

GALLERIE AUTOSTRADALI RIVESTIMENTI Ispezioni

Servizi di ingegneria per indagini e progettazione

ASSESSMENT GALLERIE

MESSA IN SICUREZZA

PROGETTO STRUTTURALE

Interventi Tipologici di Messa in Sicurezza

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

PROGETTISTA SPECIALISTICO

Dott. Ing. Giovanna Cassani
Dott. Ing. Alessandro Damiani
Dott. Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Geom. Mauro Moretti

VALIDAZIONE A CURA DI

CODICE IDENTIFICATIVO

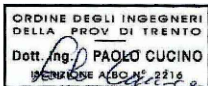
CODICE STONE				INIZIATIVA / COMMESSA	RIFERIMENTO DIRETTORIO			RIFERIMENTO ELABORATO		
Autostrada	Tronco	Opera	Carr.		Capitolo	Paragrafo	Sottoparagrafo	Tipo Doc.	Progressivo	Rev.
00	01	0000.0	0	ASSGAL	MES	TUN	TIP	R	0165	00



Lombardi Ingegneria S.r.l. (mandataria)
Lombardi SA Ingegneri Consulenti

SWS

SWS Engineering S.p.A.



Rocksoil S.p.A.



REVISIONE

N°	Data	Redatto	Verificato	Note
00	19.05.2020	A.ZIMBALDI	A.AMADI	EMISSIONE
01				
02				
03				
04				
05				

VISTO DEL COMMITTENTE



VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

Sommario

1	PREMESSA	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	MODALITA' ISPETTIVE E DI CLASSIFICAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ	7
4	INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA	10
4.1	OBIETTIVI	10
4.2	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	11
4.3	INTERVENTO DI TIPO A	12
4.4	INTERVENTO DI TIPO B1	13
4.5	INTERVENTO DI TIPO B2	14
4.6	INTERVENTO DI TIPO C1	15
4.7	INTERVENTO DI TIPO C2	16
4.8	INTERVENTO DI TIPO D	17
4.9	INTERVENTO DI TIPO E1	18
4.10	INTERVENTO DI TIPO E2	19
4.11	INTERVENTO DI TIPO F	21
4.12	INTERVENTO TIPO G1	23
4.13	INTERVENTO TIPO G2	24
4.14	INTERVENTO TIPO G3	25
4.15	INTERVENTO TIPO H1	26
4.16	INTERVENTO TIPO H2	27
4.17	INTERVENTO TIPO I	29
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE	31
5.1	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA	31
5.1.1	<i>Analisi dei carichi</i>	31
5.1.2	<i>Combinazioni di carico</i>	32
6	PROGETTO DEGLI INTERVENTI	33
6.1	TIPO A	33
6.2	TIPO B1	35
6.3	TIPO B2	35
6.4	TIPO C1	35
6.5	TIPO C2	36
6.5.1	<i>Verifica della chiodatura</i>	36
6.5.2	<i>Verifica dello spessore ripristinato</i>	40
6.6	TIPO D	40
6.6.1	<i>Verifica della chiodatura</i>	40
6.7	TIPO E1	42
6.8	TIPO E2	42
6.9	TIPO F	42
6.10	TIPO G1	42
6.10.1	<i>Verifica della chiodatura</i>	42
6.11	TIPO G2	45
6.11.1	<i>Verifica della chiodatura</i>	45
6.11.2	<i>Verifica del pannello di rete</i>	47
6.12	TIPO G3	47
6.12.1	<i>Verifica della chiodatura</i>	47

6.13	TIPO H1.....	53
6.14	TIPO H2.....	53
6.15	TIPO I.....	53
7	GIUDIZIO CONCLUSIVO SULLA SICUREZZA DELL'OPERA.....	54

Indice delle Figure

FIGURA 4-1 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO A	12
FIGURA 4-2 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO B1	13
FIGURA 4-3 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO B2	14
FIGURA 4-4 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO C1	15
FIGURA 4-5 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO C2	16
FIGURA 4-6 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO D	17
FIGURA 4-7 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO E1	18
FIGURA 4-8 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO E2	20
FIGURA 4-9 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO F	22
FIGURA 4-10 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO G1	23
FIGURA 4-11 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO G2	24
FIGURA 4-12 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO G3	25
FIGURA 4-13 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO H1	26
FIGURA 4-14 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO H2	28
FIGURA 4-15 – SCHEMA RAPPRESENTATIVO INTERVENTO TIPO I	30
FIGURA 5-1 – MAPPA SISMICA	32
FIGURA 6-1 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 3M DI INTERASSE	36
FIGURA 6-2 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 4.5M DI INTERASSE	37
FIGURA 6-3 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 9M DI INTERASSE	37
FIGURA 6-4 – VALORI DI A IN FUNZIONE DEL TIPO DI TERRENO E DELLE MODALITÀ DI INIEZIONE (SEMPLICE O RIPETUTE)	38
FIGURA 6-5 – DIAGRAMMA PER IL CALCOLO DEL VALORE DI T_{lim} PER ROCCE ALTERATE E FRATTURATE [LA CURVA SG1 È PER FONDAZIONI REALIZZATE MEDIANTE INIEZIONI RIPETUTE; SG2 PER FONDAZIONI MEDIANTE INIEZIONE SEMPLICE]	39
FIGURA 6-6 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 3M DI INTERASSE	43
FIGURA 6-7 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 4.5M DI INTERASSE	44
FIGURA 6-8 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 9M DI INTERASSE	44
FIGURA 6-9 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA (GIUNTI STRUTTURALI NON PIÙ DA CONSIDERARE)	46
FIGURA 6-10 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 3M DI INTERASSE	48
FIGURA 6-11 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 4.5M DI INTERASSE	49
FIGURA 6-12 – VALUTAZIONE AREA DI INFLUENZA CON I GIUNTI STRUTTURALI A 9M DI INTERASSE	50
FIGURA 6-13 – POSSIBILE DEFORMATA DI GALLERIA (IN ROSSO)	51

Indice delle Tabelle

TABELLA 1 – CLASSIFICAZIONE IQOA	8
TABELLA 6-1 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	39
TABELLA 6-2 – VERIFICA DELLO STRATO RIPRISTINATO	40
TABELLA 6-3 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	41
TABELLA 6-4 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	41
TABELLA 6-5 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	45
TABELLA 6-6 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	46
TABELLA 6-7 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	47
TABELLA 6-8 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	52
TABELLA 6-9 – VERIFICA DELLA BULLONATURA	52

1 PREMESSA

La presente Relazione si inquadra nell'ambito del piano generale di Assessment delle gallerie appartenenti alla rete Autostradale ASPI.

Tale piano generale, per la descrizione del quale si rimanda agli specifici elaborati di riferimento, prevede sostanzialmente una "ispezione di punto zero", che consiste, previa raccolta e analisi della documentazione disponibile, in una ispezione di verifica straordinaria di tutte le gallerie, sia mediante sopralluoghi visivi, sia mediante indagini di approfondimento, finalizzata a valutare lo stato di consistenza dei rivestimenti delle gallerie e conseguentemente a definire gli eventuali interventi di messa in sicurezza che risultino necessari.

Nella presente Relazione Tecnica e di Calcolo, dopo una descrizione delle modalità secondo le quali si svolge l'attività di ispezione e di classificazione delle difettosità, (CAP. 3), verranno descritti tutti i tipologici degli interventi di messa in sicurezza attualmente previsti (CAP. 4).

Il documento procede descrivendo i criteri di progettazione e le verifiche di calcolo degli interventi (CAP. 5 e 6) e le considerazioni conclusive sulla sicurezza dell'opera (CAP. 7).

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Norme Tecniche per le Costruzioni – 2018
-

3 MODALITA' ISPETTIVE E DI CLASSIFICAZIONE DELLE DIFETTOSITÀ

Nel presente capitolo verranno illustrate le principali modalità ispettive ed i criteri di classificazione delle difettosità adottati.

Le attività di verifica si inquadrano nell'ambito di una cosiddetta "Ispezione di punto zero", che consiste in una ispezione straordinaria motivata dalla necessità di valutare "ex novo" lo stato di consistenza dei rivestimenti di galleria al 2020.

Si citano di seguito i documenti che costituiscono la base di tale attività ispettiva, ai quali si rimanda per ogni approfondimento:

- **Nuovo Catalogo Difetti**
- **Nuovo Manuale di Ispezione**

Nel "Nuovo catalogo difetti" i deterioramenti o difetti osservati più spesso durante l'ispezione di gallerie sono stati raggruppati insieme e classificati per tipologia.

Il documento ha la finalità di analizzare e classificare ogni tipologia di difetto che l'ispettore potrà rilevare sul campo per il tramite dell'attività ispettiva visiva e l'ausilio di eventuali attrezzature.

Il catalogo si pone come punto fermo dell'ispettore al fine di supportarlo nell'identificazione, catalogazione e valutazione dei difetti ispezionati.

Inoltre ha come scopo l'omogeneizzazione del metro di giudizio degli ispettori cercando di diffondere tra gli stessi anche un identico linguaggio.

Sono state catalogate molteplici categorie, per ciascuno dei quali è stata predisposta una scheda di identificazione in cui sono riportate tutte le informazioni necessarie per svolgere al meglio la valutazione. Come supporto aggiuntivo sono presenti fotografie esplicative del difetto.

Il Nuovo Manuale di Ispezione inoltre, ad integrazione del manuale dei difetti, fornisce le indicazioni per consentire all'ispettore di scorgere e analizzare il deterioramento nonché stabilire una priorità tra i deterioramenti in termini di gravità permettendo quindi di segnalare le situazioni più critiche.

Sostanzialmente, effettuando i sopralluoghi da una posizione vicina al rivestimento del tunnel, (prevedendo anche l'utilizzo di piattaforme elevatrici), il metodo di ispezione è visivo e supportato da martellamento. Questo metodo non distruttivo consente un'adeguata valutazione della condizione del rivestimento, ma non impedisce all'ispettore, in particolari condizioni potenzialmente critiche, di chiedere l'attuazione di ulteriori metodi di analisi per aiutarlo a valutare lo "stato di salute" di tutta o di una parte della struttura (indagini integrative).

Il manuale propone per il rivestimento del tunnel il metodo di valutazione IQOA (Image Qualité des Ouvrages d'Art) riportato nelle Linee Guida CETU 2015.

