

# Catalogo difetti

Smart Infrastructure Academy

---

Prof. Daniele Peila



**Politecnico  
di Torino**

# Difetti relativi alla struttura – catalogo difetti allegato alle linee guida

- Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua
- Difetti causati dal terreno circostante
- Deterioramenti nelle sezioni non rivestite
- Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)
- Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)
- Difetti del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali
- Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – fessure
- Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – deformazioni
- Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi
- Difetti associati al fuoco
- Difetti associati alla scarsa manutenzione

# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua



## 1.1 Stillicidi

### Descrizione

Il difetto si manifesta con aree di colorazione diversa da quella del materiale integro, provocate dal passaggio ripetuto di modeste quantità di acqua sulla superficie degli elementi. Nel caso di gallerie rivestite, gli stillicidi si rivelano in corrispondenza di un'anomalia nel rivestimento, come fessure o fori, oppure laddove siano presenti discontinuità tra elementi costruttivi diversi.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione e l'eventuale correlazione con la geologia della formazione ospitante, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati e di perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

Le infiltrazioni d'acqua possono essere particolarmente dannose nelle aree soggette al gelo e sugli impianti di illuminazione.

Questo fenomeno può essere sintomo di altri difetti eventualmente presenti, come discontinuità geologiche, perdite nei sistemi di impermeabilizzazione, ostruzione e/o deterioramento degli scarichi di drenaggio.



# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua



## 1.2 Venute d'acqua

### Descrizione

Il difetto si manifesta con aree di colorazione diversa da quella del materiale integro, provocate dal passaggio ripetuto di consistenti quantità di acqua sulla superficie degli elementi. Nel caso di gallerie rivestite, le venute d'acqua si rivelano in corrispondenza di un'anomalia nel rivestimento, come fessure o fori, oppure laddove siano presenti discontinuità tra elementi costruttivi diversi.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

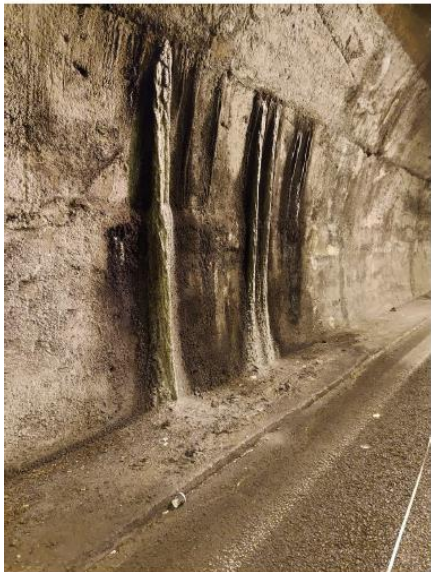
Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione e l'eventuale correlazione con la geologia della formazione ospitante, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati e di perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

Le infiltrazioni d'acqua possono essere particolarmente dannose nelle aree soggette al gelo e sugli impianti di illuminazione. L'evoluzione nel tempo del fenomeno può provocare l'interruzione del traffico stradale. Questo fenomeno può essere sintomo di altri difetti eventualmente presenti, come discontinuità geologiche, perdite nei sistemi di impermeabilizzazione, ostruzione e/o deterioramento degli scarichi di drenaggio.



# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua



## 1.3 Concrezioni – depositi – incrostazioni

### Descrizione

Aggregato di materiale minerale che si origina da soluzioni acquose, per deposizione di sostanze a intervalli temporali successivi.

Si distinguono in:

- *Concrezione calcarea: cristallizzazioni solide di calcite, comunemente di colore beige/giallastro, spesso presenti in corrispondenza di fessure o di aree umide e porose.*
- *Concrezione di solfato: cristallizzazioni fragili di gesso, di colore biancastro, spesso presenti su crepe e/o articolazioni della superficie.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione delle concrezioni e il loro spessore medio.

Eventuale campionamento per eseguire analisi specifiche per valutarne la natura della composizione.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno spesso si associa la presenza di difetti come l'infiltrazione di acqua, l'ostruzione dei sistemi di drenaggio, vuoti creati dalla dissoluzione di tali depositi con conseguente indebolimento locale della struttura.

# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua

## 1.4 Effetti del gelo – tracce di sali

### Descrizione

Comunemente l'azione del gelo si presenta sulla superficie degli elementi in varie forme, come ad esempio in lastre di ghiaccio e/o stalattiti. L'azione ciclica di gelo-disgelo provoca sulla superficie dei materiali fenomeni di sgretolamento, sfaldamento o distacco di piccole porzioni fino al suo indebolimento.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e la profondità media delle porzioni distaccate e/o sfaldate del materiale e l'eventuale rottura di scarichi/drenaggi presenti.

Rilevazione di eventuali elementi di armatura in vista.

### Fenomeni di degrado correlati

La presenza prolungata nel tempo del fenomeno e i numerosi cicli di gelo-disgelo possono causare, una volta raggiunto lo strato più interno del materiale, quadri fessurativi, disaggregazioni e delaminazione, oltre al blocco dei sistemi di drenaggio.



# Difetti dovuti dalla presenza dell'acqua

## 1.5 Efflorescenze su malta o calcestruzzo

### Descrizione

Il difetto può presentarsi in forma pulverulenta o con filamenti bianchi "baffi" estremamente fragili con composizione salina. Seppur appartenente ad un'ampia categoria di concrezioni superficiali, in questo caso il termine "efflorescenza" ha un significato volutamente limitativo, al fine di identificare questo fenomeno come deterioramento specifico del materiale causato dai solfati.

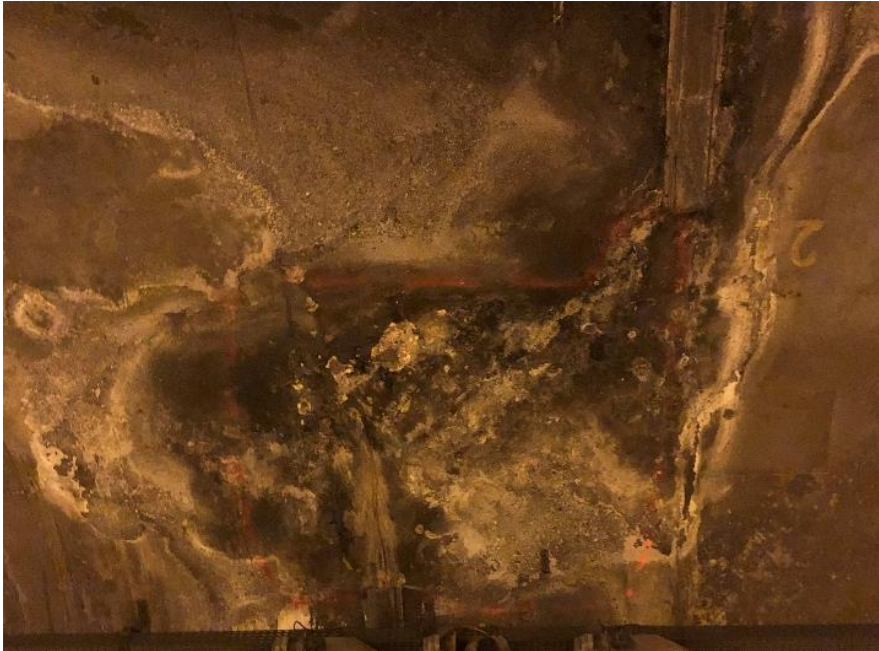
È un fenomeno tipicamente presente nei getti di calcestruzzo datati o spruzzati e sui rivestimenti di malta.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione delle efflorescenze presenti sui letti di malta o sul calcestruzzo.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si possono associare i seguenti difetti: rigonfiamenti interni al rivestimento, distacco di porzioni di materiale del rivestimento, esfoliazione nei rivestimenti in muratura, fessure e concrezioni calcaree.



# Difetti causati dal terreno circostante



## 1.6 Vuoti e cavità

### Descrizione

---

Si distinguono in:

- *Cavità artificiali: scavi realizzati dall'uomo come cave sotterranee di estrazione, canali, gallerie militari di esplorazione ecc.;*
- *Cavità naturali: vuoti naturale tipicamente presente nei terreni scarsamente coesivi.*

Di difficile individuazione se non intercettati dallo scavo della galleria; la loro presenza in zone limitrofe può influenzare la struttura dell'arco e indebolire lo scavo localmente.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Ispezione visiva per determinare la posizione e dimensione dei vuoti e delle cavità, se queste attraversano il rivestimento e sono visibili all'intradosso all'interno della galleria, oppure ispezione tramite indagini georadar e/o battitura meccanica sulla superficie.

### Fenomeni di degrado correlati

---

In concomitanza con questo difetto si possono osservare altri fenomeni, quali ad esempio: cedimento della carreggiata, instabilità dello scavo, colate di detriti nelle aree limitrofe alla struttura, e smottamenti.

