i blocchi o le pietre (effetto leva delle radici).



Cause

La formazione della patina biologica è dovuta a:

- presenza di umidità o acqua sulla muratura;
- presenza di suolo che contiene humus.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto può portare alla formazione di **macchie di umidità/risalita**. La presenza di vegetazione con radici spingenti spesso provoca il **distacco di porzioni di materiale** o la formazione di **fessure** di vario tipo.

Polverizzazione

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (profondità < 1 cm)	0,5 (profondità < 5 cm)	1 (profondità > 5 cm)

Descrizione

La polverizzazione si manifesta con la caduta spontanea del materiale, costituente i giunti di malta o gli elementi lapidei, in forma di polvere o granuli.



Cause

La polverizzazione è dovuta alla reazione chimica tra i gas presenti in atmosfera, l'acqua e i componenti delle malte che comporta la formazione di sali debolmente solubili, i quali vanno ad aggredire il reticolo cristallino delle malte/elementi lapidei causandone la rottura e quindi la polverizzazione.



Fenomeni di degrado correlati

Questo fenomeno avanza rapidamente e può portare al difetto di **porzione di muratura mancante** e quindi ad una **riduzione della sezione resistente**, pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali primari.

Esfoliazione

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k_2	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si manifesta con il distacco di uno o più strati superficiali approssimativamente paralleli fra loro (sfoglie). Tali parti distaccate assumono spesso forme specifiche in funzione delle caratteristiche strutturali e di tessitura. Le sfoglie sono usualmente di spessore che varia tra qualche millimetro e qualche centimetro.



Cause

L'esfoliazione del materiale è dovuta a:

- fenomeni di umidità ascendente, formazione di ghiaccio negli strati più superficiali;
- perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque;
- consistente presenza di formazione saline e efflorescenze;
- dilatazioni differenziali tra materiali di supporto e finitura.



Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si associa una lenta ma progressiva riduzione della sezione resistente oltre a favorire un'ulteriore infiltrazione di umidità all'interno della muratura.

A photograph of a concrete bridge with multiple arches spanning a river. The water in the foreground is turbulent, creating white rapids. The sky is blue with some clouds. A green arrow-shaped box is overlaid on the image, containing the text 'Elementi in C.A./C.A.P.'. The bridge has a metal railing on top and is supported by several concrete piers.

Elementi in C.A./C.A.P.

Macchie di umidità passiva

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si presenta con aree di colorazione diversa dal materiale integro. In particolare, si tratta di tracce di calcio rilasciate sulla superficie dall'umidità penetrata attraverso il calcestruzzo. Si parla di **macchie di umidità passiva** qualora il fenomeno si intende estinto e del quale restano macchie di colore biancastro.

Cause

La penetrazione di umidità e di acqua meteorica attraverso il materiale è favorita in presenza di:

- materiali caratterizzati da elevata porosità
- mancanza o carenze nel sistema di impermeabilizzazione
- sistemi di convogliamento delle acque assenti, inadeguati o danneggiati
- Imperfetta tenuta dei giunti
- Scossaline assenti o deteriorate

Fenomeni di degrado correlati

Il progredire di tale fenomeno di degrado potrebbe comportare l'innescarsi di **fenomeni di dilavamento e di ammaloramento** del calcestruzzo. Tale difetto è diverso da altri fenomeni, quali le **tracce di scolo**, dovuti a scorrimenti superficiali di acqua.



Macchie di umidità attiva

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si presenta con aree di colorazione diversa dal materiale integro. In particolare, si tratta di tracce di calcio rilasciate sulla superficie dall'umidità penetrata attraverso il calcestruzzo. A differenza delle macchie di umidità passiva, l'**umidità attiva** è legata a fenomeni di infiltrazione di acqua tutt'ora in corso e si presenta con macchie di colore scuro dovuto al contatto continuo con l'acqua e l'umidità.

Cause

La penetrazione di umidità e di acqua meteorica attraverso il materiale è favorita in presenza di:

- materiali caratterizzati da elevata porosità;
- mancanza o carenze nel sistema di impermeabilizzazione;
- sistemi di convogliamento delle acque assenti, inadeguati o danneggiati;
- imperfetta tenuta dei giunti;
- scossaline assenti o deteriorate.

Fenomeni di degrado correlati

Il progredire di tale fenomeno di degrado potrebbe comportare l'innescarsi di **fenomeni di dilavamento e di ammaloramento** del calcestruzzo, nonché possibili **distacchi di copriferro** con conseguente esposizione delle armature. Tale difetto è diverso da altri fenomeni, quali le **tracce di scolo**, dovuti a scorrimenti superficiali di acqua.



Calcestruzzo dilavato/ammalorato

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il dilavamento e/o l'ammaloramento del calcestruzzo sono dovuti alla percolazione di acque superficiali e si manifesta prevalentemente sulle superfici verticali o inclinate degli elementi. Per **dilavamento** si intende l'erosione dello strato superficiale di materiale dovuto al passaggio frequente di acqua, mentre con il termine **ammaloramento** ci si riferisce ai fenomeni di rigonfiamento superficiale del calcestruzzo, scagliamento, perdita di coesione, ecc.

Cause

Tali fenomeni sono generati o esaltati dalla presenza di ambiente umido e calcestruzzi particolarmente porosi.

Generalmente il difetto è conseguente a mancanze o carenze nel sistema di convogliamento delle acque meteoriche; molto frequentemente, infatti, si rileva in corrispondenza di scarichi corti o danneggiati, che indirizzano l'acqua direttamente sulle superfici degli elementi.

Il degrado per ammaloramento è inoltre dovuto a fenomeni di carattere chimico sulle armature (carbonatazione del copriferro o attacco di cloruri) o fisici (cicli di gelo e disgelo), legati alle caratteristiche ambientali del sito.

Fenomeni di degrado correlati

I fenomeni di dilavamento e di ammaloramento del calcestruzzo rappresentano l'evoluzione delle **macchie di umidità** e delle **tracce di scolo**. Il loro progredire può portare ad una **riduzione della sezione resistente** del calcestruzzo, pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali primari.



Vespai

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	--------------	-------	-------	-------

Descrizione

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (Solo superficiale)	0,5 (Vista dell'inerte)	1 (Inerte distaccabile)

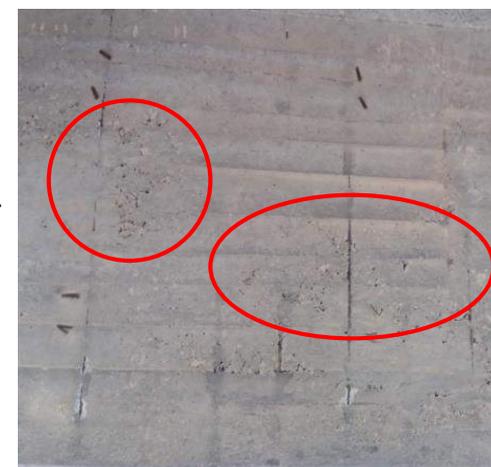
I vespai o nidi di ghiaia sono difetti molto evidenti che compromettono la continuità superficiale del calcestruzzo. Possono interessare zone estese o essere localizzati in zone limitate della superficie degli elementi strutturali. Essi comportano la presenza di zone non omogenee sulle superfici degli elementi a causa dell'esposizione degli inerti più grossi di calcestruzzo, che, nei casi più gravi, sono asportabili manualmente.

Cause

Generalmente le cause di tale fenomeno risalgono a problemi in fase di esecuzione: sono infatti frequenti nel caso di calcestruzzi mal confezionati, con granulometria e/o mix design inadeguati, nel caso di getti male eseguiti, con insufficiente vibratura, o a causa della segregazione degli inerti dovuta ad insufficiente altezza di getto o per casseri mal sigillati.

Fenomeni di degrado correlati

In corrispondenza dei vespai c'è un notevole aumento di permeabilità del calcestruzzo dovuto alla presenza di vuoti tra gli inerti, che facilita la penetrazione di agenti aggressivi. Essi pertanto sono spesso associati ad altri fenomeni di degrado, quali **ossidazione e/o corrosione** delle armature e delle staffe. I vespai non devono essere confusi con i vuoti che spesso si trovano al di sotto delle barre di armature a causa di interferri troppo esigui che non permettono il passaggio degli inerti e quindi il completo ricoprimento delle barre con il calcestruzzo.



Distacco del copriferro

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	--------------	-------	-------	-------

Descrizione

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Il difetto si riferisce alla mancanza di porzioni di strato di ricoprimento in calcestruzzo delle armature longitudinali e trasversali degli elementi, con conseguente esposizione di queste ultime agli agenti ossidanti e corrosivi.

Particolarmente soggette a distacchi di copriferro sono le travi più esterne dei ponti a travata, maggiormente esposte agli effetti degli agenti esterni.

Tale fenomeno si concentra spesso in corrispondenza delle zone degli spigoli degli elementi, caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume esposto e quindi più soggette a distacchi.

Cause

Il distacco di copriferro è dovuto a fenomeni chimici e fisici, quali il deterioramento del calcestruzzo causato dall'azione dell'acqua e dell'umidità e la carbonatazione, favorita dalla presenza di calcestruzzi porosi in ambienti aggressivi, ma anche ad errori in fase di esecuzione, quali spessori di copriferro molto esigui o scarso interferro, o a cause accidentali, quali l'urto di automezzi.

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente il fenomeno si riscontra in corrispondenza di zone in cui il **calcestruzzo** appare **dilavato o ammalorato** o in corrispondenza di **vespai**, dove la non corretta modalità di getto facilita la disgregazione del materiale. Conseguenti ai distacchi di copriferro, sono i **fenomeni di ossidazione e/o corrosione** delle armature esposte.



Armatura ossidata e/o corrosa

Peso del difetto

G = 1 G = 2 G = 3 G = 4 **G = 5**

Descrizione

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (ossidata)	0,5 (Intaccata la sezione della barra)	1 (Corrosa con diminuz. di sezione)

A causa della mancanza o della carenza di uno strato di ricoprimento in calcestruzzo adeguato, le armature in acciaio, a contatto con agenti aggressivi esterni, appaiono **ossidate** o **corrose**. Nei casi più gravi l'evoluzione del fenomeno può provocare la riduzione della sezione resistente.

Qualora il calcestruzzo sia carbonatato e il copriferro intatto, tale fenomeno non è visibile ma si sviluppa al di sotto dello strato di ricoprimento in calcestruzzo. Per carbonatazione si intende la formazione di carbonato di calcio con la conseguente riduzione del PH del calcestruzzo e la depassivazione delle armature metalliche, che ne favorisce l'ossidazione. Quest'ultima provoca l'aumento di volume dell'armatura e la conseguente fessurazione, prima, ed espulsione poi, del copriferro.

Cause

Oltre che per il fenomeno di carbonatazione, l'ossidazione e/o la corrosione delle armature esposte sono causate dal contatto con l'aria e facilitate dalla presenza di acqua.

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno è visibile laddove sono presenti **distacchi di copriferro** ed è maggiormente evidente in corrispondenza di **vespai**. Fasi anteriori del degrado sono eventuali lesioni in corrispondenza delle barre di armatura, la cui evoluzione potrebbe provocare il completo distacco di copriferro e la conseguente esposizione delle barre stesse. L'armatura ossidata e/o corrosa non si deve confondere con le staffe scoperte e/o ossidate, fenomeno che si riferisce specificatamente alle armature trasversali degli elementi, laddove esse siano presenti e ben distinguibili da quelle longitudinali.



Lesioni a ragnatela modeste

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
--------------	-------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il fenomeno si riferisce alla presenza di fessure di modesta entità diffuse in maniera irregolare sulla superficie degli elementi e ben visibili nelle zone particolarmente soggette agli effetti dell'umidità.

Cause

In genere, le cause di tale fenomeno sono riconducibili agli effetti del ritiro nel caso di calcestruzzo con miscela inadeguata e, in particolare, con un eccessivo quantitativo di acqua di impasto. Lesioni di questo tipo possono presentarsi anche nel caso di getti non stagionati adeguatamente o di carenze di armatura superficiale.

Fenomeni di degrado correlati

Le lesioni sono maggiormente evidenti su superfici caratterizzate da **macchie di umidità** e altri fenomeni, legati agli effetti dell'acqua a contatto con il materiale. Non devono confondersi con altri stati fessurativi, di origine e gravità diversa. Analogamente il fenomeno non si deve confondere con le lesioni che appaiono in corrispondenza delle armature, quali le **lesioni in corrispondenza delle staffe**, essendo queste generate dalla presenza dell'armatura stessa e aventi andamento molto più regolare.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fessure orizzontali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (In media < 1)	0,5 (In media 1 ÷ 3)	1 (In media > 3)
Intensità k_2	0,2 (capillare)	0,5 (1 ÷ 2 mm)	1 (> 2 mm)

Descrizione

Si tratta di stati fessurativi con andamento prevalentemente *orizzontale* che compaiono sulle superfici verticali di elementi strutturali quali spalle, pile, pulvini, baggioli e fondazioni.

Spesso si trovano in corrispondenza di riprese di getto e negli elementi costruiti per conci.



Cause

Le lesioni, in generale, derivano da stati di sollecitazione anomali che portano alla rottura del calcestruzzo nelle sezioni più deboli degli elementi, quali quelle in corrispondenza delle riprese di getto, come nel caso in esame. Tali fessurazioni sono favorite nel caso di quantitativi insufficienti di armatura di collegamento tra getti successivi o da disposizioni di armature con interasse elevato, o anche nel caso di getti di diversa qualità o preparazioni inadeguate delle superfici delle riprese stesse.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo.

È bene considerare solo le discontinuità in corrispondenza delle riprese di getto che implicano una fessurazione chiara e visibile. Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **lesioni in corrispondenza delle staffe** o **fessure verticali, diagonali, longitudinali** e **trasversali**.

Nel caso in cui le fessure orizzontali interessano impalcati, archi o travi si parla di lesioni trasversali o longitudinali.

Fessure verticali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (In media < 1)	0,5 (In media 1 ÷ 3)	1 (In media > 3)
Intensità k_2	0,2 (capillare)	0,5 (1 ÷ 2 mm)	1 (> 2 mm)

Descrizione

Si tratta di stati fessurativi con andamento prevalentemente *verticale* che compaiono sulle superfici verticali di elementi strutturali quali spalle, pile, pulvini, baggioli e fondazioni. Spesso si trovano in corrispondenza di riprese di getto o negli elementi costruiti per conci.