La **classificazione delle difettosità secondo il Sistema IQOA** si scompone in due parti, la prima permette la classificazione dei difetti civili, la seconda classifica le venute d'acqua, come sintetizzato nella seguente tabella:

Classificazione IQOA - Genio Civile	
Fessure / Fissures Alterazioni / Alterations	
1	In buono stato apparente
2	Difetti superficiali
2E	Difetti superficiali con evoluzione
3	Degrado profondo che necessita intervento
3U	Degrado profondo che necessita intervento urgente
S	Rischi per gli utenti
Classificazione IQOA - Azione dell'acqua	
Venute d'acqua / Venues d'eau	
A1	Nessun problema, solo macchie di umidità
A2	Presenza d'acqua importante, possibile evoluzione del degrado a lungo termine
A2E	Presenza d'acqua importante, possibile rischio per l'opera, rafforzare sorveglianza e adottare provvedimenti
S	Rischi per gli utenti

Tabella 1 – Classificazione IQOA

Con riferimento alla parte civile, la Classificazione IQOA prende in considerazione quadri fessurativi, lesioni ed alterazioni in genere, identificandole, durante la fase di ispezione, con un codice alfanumerico che ne individua la gravità/pericolosità, in relazione alla quale l'intervento può essere programmato nel tempo e definito ad esempio urgente (nel giro di qualche giorno/settimana) o immediato, in quanto riguarda la sicurezza degli utenti.

La Classificazione IQOA considera anche le difettosità relative alle venute d'acqua, la cui presenza può esaltare ed accelerare il degrado strutturale, in relazione anche alle caratteristiche chimiche dell'acqua, sia sulla matrice di calcestruzzo che sulle barre di armatura qualora presenti.

Inoltre, la presenza di venute d'acqua (con gocciolamento), tipicamente distanti dal giunto costruttivo o da lesioni trasversali (circonferenziali), è sintomatico di quadri fessurativi più o meno ampi che devono essere rilevati e classificati opportunamente, in quanto veicoli di difettosità e degradi evolutivi molto pericolosi per la sicurezza degli utenti.

In presenza di difettosità classificate con la lettera S, l'opera non può essere più fruibile se non dopo la risoluzione della criticità rilevata.

Ad ogni valutazione (3,3U, S) corrisponderà una tempistica di intervento al fine di riparare/ridurre l'entità del difetto:

- Votazione 3: intervento nell'arco di pochi mesi;

- Votazione 3U: intervento nell'arco di poche settimane;
- Votazione S: intervento immediato.

Le zone caratterizzate da una classificazione più critica, con particolare riferimento al calcestruzzo, dovranno essere sedi di approfondimenti urgenti mediante saggi puntuali, (indagini integrative) allo scopo di definire la qualità del calcestruzzo e la presenza o meno di vuoti nel calcestruzzo stesso o al contorno nonché lesioni interne non visibili.

Si dovrà pertanto prevedere la necessità di una rapida esecuzione e restituzione dati di indagini specifiche, indicate in sede di ispezione in funzione del contesto localmente riscontrato, allo scopo di definire la tipologia e le reali dimensioni dell'intervento.

Tali indagini risulteranno integrative rispetto alle indagini già effettuate in sede preliminare (le quali in genere consistono in georadar longitudinali, laser scanner, fiorettature e/o carotaggi con determinazione resistenza del calcestruzzo ed eventuali prove con martinetti piatti per verifica dello stato tensionale).

Le indagini integrative saranno prevalentemente costituite da:

- Prove georadar trasversali,
- Fiorettature con video ispezioni,
- Prove pull-out
- carotaggi sul calcestruzzo, con prelievo di campioni per determinazione in laboratorio della resistenza a compressione.
- prove di misura dello stato tensionale dei rivestimenti (es. martinetti piatti).

La descrizione degli interventi previsti è contenuta nel successivo capitolo 4.

4 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

4.1 OBIETTIVI

L'applicazione di interventi provvisori, contestualmente o successivamente alla fase di ispezione, svolgono un ruolo fondamentale per garantire la funzionalità e la sicurezza dell'opera.

Le caratteristiche, l'entità e l'evoluzione dei difetti sono la conseguenza di un meccanismo di deterioramento dovuto sia a cause interne, relative alle caratteristiche intrinseche del rivestimento, dell'eventuale impermeabilizzazione e dei materiali impiegati, sia a cause esterne, relative al comportamento dell'ammasso roccioso circostante. Tra le cause esterne una fra le più rilevanti è sicuramente la diffusa presenza di acqua, che, vista la frequenza mancanza dell'impermeabilizzazione, ha potuto penetrare nei getti di cls. principalmente attraverso le numerose riprese di getto oltre che anche dal quadro fessurativo talora presente, determinando nel tempo un progressivo degrado delle caratteristiche del calcestruzzo.

Non sono da trascurarsi inoltre le cause di degrado derivanti dalla non idonea esecuzione dell'opera (ad es. scarsa qualità del cls, possibili giunti a freddo per anomala interruzione dei getti, marcati sottospessori etc..) che evidentemente possono costituire motivo di aggravamento del quadro sopra descritto.

I difetti sono stati catalogati tramite la classificazione IQOA descritta al capitolo 3.

Una volta individuate le cause del degrado e gli effetti derivanti, sotto forma di difettosità che vengono sistematicamente mappate in corso di ispezione, si procede alla definizione dei relativi interventi di ripristino provvisori per la messa in sicurezza dell'opera.

Gli interventi di messa in sicurezza attualmente previsti sono i seguenti:

- A) Presidi per distacchi corticali;
- B1) Venute d'acqua diffuse o concentrate;
- B2) Ammaloramento superficiale con venute d'acqua diffuse o concentrate;
- C1) Presidi per distacchi profondi (spessore sp. 10 – 20 cm)
- C2) Presidi per distacchi profondi (spessore sp. 20 – 40 cm)
- D) Presidi per la presenza di cavità al contorno;
- E1) Ammaloramento profondo (spessore sp. 10 – 20 cm) con venute d'acqua diffuse o concentrate
- E2) Ammaloramento profondo (spessore sp. 20 – 40 cm) con venute d'acqua diffuse o concentrate;
- F) Ammaloramento profondo (sp. <40 cm) con venute d'acqua diffuse o concentrate in presenza di cavità al contorno.
- G1) Reticoli di fessure che individuano elementi potenzialmente instabili (Vol. >1mc) in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate
- G2) Reticoli di fessure che individuano elementi potenzialmente instabili (Vol. <1mc) in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate.

- G3) Quadro fessurativo persistente in presenza di significativi stati tensionali nei rivestimenti e con venute d'acqua diffuse o concentrate
- H1) Ripristino ammaloramento copriferro e armature.....
- H2) Ripristino ammaloramento copriferro e armature con venute d'acqua diffuse o concentrate
- I) Ripristino ammaloramento zona piedritti

Relativamente alla classificazione IQOA ed agli interventi associati si specifica quanto segue:

- Gli interventi di messa in sicurezza sono da prevedersi sostanzialmente in corrispondenza delle difettosità 3, 3U e S, per le alterazioni/fessure, e A2, A2E, S, per le venute d'acqua.
- Qualora siano presenti difettosità superficiali, ma che appaiano caratterizzate da un marcato degrado e/o alla percussione evidenzino una riduzione della resistenza del calcestruzzo, queste vengono cautelativamente classificate 3U, con associati interventi di messa in sicurezza non invasivi (reti e/o lamiere grecate).

4.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Nel seguito vengono descritti gli interventi sopra elencati. Per i dettagli si rimanda ai relativi elaborati grafici progettuali degli interventi tipologici.

4.3 INTERVENTO DI TIPO A

L'intervento di tipo A riguarda i presidi per distacchi corticali. Le caratteristiche di intervento si applicano ad ammaloramenti superficiali, vespai o frammenti instabili per reticolo fessurativo.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3, 3U ed S. Dopo un'eventuale scarifica preventiva di ammaloramenti si procede con l'applicazione di reti protettive leggere con sovrapposte reti protettive pesanti:

- Reti leggere con una maglia elettrosaldata in acciaio inox $\Phi 1.6$ mm, 12.7x12.7 mm;
- Reti pesanti con una maglia elettrosaldata in acciaio inox $\Phi 5$ mm, 50x50 mm.

Queste reti sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico.

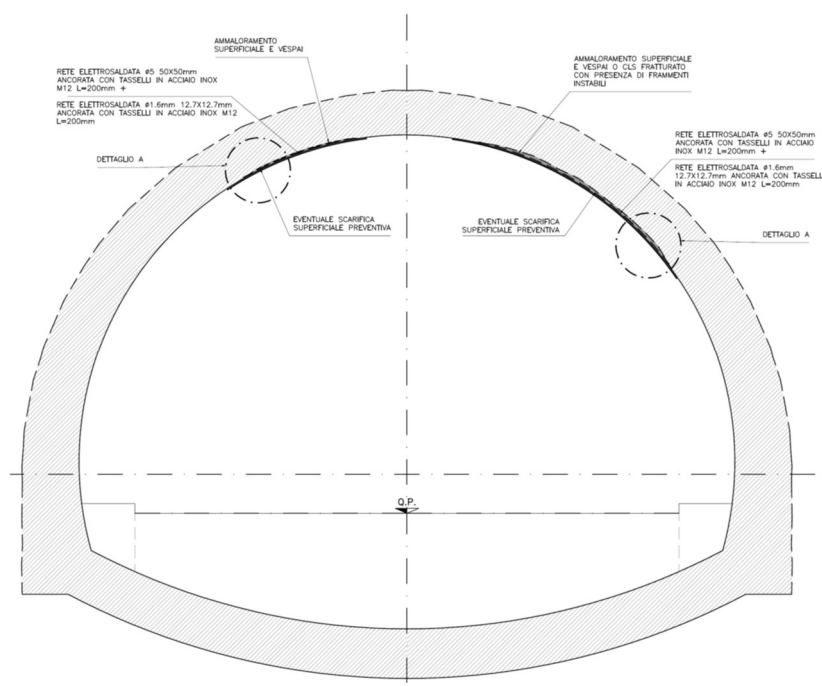


Figura 4-1 – Schema rappresentativo intervento tipo A

4.4 INTERVENTO DI TIPO B1

L'intervento di tipo B1 riguarda le venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA relativi a venute d'acqua tipo A2, A2E e S, là dove vi è la sola presenza di rilevanti venute d'acqua. L'intervento prevede la posa in opera di lamiere grecate in acciaio inox di spessore pari ad 0.8 mm.

Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce. Esse si interrompono sui piedritti e convogliano le acque su apposite gronde di scolo.

In seconda fase, in funzione delle portate presenti, potrà essere eventualmente prevista la realizzazione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

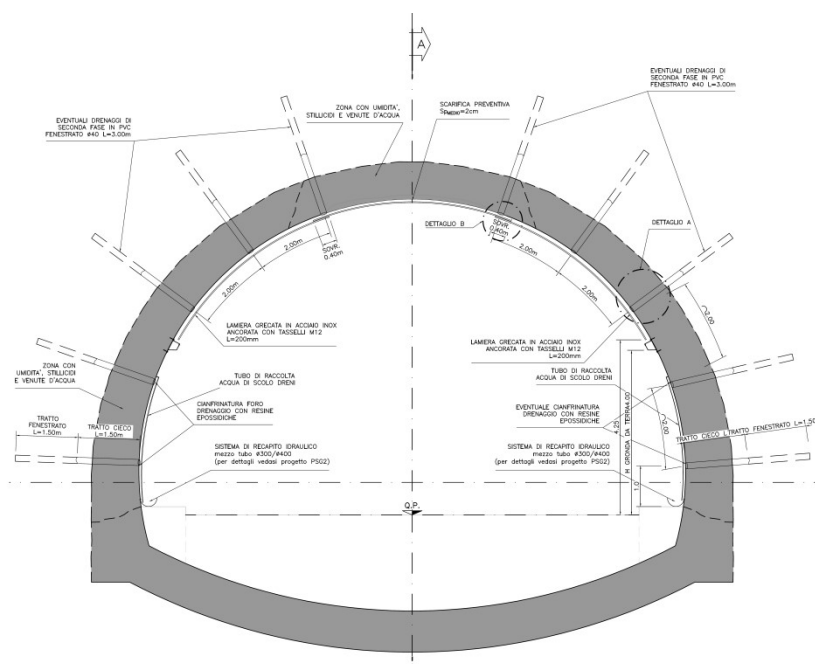


Figura 4-2 - Schema rappresentativo intervento tipo B1

4.5 INTERVENTO DI TIPO B2

L'intervento di tipo B2 riguarda l'ammaloramento superficiale in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3, 3U ed S.

Dopo una scarifica preventiva degli ammaloramenti superficiali si procede con la posa di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari ad 0.8 mm tassellate, con sottostante rete elettrosaldata leggera $\Phi 1.6$ 12.7x12.7 mm.

Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce. Esse si interrompono sui piedritti e convogliano le acque su apposite gronde di scolo.

In seconda fase potrà essere prevista la realizzazione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

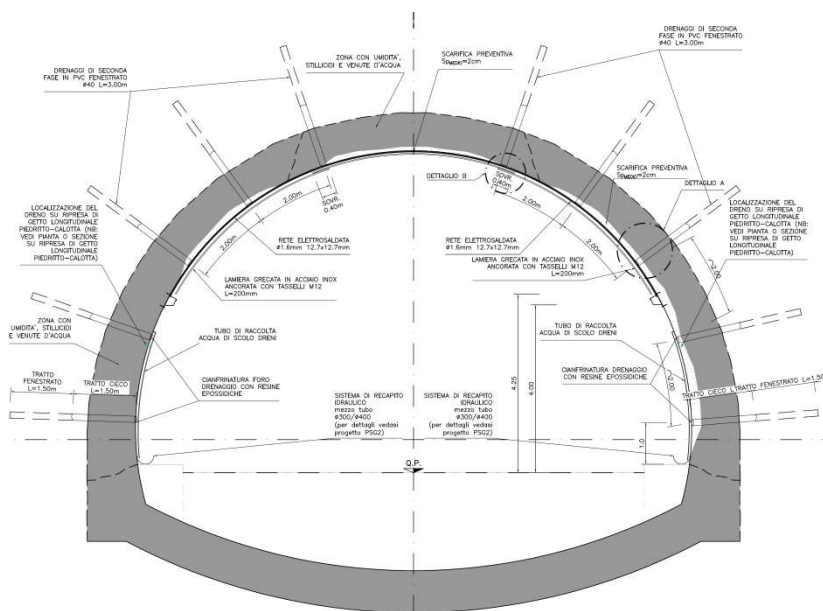


Figura 4-3 - Schema rappresentativo intervento tipo B2

4.6 INTERVENTO DI TIPO C1

L'intervento di tipo C1 riguarda i presidi per distacchi e ammaloramenti profondi (sp.= 10-20 cm).

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3U ed S.

Si procede inizialmente con il disgaggio di porzioni instabili e regolarizzazione della superficie mediante idrofresatura o mezzi meccanici, si ripristina lo spessore con gunite fibrorinforzata ad alta resistenza armata con rete elettrosaldata (spessore 10-20 cm).

Successivamente si prevede l'applicazione di una rete protettiva pesante in acciaio inox di diametro pari a 5 mm e maglia 50x50 mm.

La tassellatura della rete di lunghezza pari a 45 cm e maglia 70x70 cm (a quinconce), avverrà mediante tasselli M12 in acciaio inox ad ancoraggio chimico.

Infine si procederà con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

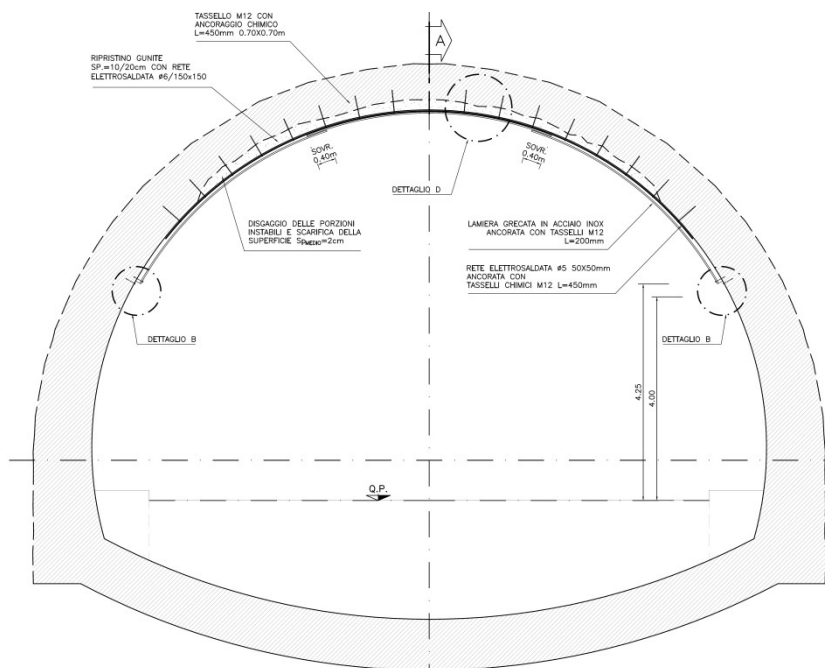


Figura 4-4 - Schema rappresentativo intervento tipo C1

4.7 INTERVENTO DI TIPO C2

L'intervento di tipo C2 riguarda i presidi per distacchi e ammaloramenti profondi (sp.= 20-40 cm).

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3U ed S.

Si procede inizialmente con il disgaggio di porzioni instabili e regolarizzazione della superficie mediante idrofresatura o mezzi meccanici, si ripristina lo spessore con gunite fibrorinforzata ad alta resistenza armata con rete elettrosaldata (spessore 20-40 cm).

Successivamente si prevede l'applicazione di una rete protettiva pesante in acciaio inox di diametro pari a 5 mm con maglia 50x50 mm, solidarizzata al rivestimento mediante bullonature radiali autopercoranti di lunghezza di 3 metri e maglia 100x100 cm.

Si procede infine con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm sostenute da tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

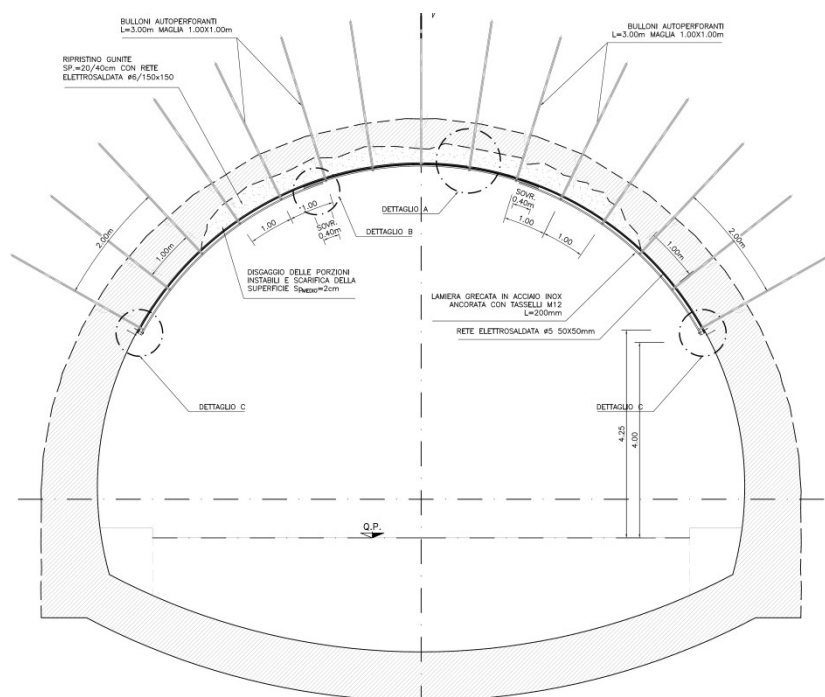


Figura 4-5 - Schema rappresentativo intervento tipo C2

4.8 INTERVENTO DI TIPO D

L'intervento di tipo D riguarda i presidi per presenza di cavità al contorno.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3, 3U e S.

Si procede con il riempimento della cavità mediante pompaggio di argilla espansa cementata (GEOMIX) tramite tubi in pvc.

Successivamente si prevede l'applicazione di una rete protettiva pesante in acciaio inox di diametro pari a 5 mm con maglia 50x50 mm.