# Difetti causati dal terreno circostante



## 1.7 Deterioramento dei portali di imbocco

### Descrizione

I portali di imbocco possono presentare caratteristici fenomeni di degrado, come:

- Quadri fessurativi;
- Fenomeni di degrado superficiale tipici della muratura e del calcestruzzo;
- Difetti di impermeabilizzazione del rivestimento;
- Instabilità dei pannelli di rivestimento;
- Cedimento e/o rotazione del timpano dell'arco causati dallo slittamento del terreno adiacente;
- Instabilità delle formazioni naturali sopra il piano viario.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione, estensione ed ampiezza delle porzioni di superficie deteriorate del portale di imbocco; posizione ed ampiezza delle eventuali fessure; riempimento a tergo di muri di protezione del portale con eventuale instabilità locale e presenza di eventuali interventi di protezione in parete

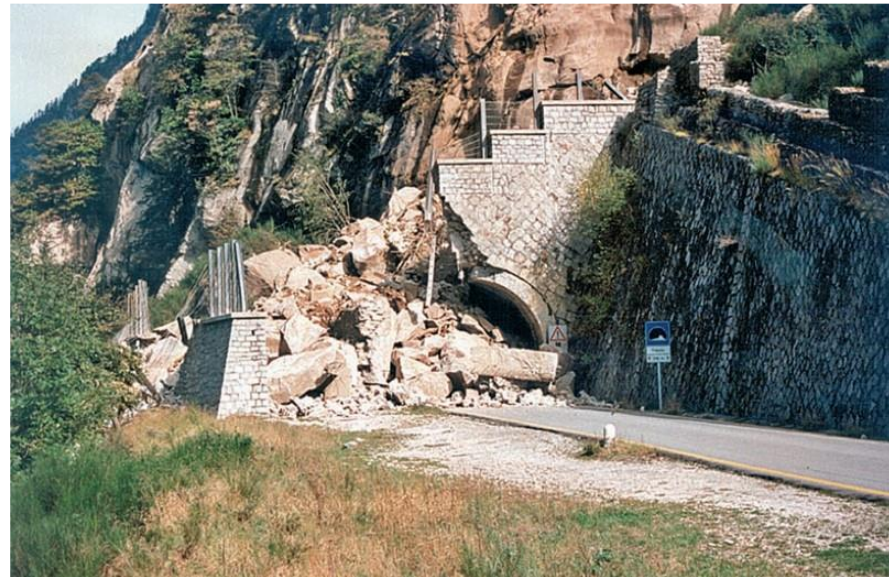
### Fenomeni di degrado correlati

Questo difetto può essere sintomo di altri fenomeni eventualmente presenti, come instabilità dei pendii e infiltrazioni d'acqua



# Difetti causati dal terreno circostante

## 1.8 Instabilità dei pendii



### Descrizione

Il difetto si manifesta con lo spostamento di masse di terreno o roccia da versanti naturali con conseguente mobilitazione di materiale verso la galleria o in prossimità dell'imbocco.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva del versante e ricerca di segni visibili come fratture nel terreno, colate di detriti, distacco di blocchi rocciosi, evidenze di ruscellamento di acque naturali, fessurazione di opere murarie e/o manufatti sui pendii, assenza o rovesciamento della vegetazione.

### Fenomeni di degrado correlati

I fenomeni di degrado correlati all'instabilità dei pendii possono essere: quadri fessurativi sulla struttura della galleria, deformazione della struttura della galleria e deterioramento dei portali di imbocco.

# Deterioramenti nelle sezioni non rivestite

## 1.9 Distacco di blocchi da roccia alterata

### Descrizione

Questo tipo di fenomeno può manifestarsi negli scavi non rivestiti quando le alterazioni esercitate sulla massa rocciosa producono allentamenti lungo i sistemi di discontinuità naturale, alterazione delle caratteristiche della roccia, con conseguente distacco di blocchi dalla massa rocciosa.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la presenza di detriti in carreggiata, rilevamento spaziale delle discontinuità e loro eventuale riempimento, ispezione uditiva mediante battitura sulla superficie di scavo per l'individuazione delle fratture, evidenze di distacchi recenti con porzioni di roccia in vista meno alterata.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: presenza di materiali o di trasudamenti lungo le discontinuità della massa rocciosa.



# Deterioramenti nelle sezioni non rivestite

## 1.10 Distacco di porzioni da roccia stratificata

### Descrizione

---

Questo tipo di fenomeno può manifestarsi negli scavi non rivestiti realizzati in formazioni rocciose stratificate, il fenomeno si presenta con strati o lastre prossime al distacco.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Ispezione visiva per determinare la presenza di detriti in carreggiata e ispezione uditiva mediante battitura sulla superficie di scavo per l'individuazione delle fratture. Evidenza di distacchi di roccia pregressi mediante difetti di sagoma, presenza di superfici fresche in vista, eventuali provvedimenti di protezione e rinforzo adottati locali o globali per l'intera sezione

### Fenomeni di degrado correlati

---

A questo difetto si può associare l'indebolimento lungo la fessurazione e stratificazione naturale e della roccia.



# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.11 Deterioramento superficiale a nido d'ape

### Descrizione

Fenomeno che si verifica principalmente sulle superfici dei materiali di rivestimento in muratura come blocchi di pietra o mattoni, in special modo se questi posseggono un'elevata microporosità; fattore di esposizione maggiore alle variazioni di temperatura e di umidità dell'aria, le quali provocano la perdita di materiale tramite le azioni erosive esercitate dai flussi di aria o di acqua sulle superfici del rivestimento.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento oppure ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si associano tutti i difetti presenti su un rivestimento di scarsa qualità visti precedentemente.

Non deve essere confuso con il fenomeno di esfoliazione.



# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.12 Desquamazione



### Descrizione

Fenomeno di deterioramento limitato al materiale di rivestimento, si manifesta con lamine sottili e uniformi sulla superficie (squame), prodotte dalla migrazione di sali sulla superficie del rivestimento in muratura di pietra.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo difetto si associa la contemporanea presenza del fenomeno di esfoliazione.

Non deve essere confuso con il deterioramento superficiale a nido d'ape.

# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.13 Esfoliazione

### Descrizione

Fenomeno di deterioramento limitato alla muratura di mattoni, si manifesta con il distacco di uno o più strati superficiali approssimativamente paralleli fra loro (sfoglie). Queste porzioni distaccate spesso assumono forme specifiche in funzione delle caratteristiche strutturali e di tessitura. Le foliazioni sono usualmente di spessore che varia tra qualche millimetro e qualche centimetro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento, eventuale presenza di detriti in carreggiata, oppure ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento se la pietra che lo compone appare integra, riconoscimento e rilevamento di distacchi pregressi

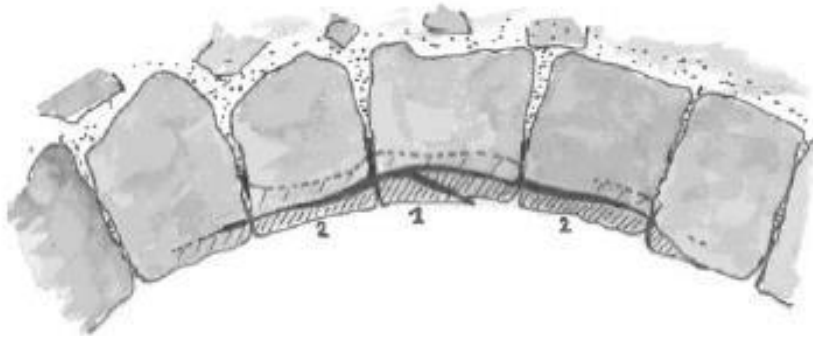
### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si associa una lenta ma progressiva riduzione della sezione del rivestimento, favorendo un'ulteriore infiltrazione di umidità all'interno del materiale.

Non deve essere confuso con il fenomeno di distaccamento dovuto a carichi di compressione.



# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)



## 1.14 Distaccamenti dovuti a carichi di compressione

### Descrizione

È un fenomeno di rottura che si manifesta tipicamente sulla muratura di pietra o di mattoni con lastre di materiale allentato e con superfici di rottura lisce, le quali si distaccano ma restano incastrate tra le pietre adiacenti; fenomeno originato da eccessivi carichi di compressione sulla pietra nei punti di pressione in assenza di malta, dove si superano i valori delle resistenze meccaniche fino al raggiungimento della rottura locale.

Queste lastre distaccate possono avere spessori variabili di qualche centimetro e mantenersi allineate su una o più file di pietre consecutive.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento oppure ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

A questo fenomeno si associano difetti come: quadri fessurativi, distacco nei letti di malta e deformazione della sezione trasversale del tunnel.

Non deve essere confuso con il fenomeno di esfoliazione.

# Difetti dei materiali di rivestimento (pietra o muratura)

## 1.15 Deterioramento dei letti di malta

### Descrizione

Questo è un difetto tipico dei paramenti murari datati, spesso realizzati con malte di calce idraulica, altamente sensibili agli attacchi chimici; il fenomeno si manifesta con la perdita progressiva di materiale costituente i giunti di malta, in forma di polvere o granuli, fino al completo svuotamento dei letti di malta.

Quando la muratura è rivestita, questo fenomeno può essere individuato dalla presenza di umidità e fessurazione sul rivestimento.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

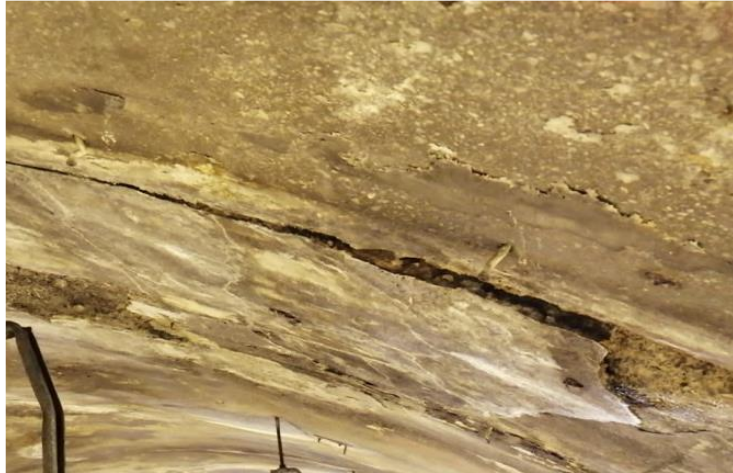
Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del deterioramento e ispezione manuale mediante rimozione e battitura della malta per determinarne la durezza.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: fenomeni di efflorescenze sulla malta, infiltrazioni d'acqua, deformazioni e perdita di porzioni di muratura (pietre/mattoni sciolti) se il fenomeno del deterioramento dei letti di malta progredisce rapidamente nel tempo.



# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)



## 1.16 Scheggiatura - distacchi

### Descrizione

Questo fenomeno si manifesta con la perdita di frammenti dai bordi del rivestimento, causando discontinuità nel materiale che lo compone (pietre, calcestruzzo gettato) e caduta dei frammenti di materiale. Il fenomeno di scheggiatura - distacco è causato da:

- *Danni da urto;*
- *Rimozione scorretta della cassaforma;*
- *Posizionamento scorretto di elementi prefabbricati.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del fenomeno ed eventuale presenza di detriti in carreggiata.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi, instabilità degli elementi di rivestimento, infiltrazioni d'acqua e diffusione del deterioramento del materiale con corrosione dell'armatura se il fenomeno evolve nel tempo senza essere ripristinato.

# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)

## 1.17 Rigonfiamenti

### Descrizione

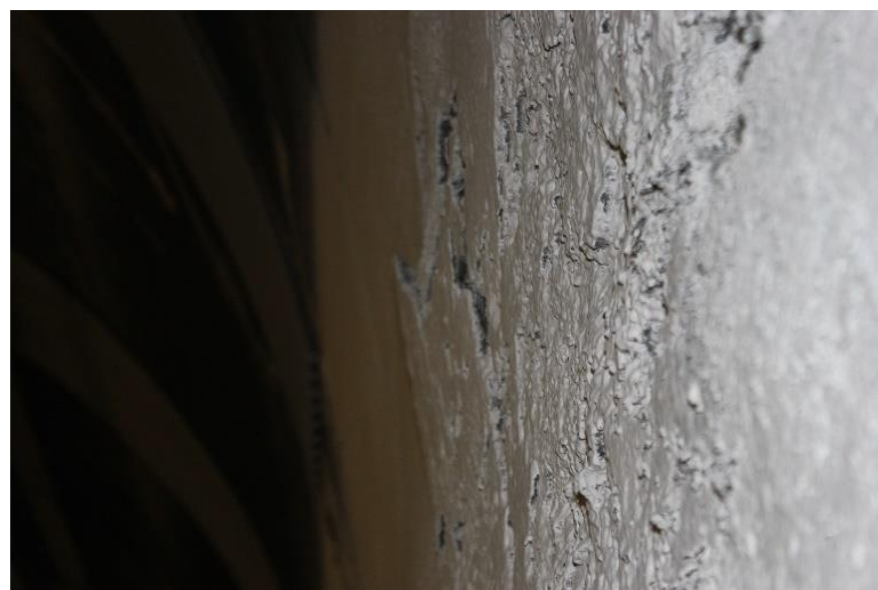
Il fenomeno si presenta con rigonfiamenti interni al calcestruzzo fino alla comparsa di fessurazioni sulla superficie, le quali generano una disgregazione progressiva nel materiale; di conseguenza in tali zone il calcestruzzo appare sciolto, sabbioso o quasi assente.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del fenomeno ed eventuali impronte di distacchi pregressi o recenti. Ispezione manuale tramite martellamento della superficie intradossale del rivestimento al fine di identificare la posizione dei vuoti creati dai rigonfiamenti e presenza di materiale prossimo al distacco

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi, infiltrazioni d'acqua continue ed efflorescenze. L'evoluzione nel tempo del fenomeno può portare alla riduzione della sezione resistente, pericolosa se si sviluppa su elementi strutturali.



# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)

## 1.18 Lesioni e distacchi per carichi di compressione

### Descrizione

Questo difetto si manifesta tramite la presenza di un quadro fessurativo con distacchi di materiale, in special modo nei calcestruzzi gettati in sito o spruzzati; può verificarsi in qualsiasi porzione del rivestimento di galleria e lungo una o più sezioni di galleria.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

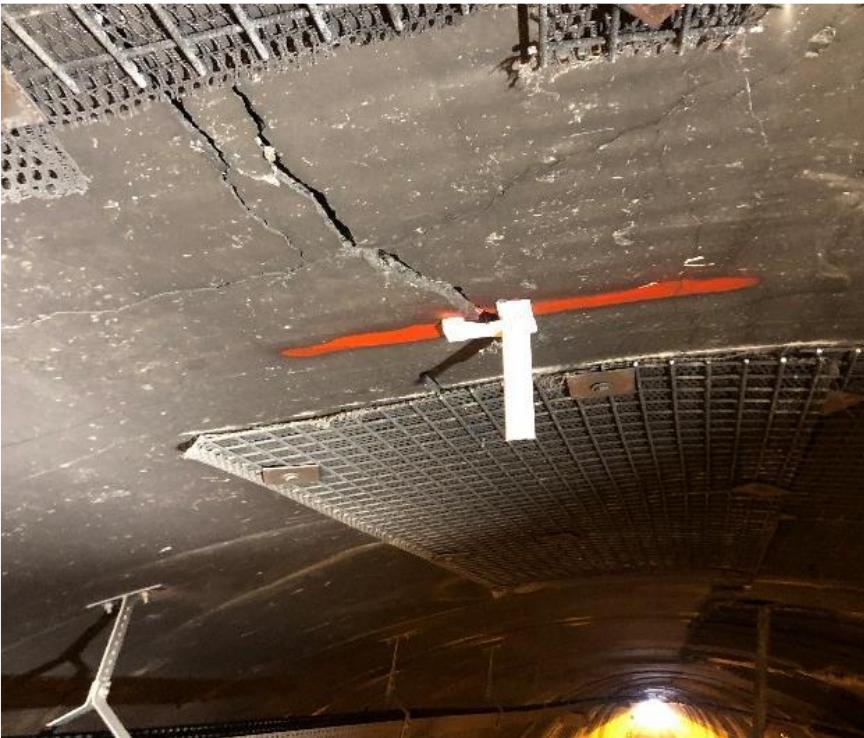
Ispezione visiva tramite illuminazione per determinare la posizione e l'estensione delle lesioni e ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

Rilevare se la fessura è recente o presenta tracce di alterazione, come dopo lungo tempo di esposizione, apertura della fessura e evidenza di eventuali rigetti.

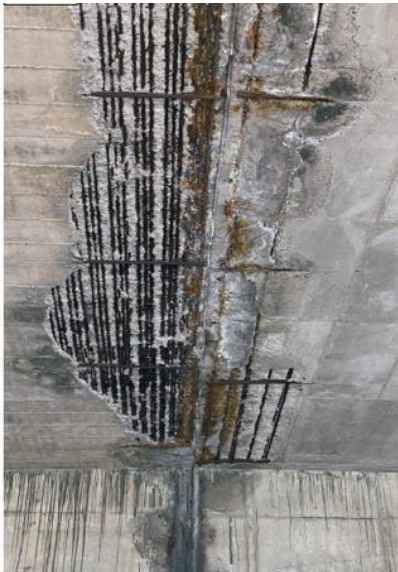
### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi con uguale andamento e deformazione dell'elemento.

Non deve essere confuso con il fenomeno di lesioni e distacchi dovuti a corrosione delle armature.



# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)



## 1.19 Lesioni e distacchi per corrosione delle armature

### Descrizione

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

In alcune gallerie questo difetto si localizza in prossimità dei portali di imbocco, essendo le uniche parti armate.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva tramite illuminazione per determinare la posizione e l'estensione delle lesioni e dei distacchi di calcestruzzo con barre scoperte e il grado di corrosione delle armature.

Ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni di acqua e umidità, quadri fessurativi sottili e paralleli o zone con visibile alterazione delle proprietà del calcestruzzo.

# Difetti dei materiali di rivestimento (calcestruzzo)



## 1.20 Deterioramento del calcestruzzo proiettato

### Descrizione

Il deterioramento del calcestruzzo proiettato può manifestarsi in diversi modi:

- *Fessure da ritiro;*
- *Difetti nella aderenza della rete elettrosaldata alla roccia;*
- *Distacco di parti di calcestruzzo a seguito di ossidazione e corrosione della rete elettrosaldata;*
- *Spessore di calcestruzzo insufficiente;*
- *bordi di roccia sporgenti;*
- *Scarsa adesione alla superficie rocciosa.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione del fenomeno.

Ispezione uditiva mediante battitura della superficie intradossale del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

La presenza di quadri fessurativi con lesioni estese ed ampie possono facilitare le infiltrazioni di acqua e degli agenti aggressivi attraverso il materiale, per cui potrebbero favorire la presenza di questo fenomeno di deterioramento nei calcestruzzi proiettati.

# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.1 Insufficienza del sistema di smaltimento delle acque

### Descrizione

Il difetto si riferisce all'insufficienza del sistema di smaltimento delle acque superficiali di raccolta (acque provenienti dagli imbocchi, da infiltrazioni delle falde freatiche in gallerie permeabili o semipermeabili, dalle perdite di autobotti o dall'acqua utilizzata dai sistemi antincendio) e si manifesta con formazione di umidità e/o pozze d'acqua in carreggiata.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati, perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associabili al fenomeno di insufficienza del sistema di smaltimento delle acque sono tutti quei fenomeni di degrado riscontrabili sulla carreggiata stradale, come ad esempio deformazioni del manto stradale, deformazioni del terreno, fessurazioni, rigonfiamenti ecc.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.2 Danneggiamento, ammaloramento o insufficienza del sistema di drenaggio in intradosso

### Descrizione

Questo difetto si manifesta esclusivamente nelle gallerie realizzate senza impermeabilizzazione all'estradosso o con membrana difettosa, nelle quali sono stati successivamente installati i sistemi di drenaggio all'intradosso. Su questi posso nascere diversi fenomeni di deterioramento come:

- *Danni prodotti dall'urto di automezzi;*
- *Allentamenti e strappi;*
- *Intasamenti o perdite;*
- *Corrosione.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione, lunghezza delle linee umide, la presenza di eventuali scarichi/drenaggi deteriorati, perdita o assenza di impermeabilità del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: deterioramento del rivestimento, fenomeni di gelo-disgelo e presenza di umidità eccessiva.

# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.3 Deterioramento del sistema di drenaggio e raccolta delle acque a tergo del rivestimento di calotta

### Descrizione

Questo difetto si manifesta nelle gallerie realizzate con membrana impermeabile all'estradosso, progettate per raccogliere e convogliare l'acqua in tubi di raccolta. Su di essa possono verificarsi diversi tipi di deterioramento, come:

- *Ostruzione e blocco per accumulo di materiale fine;*
- *Ostruzione e blocco per formazione di calcite;*
- *Ostruzione e blocco per ingresso di corpi estranei;*
- *Ammaloramento degli scarichi.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva e/o video-endoscopica per determinare la natura dei materiali che causano l'otturazione, l'entità di riduzione della larghezza dello scarico.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d'acqua o eccessiva umidità locale. Inoltre, l'evoluzione nel tempo di questo difetto potrebbe causare una riduzione sull'efficienza di drenaggio del sistema, concrezioni sul rivestimento e la formazione di pozzanghere sulla carreggiata.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.4 Deterioramento del sistema di raccolta delle acque della piattaforma autostradale

### Descrizione

Il deterioramento del sistema di raccolta delle acque della piattaforma stradale si manifesta con la formazione di umidità nella carreggiata, sintomo di difetti presenti negli scarichi sottostanti, come:

- *Ostruzione parziale o completa e cause (mancata pulizia, concrezioni, ecc.);*
- *Deformazioni da schiacciamento;*
- *Fenomeni di rottura.*

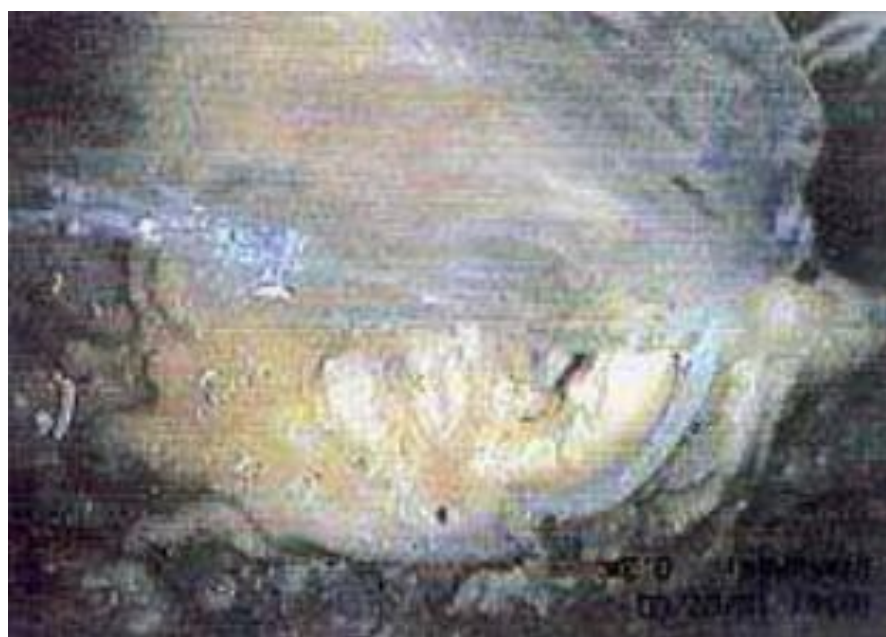
Il sistema di raccolta delle acque della piattaforma stradale non è progettato per essere accessibile, ma solo ispezionabile in alcuni punti (sbocchi o camere di ispezione).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva e/o video-endoscopica per determinare la natura dei materiali che causano l'otturazione, l'entità di riduzione della larghezza dello scarico, posizione e superficie di pavimentazione interessata dall'umidità.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associabili al deterioramento del sistema di raccolta delle acque della piattaforma autostradale sono tutti quei fenomeni di degrado riscontrabili sulla carreggiata stradale, come ad esempio deformazioni del manto stradale, deformazioni del terreno, fessurazioni, rigonfiamenti ecc.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.5 Deterioramento delle membrane impermeabilizzanti all'estradosso del rivestimento definitivo

### Descrizione

Il deterioramento delle membrane impermeabilizzanti, installate all'estradosso del rivestimento in calcestruzzo, si manifesta all'interno dei conci di calcestruzzo impermeabilizzato con fenomeni di infiltrazioni d'acqua o aree dal suono cavo al martellamento, quest'ultimo sintomo di eventuali difetti di montaggio della membrana come pieghe o vuoti.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione e l'ampiezza delle aree umide.

Ispezione uditiva tramite martellamento della superficie al fine di individuare le aree dal suono cavo.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d'acqua, quadri fessurativi anomali con affioramento di umidità tra le crepe e discontinuità nel rivestimento in calcestruzzo.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.6 Deterioramento degli schermi di protezione (onduline)

### Descrizione

Il deterioramento delle “canalette” (elementi sottili spesso ondulati di rivestimento in metallo zincato, fibrocemento o plastica) si manifesta in diversi modi:

- *Deformazioni;*
- *Danni da urto;*
- *Perforazioni da ossidazione;*
- *Rottura degli ancoraggi per corrosione.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e lo spazio tra lastra e rivestimento, grado di ossidazione degli ancoraggi e delle canalette, scorretto allineamento o sovrapposizione delle onduline.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d’acqua sul rivestimento oppure presenza di materiale caduto all’estradosso delle canalette.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.7 Rigonfiamento della membrana impermeabile all'intradosso

### Descrizione

Difetto tipico delle membrane impermeabili realizzate con sottili pellicole (1-2 mm) di resina poliuretanica poste all'intradosso del rivestimento, si manifesta con rigonfiamenti (bolle) i quali possono arrivare a rottura sotto l'effetto della pressione o dei cicli di gelo-disgelo.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione delle bolle di rigonfiamento, estensione della superficie interessata dal fenomeno, grado di adesione della membrana alla superficie sottostante.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: ammaloramento del calcestruzzo, ossidazione e corrosione delle armature, quadri fessurativi e infiltrazioni d'acqua.



# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.8 Deterioramento dei rivestimenti in malta all'intradosso

### Descrizione

Questo difetto si presenta nei rivestimenti sottili di malta realizzati dopo l'ultimazione del rivestimento, come finitura. Il deterioramento nei rivestimenti in malta può manifestarsi in modi diversi, come:

- *Perdita di adesione dal rivestimento;*
- *Lesioni dovute alle diverse rigidzze e risposte termiche degli elementi accoppiati;*
- *Rigonfiamento del rivestimento in malta;*
- *Distacco di porzioni del rivestimento in malta.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

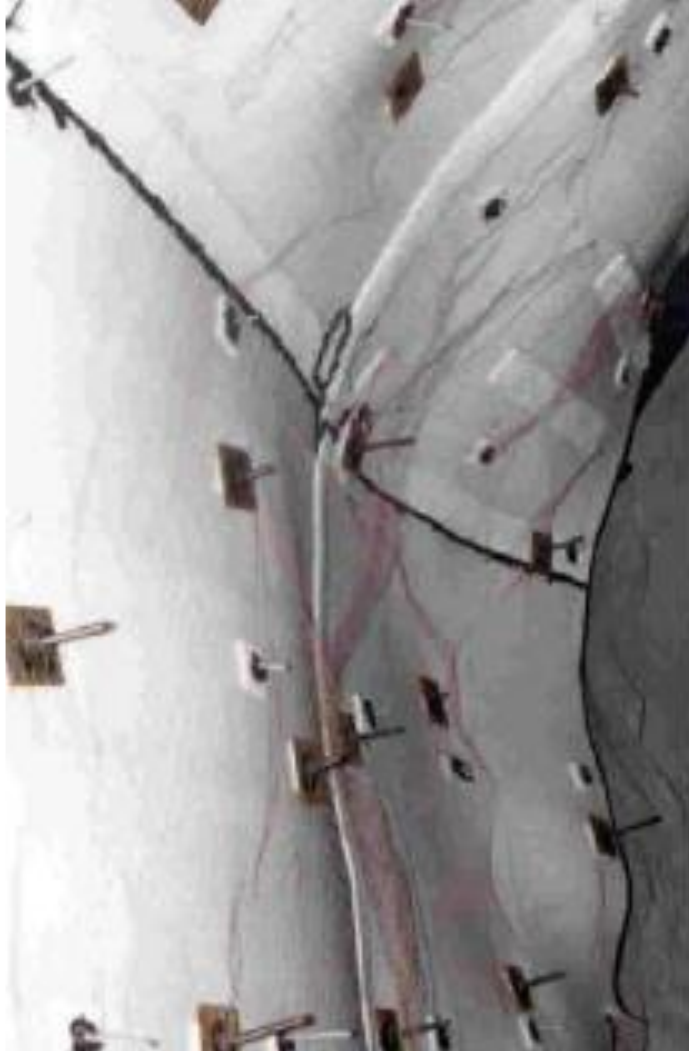
Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione di superficie interessata dal fenomeno, spessore medio e grado di adesione della malta, presenza di fessure.

Ispezione uditiva tramite martellamento nelle porzioni con rigonfiamenti.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: quadri fessurativi, infiltrazioni d'acqua, fenomeni da cicli di gelo-disgelo ed efflorescenze.

# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali



## 2.9 Deterioramento dei pannelli isolanti impermeabili

### Descrizione

Il deterioramento dei pannelli isolanti impermeabili si manifesta sulla superficie intradossale con fenomeni di infiltrazioni d'acqua e allentature.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione dell'infiltrazione, estensione della superficie interessata dall'umidità, velocità di infiltrazione dell'acqua.

### Fenomeni di degrado correlati

La contemporanea presenza di quadri fessurativi e infiltrazioni d'acqua sul calcestruzzo proiettato possono indurre la presenza di un eventuale deterioramento del pannello isolante sottostante.

# Difetto del sistema di impermeabilizzazione, drenaggio e raccolta acque superficiali

## 2.10 Deterioramento dei waterstop costituiti da cordoli idroespansivi

### Descrizione

Il difetto si presenta con distacco di localizzate porzioni di calcestruzzo prossimo al cordolo idroespansivo a seguito del rigonfiamento dello stesso. Questi cordoli, i quali si espandono a contatto con l'acqua, sono progettati per essere annegati nel calcestruzzo durante le riprese di getto al fine di limitare le infiltrazioni di acqua.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare la posizione e l'estensione di superficie interessata dal fenomeno, dimensioni e profondità dei distacchi di calcestruzzo, grado di corrosione delle armature ed estensione delle aree con armature visibili.