Cause

Le lesioni, in generale, derivano da stati di sollecitazione anomali che portano alla rottura del calcestruzzo nelle sezioni più deboli degli elementi, quali quelle in corrispondenza di riprese di getto.

Quando le fessure verticali interessano elementi come spalle e pile, le loro cause sono riconducibili agli effetti del ritiro del calcestruzzo e si presentano ad intervalli regolari con ampiezza contenuta, altrimenti derivano da assestamenti delle fondazioni o spinte differenziali del terreno; in tal caso, le fessure hanno ampiezza elevata e non costante lungo il loro andamento e risultano isolate. Se il difetto interessa piedritti in c.a. esso è di origine strutturale per cui potenzialmente pericoloso.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **lesioni in corrispondenza delle staffe** o **fessure orizzontali, diagonali, longitudinali e trasversali**.

Nel caso in cui le fessure verticali interessano impalcati, archi o travi si parla di lesioni longitudinali o trasversali.



Fessure diagonali

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	--------------

Estensione k_1	0,2 (In media < 1)	0,5 (In media 1 ÷ 3)	1 (In media > 3)
Intensità k_2	0,2 (capillare)	0,5 (1 ÷ 2 mm)	1 (> 2 mm)

Descrizione

Si tratta di stati fessurativi con andamento prevalentemente *diagonale* situati su pareti verticali di fondazioni, pile, pulvini, spalle e travi e su superfici orizzontali di solette e controsolette.

Cause

Le lesioni, in generale, derivano da stati di sollecitazione anomali che portano alla rottura del calcestruzzo nelle sezioni più deboli e/o più sollecitate degli elementi.

Nel caso in cui le fessure diagonali interessano elementi quali spalle e pile, le loro cause sono riconducibili a fenomeni di assestamento delle fondazioni o spinte differenziali del terreno; si presentano isolate, con ampiezza elevata e non costante lungo il loro andamento. Generalmente, per elementi quali travi e pulvini, le lesioni diagonali si trovano in corrispondenza della posizione di massimo taglio o della posizione di piegamento delle armature; in tal caso, esse hanno origine strutturale e sono dovute a sollecitazioni eccessive e/o carenze di armatura. Analoghe considerazioni si possono fare se le lesioni si presentano su superfici orizzontali, quali quella delle solette; esse hanno origine, generalmente, nelle zone d'angolo.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **lesioni in corrispondenza delle staffe** o **fessure orizzontali, verticali, longitudinali e trasversali**.



Lesioni attacco pilastri

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (in poche zone)	0,5 (~50% superficie)	1 (Tutto il perimetro)
Intensità k ₂	0,2 (capillare)	0,5 (1 ÷ 2 mm)	1 (> 2 mm o passante)

Descrizione

Il difetto si riferisce alla presenza di fessure in corrispondenza della sezione di incastro dei pilastri o piedritti ad altri elementi. Le fessure possono essere capillari o presentarsi con ampiezze significative, tali da provocare un vero e proprio distacco degli elementi.

Cause

La presenza di tali lesioni può essere indice di carenze di armatura di collegamento tra gli elementi, di errori nelle modalità di esecuzione, quali la mancata preparazione delle superfici di incastro o l'insufficiente vibratura dei getti stessi o, anche, degli effetti del ritiro del calcestruzzo.

Nei casi più gravi, la formazione delle lesioni è conseguenza di stati di sforzo eccessivi ed imprevisti nei punti di trasmissione dei carichi tra le membrature.

*Fenomeni di degrado correlati*

Se il fenomeno è particolarmente avanzato, tanto da mettere in vista le armature degli elementi, è bene assicurarsi che queste ultime non siano soggette a fenomeni di **ossidazione e/o corrosione**. Spesso le superfici su cui si aprono le lesioni sono caratterizzate da **vespai**, in quanto entrambi i fenomeni sono conseguenza di un'errata modalità di getto o di materiale di scarsa qualità. Trattandosi di lesioni localizzate in zone specifiche, il rischio di confonderle con altri tipi di fessure è minimo.

Riprese successive deteriorate

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
--------------	-------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	Sempre = 1
Intensità k ₂	Sempre = 1

Descrizione

Per riprese successive si intendono le riparazioni localizzate effettuate sul calcestruzzo, quali riempimenti di vuoti, intasamento di vespai e ricostruzioni di copriferro, oltre che i rivestimenti di intonaco che spesso ricoprono le superfici degli elementi. Il deterioramento delle riprese successive include vari tipi di degrado, quali le lesioni, fenomeni legati all'umidità e il distacco degli elementi nuovi dal materiale base.

Cause

Il fenomeno può essere dovuto a diverse cause, tra cui la scelta di materiali di ripristino inadeguati, l'errata progettazione o esecuzione dell'intervento di riparazione. Inoltre, il deterioramento degli elementi di ripristino potrebbe essere indotto dalla presenza di agenti esterni aggressivi (es. cicli di gelo/disgelo, carbonatazione, ecc.) o dalla mancata risoluzione preventiva dei fenomeni di degrado che interessano le strutture.

*Fenomeni di degrado correlati*

Con tale fenomeno, come descritto, si può far riferimento a diverse tipologie di fenomeni di degrado, in quanto include tutti i difetti tipici del calcestruzzo.

Non si devono confondere le riprese successive dalle riprese di getto, le quali si riferiscono a fasi successive nella realizzazione degli elementi strutturali.

Lesioni da schiacciamento

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (distacco del materiale)	1 (vista delle armature)

Descrizione

Con lesioni da schiacciamento si intendono le fessure che si manifestano in genere in corrispondenza delle sedi di appoggio degli impalcati, quali i baggioli, e degli apparecchi di appoggio, per eccesso di compressione.

Esse si presentano con un'inclinazione di circa 45° e generalmente sono accoppiate, tanto da generare il distacco di cunei di materiale.

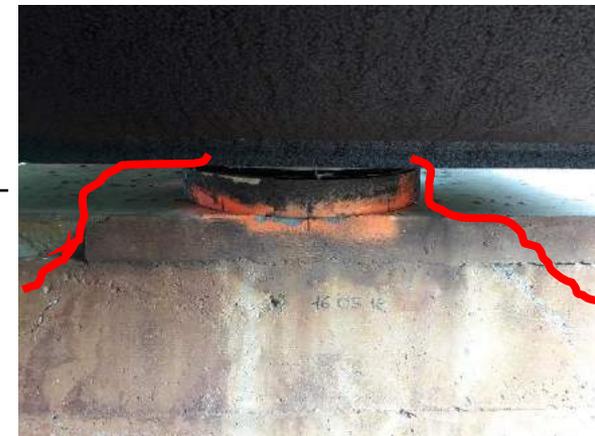
Cause

L'eccesso di compressione, da cui hanno origine le lesioni, può derivare da errori di tipo progettuale, nel caso di dimensionamenti inesatti, o esecutivo, nel caso di materiali scadenti e/o carenze di armature.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali le lesioni caratteristiche in zona appoggio, che si generano per altre cause.



Lesioni in corrispondenza delle staffe

Peso del difettoG = 1 **G = 2** G = 3 G = 4 G = 5

Estensione k_1	0,2 (in poche zone)	0,5 (~50% lunghezza)	1 (~intera lunghezza)
Intensità k_2	0,2 (capillare)	0,5 (1 ÷ 2 mm)	1 (> 2 mm)

Descrizione

Il fenomeno si riferisce all'apertura di fessure in corrispondenza delle armature trasversali. Le lesioni si presentano distribuite in modo regolare, riproducendo la disposizione delle staffe degli elementi strutturali.

Cause

La presenza delle lesioni in corrispondenza delle staffe è dovuta all'ossidazione dello strato superficiale delle staffe, il cui aumento di volume provoca la fessurazione dello strato di ricoprimento di calcestruzzo. Tale fenomeno è favorito nel caso di spessori esigui di copriferro e di calcestruzzi molto porosi in ambienti aggressivi, per i quali è più semplice la penetrazione di aria e umidità. Un'ulteriore causa potrebbe essere attribuita ai fenomeni di ritiro tipici del calcestruzzo.

Fenomeni di degrado correlati

L'evolversi del fenomeno potrebbe provocare il completo distacco di porzioni di copriferro e il conseguente scoprimento delle armature trasversali che, esposte agli agenti atmosferici, potrebbero essere soggette a fenomeni di ossidazione e/o corrosione. È bene riconoscere quando le lesioni sono associabili alla presenza di staffe o se la loro presenza dipenda da regimi di sollecitazione sfavorevoli.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Staffe scoperte/ossidate

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (ossidata)	0,5 (Intaccata la sezione della staffa)	1 (Corrosa con diminuz. di sezione)

Descrizione

Il difetto si riferisce all'esposizione delle armature trasversali e la conseguente ossidazione dell'acciaio a contatto con l'aria e l'acqua presente nell'ambiente esterno. La presenza di staffe scoperte si associa a distacchi o carenze di copriferro.

Cause

Le cause del distacco dello strato di ricoprimento delle armature sono imputabili a fenomeni chimici e fisici, quali il deterioramento del calcestruzzo causato dall'azione dell'acqua e dell'umidità e la carbonatazione, favorita dalla presenza di calcestruzzi porosi in ambienti aggressivi, ma anche ad errori in fase di esecuzione, quali spessori di copriferro molto esigui o scarso interferro, o a cause accidentali, quali l'urto di automezzi. Nel caso di carbonatazione, il distacco di copriferro è conseguenza dell'ossidazione delle stesse staffe, che rigonfiando provocano la fessurazione del calcestruzzo e la conseguente esposizione delle armature.

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno è visibile laddove sono presenti **distacchi di copriferro** ed è maggiormente evidente in corrispondenza di **vespai**. Fasi anteriori del degrado sono eventuali lesioni in corrispondenza delle staffe, la cui evoluzione potrebbe provocare il completo distacco di copriferro e la conseguente esposizione delle staffe stesse. Le staffe scoperte e/o ossidate non si devono confondere con l'armatura ossidata e/o corrosa, fenomeno che si riferisce specificatamente alle armature longitudinali degli elementi. L'evoluzione di tale fenomeno può provocare la completa **rottura delle staffe**.



Armatura longitudinale deformata

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5Estensione k₁

Sempre = 1

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si individua laddove le barre longitudinali degli elementi strutturali risultano visibilmente deformate. Ovviamente tale difetto è rilevabile solo in corrispondenza di distacchi di copriferro che permettono la vista delle armature.



Cause

La deformazione delle barre può essere presente sin dalla costruzione, a causa di mancanza o errato posizionamento delle staffe, di lunghezze superiori a quelle previste o per il naturale allungamento nel caso di confinamento insufficiente, oppure comparire in tempi successivi, a causa degli sforzi trasferiti dal calcestruzzo all'acciaio per effetto viscoso o a causa di eventuali fenomeni di svergolamento dovuti a carichi eccessivi.

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente il difetto si accompagna a fenomeni di **distacco di copriferro**, **armature ossidate e/o corrose** e **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo, i quali facilitano l'evolversi dello stato di degrado degli elementi.

Fessure longitudinali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (In media < 1)	0,5 (In media 1 ÷ 3)	1 (In media > 3)
Intensità k ₂	0,2 (capillare)	0,5 (1 ÷ 2 mm)	1 (> 2 mm)

Descrizione

Si tratta di lesioni che si sviluppano lungo gli assi longitudinali di elementi quali solette, archi e travi, i quali coincidono con l'asse longitudinale del ponte.

Cause

Le fessure longitudinali, generalmente, derivano da errori in fase di progettazione ed esecuzione. Infatti la loro presenza è spesso causata da carenze di armatura trasversale o armature disposte ad interasse troppo elevato, se non da calcestruzzi di scarsa qualità. Altre cause più specifiche possono essere il ritiro differenziale del calcestruzzo o movimenti delle fondazioni, specialmente nelle strutture ad arco.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **lesioni in corrispondenza delle staffe** o **fessure orizzontali, verticali, diagonali** e **trasversali**. Nel caso in cui le fessure interessano elementi verticali quali spalle o pile si parla di fessure orizzontali.

Fessure trasversali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (In media < 1)	0,5 (In media 1 ÷ 3)	1 (In media > 3)
Intensità k ₂	0,2 (capillare)	0,5 (1 ÷ 2 mm)	1 (> 2 mm)

Descrizione

Si tratta di lesioni che si sviluppano lungo gli assi trasversali di elementi quali travi, traversi, solette e archi. Nel caso di solette e archi, il loro asse trasversale coincide con l'asse trasversale del ponte.

Cause

Le fessure trasversali, generalmente, derivano da errori in fase di progettazione ed esecuzione. Infatti la loro presenza è spesso causata da carenze di armatura trasversale o armature disposte ad interasse troppo elevato, se non per calcestruzzi di scarsa qualità. Altre cause più specifiche possono essere il ritiro differenziale del calcestruzzo o movimenti delle fondazioni, specialmente nelle strutture ad arco e nelle strutture iperstatiche.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **lesioni in corrispondenza delle staffe** o **fessure orizzontali, verticali, diagonali e longitudinali**. Nel caso in cui le fessure interessano elementi verticali quali spalle o pile si parla di fessure verticali.



Distacco del timpano

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1

Sempre = 1

Intensità k_2

0,2 (modesto)

0,5 (Qualche mm)

1 (Qualche cm)

Descrizione

Il difetto interessa le strutture ad arco. Esso si riferisce alla presenza di lesioni tra il timpano e la struttura portante dell'arco. Per timpano si intende la parte ai lati del ponte sovrastante l'elemento strutturale portante dell'arco.

Cause

Il distacco del timpano può essere provocato da movimenti differenziali delle fondazioni oppure dagli effetti di sovraccarichi non previsti e della spinta del materiale di riempimento. Il fenomeno è esaltato dalla mancanza di un efficace collegamento tra l'arco e il timpano.



Fenomeni di degrado correlati

La presenza di lesioni facilita le infiltrazioni dell'acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbe favorire la presenza di **macchie di umidità** e/o **dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo.

Il difetto non deve essere confuso con altri tipi di stati fessurativi, quali **fessure orizzontali, verticali, diagonali e trasversali**.

Poiché potrebbe essere una causa di tale fenomeno, è bene indagare se sono presenti difetti a livello di fondazione che potrebbero provocare movimenti indesiderati.