È inoltre prevista una bullonatura radiale con bulloni autoperforanti di lunghezza pari a 6 m e maglia 100x100 cm a quinconce.

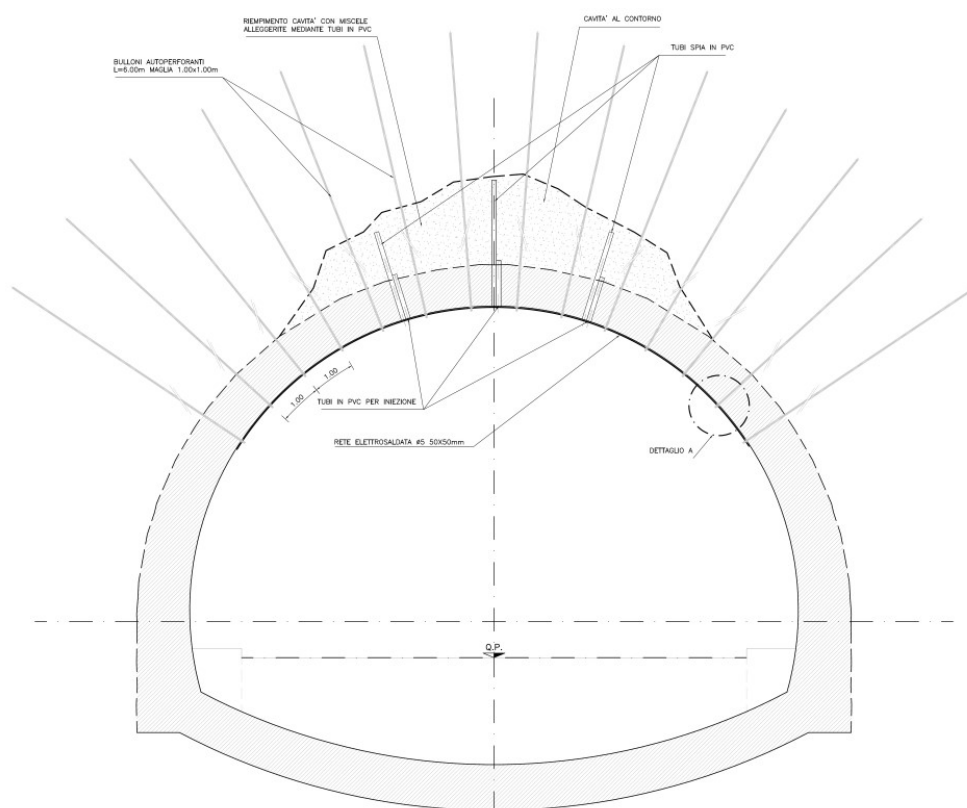


Figura 4-6 - Schema rappresentativo intervento tipo D

4.9 INTERVENTO DI TIPO E1

L'intervento di tipo E1 riguarda i presidi per ammaloramenti e distacchi profondi (sp.= 10-20 cm) in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3U ed S.

Si procede inizialmente con il disaggio di porzioni instabili e regolarizzazione della superficie mediante idrofresatura o mezzi meccanici, si ripristina lo spessore con gunite ad alta resistenza armata con rete elettrosaldata (spessore 10-20 cm).

Successivamente si prevede l'applicazione di una rete protettiva pesante in acciaio inox di diametro pari a 5 mm e maglia 50x50 mm con sottostante rete elettrosaldata leggera $\Phi 1.6$ 12.7x12.7 mm.

La tassellatura della rete di lunghezza pari a 45 cm e maglia 70x70 cm (a quinconce), avverrà mediante tasselli M12 in acciaio inox ad ancoraggio chimico.

E' prevista inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

Infine si procede con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

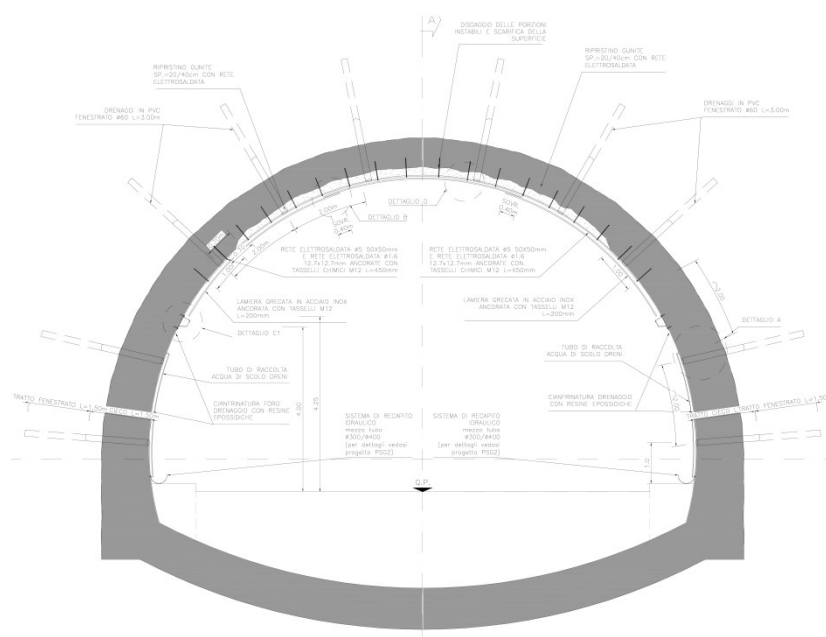


Figura 4-7 - Schema rappresentativo intervento tipo E1

4.10 INTERVENTO DI TIPO E2

L'intervento di tipo E2 riguarda i presidi per ammaloramenti e distacchi profondi (sp.= 20-40 cm) in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3U ed S.

Si procede inizialmente con il disgaggio di porzioni instabili e regolarizzazione della superficie mediante idrofresatura o mezzi meccanici, si ripristina lo spessore con gunite ad alta resistenza armata con rete elettrosaldata (spessore 20-40 cm).

Successivamente si prevede l'applicazione di una rete protettiva pesante in acciaio inox di diametro pari a 5 mm con maglia 70x70 mm con sottostante rete elettrosaldata leggera $\Phi 1.6$ 12.7x12.7 mm., solidarizzate al rivestimento mediante bullonature radiali autoperforanti di lunghezza di 3 metri e maglia 100X100 cm a quinconce.

E' prevista inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

Infine si procede con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiera sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

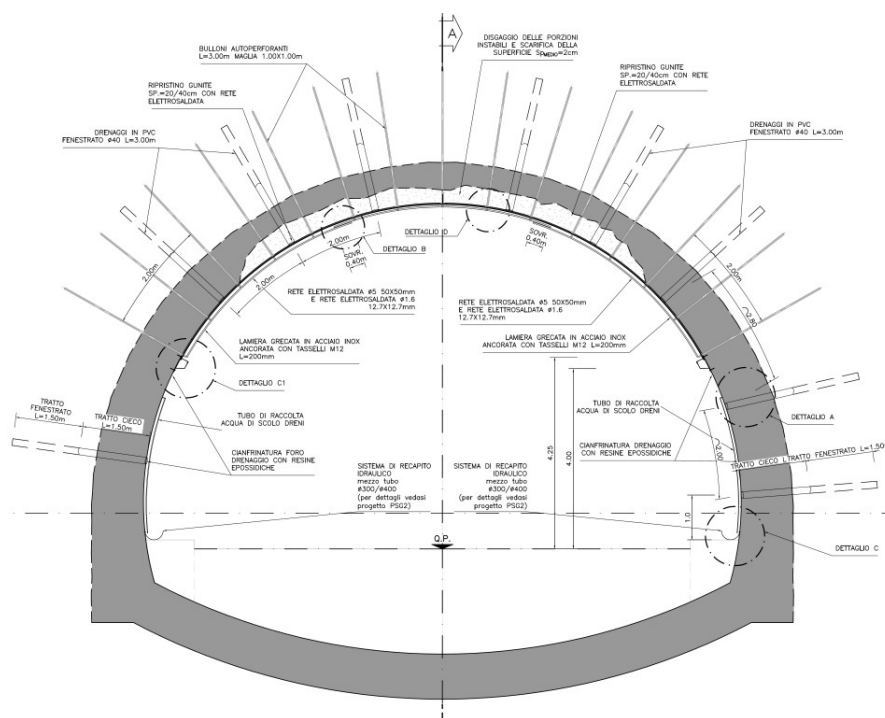


Figura 4-8 - Schema rappresentativo intervento tipo E2

4.11 INTERVENTO DI TIPO F

L'intervento di tipo F riguarda i presidi per ammaloramenti e distacchi profondi (sp. <40cm), in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate e di cavità al contorno.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3U ed S.

Si procede con il disgreggio di porzioni instabili e la regolarizzazione della superficie mediante idrofresatura o mezzi meccanici, quindi con il riempimento della cavità mediante pompaggio di argilla espansa cementata (GEOMIX) per mezzo di tubi in pvc. Inoltre si ripristina lo spessore con gunite armata con rete elettrosaldata.

Successivamente si prevede l'applicazione di una rete protettiva pesante in acciaio inox di diametro pari a 5 mm con maglia 50x50 mm con sottostante rete elettrosaldata leggera $\Phi 1.6$ 12.7x12.7 mm, solidarizzate al rivestimento mediante bullonature radiali autoperforanti di lunghezza di 6 metri e maglia 100X100 cm disposti a quinconce.