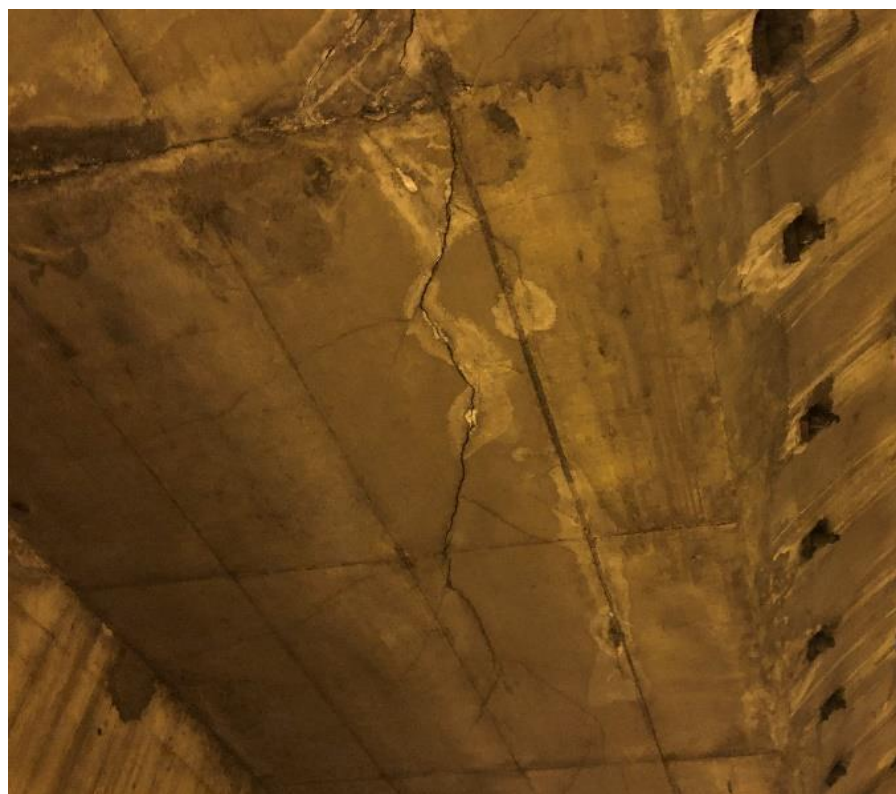
Ispezione uditiva tramite martellamento per determinare posizione e dimensione delle aree dal suono vuoto.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati al deterioramento dei cordoli idroespansivi possono essere: quadri fessurativi in prossimità dei cordoli, infiltrazioni d'acqua o disallineamento dei cordoli.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure



## 3.1 Presenza di fessurazioni longitudinali lungo il rivestimento

### Descrizione

Fessure caratterizzate da direzione parallela all'asse longitudinale della galleria. In relazione al tipo di rivestimento, il difetto si caratterizza prevalentemente come segue:

- *Muratura: le fessure si generano tendenzialmente lungo i letti di malta;*
- *Calcestruzzo gettato: le fessure hanno generalmente larghezza maggiore rispetto alla larghezza delle fessure da ritiro.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare il numero di fessure, verificare deterioramenti ai bordi delle fessure e determinare se le fessure passano lungo i letti di malta o attraverso i blocchi di muratura (o pietra) e se le fessure interessano un singolo concio o più conci consecutivi.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica di inizio e di fine) e della larghezza (misurabile con fessurimetro o calibro), verificando la presenza di eventuali rigetti.

Monitoraggio della deformata del profilo (se presente è sintomo di grave difettosità).

### Fenomeni di degrado correlati

Deformazione del rivestimento, aree risuonanti vuote, distacchi di calcestruzzo o mattoni (o pietre), fessure anomale o deformazioni del fondo stradale.

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure

## 3.2 Fessure diagonali

### Descrizione

Fessure caratterizzate da direzione diagonale rispetto all'asse longitudinale della galleria, anche chiamate fessure oblique. Si manifestano spesso diverse fessure in successione, mentre sono rare fessure isolate. In relazione al tipo di rivestimento, il difetto si caratterizza prevalentemente come segue:

- *Muratura: le fessure spesso seguono i letti di malta e alla vista appaiono a "scaletta";*
- *Calcestruzzo gettato: la larghezza delle fessure è generalmente maggiore rispetto a quelle da ritiro.*

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare il numero delle fessure e l'allineamento, individuare deterioramenti ai bordi delle fessure e determinare se le fessure passano lungo i letti di malta o attraverso i blocchi di muratura (o pietra) e se le fessure seguono o meno le riprese di getto o interventi di ripristino.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica di inizio e di fine) e della larghezza della fessura (con fessurimetro, calibro), stato della fessura di recente formazione o meno.

Monitoraggio della deformata del profilo (se presente è sintomo di grave difettosità).

### Fenomeni di degrado correlati

Muratura: deformazione del rivestimento, zone risonanti vuote, deterioramento di mattoni o pietre;

Muratura e calcestruzzo: formazione di porzione di rivestimento instabile (se le fessure si intersecano), rottura di spigoli, fessure o deformazioni sulle carreggiate.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure



## 3.3 Fessure verticali

### Descrizione

Fessure verticali caratterizzate da direzione perpendicolare all'asse longitudinale della galleria, possono apparire in qualsiasi sezione della galleria.

In relazione al tipo di rivestimento, il difetto si caratterizza prevalentemente come segue:

- *Muratura* : le fessure generalmente seguono i letti di malta o giunti costruttivi;
- *Calcestruzzo gettato*: la larghezza delle fessure è generalmente maggiore rispetto a quelle da ritiro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva per determinare il numero delle fessure, deterioramenti ai bordi delle fessure e determinare se le fessure passano lungo i letti di malta o attraverso i blocchi di muratura (o pietra) e se le fessure seguono o meno le riprese di getto o interventi di ripristino.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica di inizio e di fine) e della larghezza della fessura (con fessurimetro, calibro), stato della fessura di recente formazione o meno.

Monitoraggio della deformata del profilo (se presente è sintomo di grave difettosità).

### Fenomeni di degrado correlati

Deformazione del rivestimento, zone risonanti vuote, pietre deteriorate, fessure o deformazioni sulle carreggiate.

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure

## 3.4 Fessure da ritiro

### Descrizione

Fessure sottili (visibile da 0,1 mm), su getti in calcestruzzo non armato la cui larghezza difficilmente supera 1-2 mm di ampiezza.

In caso di deformazione del profilo della galleria, alcune fessure possono aprirsi per motivi strutturali: in tal caso sono da qualificare come fessure orizzontali, diagonali o verticali (v. 3.1, 3.2 e 3.3) anzichè come fessure da ritiro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Ispezione visiva ravvicinata, con l'ausilio di una potente fonte di illuminazione, per definire la numerosità delle fessure e registrarne la mappatura.

Misurazioni della lunghezza (indicando la progressiva metrica) della distanza fra le fessure e della larghezza delle fessure (con fessurimetro, calibro).

Monitoraggio se una fessura inizialmente attribuita al ritiro si allarga in modo anomalo.

### Fenomeni di degrado correlati

Infiltrazioni d'acqua attraverso le fessure (tunnel senza membrana impermeabile all'estradosso), suono vuoto alla battitura, umidità.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - fessure



## 3.5 Fessure curvilinee

### Descrizione

Trattasi di fessure caratterizzate da andamento curvo uniforme, tipo a mezzaluna, generalmente localizzata con inizio e fine su un giunto di costruzione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Eventuali irregolarità nei bordi della fessura, rilevabili con l'ispezione visiva.

Misura della dimensione dell'area inscritta dalla mezzaluna (da associare alla progressiva metrica del danno) e della larghezza delle fessure (mediante fessurimetro o calibro).

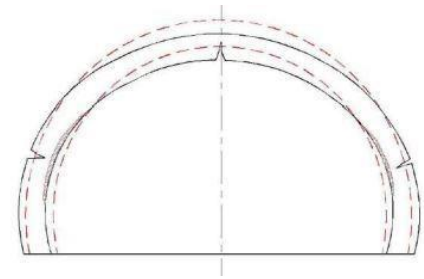
Presenza di vuoti mediante ispezione uditiva (area di suono vuoto rilevabile con martellamento della superficie) indicativa di distacco di un pannello relativamente sottile dal resto del rivestimento.

### Fenomeni di degrado correlati

Distacco di pannelli relativamente sottili dal resto del rivestimento.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni



## 3.6 Abbassamento in chiave deformazione simmetrica deformazione asimmetrica

### Descrizione

Trattasi di un quadro deformativo della sezione del rivestimento della galleria, caratterizzato da un aumento del raggio di curvatura della parte superiore della calotta, un allontanamento dei piedritti e l'abbassamento della volta in chiave.

Si può configurare come deformazione simmetrica o asimmetrica.

In caso di deformazione asimmetrica lo stato deformativo interessa solo un lato dell'arco, tra la base e il piedritto, e si osserva prevalentemente nelle gallerie con profili ogivali snelli.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione ed estensione della tratta di galleria interessata dal difetto mediante ispezione visiva (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto), l'entità della superficie ed il grado di deformazione.

### Fenomeni di degrado correlati

Possibili fessurazioni in chiave di volta.

In caso di deformazione asimmetrica, possibili crepe orizzontali ampie sul lato in spinta, fessure di taglio, scheggiatura in chiave di volta, area dal suono vuoto, ingresso dell'acqua.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.7 Imbozzamento localizzato

### Descrizione

Trattasi di un rigonfiamento localizzato del rivestimento.

Difetto caratteristico dei piedritti, può tuttavia comparire anche a quote più elevate nel profilo trasversale.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale, posizione lungo lo sviluppo della sezione ed estensione della tratta di galleria interessata dal difetto mediante ispezione visiva (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto).

Misura dell'area della superficie deformata e della distorsione massima.

Eventuali condizioni di degrado nella consistenza del rivestimento e presenza di vuoti, mediante ispezione uditiva con martello.