Calcestruzzo dilavato/ammalorato testate

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

Sempre = 1

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Si tratta di un fenomeno di degrado che interessa il calcestruzzo in corrispondenza delle zone di estremità di travi, solette, cassoni. In particolare, si fa riferimento al dilavamento quando ci si riferisce al distacco dello strato più superficiale di calcestruzzo a causa del continuo passaggio di acqua, mentre si parla di ammaloramento quando ci si riferisce a scagliamento, porosità, perdita di coesione e rigonfiamento, sempre degli strati più esterni del calcestruzzo.

Cause

Tali fenomeni sono generati o esaltati dalla presenza di ambiente umido e calcestruzzi particolarmente porosi.

Generalmente il difetto è conseguente a mancanze o carenze nel sistema di convogliamento delle acque meteoriche; molto frequentemente, infatti, si rileva in corrispondenza di scarichi corti o danneggiati, che indirizzano l'acqua direttamente sulle superfici degli elementi.

Il degrado per ammaloramento è inoltre dovuto a fenomeni di carattere chimico sulle armature (carbonatazione del copriferro o attacco di cloruri) o fisici (cicli di gelo e disgelo), legati alle caratteristiche ambientali del sito.

Fenomeni di degrado correlati

I fenomeni di dilavamento e di ammaloramento del calcestruzzo rappresentano l'evoluzione delle **macchie di umidità** e **tracce di scolo**. Il loro progredire può portare ad una **riduzione della sezione resistente** del calcestruzzo.



Lesioni distacco travi/traversi

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (In poche zone)	0,5 (~50% della totalità)	1 (~ovunque)
Intensità k ₂	0,2 (capillare)	0,5 (> 1 mm)	1 (passante)

Descrizione

Si tratta di lesioni che si rilevano in corrispondenza delle sezioni di incastro tra travi principali e traversi. Esse si sviluppano, generalmente, lungo tutta l'altezza del traverso e possono essere di modesta entità o raggiungere ampiezze considerevoli, fino a provocare un vero e proprio distacco del traverso.

Cause

La presenza di tali lesioni può essere indice di carenze di armatura di collegamento tra gli elementi, di errori nelle modalità di esecuzione, quali la mancata preparazione delle superfici delle travi prima del getto dei traversi o l'insufficiente vibratura dei getti stessi o, anche, di effetti del ritiro del calcestruzzo di cui sono costituiti i traversi.

Nei casi più gravi, la formazione delle lesioni è conseguenza di stati di sforzo eccessivi ed imprevisti nei punti di trasmissione dei carichi tra le membrature.

**Fenomeni di degrado correlati**

Se il fenomeno è particolarmente avanzato, tanto da mettere in vista le armature degli elementi, è bene assicurarsi che queste ultime non siano soggette a fenomeni di **ossidazione e/o corrosione**. Spesso le superfici su cui si aprono le lesioni sono caratterizzate da **vespai**, in quanto entrambi i fenomeni sono conseguenza di un'errata modalità di getto o di materiale di scarsa qualità. Trattandosi di lesioni localizzate in zone specifiche, il rischio di confonderle con altri tipi di fessure è minimo.

Rottura staffe

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	--------------	-------

Descrizione

Si riferisce alla completa rottura delle armature trasversali degli elementi strutturali. Ciò spesso accade nelle travi di bordo dei ponti a travata, maggiormente esposte agli agenti esterni e quindi a fenomeni quali dilavamento e/o ammaloramento del calcestruzzo.

Cause

L'esposizione continua delle staffe agli agenti esterni a seguito di distacchi di copriferro può provocare l'ossidazione e, nei casi più gravi, la riduzione della sezione resistente fino ad arrivare alla completa rottura.

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno rappresenta l'evoluzione dell'**ossidazione delle staffe** in seguito a **distacchi di copriferro**. La presenza di staffe rotte può comportare la riduzione della capacità resistente degli elementi nei confronti delle sollecitazioni taglianti.

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k_2	Sempre = 1		



Difetti delle selle Gerber

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	--------------

Estensione k_1	Sempre = 1
Intensità k_2	Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si riferisce all'indebolimento della sella dovuto al deterioramento del calcestruzzo e dell'acciaio. I materiali possono essere soggetti a fenomeni di degrado tipici del calcestruzzo armato, quali vespai, perdita di copriferro, esposizione di armature, corrosione di armature, rottura di barre, ecc. La situazione può essere aggravata dal congestionamento delle armature e dalla miniaturizzazione delle sezioni che rendono difficile la realizzazione di getti a regola d'arte.

Cause

Il degrado delle selle Gerber può derivare da:

- infiltrazioni di acqua dal soprastante giunto (imperfetta tenuta del coprigiunto, scossaline assenti o deteriorate)
- esecuzione di getti originari poco curati (vespai, copriferri ridotti, ecc.)
- sottodimensionamento (armature insufficienti, mal poste, mal ancorate)
- interventi di ripristino corticale mal eseguiti

Fenomeni di degrado correlati

Il progredire dei deterioramenti può portare ad una riduzione significativa di capacità portante, fino al rischio di collasso della sella portante o della sella portata. Tenuto conto che tali particolari si trovano in strutture isostatiche il loro collasso comporta solitamente il collasso della campata per la quale la sella costituisce l'appoggio.



Lesioni attacco trave-soletta

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (In poche zone)	0,5 (~50% della totalità)	1 (~ovunque)
Intensità k_2	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si riscontra nei ponti a travata e si riferisce alla presenza di fessure in corrispondenza della sezione di incastro della soletta alle travi. Tali fessure hanno andamento longitudinale e, di solito, sono di modesta entità.

Cause

Le cause di tali lesioni si possono far risalire a carenze di armatura di collegamento tra gli elementi o agli effetti del ritiro differenziale del calcestruzzo di cui è costituita la soletta da quello con cui sono realizzate le travi.

Nei casi più gravi, la formazione delle lesioni è conseguenza di stati di sforzo eccessivi ed imprevisti nei punti di trasmissione dei carichi tra le membrature.

*Fenomeni di degrado correlati*

I fenomeni fessurativi aumentano la probabilità di infiltrazioni d'acqua per cui il difetto spesso è associato alla presenza di **macchie di umidità** sulla superficie degli elementi. Trattandosi di lesioni localizzate in zone specifiche, il rischio di confonderle con altri tipi di fessure è minimo. È bene riconoscere il caso in cui la soletta è costituita da lastre prefabbricate, per cui la presenza di discontinuità è fisiologica bensì non abbia senso parlare di lesioni.



Elementi in C.A.P.

Lesioni capillari ancoraggi

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (Appena presente)	0,5 (~50% della totalità)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Si tratta di lesioni corte e ravvicinate, che si presentano sulle superfici degli elementi precompressi in corrispondenza dell'ancoraggio dei cavi.

Cause

L'apertura di lesioni è conseguente a carenze dell'armatura di ripartizione, posta per il confinamento e per assorbire gli sforzi di precompressione in corrispondenza dell'ancoraggio dei cavi. La presenza di umidità rende maggiormente visibili tali fessure.

Fenomeni di degrado correlati

Non si deve confondere con le **lesioni a ragnatele modeste**, le quali sono determinate da fenomeni di ritiro del calcestruzzo. Le lesioni capillari si distinguono facilmente da altri quadri fessurativi grazie alla loro chiara localizzazione.



Testate di ancoraggio non sigillate

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (Su una trave)	0,5 (~sulla metà della trave)	1 (~ su tutte le travi)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto è individuabile qualora siano chiaramente visibili gli ancoraggi dei cavi, perché non ricoperti da un getto protettivo in calcestruzzo o se tale getto protettivo sia ammalorato o deteriorato. Esso è specifico per gli elementi in c.a.p. *a cavi scorrevoli*.



Cause

Se il getto protettivo è completamente assente, le cause del difetto si possono far risalire ad errori in fase di costruzione; altrimenti, il getto può esser stato danneggiato a causa degli effetti del ritiro del calcestruzzo o per dilavamento/ammaloramento della sigillatura in calcestruzzo dovuto al passaggio di acqua. In questo ultimo caso, l'origine del problema si deve far risalire alla presenza di giunti non impermeabili.



Fenomeni di degrado correlati

Se la testata è coperta da un tampone, realizzato mediante un getto di calcestruzzo, qualora si individuino testate non sigillate, allora il tampone è sicuramente interessato da lesioni o distacchi. Testate non sigillate favoriscono la presenza di **umidità dall'interno**, anche localizzata in conci diversi della trave. Spesso le testate non sono accessibili per il controllo, ma se si rileva umidità dall'interno è implicita la presenza di testate di ancoraggio non sigillate.

Distacco tamponi testate

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (Appena presente)	0,5 (~sulla metà della trave)	1 (~ su tutte le travi)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si riferisce a lesioni o a veri e propri distacchi in corrispondenza del tampone in calcestruzzo, posto a protezione delle testate di ancoraggio dei *cavi scorrevoli* in una trave in c.a.p.. Nel caso in cui si tratta di un distacco vero e proprio, saranno visibili gli ancoraggi dei cavi.

Cause

Le cause di tale fenomeno si possono attribuire a carenze o all'assenza di armatura di collegamento o a fenomeni di ritiro differenziale, dovuti al fatto che il getto del tampone viene eseguito in tempi successivi rispetto a quello della trave. Esso è aggravato dal contatto con l'acqua meteorica, per percolazione o infiltrazione, che può produrre ammaloramento e quindi disgregazione del calcestruzzo. In questo ultimo caso, l'origine del problema si deve far risalire alla presenza di giunti non impermeabili.

Fenomeni di degrado correlati

Il distacco del tampone implica che le testate di ancoraggio dei cavi, protette dal tampone, non siano efficacemente sigillate. Se, come accade talvolta, il tampone si realizza anche alle testate di travi a fili aderenti, il suo eventuale distacco non deve essere segnalato, in quanto l'elemento ha una funzione del tutto secondaria.



Lesioni su anima lungo i cavi

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (In media < 1)	0,5 (In media da 1 a 3)	1 (In media > 3)

Descrizione

Il difetto si riferisce alla presenza di fessure, generalmente ad andamento obliquo, che riproducono la posizione dei cavi da precompressione. È specifico per gli elementi in c.a.p. a *cavi scorrevoli* ed è maggiormente evidente se la superficie è interessata da macchie di umidità.

Cause

Le lesioni possono aver origine da un'elevata concentrazione di sforzi, conseguenti ad errori progettuali o esecutivi, quali guaine troppo numerose e ravvicinate, tesatura eccessiva o precoce, armatura trasversale insufficiente, oppure potrebbero esser conseguenza del deterioramento del calcestruzzo dovuto all'ossidazione delle guaine in presenza di acqua all'interno di esse.

Fenomeni di degrado correlati

Tali tipologie di lesioni non devono essere confuse con gli altri stati fessurativi, che non dipendono dalla presenza dei cavi. Se si suppone che le lesioni siano state generate conseguentemente alla corrosione dei cavi di precompressione, conviene accertarsi che non sia presente **riduzione di armatura di precompressione**.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Lesioni lungo suola del bulbo

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (In media < 1)	0,5 (In media da 1 a 3)	1 (In media > 3)

Descrizione

Il difetto si riferisce alla presenza di fessure, nella direzione longitudinale delle travi in c.a.p. a cavi scorrevoli, che seguono l'andamento di questi ultimi. Generalmente sono più frequenti in corrispondenza della mezzera delle travi e sono spesso accompagnate da macchie di umidità, che rendono più semplice il loro rilevamento. Il difetto comprende anche le lesioni all'intradosso di solettoni, cassoni e archi in c.a.p.

Cause

La presenza di fessure deriva, innanzitutto, dalla presenza di uno strato di ricoprimento in calcestruzzo delle guaine non adeguato; in tal caso, esso può essere facilmente fessurato nel caso in cui le guaine metalliche, ossidandosi, aumentano di volume. Il fenomeno è accentuato in presenza di acqua all'interno delle guaine e non completa o mancata iniezione delle stesse.

Fenomeni di degrado correlati

Tale tipologia di lesione non deve essere confusa con gli altri stati fessurativi, che non dipendono dalla presenza delle guaine. L'evoluzione del fenomeno può far insorgere ulteriori difetti, quali **guaine in vista** e **guaine degradate**.



Guaine in vista

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	--------------	-------	-------	-------

Descrizione

Si tratta di un difetto specifico ed esclusivo degli elementi in c.a.p. a *cavi scorrevoli* e si riferisce allo scoprimento delle guaine metalliche laddove si è verificato distacco dello strato di ricoprimento in calcestruzzo. L'esposizione delle guaine favorisce la loro ossidazione.

Cause

Il distacco dello strato di ricoprimento di calcestruzzo e la successiva esposizione delle guaine dipende dall'errata modalità di confezionamento del materiale, nonché da spessori non adeguati, probabili nel caso di guaine molto ravvicinate. Anche la presenza di vespai favorisce tale fenomeno.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto è spesso associato alla presenza di **vespai** e **armatura ossidata**. L'evoluzione del degrado può causare il danneggiamento delle guaine e la conseguente ossidazione dei cavi; in tal caso, risulta necessario assicurarsi che non si sia verificata **riduzione di armatura di precompressione**.

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Guaine degradate e fili ossidati

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	-------

Descrizione

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (ossidata)	0,5 (Intaccata la sezione del filo)	1 (Corrosa con diminuz. di sezione)

Ci si riferisce a tale fenomeno nel caso in cui le guaine dei cavi da precompressione di elementi in c.a.p. a *cavi scorrevoli* siano corrose o rotte e in assenza di malta di iniezione. Ciò comporta la vista dei fili o dei trefoli da precompressione che, esposti all'agenti aggressivi esterni, sono soggetti a ossidazione.

Cause

Il fenomeno è dovuto alla penetrazione di acqua all'interno delle guaine che favorisce il degrado di calcestruzzo e della malta di protezione, nonché il deterioramento delle guaine. Esso è esaltato nel caso di calcestruzzi porosi o caratterizzati da vespai.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di **lesioni lungo la suola del bulbo** favorisce la penetrazione di acqua e quindi il degrado delle guaine. Se l'ossidazione dei fili è particolarmente avanzata si può avere una **riduzione dell'armatura di precompressione**. Il verificarsi di tale fenomeno è maggiormente probabile nel caso di **guaine non intasate**, mentre se le guaine sono solo degradate ma l'iniezione è integra ci si deve riferire al fenomeno di **guaine in vista**.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fili aderenti in vista ossidati

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	-------

Descrizione

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (ossidata)	0,5 (Intaccata la sezione del filo)	1 (Corrosa con diminuz. di sezione)

Il difetto si riferisce all'esposizione dell'armatura di precompressione di elementi in c.a.p. a *cavi aderenti* e alla loro conseguente ossidazione.