E' prevista inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

Infine si procede con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

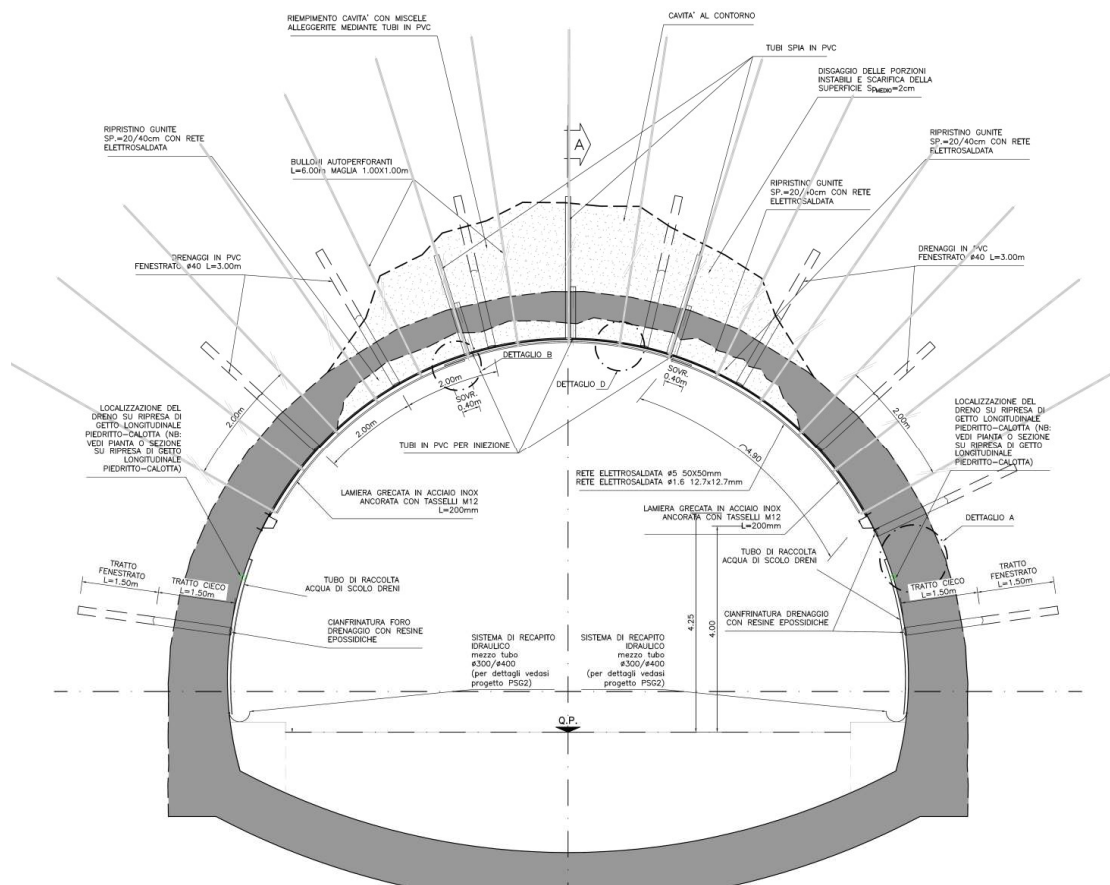


Figura 4-9 - Schema rappresentativo intervento tipo F

4.12 INTERVENTO TIPO G1

L'intervento tipo G1 riguarda i presidi nei confronti della presenza di reticolo di fessure che individua cunei potenzialmente instabili - vol. > 1 mc – in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3U ed S.

Si procede all'applicazione di rete protettiva leggera in acciaio inox (rete elettrosaldata, diam. 1.6mm, maglia 12.7x12.7 mm) con sovrapposizione rete protettiva pesante in acciaio inox (rete elettrosaldata, diam. 5mm maglia 50x50 mm, solidarizzate al rivestimento mediante bullonature radiali autoperforanti di lunghezza di 3 metri e maglia 150X150 cm a quincice.

E' prevista inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti.

Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

Infine si procede con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quincice.

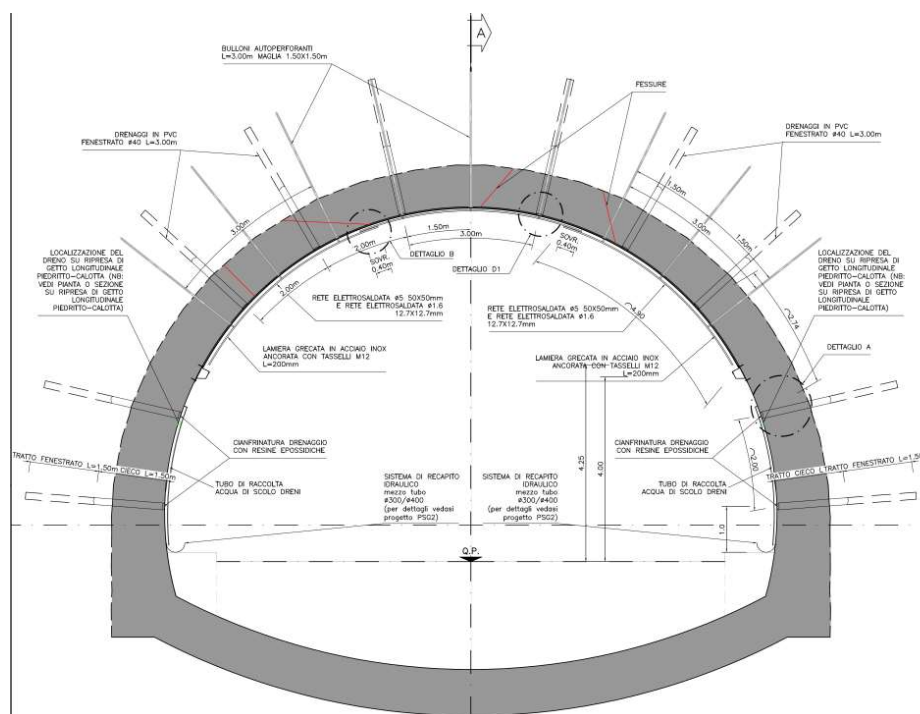


Figura 4-10 - Schema rappresentativo intervento tipo G1

4.13 INTERVENTO TIPO G2

L'intervento tipo G2 riguarda i presidi nei confronti della presenza di reticolo di fessure diffuse che individua cunei potenzialmente instabili - vol. < 1 mc – in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3U ed S

Si descrivono di seguito le caratteristiche dell'intervento.

Applicazione di rete protettiva leggera in acciaio inox (rete elettrosaldada, diam. 1.6mm, maglia 12.7x12.7 mm) con sovrapposizione rete protettiva pesante in acciaio inox (rete elettrosaldada, diam. 5mm maglia 50x50 mm, solidarizzate al rivestimento mediante tasselli M12 L=45 cm, ad ancoraggio chimico, maglia 70x70 cm

Applicazione pannelli di rete in un'unica fune $\Phi 8$ mm di acciaio ad alta resistenza ($s > 1770$ Mpa), intessuta a formare maglie romboidali 250x250mm. La rete sarà fissata all'intradosso della galleria tramite chiodature metalliche $\Phi 38$ mm di lunghezza pari a 3.00m e disposti a maglia 3.00x1.50m.

E' prevista inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

Infine si procede con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

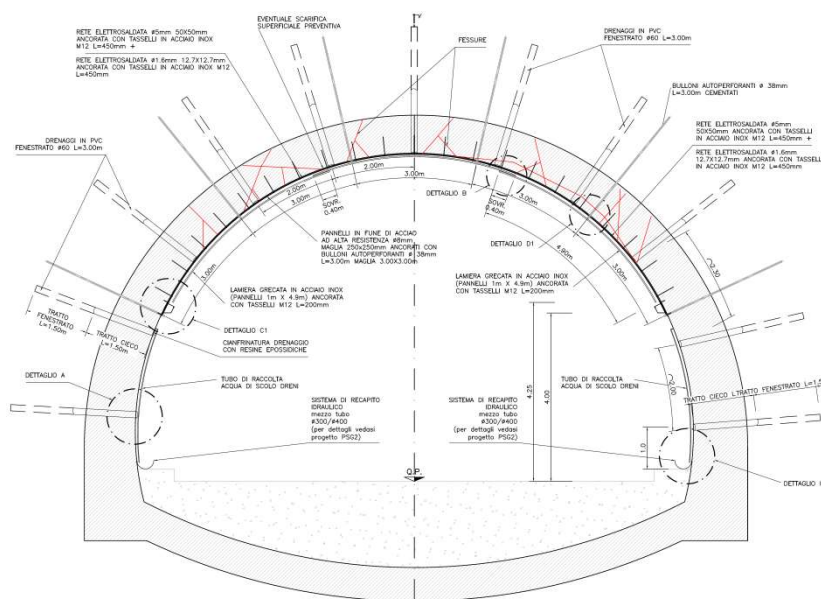


Figura 4-11 - Schema rappresentativo intervento tipo G2

4.14 INTERVENTO TIPO G3

L'intervento tipo G3 riguarda i presidi nei confronti di un quadro fessurativo persistente in presenza di significativi stati tensionali nei rivestimenti e con venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 2E, 3, 3U ed S

Si descrivono di seguito le caratteristiche dell'intervento.

Applicazione di rete protettiva leggera in acciaio inox (rete elettrosaldata, diam. 1.6mm, maglia 12.7x12.7 mm) con sovrapposizione rete protettiva pesante in acciaio inox (rete elettrosaldata, diam. 5mm maglia 50x50 mm)

La rete sarà fissata all'intradosso della galleria tramite le previste chiodature metalliche Φ 38mm di lunghezza pari a 3.00m e disposti a maglia 1.00x1.00m nel tratto di 3.0m circa a cavallo della lesione e maglia 1.50 x 1.50m nel tratto più distante dalla lesione stessa.

E' prevista inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

Infine si procede con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

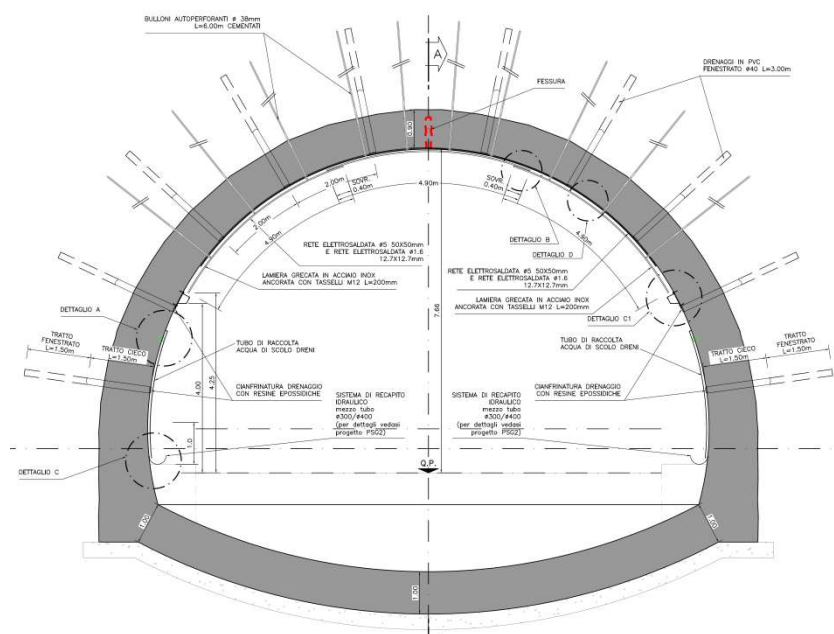


Figura 4-12 - Schema rappresentativo intervento tipo G3

4.15 INTERVENTO TIPO H1

L'intervento tipo H1 riguarda i presidi nei confronti di un ammaloramento delle armature e del calcestruzzo nello spessore del copriferro.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3, 3U ed S.