### Fenomeni di degrado correlati

Deterioramento della malta e delle pietre, caduta o allentamento di pietre, umidità, fessurazione.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.8 Disassamento dei conci murari

### Descrizione

Trattasi di un quadro deformativo della sezione del rivestimento della galleria, in cui uno o più strati consecutivi di blocchi sono sfalsati rispetto al normale profilo di intradosso, perché arretrati o sporgenti.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

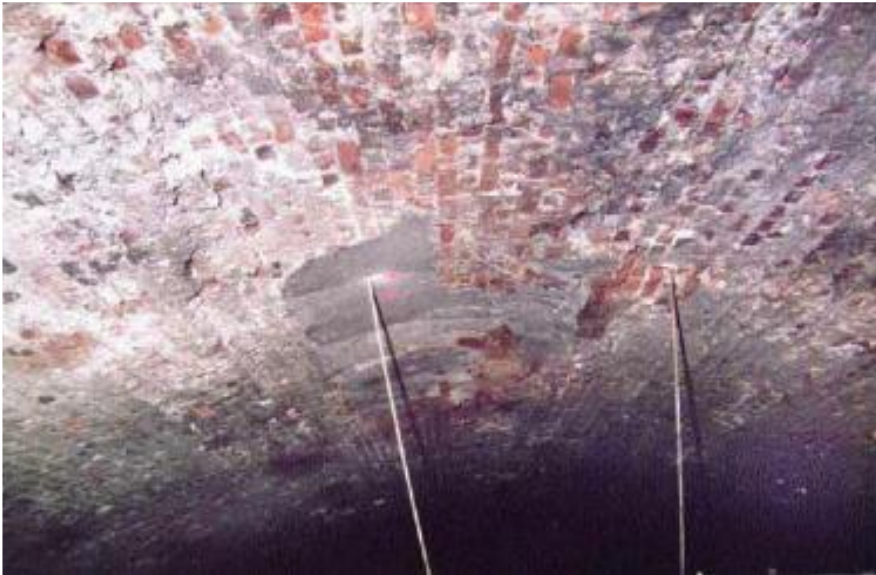
Posizione longitudinale, posizione lungo il profilo della sezione ed estensione della tratta di galleria interessata mediante ispezione visiva (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto).

Misurazioni dell'estensione longitudinale e trasversale della superficie interessata e del valore massimo di discostamento.

Eventuali vuoti nelle giunzioni o a tergo del rivestimento mediante ispezione uditiva (risposta sonora al martello).

### Fenomeni di degrado correlati

Apertura di giunti longitudinali, fessurazioni, vuoti nelle articolazioni, deformazione generale del profilo, sporgenza locale.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.9 Deterioramento dell'arco rovescio

### Descrizione

Il deterioramento dell'arco rovescio si manifesta spesso sotto forma di un sollevamento localizzato o cedimento della massicciata di platea, con conseguente presenza di fessure orizzontali e talvolta trasversali, con bordi irregolari.

Normalmente (quando l'arco rovescio non è visibile) vengono rilevati solo i deterioramenti che sono evidenti sulla carreggiata o sulle pareti laterali.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

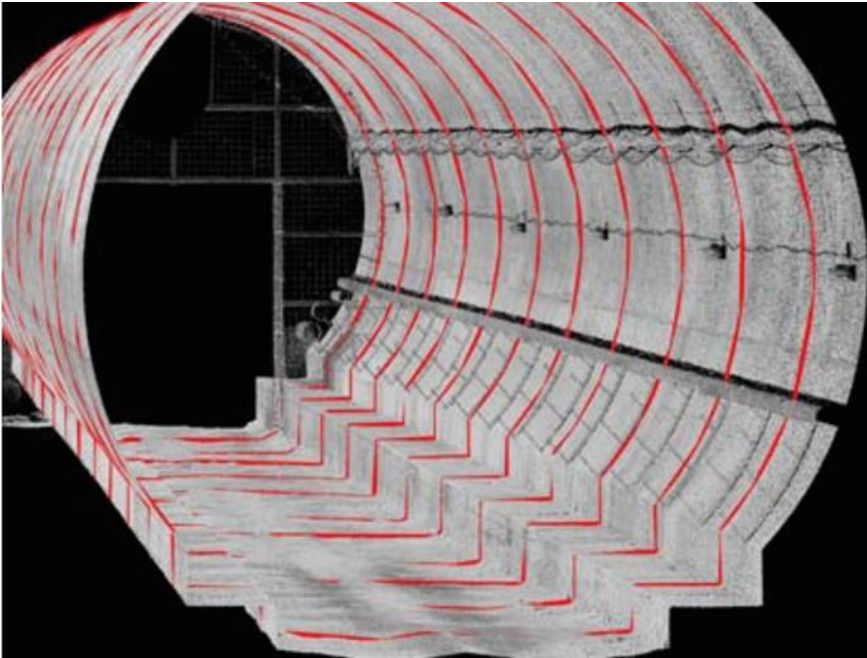
Identificazione della natura e l'entità del difetto, posizione longitudinale ed estensione della tratta interessata (posizione della metrica iniziale e finale) mediante ispezione visiva.

Consistenza dei materiali a tergo delle deformazioni visibili mediante ispezione sonora.

Estensione del difetto e dell'altezza della deformazione (sollevamento o depressione) mediante indagini topografiche.

### Fenomeni di degrado correlati

Infiltrazioni d'acqua, deterioramenti anomali della calotta (distacchi in chiave di volta, diverse estensioni e forme di screpolature) e nelle pareti laterali.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria - deformazioni

## 3.10 Rottura dell'arco (reni, calotta)

### Descrizione

Trattasi di un quadro deformativo della sezione del rivestimento della galleria, in cui uno o più strati consecutivi di blocchi sono sfalsati rispetto al normale profilo di intradosso, perché arretrati o sporgenti. Il crollo può avvenire d'improvviso, ma spesso è preceduto da manifestazioni di degrado che denunciano lo stato di crisi locale del rivestimento. Dette manifestazioni si distinguono per tipo di rivestimento. Con rivestimento in muratura si manifestano sovente fessure/crepe molto aperte, sfaldamento pronunciato, caduta di blocchi, deformazioni del profilo. Con rivestimento in calcestruzzo la rottura improvvisa è più frequente in caso di calcestruzzo proiettato non armato e non fibro-rinforzato e più raro in caso di calcestruzzo gettato con casseri non armato. In questo caso la rottura è spesso preceduta da fessure/crepe molto larghe, bordi sfalsati, sfaldamento significativo del calcestruzzo, pannelli inclinati.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Presenza di fessure e le loro caratteristiche (es. irregolarità), la loro posizione longitudinale (posizione della metrica iniziale e finale) e la posizione nel profilo, rilevabili mediante ispezione visiva. Misurazioni dell'estensione delle fessure (lunghezza, larghezza). Aree di vuoto a tergo del rivestimento rilevabili mediante ispezione uditiva (martellamento).

### Fenomeni di degrado correlati

Presenza di pannelli instabili, deterioramento dei materiali, ingresso dell'acqua natura del terreno circostante o dell'eventuale riempimento (portali), rigonfiamento, deformazione asimmetrica, innalzamento in chiave.



# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi

## 3.11 Scavo localizzato per cariche esplosive instabile



### Descrizione

---

Si riferisce alla fine di un foro scavato per far brillare cariche esplosive in fase di realizzazione. L'instabilità di tali scavi localizzati si presenta sotto forma di fessure e screpolature radiali attorno a un foro.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Localizzazione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e sua estensione mediante ispezione visiva dei fori visibili sul rivestimento.

Estensione del difetto anche mediante ispezione uditiva (con martello).

### Fenomeni di degrado correlati

---

Presenza di blocchi allentati.

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi



## 3.12 Presenza di vuoti in prossimità dell'intradosso del rivestimento

### Descrizione

Spazio vuoto a tergo del rivestimento d'intradosso interno alla galleria. Trattasi di difetto riconducibile talvolta alla fase costruttiva o a fenomeni di progressivo degrado del rivestimento stesso o delle condizioni al suo contorno.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Evidenza all'intradosso di vuoti passanti, rilevabile mediante ispezione visiva, con identificazione della posizione del difetto (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto) e dell'entità della superficie di rivestimento manifestamente interessata dal difetto.

Presenza di vuoti a tergo del rivestimento rilevabile mediante ispezione uditiva (martellamento) martellando il rivestimento, con identificazione della posizione nell'arco, la superficie interessata e l'entità del difetto in relazione al tipo di suono.

### Fenomeni di degrado correlati

Deformazione del rivestimento (per rivestimento in muratura) o fessurazione densa o anormale (per rivestimento in calcestruzzo), altri difetti associabili ad indebolimento dell'arco (alterazioni, fessure, ingresso di acqua, ecc.) e armature corrose (in caso di rivestimento in cemento armato).

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi



## 3.13 Sgretolamenti - vespai

### Descrizione

Si tratta di difetto in cui si manifestano zone con aggregati privati delle parti più fini, a vista o nascoste da uno strato di rivestimento sottile.

Questo difetto più comune nei calcestruzzi datati, rappresenta un difetto di volume e non soltanto di superficie.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e posizione nel profilo (v. difetto localizzato o distribuito sull'intero anello segmentale, ai bordi di un giunto) rilevabile mediante ispezione visiva.

Estensione del difetto, consistenza dei materiali a tergo del rivestimento rilevabili mediante ispezione uditiva (con martello).

### Fenomeni di degrado correlati

Calcestruzzo allentato, umidità.

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi



## 3.14 Deterioramento dei giunti in calcestruzzo

### Descrizione

Si tratta di un difetto che si manifesta ai bordi dei giunti di costruzione tra due anelli contigui di calcestruzzo, con comparsa di parti staccate, parti squamate e crepe, che causano il conseguente deterioramento del calcestruzzo. Questo tipo di deterioramento, che influisce sulla linearità, la forma o il riempimento del giunto si può manifestare in diverse forme, tra cui le più comuni riguardano: la diffusione della fessura di giunto in uno degli anelli, la presenza di segregazioni localizzate di aggregati lungo i bordi, distacchi con caduta di pezzi di calcestruzzo, distacchi con caduta di porzione di ripristini applicati sui giunti per scopi aeraulici o estetici (nei condotti di ventilazione).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), estensione e sue caratteristiche rilevabili mediante ispezione visiva. Da verificare che la parte inferiore del giunto sia riempita. Estensione del difetto valutabile anche mediante ispezione uditiva (con martello). È anche opportuno quantificare l'entità del deterioramento mediante misure.