Cause

L'ossidazione delle armature è evidente nel caso di distacco di calcestruzzo, laddove esso sia particolarmente ammalorato a causa dell'azione erosiva delle acque meteoriche. Il distacco di copriferro e la conseguente esposizione dell'armatura è più probabile nel caso di materiale di scarsa qualità.

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno si concentra in corrispondenza di zone di **calcestruzzo dilavato/ammalorato**. La sua evoluzione può causare la corrosione dei fili e quindi la **riduzione dell'armatura di precompressione**.

Per le caratteristiche stesse della tecnologia di precompressione a cavi aderenti, tale difetto si manifesta raramente, salvo situazioni particolari.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Riduzione armatura di precompressione

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k_2	0,2 (Visibile)	0,5 (fino al 20% del diametro)	1 (> del 20% del diametro)

Descrizione

Il difetto è causato dall'evoluzione del fenomeno di ossidazione dei cavi negli elementi in c.a.p., sia che essi siano a *cavi scorrevoli* che a *cavi aderenti*, fino ad un'evidente riduzione di sezione e, nei casi più gravi, alla rottura dei cavi da precompressione.

Cause

La riduzione di sezione dei fili è conseguenza dell'evoluzione nel tempo di processi di degrado tipici del calcestruzzo, causati da carenze progettuali (sistemi di convogliamento delle acque e di impermeabilizzazione carenti o assenti) o da errori esecutivi (spessore di copriferro inadeguato, calcestruzzo poroso e/o con vespai o guaine non intasate correttamente). Il fenomeno può degenerare nella completa rottura dei fili. Quest'ultima può essere causata anche da urti accidentali.

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno si presenta laddove gli effetti di acqua e di umidità sono evidenti sul materiale. È pertanto concomitante con altri difetti, quali **umidità dall'interno**, **guaine degradate** e **fili ossidati** e **fili aderenti in vista/ossidati**.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Umidità dall'interno

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

0,2 (appena presente)

0,5 (~50% superficie)

1 (~tutta la superficie)

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Si tratta di un difetto specifico di elementi in c.a.p. a *cavi scorrevoli*, in quanto si riferisce alla fuoriuscita di umidità dopo lo scorrimento lungo le guaine di precompressione. Un sintomo evidente della presenza del fenomeno è la presenza di stalattiti in assenza di umidità.

Cause

Il fenomeno è associato alla presenza di testate non sigillate, carenze nel sistema di impermeabilizzazione o presenza di stati fessurativi, ossia a fenomeni che favoriscono la penetrazione di acqua attraverso il materiale. Quest'ultima è facilitata nel caso di calcestruzzi particolarmente porosi e guaine non iniettate correttamente.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di umidità è favorita nel caso di presenza di **lesioni lungo la suola del bulbo** o **sull'anima lungo i cavi e guaine non intasate**. Non si deve confondere con le **macchie di umidità**, che non sono associate a passaggio di acqua lungo le guaine. Occorre accertarsi che l'acqua provenga effettivamente dalle guaine.

Armatura scoperta/ossidata testate

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k_2	0,2 (Armatura scoperta)	0,5 (Armatura ossidata)	1 (Armatura corrosa)

Descrizione

Il fenomeno si riferisce allo scoprimento delle armature, sia longitudinali che trasversali, in corrispondenza delle testate degli elementi in c.a.p., e la loro conseguente ossidazione.

Cause

Le cause del distacco dello strato di ricoprimento delle armature sono imputabili a fenomeni chimici e fisici, quali il deterioramento del calcestruzzo causato dall'azione dell'acqua e dell'umidità e la carbonatazione, favorita dalla presenza di calcestruzzi porosi in ambienti aggressivi, ma anche ad errori in fase di esecuzione, quali spessori di copriferro molto esigui o scarso interferro, o a cause accidentali, quali l'urto di automezzi. Nel caso di carbonatazione, il distacco di copriferro è conseguenza dell'ossidazione delle stesse armature, che rigonfiando provocano la fessurazione del calcestruzzo e la conseguente esposizione delle armature.

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente è associato a fenomeni di dilavamento/ammaloramento del calcestruzzo che favoriscono il distacco di copriferro. Il difetto è specifico delle zone di estremità degli elementi; qualora si manifesti in altre zone degli elementi si dovrà indicare come **armatura ossidata** e **staffe scoperte/ossidate**.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fuoriuscita barre ancoraggio

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5	Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
					Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

La fuoriuscita delle barre è conseguente alla rottura delle barre di precompressione o il cedimento dei loro ancoraggi negli elementi in c.a.p. a *cavi scorrevoli*. Ciò implica l'annullamento dello sforzo di precompressione.

Cause

Il fenomeno si presenta solo nel caso di guaine non iniettate correttamente. La rottura delle barre può dipendere da eccessive tesature o dalla corrosione delle stesse.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

La fuoriuscita delle barre è equivalente alla loro rottura, in quanto in entrambi i casi viene a mancare lo sforzo di precompressione, pertanto non si dovrà indicare anche la **riduzione dell'armatura di precompressione**. Il fenomeno è favorito nel caso di **testate di ancoraggio non sigillate**, che espongono le barre all'azione corrosiva degli agenti esterni.

A close-up photograph of a wooden structure, likely a roof or ceiling, showing significant decay and mold growth. The wood is dark, with large areas of white and green mold. The structure consists of several horizontal and vertical beams. A large orange arrow-shaped graphic is overlaid on the center of the image, pointing to the right.

Elementi in LEGNO

Macchie di umidità

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% estensione)	1 (~tutta l'estensione)
Intensità k ₂	0,2 (Superficiale)	0,5 (Oltre lo strato superficiale)	1 (Profonda)

Descrizione

Le macchie di umidità sono causate dall'assorbimento di acqua a seguito di percolazione delle acque meteoriche sulla superficie degli elementi o per assorbimento capillare di umidità.

L'umidità può variare la composizione del legno e causare, di conseguenza, variazioni di dimensioni e di resistenza del materiale.

Cause

La presenza di macchie di umidità è dovuta alla mancanza o all'inadeguatezza del sistema di convogliamento delle acque meteoriche, nonché a carenze del sistema di impermeabilizzazione. Analoghe conseguenze si associano a giunti non correttamente realizzati o mantenuti e a problemi legati ad altri particolari esecutivi, quali l'assenza di gocciolatoi. La formazione delle macchie di umidità può essere inoltre dovuta a risalita capillare di umidità dal suolo. Tale fenomeno è favorito in assenza di una protezione adeguata o a seguito di cattiva progettazione e/o esecuzione.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di macchie di umidità può essere conseguenza di **ristagni d'acqua** e la sua evoluzione potrebbe dare origine alla formazione di **funghi** e alla proliferazione di **insetti**.



Attacco di funghi

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% estensione)	1 (~tutta l'estensione)
Intensità k ₂	0,2 (Superficiale)	0,5 (Oltre lo strato superficiale)	1 (Profonda)

Descrizione

Il difetto si manifesta qualora siano presenti corpi fruttiferi sugli elementi strutturali. Questi ultimi, non sempre visibili, depositano spore e semi microscopici che possono penetrare negli elementi in legno e causare danneggiamenti strutturali, quali fratture e riduzioni di resistenza. Qualora i funghi non siano visibili, la loro presenza è denunciata da fratture che formano solchi perpendicolari tra loro (carie), in corrispondenza delle quali la resistenza del legno si riduce notevolmente.



Cause

La causa principale dell'attacco di funghi è la presenza continuativa dell'umidità sulla superficie del legno.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Fenomeni di degrado correlati

Essendo direttamente causato dalla presenza di umidità, tale difetto si manifesta in concomitanza a **macchie di umidità** e **ristagni d'acqua**.

Attacco di insetti

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% estensione)	1 (~tutta l'estensione)
Intensità k ₂	0,2 (Superficiale)	0,5 (Oltre lo strato superficiale)	1 (Profonda)

Descrizione

Tale difetto si riferisce alla presenza di fori e tunnel all'interno degli elementi, creati dagli insetti per cercare cibo e riparo. Alcuni degli insetti che comunemente danneggiano gli elementi in legno dei ponti sono le termiti, gli scarabei, le formiche operaie e i tricotteri.

L'entità del difetto dipende dalla tipologia di legno e di insetto, dalle condizioni ambientali, ecc.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Cause

La presenza di fori e tunnel è dovuta all'azione di insetti che creano gallerie all'interno degli elementi in legno per cercare cibo o riparo. La presenza di insetti è più probabile se il ponte si trova nelle vicinanze di boschi, acqua o nel caso in cui il legno sia già stato attaccato da corpi fruttiferi, che potrebbero attrarre alcune tipologie di insetti.

Fenomeni di degrado correlati

Essendo alcune specie attratte dalle formazioni di corpi fruttiferi, tale difetto può essere concomitante all'**attacco di funghi**.

Fessurazioni elicoidali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (<1/3 della lunghezza)	0,5 (<1/2 della lunghezza)	1 (>1/2 della lunghezza)
Intensità k_2	0,2 (<1/3 dello spessore)	0,5 (<1/2 dello spessore)	1 (>1/2 dello spessore)

Descrizione

Le fessure elicoidali sono fenomeni fisiologici che possono verificarsi durante il processo di stagionatura del legno massiccio di scarsa qualità. Nel caso in cui non si estendano per più della metà dello spessore dell'elemento resistente si possono ritenere non preoccupanti; in caso contrario, potrebbe essere necessaria una verifica statica.

Cause

La presenza di fessure elicoidali si determina nel caso in cui le fibre dell'albero, da cui sono ricavati gli elementi strutturali, non seguono una direzione rettilinea verticale, parallela all'asse midollare, ma si susseguono secondo un'elica.



Fonte: «Le fessure nel legno massiccio: fisiologiche o patologiche?», Franco Laner, www.agostinilegnami.com

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di fessure sugli elementi strutturali potrebbe favorire la penetrazione dell'acqua e dell'umidità e quindi possibili ristagni d'acqua.

Fessurazioni longitudinali (legno massiccio)

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 0,2		
Intensità k ₂	0,2 (<1/3 dello spessore)	0,5 (<1/2 dello spessore)	1 (>1/2 dello spessore)

Descrizione

Le fessurazioni longitudinali sono un fenomeno fisiologico che può manifestarsi nel legno massiccio durante il processo di stagionatura. Esse seguono la fibratura e pertanto ne denunciano l'inclinazione rispetto all'asse della trave. Nel caso in cui non si estendano per più della metà dello spessore dell'elemento resistente possono ritenersi non preoccupanti; in caso contrario, potrebbe essere necessaria una verifica statica.

Cause

Si tratta di fessure da ritiro dovute alla differenza tra ritiro radiale e ritiro longitudinale del legno durante la stagionatura. Usualmente, si aprono in presenza di umidità e si richiudono nei periodi più secchi.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di fessure sugli elementi strutturali potrebbe favorire la penetrazione dell'acqua e dell'umidità e quindi possibili ristagni d'acqua.

Fessurazioni trasversali

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1
Intensità k ₂	Sempre = 1

Descrizione

Le fessure trasversali si manifestano sotto forma di discontinuità dei tessuti lungo una porzione di sezione trasversale. Esse portano alla riduzione delle sezioni resistenti degli elementi.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Cause

Si tratta di fratture del legno dovute a sollecitazioni eccessive o riconducibili a lesioni subite dall'albero da cui gli elementi sono ricavati, non visibili prima del taglio.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto non deve confondersi con le **fessurazioni elicoidali** e **longitudinali**, le quali sono legate a fenomeni fisiologici del legno e che, al contrario di queste, non destano particolare preoccupazione.

Ristagni d'acqua (Trappole d'acqua)

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (estensione limitata)	0,5 (~50% dell'estensione)	1 (~tutta l'estensione)
Intensità k ₂	0,2 (Superficiale)	0,5 (Oltre lo strato superficiale)	1 (Profonda)

Descrizione

Si tratta di accumulo di umidità per assorbimento negli elementi in legno.

Cause

La presenza di ristagni d'acqua è dovuta alla mancanza o all'inadeguatezza del sistema di convogliamento delle acque meteoriche, nonché a carenze del sistema di impermeabilizzazione. Analoghe conseguenze si associano a giunti non correttamente realizzati o mantenuti e a problemi legati ad altri particolari esecutivi, quali l'assenza di gocciolatoi. Tale fenomeno è favorito in assenza di una protezione adeguata o a seguito di cattiva progettazione e/o esecuzione.



Fonte: Corso base «Protezione del legno»,
www.promolegno.com

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di alte percentuali di umidità può favorire **attacchi di funghi** e di **insetti**, fino a compromettere la capacità portante degli elementi strutturali se il difetto non è adeguatamente e tempestivamente eliminato.

Danni da urto

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (localizzata)	0,5 (estesa)	1 (molto estesa)
Intensità k ₂	0,2 (Superficiale)	0,5 (<1/3 dello spessore)	1 (>1/3 dello spessore)

Descrizione

Con tale fenomeno ci si riferisce al danneggiamento indotto dall'urto di automezzi, natanti o materiali trasportati dai corsi d'acqua con gli elementi strutturali. Tali danneggiamenti sono normalmente localizzati in zone di modesta estensione, ma, nei casi più gravi, si può avere la compromissione di elementi portanti o di collegamenti.

Cause

L'urto di elementi di varia natura con la struttura del ponte può essere causata dal passaggio di mezzi fuori sagoma, non conformi con il franco libero al di sotto del ponte o da incidenti stradali.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Fenomeni di degrado correlati

Possono essere associati a tale fenomeno i **quadri fessurativi** eventualmente presenti sugli elementi strutturali. Inoltre, in mancanza dell'esecuzione di interventi di ripristino o protezione, potrebbe essere favorita la formazione di **ristagni d'acqua**, e quindi di degrado dovuto all'**umidità** e all'**attacco di funghi e insetti**.