- Si procede inizialmente con disgreggio delle porzioni instabili e idrofresatura del rivestimento definitivo, per uno spessore di 10-20cm, in modo da scoprire completamente l'armatura di intradosso.
- Si procede quindi con il trattamento delle armature:
 - Nei tratti ove l'armatura risulti integra e solo superficialmente arrugginita (strato di alterazione < 1-2mm), si prevede eliminazione strato di ruggine superficiale dai ferri con spazzola o sabbiatura, e applicazione di prodotto protettivo come da tabella materiali.
 - Nei tratti invece in cui l'armatura risulti intensamente degradata, essa andrà sostituita con diametri delle barre come da as-built ed opportuni inghisaggi (vedi schemi nella tavola); nelle zone di giunzione si prevede una lunghezza di sovrapposizione tra le barre ≥ 60 diametri.
- Successivo ripristino spessore del calcestruzzo, con gunite armata (sp=10-20 cm).
- Si prevede quindi applicazione di rete protettiva leggera in acciaio inox (diam 1.6mm maglia 12.7x12.7mm) con sovrapposta rete protettiva pesante (diam. 5mm maglia 50x50mm) e tasselli M12 L=45 cm, ad ancoraggio chimico, disposti in alternanza agli inghisaggi previsti per ripristinare gli spilli, secondo schema indicato negli elaborati grafici.

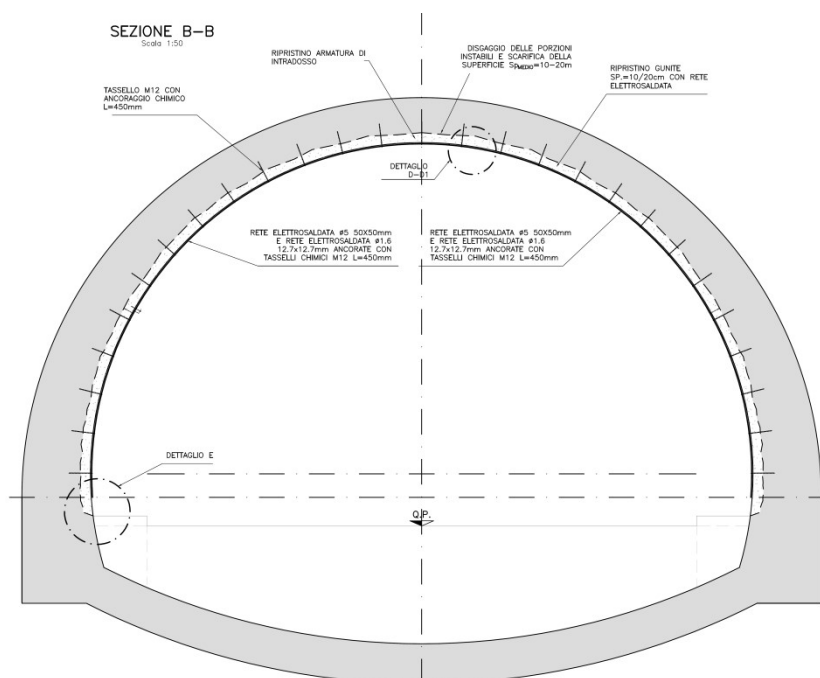


Figura 4-13 - Schema rappresentativo intervento tipo H1

4.16 INTERVENTO TIPO H2

L'intervento tipo H2 riguarda i presidi nei confronti di un ammaloramento delle armature e del calcestruzzo nello spessore del copri ferro in presenza di venute d'acqua diffuse o concentrate.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3, 3U ed S.

- Si procede inizialmente con disgreggio delle porzioni instabili e idrofresatura del rivestimento definitivo, per uno spessore di 10-20cm, in modo da scoprire completamente l'armatura di intradosso.

- Si procede quindi con il trattamento delle armature:

- Nei tratti ove l'armatura risulti integra e solo superficialmente arrugginita (strato di alterazione < 1-2mm), si prevede eliminazione strato di ruggine superficiale dai ferri con spazzola o sabbiatura, e applicazione di prodotto protettivo come da tabella materiali.

- Nei tratti invece in cui l'armatura risulti intensamente degradata, essa andrà sostituita con diametri delle barre come da as-built ed opportuni inghisaggi (secondo schemi riportati negli elaborati grafici); nelle zone di giunzione si prevede una lunghezza di sovrapposizione tra le barre ≥ 60 diametri.

- Successivo ripristino spessore del calcestruzzo, con gunite armata (sp=10-20 cm).

- Si prevede quindi applicazione di rete protettiva leggera in acciaio inox (diam 1.6mm maglia 12.7x12.7mm) con sovrapposta rete protettiva pesante (diam. 5mm maglia 50x50mm) e tasselli M12 L=45 cm, ad ancoraggio chimico, disposti in alternanza agli inghisaggi previsti per ripristinare gli spilli, secondo schema indicato negli elaborati grafici.

E' prevista inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali di lunghezza 3 m ed interasse 2 m, al fine di realizzare un sistema di raccolta delle acque.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

Infine si procede con la posa in opera di lastre grecate in acciaio inox di spessore pari a 0.8 mm. Le lamiere sono fissate all'intradosso della galleria tramite dei tasselli in acciaio inox M12 di lunghezza pari a 200 mm ad espansione meccanica o ad ancoraggio chimico disposti a quinconce.

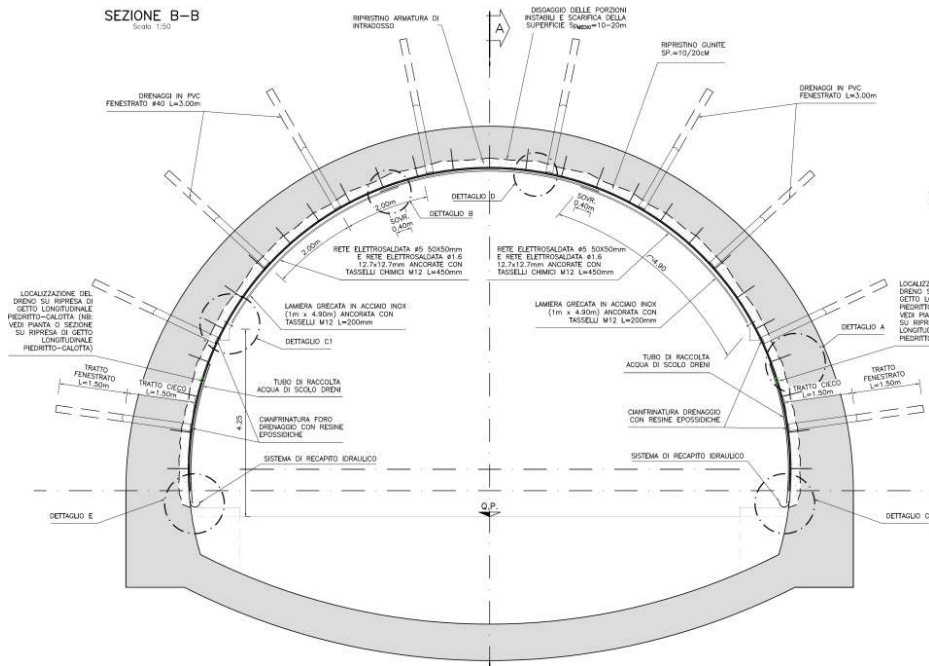


Figura 4-14 – schema rappresentativo intervento tipo H2

4.17 INTERVENTO TIPO I

L'intervento tipo I riguarda i presidi nei confronti di un ammaloramento profondo del calcestruzzo e delle armature, ove presenti, nella zona dei piedritti.

Questi tipi di intervento si applicano per difetti IQOA di tipo 3, 3U ed S.

Si procede inizialmente con disaggio delle porzioni instabili e idrofresatura del rivestimento definitivo, per uno spessore previsto di 10-20cm, in modo da rimuovere completamente la porzione di calcestruzzo ammalorato e scoprire l'eventuale armatura di intradosso, se presente.

Per le tratte realizzate in calcestruzzo armato si dovrà prevedere un trattamento delle armature come di seguito descritto:

- Ove l'armatura risulti integra e solo superficialmente arrugginita (strato di alterazione < 1-2mm), si prevede eliminazione strato di ruggine superficiale dai ferri con spazzola o sabbiatura, e applicazione di prodotto protettivo come da tabella materiali.
- Ove l'armatura risulti intensamente degradata, essa andrà sostituita con diametri delle barre come da as-built ed opportuni inghisaggi (secondo schemi riportati negli elaborati grafici); nelle zone di giunzione si prevede una lunghezza di sovrapposizione tra le barre ≥ 60 diametri.
- Successivo ripristino spessore del calcestruzzo, con gunite armata (sp=10-20 cm). Nei casi di calcestruzzo non armato l'armatura della gunite sarà comunque garantita dalla presenza di rete elettrosaldata, Φ 6mm, 150 x 150 mm fissata al rivestimento definito sano mediante opportuni elementi (barre in acciaio inghisate e/o tasselli).
- In caso di presenza d'acqua si prevede inoltre l'esecuzione di drenaggi radiali L=3.0m, su giunto longitudinale piedritto/calotta e su giunto trasversale piedritto/piedritto.

Tali drenaggi sono costituiti da tubi microfessurati in pvc con diametro esterno pari a 60 mm e spessore di 5 mm rivestiti con TNT; i drenaggi presentano sia un tratto cieco sia un tratto finestrato al fine di intercettare le acque all'estradosso della galleria senza rischiare di disperderle all'interno delle discontinuità nello spessore del cls. A tale scopo verrà anche garantita la perfetta cianfrinatura del foro di perforazione mediante resine epossidiche bicomponenti espandenti. Le acque in uscita verranno convogliate, tramite apposite tubazioni, dalla bocca dei dreni alle canalette di raccolta disposte in corrispondenza dei marciapiedi.