### Fenomeni di degrado correlati

Presenza di umidità.

# Difetti relativi agli elementi strutturali e alla geometria della galleria – difetti costruttivi

## 3.15 Difetti della superficie nel calcestruzzo



### Descrizione

Rientrano in questa categoria tutti quei difetti che alterano l'aspetto, il colore o l'uniformità della superficie di intradosso quali, a titolo di esempio: bolle, acqua affiorante, variazioni di colore, contorno visibile del rinforzo, tracce di ruggine, deformazioni localizzate della casseratura.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), estensione della superficie interessata e densità di difettosità rilevabili mediante ispezione visiva.

Qualità dei materiali ed estensione del difetto rilevabile mediante ispezione uditiva (con martello).

Durezza della superficie del calcestruzzo misurabile con uno sclerometro.

È anche opportuno quantificare l'entità del deterioramento mediante misure.

### Fenomeni di degrado correlati

Deterioramento locale del calcestruzzo (segregazione, vespai), umidità, zone con suono sordo, fessure.

# Difetti associati al fuoco

## 3.16 Danneggiamenti dovuti ad incendio

### Descrizione

Rientrano in questa categoria i fenomeni di degrado indotti dall'esposizione agli effetti di un incendio (calore, fumo) sull'intradosso del rivestimento della galleria.

Questo tipo di deterioramenti hanno una gran varietà di manifestazioni in relazione al tipo di rivestimento della galleria ed al tipo e durata di esposizione, tra cui si citano, ad esempio: variazione del colore del rivestimento, distacco profondo (crateri), distacco superficiale, fusione della superficie, fessurazioni profonde. I deterioramenti più accentuati si manifestano comunemente in volta, dove si raggiungono le temperature più alte.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale ed estensione della tratta di galleria interessata dal difetto (da rilevare la posizione della metrica iniziale e finale del difetto) e colore del rivestimento mediante ispezione visiva.

Estensione del difetto e consistenza dei materiali mediante ispezione uditiva (con martello).

Dimensioni e profondità delle aree di distacco o crateri (spalling) e fessurazione mediante misure locali.

Durezza della superficie del calcestruzzo misurabile con uno sclerometro.

### Fenomeni di degrado correlati

Riduzione delle caratteristiche meccaniche (nelle sezioni adiacenti alla zona soggetta al fuoco e apparentemente indenni), perdita della tenuta stagna del rivestimento, danni al sistema di drenaggio/scolo.



# Difetti associati alla scarsa manutenzione



## 3.17 Scarsa manutenzione, ripristini ammalorati, canalette ammalorate o inefficienti

### Descrizione

Rientrano in questa categoria tutti quei difetti che non influiscono sull'integrità strutturale della galleria, ma che possono interferire con la sua funzionalità ed in alcuni casi possono costituire un pericolo per gli utenti. Trattasi di difetti di natura molto varia e localizzati in diverse parti della galleria.

Sono spesso causati dalla mancanza o carenza di manutenzione: è quindi importante registrarli tra le "azioni da intraprendere" del rapporto di ispezione e verificarne lo sviluppo durante la successiva ispezione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Tipo e posizione del difetto, potenziale pregiudizio per le componenti di impianto e sicurezza degli utenti mediante ispezione visiva. Misurazioni utili a quantificare l'entità del difetto.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.1 Ormaie

### Descrizione

Deformazione della sovrastruttura che comunemente si manifesta in corrispondenza della traiettoria delle ruote, con rifluimenti laterali di materiale. La profondità della deformazione si estende agli strati di conglomerato bituminoso o ancora oltre (fondazione e sottofondo).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza delle ormaie con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

Fessure longitudinali o fessurazioni a pelle di cocodrillo.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.2 Ondulazioni trasversali

### Descrizione

Deformazioni della sovrastruttura caratterizzata da depressioni localizzate, in senso ortogonale all'asse stradale, più o meno visibili. Quando poco accentuate provocano vibrazioni senza compromettere lo smaltimento delle acque superficiali. Quando più accentuate influenzano il comfort di guida e lo smaltimento delle acque superficiali non avviene in maniera corretta.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza delle ondulazioni con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

Possibile fessurazione delle zone di contorno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.3 Avvallamenti di vaste superfici



### Descrizione

Deformazione della sovrastruttura caratterizzata da depressioni localizzate, generalmente di forma circolare o ellittica che possono arrivare a rendere difficile il controllo del veicolo; lo smaltimento delle acque può risultare compromesso.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza degli avvallamenti con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

Possibile fessurazione delle zone di contorno, buche.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.4 Depressioni localizzate

### Descrizione

---

Distorsione della superficie stradale con area localizzata con quota inferiore a quella circostante (da 1,0 a 5,0 cm circa).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e superficie interessata mediante ispezione visiva.

Misure di altezza della depressione con asta rigida.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Possibile ristagno d'acqua (possibili fenomeni di acquaplaning).



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.5 Fessurazioni longitudinali

### **Descrizione**

Degrado consistente nella manifestazione di fessure continue lungo l'asse stradale, sovente al centro della carreggiata o tra le corsie. Alle fessure semplici si possono affiancare piccole fessure parallele.

### **Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto**

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e posizione trasversale sulla piattaforma mediante ispezione visiva.

Misure dello spessore delle fessure.

Eventuale corrispondenza con discontinuità negli elementi strutturali del rivestimento di galleria.

### **Fenomeni di degrado correlati**

Fessure a pelle di coccodrillo, formazione di buche a causa della presenza d'acqua, del gelo e di agenti chimici.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.6 Fessurazioni ramificate

### Descrizione

Degrado consistente nella manifestazione di fessure longitudinali e trasversali che formano una maglia sulla superficie della pavimentazione.

Nelle fessurazioni a blocchi si hanno fessure con cambiamento di direzione nelle fessure sovente ad angolo retto. La fessurazione non è limitata al percorso delle ruote dei veicoli, ma generalmente si manifesta estesa su ampie aree. Nelle fessurazioni a «pelle di coccodrillo» (*Alligator Cracking*) le fessure conferiscono al rivestimento l'aspetto della pelle di coccodrillo, si formano lungo le tracce dei veicoli e manifestano problemi strutturali della pavimentazione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e posizione trasversale sulla piattaforma mediante ispezione visiva.

Misure dell'estensione del difetto e dello spessore delle fessure.

### Fenomeni di degrado correlati

Formazione di buche.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.7 Presenza di buche

### Descrizione

Degrado consistente nella formazione di piccole cavità nella pavimentazione di forma indicativamente circolare (diametro  $< 75$  cm) con bordi taglienti e verticali, che possono arrivare fino agli strati più profondi della pavimentazione. Queste derivano spesso da fessurazioni a pelle di cocodrillo, da fessure in generale o da sfondamenti della pavimentazione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e sua estensione sulla piattaforma mediante ispezione visiva.

Misure del diametro e dello spessore delle buche.

### Fenomeni di degrado correlati

Distacchi superficiali.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.8 Risalita sul piano viabile di materiale



### Descrizione

---

Fenomeno di comparsa di acqua e materiale fino sul piano viabile, tramite fessure nella pavimentazione e dietro l'effetto di carichi ripetuti per transito di veicoli in concomitanza con deterioramento della fondazione.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), superficie interessata, presenza di acqua e di materiale fino in superficie mediante ispezione visiva.

Misure di altezza di eventuali avvallamenti del piano viabile.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Ostruzione degli scarichi o dei collettori, fessurazioni anomale, rottura dei sistemi di raccolta dell'acqua.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.9 Dissesti ai giunti delle sovrastrutture in calcestruzzo

### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le condizioni in cui si manifesta una anomalia localizzata presso i giunti tra lastre nelle pavimentazioni rigide, in calcestruzzo. Tra questi difetti si citano i fenomeni comunemente noti come lo scalinamento, consistente in una differenza di quota fra corsie o fra una corsia e la banchina adiacente, il cedimento di giunti trasversali e fessure (*Joint faulting*), il degrado della sigillatura del giunto (*Joint sealant damage*), la scheggiatura dei giunti o degli angoli, che consiste in una rottura della lastra fino ad una distanza di 0.6 m dal bordo che non interessa tutto lo spessore del calcestruzzo, ma interseca il giunto o interessa un angolo della lastra.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), tipologia ed entità mediante ispezione visiva. Misura dell'altezza della differenza di quota tra lastre adiacenti.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.10 Dissesti della lastra in calcestruzzo

### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le condizioni in cui si manifesta una anomalia localizzata sulle lastre nelle pavimentazioni rigide, in calcestruzzo. Tra questi difetti si citano i fenomeni comunemente noti come la fessurazione lineare (*Linear cracking*) che divide la lastra in 2 o 3 pezzi, la fessurazione d'angolo (*Corner cracking*) che intercetta i giunti longitudinali e trasversali adiacenti, ed è orientata con un angolo di circa  $45^\circ$  rispetto all'asse longitudinale della pavimentazione, la fessurazione da ritiro (*Shrinkage cracking*) con fessure capillari da ritiro (generalmente di lunghezza inferiore ad 1 m), la frantumazione delle lastre (*Block cracking*) o il punzonamento (*Punch-out*).

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), tipologia ed entità mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.11 Riduzione dell'aderenza

### Descrizione

---

In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le condizioni di difettosità in cui si manifesta riduzione dell'aderenza superficiale dei pneumatici sul piano d'usura, e potenzialmente riconducibile a diverse forme di degrado.