Bulloni allentati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

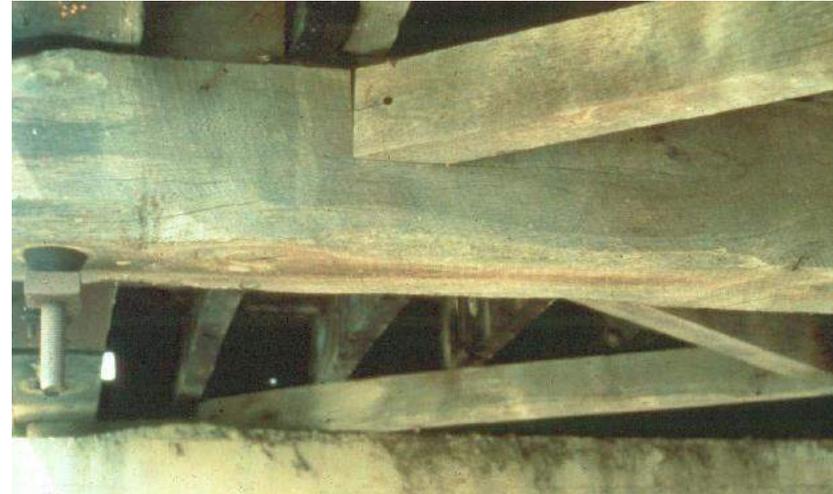
Sempre = 1

Intensità k₂

Sempre = 0,2

Descrizione

Si tratta di possibili perdite di connessioni dovute alla presenza di bulloni allentati e rondelle lasche.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Cause

Il fenomeno è dovuto ai movimenti del legno dovuti ai cicli di ritiro e rigonfiamento causati dalle variazioni termometriche ambientali.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di perdite di connessione tra gli elementi strutturali potrebbe favorire la penetrazione dell'acqua e dell'umidità e quindi la formazione di **ristagni d'acqua**.

Delaminazione (legno lamellare)

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% della estensione)	1 (~tutta l'estensione)
Intensità k ₂	0,2 (< 1 cm)	0,5 (1 ÷ 3 cm)	1 (> 3 cm)

Descrizione

La delaminazione si verifica negli elementi in legno lamellare quando gli strati si separano lungo la linea di incollaggio delle lamelle. Con tale difetto si indicano anche le fessurazioni che avvengono all'interno dello spessore delle lamelle stesse.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Cause

Le fessure conseguenti alla delaminazione sono essenzialmente dovute alle variazioni di umidità e temperatura del materiale.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di fessurazioni sugli elementi potrebbe favorire la penetrazione dell'acqua e dell'umidità e quindi la formazione di **ristagni d'acqua**.

Connessioni deteriorate

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (< 20% delle connessioni dello stesso tipo)	0,5 (20 – 60% delle connessioni dello stesso tipo)	1 (> 60% delle connessioni dello stesso tipo)
Intensità k_2	0,2 (Parziale)	0,5 (Media)	1 (Completa)

Descrizione

Il difetto si riferisce ai danneggiamenti del legno in corrispondenza dei punti di unione, sotto forma di spaccature o schiacciamenti locali.

Cause

Tali danneggiamenti sono dovuti ad eccessive concentrazioni di sforzo in corrispondenza delle unioni e/o alla presenza di ulteriori fenomeni di degrado, quali funghi, umidità o insetti.



Fonte: Manuale del legno strutturale, S. Berti, B. Pizzo

Fenomeni di degrado correlati

Possono essere contemporanee ad **attacco di funghi** o di **insetti** e favorire l'assorbimento e la penetrazione di umidità, per cui la formazione di **ristagni d'acqua**.

Apparecchi di APPOGGIO



Piastra di base deformata

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	--------------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto si riferisce alla perdita di forma e di planarità della piastra di base in acciaio degli apparecchi di appoggio.

Cause

L'origine del difetto si può far risalire alle fasi di montaggio, nel caso in cui esso sia dovuto ad irregolarità delle superfici o posizionamenti non corretti degli apparecchi, o alle fasi di esercizio, se esso è dovuto a movimenti anomali o imprevisti e nel caso di forte deterioramento della piastra stessa.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

In genere, il fenomeno non si ricollega ad altre tipologie di difetto, se non eventuali fenomeni di corrosione che riducono la sezione resistente della piastra, facilitandone la deformazione.

Ossidazione

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (su ~50% superficie)	1 (~su tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto riguarda le componenti in acciaio degli apparecchi di appoggio e consiste nel degrado del loro strato superficiale, causato dalla reazione chimica che si innesca con l'ossigeno presente in atmosfera. A seconda dell'avanzamento del fenomeno, può presentarsi in varie forme, a partire dalla sola perforazione dello strato di verniciatura superficiale fino alla riduzione della sezione degli elementi.

Cause

L'ossidazione si innesca se le parti in acciaio degli apparecchi non sono adeguatamente protette, ad esempio per mancanza di verniciatura o deterioramento della stessa. Il fenomeno è esaltato in presenza di ambiente umido. Come ulteriori cause, si possono indicare la presenza di correnti vaganti o di cloruri aggressivi, provenienti da sali antigelo, ambienti marini, ecc.

Fenomeni di degrado correlati

L'evoluzione del fenomeno può comportare la corrosione degli elementi e quindi una significativa riduzione di sezione. Il difetto è specifico degli apparecchi di appoggio, per cui non va utilizzato per le armature metalliche di elementi in c.a. e c.a.p. per i quali sono predisposti apposite schede difettologiche.



Fonte: Schede descrittive e documentazione fotografica delle opere esistenti - SPEA



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Bloccaggio

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto si riferisce all'errato funzionamento o ad un funzionamento diverso da quello previsto degli apparecchi di appoggio.

Cause

L'insorgere di tale fenomeno è correlato alle caratteristiche di conservazione degli apparecchi stessi; è più probabile nel caso di materiali deteriorati o invecchiati o se gli apparecchi sono mal posizionati. Altre possibili cause sono la presenza di detriti, che bloccano i movimenti degli apparecchi, e i movimenti di fondazione.

Fenomeni di degrado correlati

Essendo una delle cause di tale fenomeno, il bloccaggio degli apparecchi si manifesta spesso in **presenza di detriti**. Inoltre può essere concomitante con altri difetti tipici degli apparecchi di appoggio, quali **ovalizzazione dei rulli**, **fuori sede rulli**, **deterioramento teflon** o **fuori piombo permanente dei pendoli**. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Preregolazione Sbagliata

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto si riferisce all'errato funzionamento o ad un funzionamento diverso da quello previsto degli apparecchi di appoggio, dovuto a regolazioni originarie non corrette. Non è facilmente individuabile, ma la sua presenza si può dedurre da altri fenomeni, quali una deformazione eccessiva dell'apparecchio di appoggio.

Cause

L'origine del difetto è da ricercare nella fase di messa in opera, in quanto esso è dovuto o a posizionamenti originari non corretti o ad apparecchi posizionati senza considerare i fenomeni a lungo termine che ne possono condizionare il funzionamento, quali temperature troppo basse o troppo alte, la viscosità del calcestruzzo, ecc.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

Una preregolazione sbagliata potrebbe far insorgere altri difetti tipici degli apparecchi quali **schacciamento/fuoriuscita delle lastre di piombo, fuori piombo permanente dei rulli o fuori sede dei rulli**. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.

Presenza di detriti

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	Sempre = 1
Intensità k ₂	Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si riferisce alla presenza di depositi di materiale (terra, fango, tavole in legno, bitume, ecc.) in corrispondenza degli apparecchi di appoggio, che compromettono il loro normale funzionamento.

Cause

I detriti generalmente derivano da residui di lavorazione non rimossi o materiali trasportati dagli agenti atmosferici e depositati sulle superfici orizzontali di pulvini e spalle.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di detriti può essere causa di **bloccaggio** degli apparecchi di appoggio e, di conseguenza, di tutti gli altri difetti correlati, quali **fuori piombo permanente dei pendoli**, **deterioramento del teflon** e **fuori sede dei rulli**. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Schiacciamento/fuoriuscita lastre di piombo

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto si riferisce al deterioramento degli appoggi contenenti piastre di piombo, sia che esse costituiscano direttamente l'apparecchio, sia che esse siano una parte di esso. Il difetto può manifestarsi come deformazione o rifluimento della lastra o come variazione della sua posizione a causa, ad esempio, di trascinamento.

Cause

Lo schiacciamento è causato da dimensioni della lastra non adeguate, mentre la sua fuoriuscita può dipendere da insufficiente aderenza ai supporti durante i movimenti degli impalcati, o da un posizionamento originario non corretto.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

Poiché può derivare da posizionamenti erranei, il difetto può comparire qualora ci sia stata una **preregolazione sbagliata**. Lo schiacciamento e la fuoriuscita spesso sono una causa dell'altro, per cui possono essere compresenti. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.

Invecchiamento Neoprene

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto si riferisce al deterioramento degli elementi in neoprene degli apparecchi di appoggio, in termini di lesioni, irregolarità superficiali, ecc., ai quali consegue una perdita di elasticità del materiale.

Cause

Il fenomeno è correlabile all'età degli apparecchi e alle loro condizioni di degrado dovute all'usura. La presenza del difetto è esaltata in caso di errori di fabbricazione o messa in opera e da eventuali agenti aggressivi provenienti dall'ambiente esterno, quali i raggi ultravioletti.

Fenomeni di degrado correlati

L'invecchiamento del neoprene favorisce l'insorgere di mal funzionamenti e altri fenomeni di degrado, quali **deformazione orizzontale eccessiva** e **schacciamento/fuoriuscita** di materiale. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Deformazione orizzontale eccessiva neoprene

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il fenomeno si riferisce a scorrimenti eccessivi degli apparecchi di appoggio sul piano orizzontale, lungo l'asse trasversale o longitudinale del piano stradale. Essi provocano perdita di forma delle sezioni nel caso di lastre non vulcanizzate o distacco e scorrimenti tra gli strati di neoprene e i lamierini di acciaio, nel caso di lastre vulcanizzate.

Cause

Le cause di tali scorrimenti possono essere:

- presenza di spinte orizzontali o attriti interni tra neoprene e lamierini non previsti;
- dimensionamento non corretto degli apparecchi o difetti in fase di fabbricazione.

Il difetto è favorito nel caso di invecchiamento e di conseguente perdita di elasticità del materiale.

Fenomeni di degrado correlati

L'**invecchiamento del neoprene** favorisce la presenza di tale fenomeno, il quale non deve essere confuso con il fenomeno di **schacciamento/fuoriuscita** di materiale, che, a differenza del presente difetto, è causato da forze prevalentemente verticali. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT

Schiacciamento/Fuoriuscita Neoprene

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Lo schiacciamento e la fuoriuscita di neoprene si riferisce al deterioramento degli apparecchi di appoggio costituiti da tale materiale, per effetto dei carichi verticali. Esso si può manifestare sotto forma di diminuzione di spessore, rifluimenti, rotture, ecc.

Cause

Le cause di tali scorrimenti possono essere:

- presenza di forze verticali superiori a quelle previste;
- dimensionamento non corretto degli apparecchi o difetti in fase di fabbricazione.

Il difetto è favorito nel caso di invecchiamento e di conseguente perdita di elasticità del materiale.

Fenomeni di degrado correlati

L'**invecchiamento del neoprene** favorisce la presenza di tale fenomeno, il quale non deve essere confuso con il fenomeno di **deformazione orizzontale eccessiva**, che, a differenza del presente difetto, è causata da forze prevalentemente orizzontali.

Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Ammaloramento pendoli in C.A.

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	--------------	-------

Descrizione

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Tale tipologia di difetto include diversi fenomeni di degrado che potrebbero interessare apparecchi di appoggio a pendolo in c.a., quali:

- dilavamento/ammaloramento del calcestruzzo;
- lesioni;
- distacchi di calcestruzzo;
- armature scoperte;
- ossidazione/corrosione delle armature;
- Sgretolamento del calcestruzzo all'interno dei tubi metallici, per rulli realizzati in acciaio e calcestruzzo.

Cause

I fenomeni di degrado suddetti dipendono essenzialmente dalla quantità di umidità a contatto con il materiale e dalla qualità del materiale stesso, e possono essere generati da processi di tipo chimico, quali la carbonatazione o l'attacco di cloruri, o di tipo meccanico, ad esempio per schiacciamento del calcestruzzo dovuto ad eccesso di carichi verticali. Sono esaltati, inoltre, nel caso di posizionamenti errati o movimenti anomali.

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno ingloba tutti i difetti tipici del materiale calcestruzzo armato, valutati specificatamente per gli apparecchi di appoggio. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fuori piombo permanente pendoli

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	--------------	-------

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il fenomeno si riferisce alla deviazione dell'asse di simmetria del pendolo, che costituisce l'apparecchio di appoggio, dalla verticale passante per il punto di contatto del pendolo stesso con la superficie di appoggio. I pendoli presentano normalmente una leggera inclinazione; il difetto va segnalato qualora essa risulti eccessiva o se essa permane tal quale sia in periodi estivi che invernali.

Cause

Il difetto deriva da errori in fase di costruzione, quali posizionamenti non corretti o in assenza di un'adeguata valutazione degli effetti di ritiro o viscosità negli impalcati in calcestruzzo. Inoltre funzionamenti non corretti o anomali degli apparecchi possono dipendere da movimenti imprevisti di fondazione o accumulo di detriti in corrispondenza di essi.

Fenomeni di degrado correlati

Considerate le cause associate al fenomeno, esso può presentarsi contemporaneamente a **preregolazione sbagliata**, **presenza di detriti** o a **bloccaggio** o a **movimenti di fondazione**, quando essi originano tale anomalia. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: BRIDGE INSPECTION MANUAL – NY'S DOT



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Ovalizzazione rulli metallici

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	-------	-------

Estensione k_1	Sempre = 1		
Intensità k_2	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il fenomeno si riferisce alla perdita di forma dei rulli metallici a sezione circolare, che costituiscono gli apparecchi di appoggio.

Cause

Le possibili cause all'origine di tale difetto sono:

- schiacciamento dei rulli per carichi verticali, con conseguente deformazione permanente;
- bloccaggio dei rulli;
- usura a seguito di movimenti imprevisti;
- ossidazione delle parti di acciaio a contatto, con conseguente aumento degli attriti e riduzione di sezione.