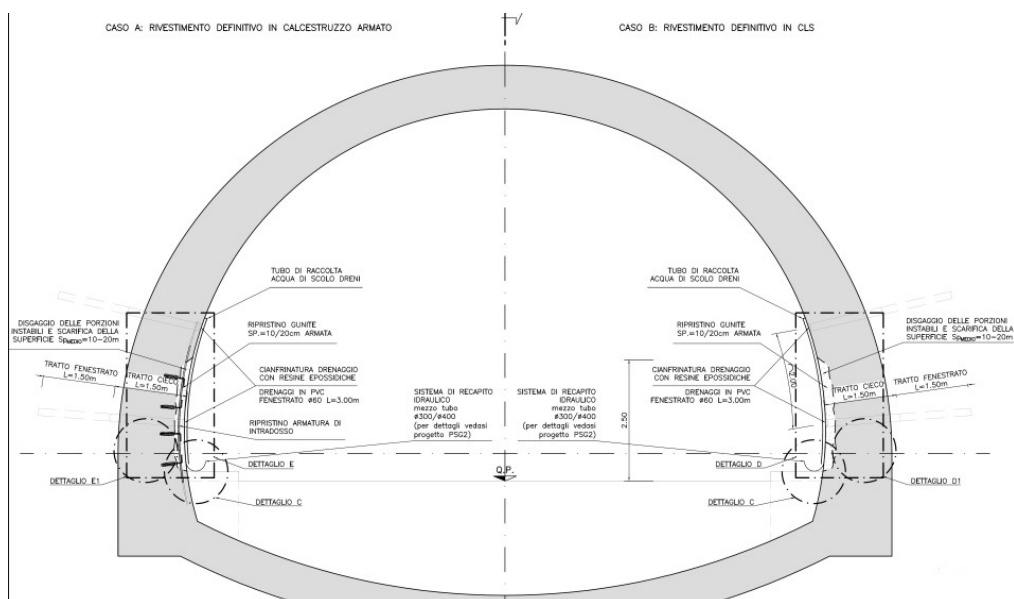


Figura 4-15 - schema rappresentativo intervento tipo I

5 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Nell' seguito verranno presentate le verifiche strutturali degli interventi tipologici proposti per il ripristino delle parti danneggiate di gallerie autostradali.

Secondo quanto richiesto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, gli interventi previsti si classificano come "interventi di riparazione o locali" in quanto, in accordo al par. 8.4.1, riguardano una singola parte della struttura, senza cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a:

- Ripristinare, rispetto alla configurazione precedente il danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate – questo è valido sia nelle aree precedentemente interessate da distacchi, sia nelle parti disaggiate durante i rilievi.
- Migliorare le caratteristiche di resistenza di parti, anche non danneggiate – in quanto, per esempio, gli interventi di chiodatura tendono a mantenere il rivestimento compatto, evitando meccanismi di rottura fragile nel calcestruzzo non armato e bloccando gli assestamenti e possibili evoluzioni tensionali della roccia ammalorata retrostante;
- Impedire meccanismi di collasso locale – bloccando o riducendo significativamente il fenomeno di eventuali distacchi futuri, si assicura nel tempo un miglior mantenimento della prestazione iniziale del rivestimento definitivo, non alterando la configurazione di carico, soprattutto verso disposizioni asimmetriche, mal tollerate da rivestimento non armato.

Nel seguito si procede quindi alla verifica strutturale, e quindi alla valutazione della sicurezza, solo della parte interessata dall'intervento, sottolineando che quanto previsto ha lo scopo di non produrre sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura della galleria nel suo insieme e che gli interventi non riducono assolutamente il livello di sicurezza preesistente, semmai lo innalzano localmente, migliorandone il funzionamento.

5.1 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA

Per procedere al corretto dimensionamento e verifica dei vari interventi strutturali, per ciascuna condizione si è analizzata la combinazione specifica di carichi, che ha portato al danno attuale, e si è quindi provveduto a controllare che il ripristino previsto sia in grado di fronteggiare la peggiore condizione in base ai dati in esame.

Poiché questa relazione contiene le verifiche strutturali degli interventi tipologici da utilizzare su più gallerie, nel seguito non si andranno ad individuare delle sezioni di calcolo specifiche lungo il profilo di una singola galleria con lo scopo di analizzarne le condizioni locali di carico, ma si analizzerà una condizione di carico ritenuta rappresentativa del contesto peggiore, in base alle risultanze raccolte durante i rilievi effettuati nelle varie gallerie.

5.1.1 Analisi dei carichi

Tra i carichi tenuti in conto nelle analisi, il principale è il peso proprio del rivestimento definitivo, sia della parte esistente che della parte ripristinata, assunto cautelativamente pari a 25kN/m^3 anche per la parte non armata (normativamente sarebbe da assumere pari a 24kN/m^3). Si assume uno spessore costante di 1m.

Non si considerano carichi idraulici agenti sul rivestimento, in quanto sono previsti drenaggi, dove è stata riscontrata circolazione idrica o dove erano evidenti danni dovuti da ammaloramento del calcestruzzo e dell'armatura per presenza d'acqua.

Dove presente, è stato considerato anche il peso della roccia circostante gravante, assumendo γ pari a 25kN/m^3 .

In presenza di gravità all'esterno del rivestimento di galleria, il riempimento costituito da argilla espansa cementata (GEOMIX) è stato tenuto in conto con γ pari a 11kN/m^3 .

Ulteriori carichi verranno descritti nel seguito nel calcolo specifico del singolo intervento.

5.1.2 Combinazioni di carico

In accordo al par. 8.3 del DM2018, la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti sono eseguite con riferimento ai soli SLU. Dato che i carichi in esame sono permanenti e di tipo gravitativo, allo SLU questi sono amplificati per 1.3.

Figura 5-1 – Mappa sismica

6 PROGETTO DEGLI INTERVENTI

Nel seguito si riportano le verifiche strutturali delle varie componenti costituenti i diversi interventi tipologici.

Per il calcolo delle sollecitazioni agenti sui rivestimenti sono state utilizzate semplici formule di calcolo, alla base della Scienza delle Costruzioni.

Modelli di calcolo raffinati, risolti con software di calcolo agli elementi finiti o alle differenze finite, possono essere utilizzati in fase di progettazione di dettaglio di un singolo intervento per una galleria specifica, tenendo conto delle condizioni locali da carico, mentre è più indicato un approccio semplificato e cautelativo per il dimensionamento di massima degli interventi di ripristino.

Per ogni intervento viene riportata la stima della condizione di carico e la verifica strutturale delle diverse componenti dell'intervento di ripristino.

6.1 TIPO A

Questo tipo di intervento, previsto in presenza di ammaloramenti superficiali, non necessita di una specifica verifica strutturale, in quanto la doppia rete protettiva in acciaio inox prevista in corrispondenza della zona danneggiata ha il solo scopo di evitare futuri distacchi, mantenendo quindi la condizione attuale, ritenuta stabile.

La rete $\phi 5\text{mm}$ con maglia $50 \times 50\text{mm}$ e la rete $\phi 1.6\text{mm}$ con maglia $12.7 \times 12.7\text{mm}$ non arrivano a 0.5kN di peso a m^2 . Amplificato allo SLU, si considera $1\text{kN}/\text{m}^2$.

Le reti sono rese solidali alla galleria utilizzando ancorante chimico e tasselli in acciaio inox M12, di lunghezza maggiore di 200mm .

Si utilizza il software del produttore per determinare la resistenza a trazione del tassello: per un supporto in calcestruzzo C20/25, fessurato, senza armatura, N_{rd} è pari a 33.1kN , per una lunghezza certificata al massimo pari a 140mm . I tasselli previsti hanno una lunghezza maggiore al fine di assicurare l'ancoraggio, anche se i primi cm di calcestruzzo si danneggiano nel tempo.

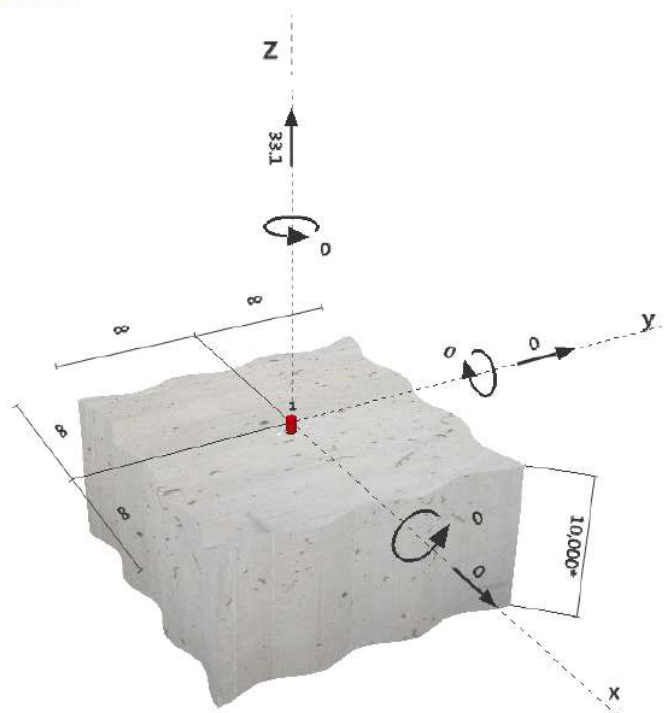
Dato che la maglia dei chiodi individua un'area per ciascun chiodo inferiore a 1m^2 , il peso della rete è praticamente trascurabile e la resistenza a trazione dei chiodi può essere quindi sfruttata nel caso di locali distacchi di calcestruzzo. Per esempio, un blocchetto di calcestruzzo, distaccato dalla volta e di dimensioni in pianta $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ per 20cm in altezza, pesa meno di 0.5kN , da ripartire sui 4 chiodi intorno all'area danneggiata. La verifica risulta soddisfatta.