Tra queste si richiamano, in particolare, i fenomeni (tra loro incompatibili) di levigatura degli aggregati, in cui gli aggregati si presentano lucidi e lisci al tatto, o di risalita di bitume, in cui si manifesta un film di materiale bituminoso sul piano stradale.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) e sua estensione sulla piattaforma rilevabile mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Nessuno.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.12 Dissesti della banchina destra

### Descrizione

---

Degrado consistente nella manifestazione di fessure parallele al margine laterale, comunemente distanti da questo circa  $30 \div 50$  cm.

In relazione all'entità del difetto, si può avere bassa fessurazione senza sgranamento, media fessurazione con poco sgranamento, o sgranamento considerevole.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) ed entità del difetto rilevabile mediante ispezione visiva.

Misure dell'estensione del difetto e dello spessore delle fessure.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.13 Dissesti della banchina sinistra

### Descrizione

---

Degrado consistente nella manifestazione di fessure parallele al margine laterale, comunemente distanti da questo circa  $30 \div 50$  cm.

In relazione all'entità del difetto, si può avere bassa fessurazione senza sgranamento, media fessurazione con poco sgranamento, o sgranamento considerevole.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

---

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale) ed entità del difetto rilevabile mediante ispezione visiva.

Misure dell'estensione del difetto e dello spessore delle fessure.

### Fenomeni di degrado correlati

---

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.14 Dissesti del marciapiede destro

### Descrizione

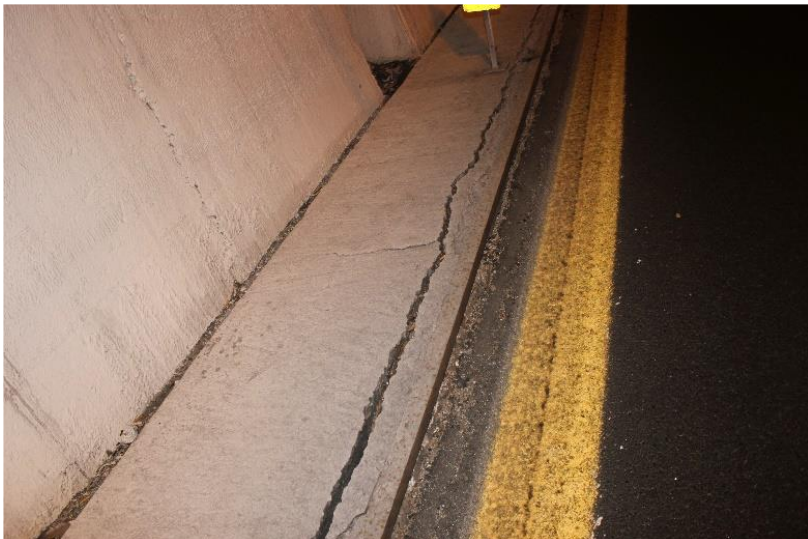
In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le manifestazioni di degrado del marciapiede sul margine laterale destro della galleria, per ammaloramento della superficie superiore o laterale, cumulo di detriti, disgregazione del profilo, anomalie nell'altezza del marciapiede rispetto al piano viabile, ecc.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), sua natura ed entità, rilevabili mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale



## 4.15 Dissesti del marciapiede sinistro

### Descrizione

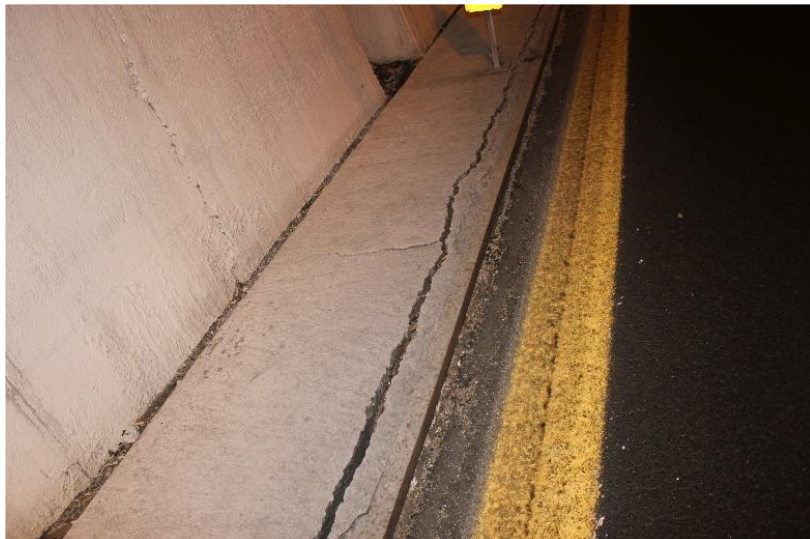
In questo tipo di difetto vengono ricondotte tutte le manifestazioni di degrado del marciapiede sul margine laterale destro della galleria, per ammaloramento della superficie superiore o laterale, cumulo di detriti, disgregazione del profilo, anomalie nell'altezza del marciapiede rispetto al piano viabile, ecc.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione longitudinale del difetto (posizione della metrica iniziale e finale), sua natura ed entità, rilevabili mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.



# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.16 Disallineamento segnaletica orizzontale



### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte le anomalie nel tracciamento della segnaletica orizzontale in galleria, con particolare riferimento ai difetti nell'allineamento delle strisce longitudinali.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Tipo di difetto e sua localizzazione (posizione della metrica iniziale e finale) mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.

# Difetti relativi alla piattaforma stradale/autostradale

## 4.17 Disallineamento segnaletica verticale



### Descrizione

In questo tipo di difetto vengono ricondotte le anomalie nell'installazione di segnaletica verticale, con particolare riferimento ai difetti nell'allineamento dei segnali rispetto alla carreggiata.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Tipo di difetto e sua localizzazione (posizione della metrica iniziale e finale) mediante ispezione visiva.

### Fenomeni di degrado correlati

Nessuno.

# Difetti relativi agli elementi non strutturali e impianti



## 5.1 Deterioramento di lastre e tamponature

### Descrizione

Il deterioramento di lastre e tamponature può manifestarsi in diversi modi e nei diversi elementi che li compongono:

- corrosione nei ganci di supporto;
- fessurazioni diagonali nelle porzioni di contatto tra lastra e calotta;
- fessurazioni degli spigoli con conseguente rottura e caduta di materiale;
- distacchi di porzioni di calcestruzzo nei giunti o prossimo ai ganci di supporto.

### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione e forma delle fessure, posizione e dimensioni delle porzioni di calcestruzzo distaccato, grado di corrosione dei ganci di supporto rilevabili mediante ispezione visiva.

Posizione ed estensione dei difetti rilevabile mediante ispezione uditiva tramite martellamento (per individuare le aree dal suono vuoto).

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere: infiltrazioni d'acqua, quadri fessurativi, detriti in carreggiata o sui marciapiedi oppure deformazioni e movimenti della carreggiata.

# Difetti relativi agli elementi non strutturali e impianti

## 5.2 Instabilità del sistema di ancoraggio/supporto

### Descrizione

La stabilità del sistema di ancoraggio/supporto mediante il quale gli apprestamenti (segnaletica, impianti) sono installati in galleria può essere compromessa e conseguentemente pregiudicare la sicurezza degli utenti su strada. La difettosità rilevabile su questo tipo di installazioni può manifestarsi in diversi modi e nei diversi elementi che li compongono, come ad esempio:

- allentamenti e scarso serraggio del sistema di ancoraggio/supporto;
- corrosione del sistema di ancoraggio/supporto;
- deformazioni del sistema di ancoraggio/supporto;
- fessurazioni nel calcestruzzo in corrispondenza del sistema di ancoraggio/supporto;
- distacchi di porzioni di calcestruzzo in corrispondenza del sistema di ancoraggio/supporto;
- presenza di umidità in corrispondenza del sistema di ancoraggio/supporto;

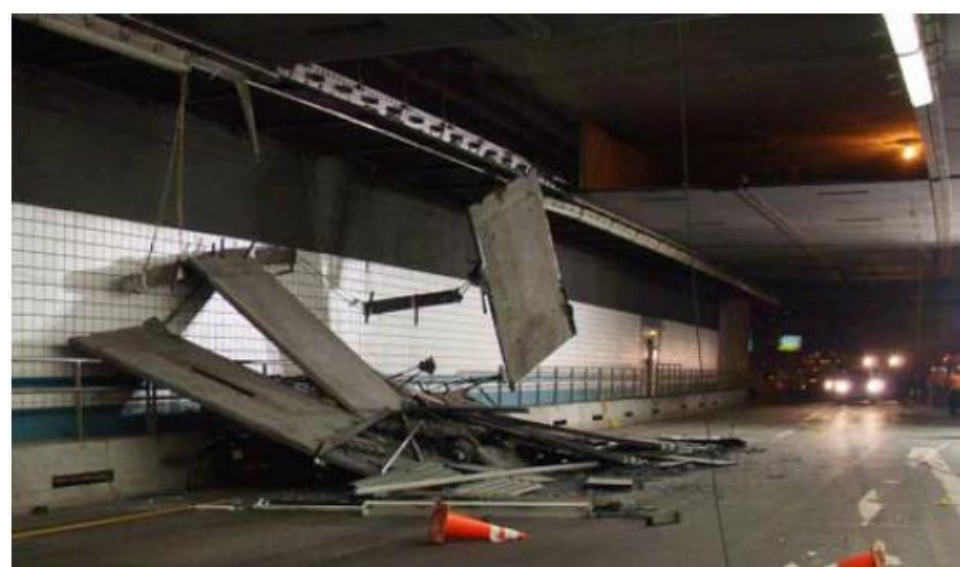
### Elementi rilevabili in ispezione utili a qualificare il difetto

Posizione e forma delle fessure, posizione e dimensioni delle porzioni di calcestruzzo distaccato, deformazioni e grado di corrosione del sistema di ancoraggio/supporto, rilevabili mediante ispezione visiva.

Posizione ed estensione dei difetti rilevabile mediante ispezione uditiva tramite martellamento.

### Fenomeni di degrado correlati

I difetti associati a questo fenomeno possono essere quadri fessurativi, detriti o parti di impianti e segnaletica in carreggiata o sui marciapiedi.





**Politecnico  
di Torino**