Fenomeni di degrado correlati

Può essere concomitante con difetti quali **bloccaggio** e **fuori sede dei rulli**, causati dall'ovalizzazione stessa la quale, impedendo i normali movimenti, provoca un trascinarsi dei rulli. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fuori sede rulli metallici

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	--------------	-------

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto consiste nello spostamento dei rulli metallici, che costituiscono gli apparecchi di appoggio, dalla loro sede originaria, corrispondente, all'incirca, al centro delle piastre metalliche superiore ed inferiore. I rulli presentano normalmente un leggero spostamento; va segnalato come difetto qualora esso risulti eccessivo e l'elemento si trovi quasi al bordo di una delle due piastre.

Cause

Normalmente il difetto dipende da errori in fase di montaggio, se gli apparecchi non sono stati correttamente posizionati, o dagli effetti di ritiro o viscosità degli impalcati in calcestruzzo. Il mal funzionamento dei dispositivi può, inoltre, essere dovuto ad accumuli di detriti in corrispondenza di essi o, in casi eccezionali, da movimenti imprevisti di fondazione.

Fenomeni di degrado correlati

Può essere concomitante con difetti quali **prerregolazione sbagliata**, **bloccaggio** o **presenza di detriti**. L'**ovalizzazione dei rulli** può considerarsi un'ulteriore causa di tale fenomeno, in quanto impedisce i normali movimenti dell'apparecchio e potrebbe generare il trascinarsi dei rulli. Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Deterioramento del Teflon

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	--------------	-------	-------

Estensione k ₁	Sempre = 1		
Intensità k ₂	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Per deterioramento del teflon si intendono tutti quei fenomeni di degrado tipici del materiale, che riducono la funzionalità dell'apparecchio di appoggio. Tra essi si possono citare: la fuoriuscita, il distacco, lo schiacciamento e l'invecchiamento del materiale, con conseguente perdita delle sue caratteristiche lubrificanti.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Cause

Il degrado del teflon può essere dovuto ad intrusione di polveri, a carichi non previsti o montaggi mal eseguiti che hanno causato un loro malfunzionamento, o all'uso di materiale con caratteristiche e qualità non idonee.

Fenomeni di degrado correlati

Mal funzionamenti degli apparecchi possono essere causa di **danni causati dagli apparecchi di appoggio** sugli elementi che essi collegano.

The background image shows a close-up of a concrete foundation. A prominent horizontal crack runs across the upper portion of the concrete. Below the crack, a vertical concrete pillar is visible, which appears to be part of the foundation structure. The ground in the foreground is composed of loose soil and some dry organic matter. A purple arrow-shaped graphic is overlaid on the image, pointing from the left towards the right, with the text 'Rilevati e Fondazioni' centered inside it.

Rilevati e Fondazioni

Scalzamento

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Tale difetto deve essere indicato qualora siano visibili parti delle fondazioni, sia che esse siano dirette o indirette, a causa dell'abbassamento della quota del terreno che le circonda.

Per quanto concerne le fondazioni dirette, se si verifica il fenomeno, sia l'estensione sia l'intensità sono pari ad 1.

Per quanto riguarda le fondazioni su pali la valutazione del coefficiente di estensione è sempre pari ad 1, mentre l'intensità dello scalzamento può essere correlata all'altezza dello scalzamento (h_s) rispetto al nuovo piano di campagna e al diametro dei pali (d_p).

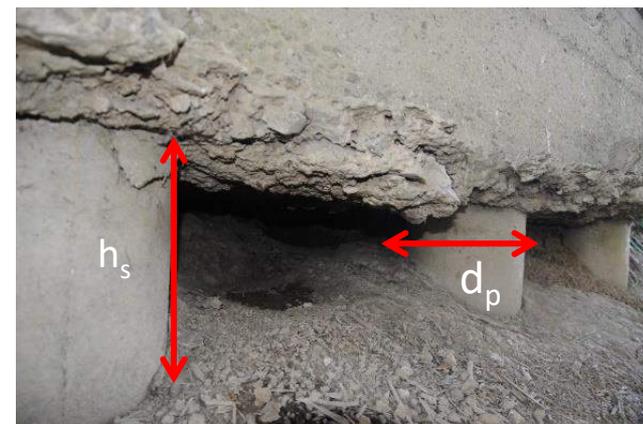
Cause

Lo scalzamento può derivare dall'erosione del letto e delle sponde dell'alveo o del rilevato di approccio, causata da fenomeni meteorologici o dal trasporto solido dei corsi d'acqua, dall'abbassamento dell'alveo per variazioni nella direzione della corrente, o da escavazioni artificiali. Tali fenomeni sono favoriti in assenza di una corretta progettazione degli elementi, in particolare di una quota di imposta della fondazione non abbastanza profonda, o in presenza di pile con forma e orientamento inadeguati.

Fenomeni di degrado correlati

Nel caso in cui lo scoprimento delle fondazioni non è uniforme, la presenza di scalzamento può essere indice di movimenti indesiderati della fondazione, quali **rotazione longitudinale** e **rotazione trasversale**.

Per fondazioni profonde			
Estensione k_1	Sempre =1		
Intensità k_2	0,2 ($h_s/d_p < 1$)	0,5 ($1 < h_s/d_p < 3$)	1 ($h_s/d_p > 3$)
Per fondazioni superficiali			
Estensione k_1	Sempre =1		
Intensità k_2	Sempre =1		



Dilavamento del rilevato di approccio

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
--------------	-------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	Sempre =1
Intensità k ₂	Sempre =1

Descrizione

Il difetto si riferisce all'azione erosiva esercitata dalle acque meteoriche sul materiale costituente il rilevato di approccio nella sua parte superficiale.



Cause

Tale fenomeno è dovuto principalmente all'errato o insufficiente smaltimento delle acque meteoriche.

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente è associato a carenze nel sistema di convogliamento delle acque meteoriche.

Dissesto del rilevato di approccio - *Deformazioni*

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	--------------	-------	-------	-------

Estensione k_1	Sempre =1		
Intensità k_2	0,2 ($d < 5\text{cm}$)	0,5 ($5\text{cm} < d < 15\text{cm}$)	1 ($d > 15\text{cm}$)

Descrizione

Il dissesto del rilevato rappresenta un'evoluzione dei cedimenti nel tempo eventualmente ancora in atto, con presenze di avvallamenti e cedimenti differenziali tra il rilevato e la struttura. Per quanto riguarda la valutazione del coefficiente di estensione, esso è sempre pari ad 1, mentre l'intensità può essere correlata distanza (d) intesa come altezza del gradino che si viene a formare.

Cause

Tale fenomeno è dovuto principalmente all'errata valutazione dei cedimenti ed al loro decorso nel tempo.

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente è associato a modeste conseguenze sul rilevato. Tuttavia il fenomeno può comportare un aggravio dei carichi verticali sulle spalle (attrito negativo). Inoltre, il verificarsi di tale dissesto comporta motivi di pericolo per la circolazione.



Dissesto del rilevato di approccio - *Stabilità**Peso del difetto*

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	-------	-------	--------------	-------

Estensione k_1	Sempre =1
Intensità k_2	Sempre =1

Descrizione

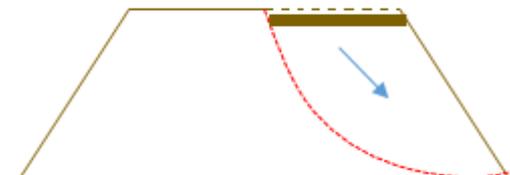
Il dissesto del rilevato è conseguenza di movimenti gravitativi incipienti o in atto.

Cause

Tale fenomeno è dovuto principalmente a materiale del rilevato non idoneo e/o non ben compattato. Può essere causato anche da effetti della corrente del corso d'acqua sottostante (erosione della base della scarpata).

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente non è associato a dissesti strutturali del ponte, ma solo a problematiche di circolazione stradale.



Movimenti di fondazione

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (in qualche zona)	1 (ovunque)
Intensità k_2	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

Descrizione

Il difetto comprende:

- Rotazione longitudinale: rotazione della fondazione su un piano verticale passante per l'asse stradale;
- Rotazione trasversale: rotazione della fondazione su un piano verticale ortogonale all'asse stradale;
- Traslazione: spostamento della fondazione su un piano orizzontale;
- Abbassamento: spostamento della fondazione su un piano verticale.

Cause

I movimenti di rotazione e abbassamento possono essere dovuti sia a cedimenti differenziali della fondazione o del terreno, causati da eventi naturali, sia a cedimenti strutturali delle fondazioni, legati ad errori in fase di esecuzione e progettazione, quali un'errata valutazione dei carichi. Nel caso di traslazione, il movimento è indotto da spinte nel terreno causate da eventi naturali.

Fenomeni di degrado correlati

Tutti i movimenti in fondazione sono difficilmente rilevabili, per cui occorre dedurre la presenza da fenomeni di degrado ad essi correlati, quali presenza di gradini o aperture in corrispondenza dei giunti stradali, presenza di particolari lesioni se la struttura è iperstatica, eventuali fuori piombo degli elementi sostenuti. Nel caso di traslazione, occorre valutare, con indagini approfondite, se il movimento ha determinato il **tranciamento dei pali** per le sollecitazioni di flessione e taglio che il movimento genera su tali elementi. In generale, occorre sempre valutare se i movimenti abbiano creato rotture delle strutture di fondazione.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Difetti Generici

(Ricontrabili su tutti i materiali)



Tracce di scolo

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si presenta con aree di colorazione diversa dal materiale integro, provocate dal passaggio ripetuto di acqua meteorica sulla superficie degli elementi. Nel caso in cui l'acqua è ancora presente, sono chiaramente visibili macchie di colore scuro e bagnate, altrimenti il passaggio pregresso dell'acqua è denunciato dalla presenza di macchie di colore biancastro legate agli effetti dell'azione chimica dei sali in essa disciolti. Tali macchie ricalcano il percorso intrapreso dall'acqua percolata sulla superficie degli elementi. Tali fenomeni si riscontrano prevalentemente sulle pareti verticali degli elementi strutturali, ma si possono rilevare anche su superfici orizzontali, quali l'intradosso degli sbalzi della soletta dove ristagna l'acqua proveniente dal coronamento.

Cause

La presenza di tracce di scolo è dovuta alla mancanza o all'inadeguatezza del sistema di convogliamento delle acque meteoriche, nonché a carenze del sistema di impermeabilizzazione. Analoghe conseguenze si associano a giunti non correttamente realizzati o mantenuti e a problemi legati ad altri particolari esecutivi, quali l'assenza di gocciolatoi.

Fenomeni di degrado correlati

L'evoluzione del difetto potrebbe portare a **fenomeni di dilavamento/ammaloramento** del calcestruzzo o della muratura, i quali comportano un rapido degrado del materiale con possibile disgregazione dello stesso. Non si devono confondere con le **macchie di umidità passiva e attiva**, le quali non derivano da percolazione di acqua sulle superfici ma da infiltrazioni di acqua all'interno del materiale.



Ristagni d'acqua

Peso del difetto

G = 1	G = 2	G = 3	G = 4	G = 5
-------	--------------	-------	-------	-------

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Per ristagni d'acqua si intendono quantità non trascurabili di acqua accumulate in zone di compluvio, ad esempio in eventuali avvallamenti sull'estradosso dei pulvini o all'interno di una trave ad U o a V.

Cause

Gli accumuli di acqua si presentano laddove sono presenti irregolarità sulle superfici e nel caso di scarsa manutenzione del sistema di smaltimento delle acque. Il fenomeno è accentuato in presenza di calcestruzzo particolarmente poroso e permeabile.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale
(Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno può provocare degrado o corrosione delle zone di materiale in cui si verifica il ristagno. Non si deve confondere con le **macchie di umidità** o le **tracce di scolo** che indicano fenomeni di penetrazione di acqua attraverso il materiale o percolazione delle acque meteoriche sulla superficie. Nel caso di impalcati a cassone, l'eventuale presenza di acqua stagnante deve indicarsi come **ristagni d'acqua nei cassoni**, fenomeno considerato separatamente vista la diversa gravità che esso può assumere.

Danni da urto

Peso del difettoG = 1 G = 2 G = 3 **G = 4** G = 5

Estensione k_1	Sempre = 1		
Intensità k_2	0,2 (Visibile)	0,5 (Distacco di materiale limitato)	1 (Distacco di materiale profondo)

Descrizione

Con tale fenomeno ci si riferisce al danneggiamento indotto dall'urto di automezzi, natanti o materiali trasportati dai corsi d'acqua con gli elementi strutturali. Tali danneggiamenti sono generalmente rappresentati da rottura degli spigoli, distacchi di copriferro, tranciamento o deformazione delle armature.

Cause

L'urto di elementi di varia natura con la struttura del ponte può essere causata dal passaggio di mezzi fuori sagoma, non conformi con il franco libero al di sotto del ponte o da incidenti stradali.

Fenomeni di degrado correlati

La rottura del calcestruzzo provocata dagli urti, oltre che **distacchi di copriferro**, può comportare l'esposizione e la conseguente **ossidazione** delle armature. Inoltre possono essere associati a tale fenomeno i **quadri fessurativi** eventualmente presenti sugli elementi strutturali.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Lesioni caratteristiche in zona appoggio

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	0,2 (Accennato)	0,5 (Profondo)	1 (Distacchi completi)

Descrizione

Il difetto si riferisce ai danneggiamenti presenti nelle zone di appoggio a causa del funzionamento dell'appoggio stesso. Sono lesioni che possono presentarsi sia sulla parte che appoggia, sia sull'elemento di supporto (pulvino, baggiolo, mensola). Spesso nel caso di spalle in muratura, è presente un cordolo in calcestruzzo armato in sommità su cui trovano appoggio travi in calcestruzzo armato; il difetto in oggetto comprende anche le lesioni eventualmente presenti su tale elemento.

Cause

Le lesioni si aprono a causa degli sforzi di trazione che nascono in seguito al mancato scorrimento degli apparecchi di appoggio mobili, il quale a sua volta può essere causato dal deterioramento dei materiali, dal bloccaggio o dal non corretto dimensionamento degli apparecchi.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto è circoscritto nella zona di appoggio. Se le lesioni proseguono oltre una certa distanza dall'appoggio, esse non rientrano in questa tipologia di difetto.

Tale difetto è generalmente associato a fenomeni di degrado tipici degli apparecchi di appoggio.

Non si devono confondere con le **lesioni da schiacciamento**, che, a differenza di quelle nel caso in esame, hanno andamento definito e una causa diversa.



Ristagni d'acqua nei cassoni

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% superficie)	1 (~tutta la superficie)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Per ristagni d'acqua nei cassoni si intendono quantità non trascurabili di acqua accumulate in zone di compluvio all'interno di un impalcato a cassone.

Cause

Gli accumuli di acqua si presentano laddove sono presenti irregolarità sulle superfici e nel caso di scarsa manutenzione del sistema di smaltimento delle acque e di mancanza o insufficiente impermeabilizzazione della soletta. Il fenomeno è accentuato in presenza di calcestruzzo particolarmente poroso e permeabile.

Fenomeni di degrado correlati

Il fenomeno può provocare degrado o **corrosione** delle zone di materiale in cui si verifica il ristagno. Non si deve confondere con le **macchie di umidità** o le **tracce di scolo** che indicano fenomeni di penetrazione di acqua attraverso il materiale o percolazione delle acque meteoriche sulla superficie. Nel caso in cui lo stesso difetto compare in altre parti strutturali si parla di **ristagni d'acqua**; in tal caso, la presenza di quantità non trascurabili di acqua, a differenza che nei cassoni, non provoca sovraccarichi e non pregiudica la stabilità della parte strutturale interessata.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fuori piombo

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5Estensione k₁

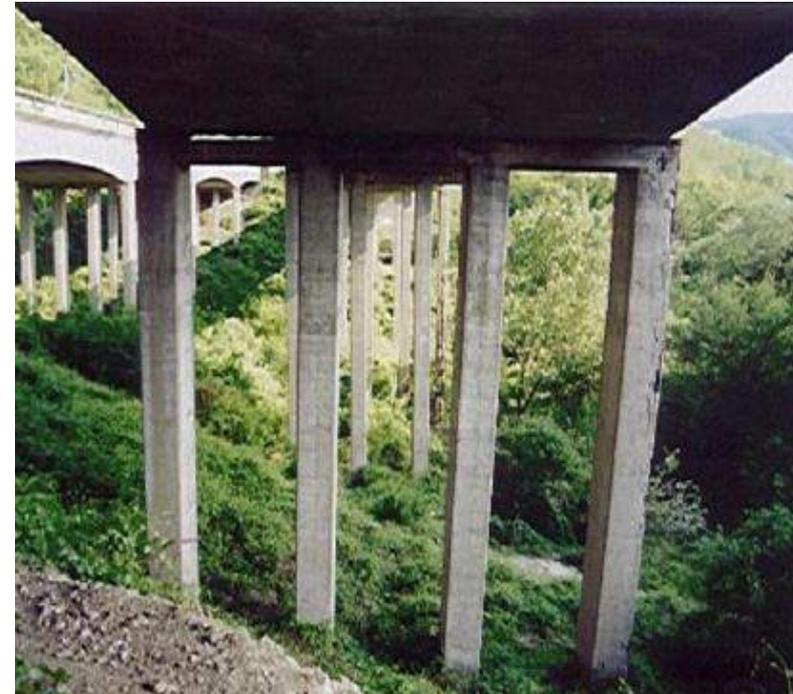
Sempre = 1

Intensità k₂**0,2** (2 ÷ 4%)**0,5** (4 ÷ 6%)**1** (> 6%)**Descrizione**

Il difetto si riferisce alla mancanza di verticalità degli elementi in elevazione, quali pile e spalle.

Cause

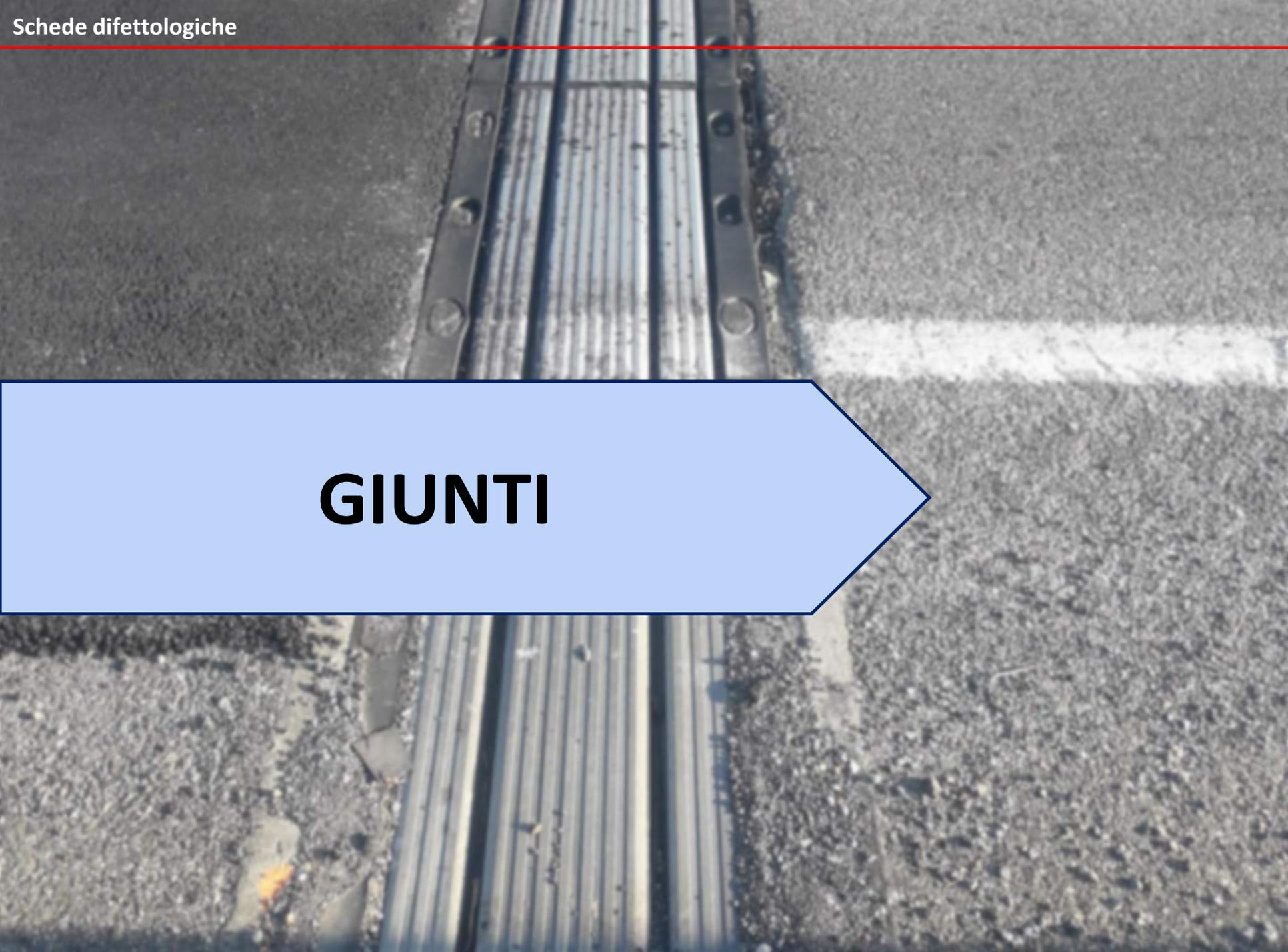
La sua origine può dipendere da due principali tipologie di cause: la prima si manifesta in fase di esercizio e comprende fenomeni quali i movimenti in fondazione, urti eccezionali o coazione dovuta al mancato funzionamento degli appoggi; la seconda invece si deve ricercare in fase di costruzione, dipendendo da errori nella disposizione delle casseformi, nel caso di strutture in c.a., che ne compromettono la verticalità.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente il fenomeno si associa ad altri difetti legati a movimenti indesiderati a livello di fondazione, quali **rotazione longitudinale** e **rotazione trasversale**. Spesso tale difetto è denunciato dalla presenza di deformazioni o movimenti anomali degli elementi sulla sede stradale, quali sicurvia, parapetti o giunti. È bene individuare la causa del difetto, in quanto da essa dipende la sua gravità.



GIUNTI

Dislivello giunto pavimentazione

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% lunghezza)	1 (tutta la lunghezza)
Intensità k ₂	0,2 (< 1 cm)	0,5 (1 ÷ 3 cm)	1 (> 3 cm)

Descrizione

Il difetto si riferisce alla differenza di quota tra l'estradosso della pavimentazione e il giunto. Spesso si presenta nel caso in cui l'elemento di continuità del giunto risulta particolarmente danneggiato.

Cause

Il dislivello tra gli elementi può essere causato da errori in fase di messa in opera, se il giunto non è stato inserito in maniera corretta o se la pavimentazione ha subito un costipamento eccessivo. La presenza del dislivello potrebbe segnalare dissesti degli appoggi o movimenti di fondazione.



Fenomeni di degrado correlati

La presenza del dislivello facilita l'urto degli automezzi con gli elementi del giunto, provocandone un precoce ammaloramento. Il difetto può indicare la presenza di **movimenti di fondazione**, **fuori piombo** o **difetti degli apparecchi di appoggio**.

Non va confuso con il **dislivello tra elementi contigui** che segnala il dislivello tra gli elementi del giunto stesso.



Dislivello tra elementi contigui

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (appena presente)	0,5 (~50% lunghezza)	1 (tutta la lunghezza)
Intensità k ₂	0,2 (< 1 cm)	0,5 (1 ÷ 3 cm)	1 (> 3 cm)

Descrizione

Il difetto si riferisce alla differenza di quota tra le parti collegate dal giunto, a cui consegue una differenza di quota tra gli elementi di continuità del giunto stesso.

Cause

Il dislivello tra gli elementi può essere causato da errori in fase di messa in opera, se il giunto non è stato inserito in maniera corretta o se era già presente un dislivello tra le parti. Nei casi più gravi, la presenza del dislivello potrebbe segnalare dissesti degli appoggi o movimenti di fondazione.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

La presenza del dislivello facilita l'urto degli automezzi con gli elementi del giunto, provocandone un precoce ammaloramento. Il difetto può indicare la presenza di **movimenti di fondazione**, **fuori piombo** o **difetti degli apparecchi di appoggio**.

Non va confuso con il **dislivello giunto pavimentazione** che segnala il dislivello tra la pavimentazione e gli elementi di continuità del giunto.

Riparazioni provvisorie Giunti

Peso del difetto**G = 1**

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

Sempre = 1

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto si deve segnalare qualora sono visibili riparazioni successive degli elementi del giunto, realizzate con materiali eterogenei rispetto a quelli previsti. Spesso con tali riparazioni i difetti sono solo apparentemente eliminati.

Cause

Le riparazioni spesso sono necessarie a causa del deterioramento degli elementi del giunto, dovuto a materiali di scarsa qualità o a mancanza di manutenzione, o dell'errata messa in opera.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente, sui giunti che hanno subito riparazioni sono presenti i difetti tipici di tali elementi, quali **dislivelli** tra giunto e pavimentazione o tra i suoi elementi di continuità, **ammaloramento** dei profilati metallici o **rottura** dei suoi elementi.

Massetti lesionati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

Sempre = 1

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Per massetti si intendono gli elementi di supporto, generalmente in resina o in malta di cemento, degli elementi di continuità del giunto. Essi costituiscono il collegamento tra la soletta pavimentata e gli elementi di continuità. Si dovrà segnalare il difetto se sono presenti lesioni trasversali rispetto all'asse del giunto su uno dei due massetti o su entrambi.

Cause

L'apertura di lesioni è principalmente dovuta ai ripetuti urti causati dal transito di automezzi sul giunto. Essa è favorita nel caso di materiali non idonei o cattiva messa in opera. I primi distacchi possono essere causati anche dai fenomeni di ritiro che naturalmente si verificano nelle malte; essi sono poi amplificati dagli urti dei veicoli transitanti.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto non è indice di problemi alle strutture del ponte, come fuori piombo o ammaloramento degli apparecchi di appoggio, ma la sua evoluzione potrebbe portare al distacco completo dei massetti. Può presentarsi insieme ad altri difetti tipici dei giunti, quali **dislivello** tra giunto e pavimentazione e tra gli elementi contigui, **riparazioni provvisorie**, **rottura** o **deformazione degli elementi di continuità**.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Distacco tampone

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k_1

Sempre = 1

Intensità k_2

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto è specifico dei giunti denominati «a tampone» sottopavimentati, in cui l'elemento di continuità è rappresentato da una colata di asfalto o di materiali di caratteristiche simili. Esso si manifesta attraverso fessure tra il tampone e la pavimentazione, di ampiezza superiore a qualche mm.

Cause

La rottura del tampone può essere causata da:

- scelta errata del tipo di giunto;
- scelta di materiali con elasticità insufficiente;
- realizzazione del giunto non corretta;
- deterioramento dei materiali.

Talvolta la presenza di fessure può essere indicativa di movimenti di fondazione.

Fenomeni di degrado correlati

Spesso si trova in contemporanea con **deformazione del tampone**. Talvolta è la manifestazione di **movimenti delle fondazioni**.



Deformazione tampone

Peso del difetto**G = 1**

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

Sempre = 1

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Il difetto è specifico dei giunti denominati «a tampone» sottopavimentati, in cui l'elemento di continuità è rappresentato da una colata di asfalto o di materiali di caratteristiche simili. Esso si manifesta attraverso irregolarità sulla superficie del tampone, come avvallamenti, gradini o lesioni.

Cause

La deformazione del tampone può essere causata da:

- scelta errata del tipo di giunto;
- scelta di materiali con elasticità insufficiente;
- realizzazione del giunto non corretta;
- deterioramento dei materiali.

Talvolta la presenza di fessure può essere indicativa di movimenti di fondazione.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

Spesso si trova in contemporanea con **distacco del tampone**. Talvolta è la manifestazione di **movimenti delle fondazioni**.

Ammaloramento profilati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k₁

Sempre = 1

Intensità k₂

Sempre = 1

Descrizione

Il fenomeno comprende una serie di difetti che possono interessare i profilati metallici che costituiscono il giunto, tra cui:

- deformazioni;
- ossidazioni/corrosioni;
- svergolamenti;
- rotture;
- lesioni;
- ecc.

Cause

I profilati metallici sono spesso danneggiati dagli urti degli automezzi. I fenomeni di ammaloramento sono facilitati nel caso in cui gli elementi metallici non siano adeguatamente protetti, ad esempio se i massetti o gli elementi di tenuta sono danneggiati. Altre cause sono lo scarso spessore dei profilati stessi, gli attacchi chimici derivanti dai sali antigelo o la fisiologica usura dei materiali.



Fonte: PROGETTO RAM – Manuale di ispezione principale (Anas GRUPPO FS ITALIANE)

Fenomeni di degrado correlati

Generalmente si trova in contemporanea con il **dislivello giunto-pavimentazione** e con altri difetti tipici di tale elemento, quali **distacchi massetti** e **dislivello tra elementi contigui**.

Deformazione/Rottura Elementi di Continuità

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (in poche zone)	0,5 (~50% superficie)	1 (Tutto il perimetro)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

Il difetto si riferisce alla presenza di irregolarità superficiali o, nei casi più gravi, di lesioni, rotture, distacchi o porzioni mancanti sugli elementi di continuità dei giunti, quali profilati in neoprene, mattonelle in neoprene armato, pettini metallici, ecc.

Cause

La deformazione e/o la rottura degli elementi di continuità è dovuta al deterioramento dei materiali o alla non corretta posa degli elementi. Talvolta può essere indicativa di movimenti di fondazione.

Fenomeni di degrado correlati

Talvolta si trova in contemporanea con il **dislivello giunto-pavimentazione** e con altri difetti tipici di tale elemento, quali **distacchi massetti** e **dislivello tra elementi contigui**. Inizialmente si presenta come deformazione degli elementi, ma la sua evoluzione può portare alla rottura degli stessi. Può essere indicativa di **movimenti di fondazione**.



Scossalina permeabile o assente

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Estensione k ₁	0,2 (Difetto limitato)	0,5 (~50% della lunghezza)	1 (Da sostituire)
Intensità k ₂	Sempre = 1		

Descrizione

La scossalina è un elemento di tenuta che impedisce il passaggio di acqua, costituito da una membrana di vario materiale e posto a cavallo del giunto. Va segnalato nel caso in cui essa sia assente o danneggiata.

Cause

La causa principale di danneggiamenti nella scossalina è l'usura dei materiali che, perdendo elasticità, si lesionano e si strappano. Il difetto è, pertanto, favorito nel caso di materiali di scarsa qualità e di scarso spessore. Altre cause possono essere movimenti anomali dei giunti o messa in opera non corretta, con poco gioco o con le solette troppo ravvicinate.

Fenomeni di degrado correlati

L'assenza o la permeabilità della scossalina provocano il passaggio delle acque meteoriche con i conseguenti effetti negativi sulle superfici degli elementi strutturali del ponte. Pertanto, manifestazioni di tale difetto sono la presenza di **macchie di umidità** o **dilavamento**, portando, nei casi più gravi, a **distacchi di copriferro** e **ossidazione** delle barre di armatura.





ELEMENTI ACCESSORI

Stato della pavimentazione

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Nell'ispezione della pavimentazione stradale, si dovranno segnalare, se presenti, i seguenti difetti:

- Dislivello tra rilevato e impalcato: esso può essere localizzato su entrambe le spalle o su una sola di esse e va segnalato se la differenza di quota tra il rilevato e l'impalcato supera i 2 cm;
- Presenza di dossi: si riferisce alla presenza di avvallamenti o ondulazioni sulla superficie stradale superiori ai 15 mm;
- Fessure/anomalie della pavimentazione: sono spesso presenti in corrispondenza degli elementi di continuità dei giunti e sono riconducibili ai normali fenomeni di ritiro del materiale costituente la pavimentazione.



Cause

I dislivelli presenti sulla pavimentazione possono essere dovuti a cattiva esecuzione della pavimentazione, compattazione del terreno sottostante, cedimenti anomali delle fondazioni. I dossi, invece, sono causati dalla compattazione del materiale di cui è composto lo stato di usura, dalla ricostruzione del manto dopo scavi per l'interro di tubazioni, della presenza di tombini o dossi artificiali. Le fessure sono dovute principalmente agli effetti del ritiro della pavimentazione e amplificate dal passaggio di traffico pesante.



Fenomeni di degrado correlati

Difetti della pavimentazione sono spesso associati a difetti sugli eventuali giunti presenti. Talvolta sono sintomi di movimenti anomali di fondazione o difetti in corrispondenza degli elementi di appoggio.

Cordoli

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

I cordoli sono elementi, generalmente in calcestruzzo armato, posti lungo i bordi del ponte, a cui vengono ancorati i parapetti o i guard-rail e su cui vengono posizionati i sistemi di scarico delle acque.

Si dovranno segnalare gli eventuali fenomeni di degrado che interessano tali elementi, quali distacchi di copriferro o distacchi degli elementi lapidei.

Cause

Il danneggiamento dei cordoli può essere dovuto alle tipiche cause di degrado del calcestruzzo e amplificato nel caso di cattiva progettazione o mal confezionamento del materiale.

Fenomeni di degrado correlati

Spesso associata ai difetti dei cordoli, è la presenza di calcestruzzo dilavato/ammalorato o distacchi di copriferro negli elementi contigui ad essi (in genere soletta).



Convogliamento acque assente

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Il difetto si riferisce alla mancanza di un adeguato sistema di convogliamento delle acque meteoriche che eviti il contatto dell'acqua con i materiali degli elementi strutturali.

Cause

Le cause del difetto risalgono a mancanze o errori in fase di progettazione.

Fenomeni di degrado correlati

Il passaggio dell'acqua può accelerare i fenomeni di degrado dei materiali degli elementi strutturali, favorendo la presenza di **macchie di umidità**, **dilavamento**, **distacchi di copriferro**, **armature ossidate**, ecc.



Pozzetti intasati

*Peso del difetto***G = 1**

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Qualora sia presente il sistema di convogliamento delle acque, è necessario che esso sia in grado di funzionare adeguatamente. Va quindi segnalato il caso in cui i pozzetti sono ostruiti e compromettono il funzionamento del sistema.

Cause

L'intasamento dei pozzetti è dovuto alla presenza di detriti, sporcizia, foglie o muffe, che, in assenza di manutenzione, possono intasare i sistemi di scarico.

Fenomeni di degrado correlati

L'acqua non adeguatamente smaltita dai sistemi di scarico può provocare danni dovuti al ristagno e infiltrarsi fino a raggiungere l'intradosso della struttura, con evidenti segni sulle superfici degli elementi, quali **macchie di umidità** e **dilavamento**.



Scarichi corti

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Per scarichi corti si intendono elementi del sistema di convogliamento delle acque con lunghezza non adeguata, che spesso indirizzano l'acqua meteorica direttamente sulle superfici degli elementi strutturali.

Cause

Il difetto è dovuto principalmente ad una non corretta progettazione o esecuzione del sistema di convogliamento.

Fenomeni di degrado correlati

In corrispondenza di scarichi corti che convogliano l'acqua direttamente sugli elementi strutturali sono frequenti i segni degli effetti dell'acqua sui materiali, quali **tracce di scolo, dilavamento**, fino a **distacchi di copriferro e ossidazione** delle armature.



Scarichi ostruiti

*Peso del difetto***G = 1**

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Qualora sia presente il sistema di convogliamento delle acque, è necessario che esso sia in grado di funzionare adeguatamente. Va quindi segnalato il caso in cui le parti terminali degli scarichi sono ostruite, compromettendo il funzionamento del sistema di smaltimento acque.

Cause

L'intasamento degli scarichi è dovuto ad accumuli di detriti, uniti a carenze di manutenzione ed eventuali errori progettuali o di esecuzione.

Fenomeni di degrado correlati

L'acqua non adeguatamente smaltita dai sistemi di scarico può provocare danni dovuti al ristagno e infiltrarsi fino a raggiungere l'intradosso della struttura, con evidenti segni sulle superfici degli elementi, sotto forma di **macchie di umidità e dilavamento**.

Scarichi danneggiati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Qualora sia presente il sistema di convogliamento delle acque, è necessario che esso sia in grado di funzionare adeguatamente. Va quindi segnalato il caso in cui gli elementi di scarico siano danneggiati o rotti, compromettendo il funzionamento del sistema.

Cause

Il difetto è dovuto principalmente ad una non corretta progettazione o esecuzione del sistema di convogliamento, realizzato, ad esempio, con materiali non idonei. Spesso le rotture sono conseguenti alla corrosione dei materiali metallici con cui tali elementi sono costituiti.

Fenomeni di degrado correlati

In corrispondenza di scarichi danneggiati sono frequenti i segni degli effetti dell'acqua sui materiali, quali **tracce di scolo**, **dilavamento**, fino a **distacchi di copriferro** e **ossidazione** delle armature.



Marciapiedi

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Il difetto comprende i possibili fenomeni di degrado relativi alla pavimentazione dei marciapiedi, eventualmente presenti ai bordi del ponte, che possono compromettere la sicurezza dei pedoni.

Cause

Il danneggiamento della pavimentazione può essere causato da azioni atmosferiche aggressive, inquinamento, vetustà, urti, ecc.



Fenomeni di degrado correlati

Il difetto della pavimentazione è indice di una non adeguata manutenzione, per cui spesso è associato ad altri difetti tipici degli elementi accessori.

Pali di illuminazione mal ancorati/danneggiati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Il difetto si riferisce al danneggiamento dei pali eventualmente presenti sull'impalcato del ponte o del loro sistema di ancoraggio. Nell'ultimo caso si tratta principalmente di sistemi di ancoraggio metallici arrugginiti o calcestruzzi fessurati.

Cause

Il danneggiamento dei pali o del loro ancoraggio è dovuto principalmente alla vetustà degli elementi e alla carenza di manutenzione, nonché all'azione aggressiva degli agenti atmosferici o all'urto da parte di veicoli.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto dei pali di illuminazione è indice di una non adeguata manutenzione, per cui spesso è associato ad altri difetti tipici degli elementi accessori.

Pali di illuminazione arrugginiti

*Peso del difetto***G = 1**

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Il difetto si riferisce alla perdita della vernice protettiva e all'ossidazione dei pali di illuminazione metallici, dovute a carenze nella manutenzione.

Cause

Il degrado dei pali è dovuto, oltre che a carenze nella manutenzione, all'azione aggressiva degli agenti atmosferici o all'inquinamento dei gas di scarico.

Fenomeni di degrado correlati

Il difetto dei pali di illuminazione è indice di una non adeguata manutenzione, per cui spesso è associato ad altri difetti tipici degli elementi accessori.

Sottoservizi mal ancorati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

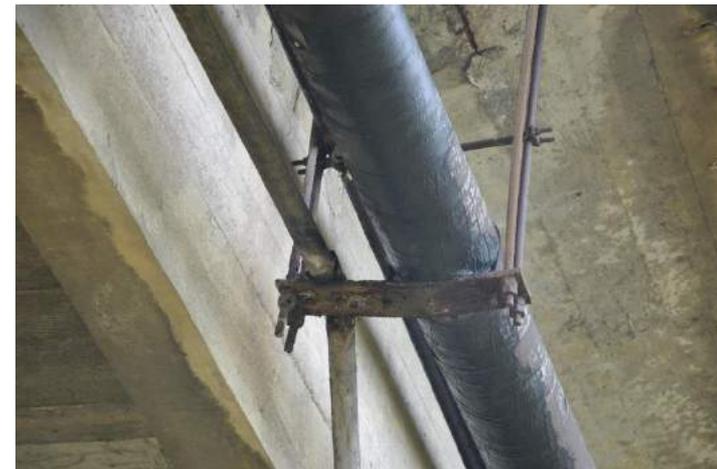
Il difetto si riferisce a sistemi di ancoraggio dei sottoservizi alle strutture del ponte non adeguati o danneggiati. Generalmente si riscontrano ancoraggi metallici corrosi o elementi a cui si ancorano i sottoservizi particolarmente degradati.

Cause

Il difetto è dovuto principalmente alla vetustà degli elementi, all'azione aggressiva degli agenti esterni, ad un'errata progettazione o esecuzione e a carenze di manutenzione.

Fenomeni di degrado correlati

La presenza di sottoservizi mal ancorati è indice di una non adeguata manutenzione, per cui spesso è associata ad altri difetti tipici degli elementi accessori.



Guardiavia assenti

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Il difetto si riferisce all'eventualità in cui i sistemi di ritenuta stradale risultino totalmente o parzialmente assenti, pregiudicando quindi la sicurezza del traffico veicolare e pedonale del ponte.

Cause

La totale assenza di guardiavia a bordo ponte è indice di una non adeguata gestione della sicurezza stradale. Assenze parziali di guardiavia possono essere causate da una non corretta disposizione delle barriere su tutta la lunghezza del ponte o da danneggiamenti, non ripristinati, dovuti ad urti o carenze manutentive.

Fenomeni di degrado correlati

Qualora il difetto sia dovuto a danneggiamenti parziali, possibile la presenza contemporanea di **guardiavia danneggiati/ossidati/mal ancorati**.



Guardiavia danneggiati/ossidati/male ancorati

Peso del difetto

G = 1

G = 2

G = 3

G = 4

G = 5

Descrizione

Il difetto si riferisce alle situazioni in cui sono presenti danneggiamenti sugli elementi delle barriere di ritenuta stradale e/o parti di esse sono gravemente ossidate. Tale difetto indica inoltre i casi in cui le barriere, seppur in buone condizioni di conservazione, non sono ancorate in maniera opportuna e/o presentano elementi di ancoraggio danneggiati e/o gravemente ossidati, compromettendo in tal modo la sicurezza stradale.

Cause

Il danneggiamento delle barriere può esser dovuto ad urto di veicoli e/o ad una loro non corretta manutenzione. La costante esposizione delle barriere agli agenti atmosferici può favorire, inoltre, l'innescarsi di meccanismi di ossidazione, che, se non adeguatamente contrastati, potrebbero portare ad eventuali danneggiamenti. Le cause di condizioni di male ancoraggio delle barriere alla struttura possono risalire ad errori progettuali o, ancora una volta, ad urto di veicoli e/o ad una loro non corretta manutenzione.

Fenomeni di degrado correlati

Qualora la gravità del difetto sia tale da compromettere la funzionalità delle barriere di ritenuta stradale e costituisca un potenziale pericolo al traffico veicolare, indicare il difetto come **guardiavia assente**.