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	HIT-HY 200-A + HIT-Z-R M12
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act} = 140\text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = -\text{mm}$)
Materiale:	A4
Certificazione No.:	ETA 12/0006
Emesso / Valido:	04/04/2012 10/02/2017
Verifica:	metodo di calcolo ETAG BOND; EOTA TR 029
Fissaggio distanziato:	- (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)
Profilo:	senza profilo
Materiale base:	Fessurato Calcestruzzo, C20/25, $f_{cc} = 25.00\text{ N/mm}^2$; $h = 10000\text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C
Installazione:	Foro da perforatore, Condizioni di installazione: asciutto
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150\text{ mm}$ (qualunque ϕ) o $\geq 100\text{ mm}$ ($\phi \leq 10\text{ mm}$) senza armatura di bordo longitudinale



Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2)

	carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_H [%]	stato
Rottura dell'acciaio*	33.100	36.667	91	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	33.100	33.175	100	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	33.100	39.756	84	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
55.000	1.500	36.667	33.100

3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$h_{ef,Helix}$ [mm]
32400	32400	24.00	180	90	∞	60
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$		
1.000	22.00	2.300	1.000	1.000		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000	
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]		
49.763	49.763	1.500	33.175	33.100		

3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
176400	176400	210	420			
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000	7.200
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]			
59.634	1.500	39.756	33.100			

6.2 TIPO B1

Questo tipo di intervento è previsto in caso di venute d'acqua concentrate o diffuse e si prevede la posa di una lamiera grecata per deviare l'acqua ai bordi della galleria, fino al recapito idraulico.

La lamiera grecata ha un peso inferiore ai 2kN per m², quindi allo SLU 3kN/m² per eccesso.

I tasselli M12 previsto per fissare la lamiera al rivestimento della galleria sono disposti a maglia 0.45m x 0.5m e sono caricati ognuno da meno di 1kN, tenuto conto della loro area di influenza (0.225m²).

La verifica a trazione è soddisfatta, essendo N_{rd} pari a 33.1kN, come precedentemente riportato.

Per quanto riguarda il carico dovuto a turbolenze aereodinamiche in galleria, si osserva che in progetti di gallerie ferroviarie, con il treno che fa effetto pistone, la pressione di aspirazione è stimata in valori che non raggiungono i 10kN/m². Nel caso di galleria autostradale, dove i veicoli occupano solo una parte ridotta della sezione di galleria, il disturbo arrecato alla lamiera grecata è sicuramente inferiore. Ne è una riprova il fatto che normalmente queste lamiere sono montate prevedendo un sostegno con maglia di 2m x 0.5m, superiore a quella adottata in questo intervento di ripristino.

6.3 TIPO B2

Questo tipo di intervento è previsto in caso di venute d'acqua concentrate o diffuse, nel caso si registrino alcuni ammaloramenti superficiali.

Dopo una scarifica superficiale delle parti pericolanti, senza che vi sia una modifica sostanziale del comportamento globale del rivestimento, al di sotto della lamiera greca, già verificata per l'intervento B1, si pone la rete elettrosaldata leggera dell'intervento A, al fine di intercettare piccoli frammenti di calcestruzzo che si potrebbero distaccare nel tempo.

Come nel caso dell'intervento tipo 1, la causa principale di degrado del calcestruzzo, ossia l'acqua che passa e si infiltra nella struttura, viene trattata prevedendo dei dreni al contorno. Il carico idraulico al contorno e l'attacco chimico e meccanico nel tempo all'interno della struttura vengono rimossi, comportando quindi un miglior mantenimento della struttura nel tempo, assicurandone la funzionalità.

6.4 TIPO C1

Con questo intervento si trattano distacchi profondi fino a 20cm di profondità. Il rivestimento ha trovato un suo nuovo equilibrio, con gli sforzi deviati nella parte restante di calcestruzzo.

La parte mancante di rivestimento viene riempita con Mapegrout Gunita di Mapei, una malta fibrorinforzata di classe R4 con resistenza a compressione maggiore di 45MPa a 28 giorni.

Viene inoltre posata una rete elettrosaldata a metà spessore dell'intervento di ripristino al fine di migliorarne le caratteristiche in trazione.

Dato che il rivestimento esistente risulta essere in calcestruzzo C20/25 dalle tavole di As-built, per poi attestarsi anche su valori più bassi dalle prove eseguite in fase di ispezione, l'intervento integrativo risulta sicuramente almeno pari alle condizioni iniziali, se non migliorativo.

In fase di posa la gunita risulterà praticamente scarica e nel tempo, tra cicli di alterazioni termiche stagionali, assestamenti del terreno circostante, azioni sismiche, ... andrà a collaborare con la parte rimanente di rivestimento esistente, assicurando la prestazione originale di design.

Lo spessore di ripristino è ancorato al rivestimento esistente per mezzo di tasselli M12 in acciaio inox. A differenza degli interventi precedenti, la lunghezza viene incrementata a 0.45m, tenuto conto dello spessore della gunita.

E' prevista inoltre la posa in intradosso di una rete elettrosaldata Ø5 maglia 50mm x 50 mm, di peso trascurabile, al di sotto della lamiera grecata: le due componenti, tenute in posizione dai tasselli, permettono di intercettare e deviare dei possibili piccoli splaccaggi, evitando che cadano in corsia.

6.5 TIPO C2

Con questo intervento si trattano distacchi profondi da 20cm a 40cm di profondità.

Come per l'intervento C2, la parte mancante viene riempita con Gunita, prevedendo la posa di una rete elettrosaldata a metà spessore.

Dato che la condizione rilevata è più gravosa rispetto a quella trattata per la tipologia C1, con lo spessore del rivestimento che si è quasi dimezzato, la Gunita non viene appesa al rivestimento esistente, ma si prevede la disposizione di una maglia di bulloni autoperforanti $\varnothing 38$, lunghi 3m e a maglia 1m x 1m.

L'intervento di chiodatura serve ad assicurare la completa collaborazione tra il rivestimento definitivo esistente ed il getto integrativo, esercitando una pressione (data dal serraggio dei bulloni) che mantiene in contatto le 2 parti e bilancia il possibile ritiro in futuro della malta.

6.5.1 Verifica della chiodatura

Per la definizione del carico agente sui singoli chiodi, si analizza in pianta l'area d'influenza del bullone, tenendo conto della disposizione dei giunti strutturali tra un concio di galleria ed il successivo, con più frequenza registrati a 3m, 4,5m e 9m di distanza.

Con il primo chiodo a non meno di 20cm dal giunto strutturale, la condizione peggiore si registra a fine concio, dove l'area di influenza sale da 1m x 1m (la maglia) a 1,3m x 1m: la condizione si ritrova per le 3 interassi tra i giunti.

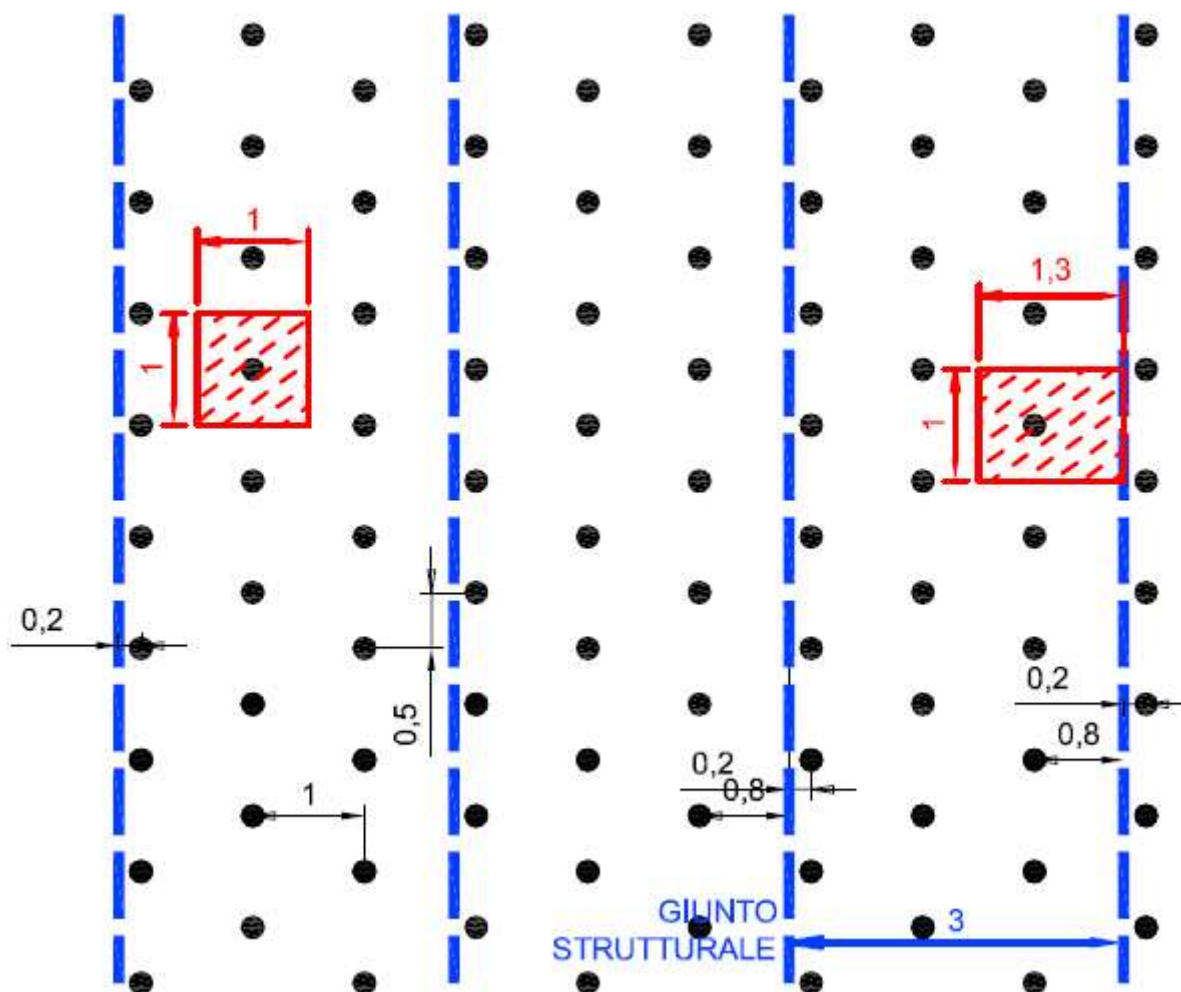


Figura 6-1 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 3m di interasse

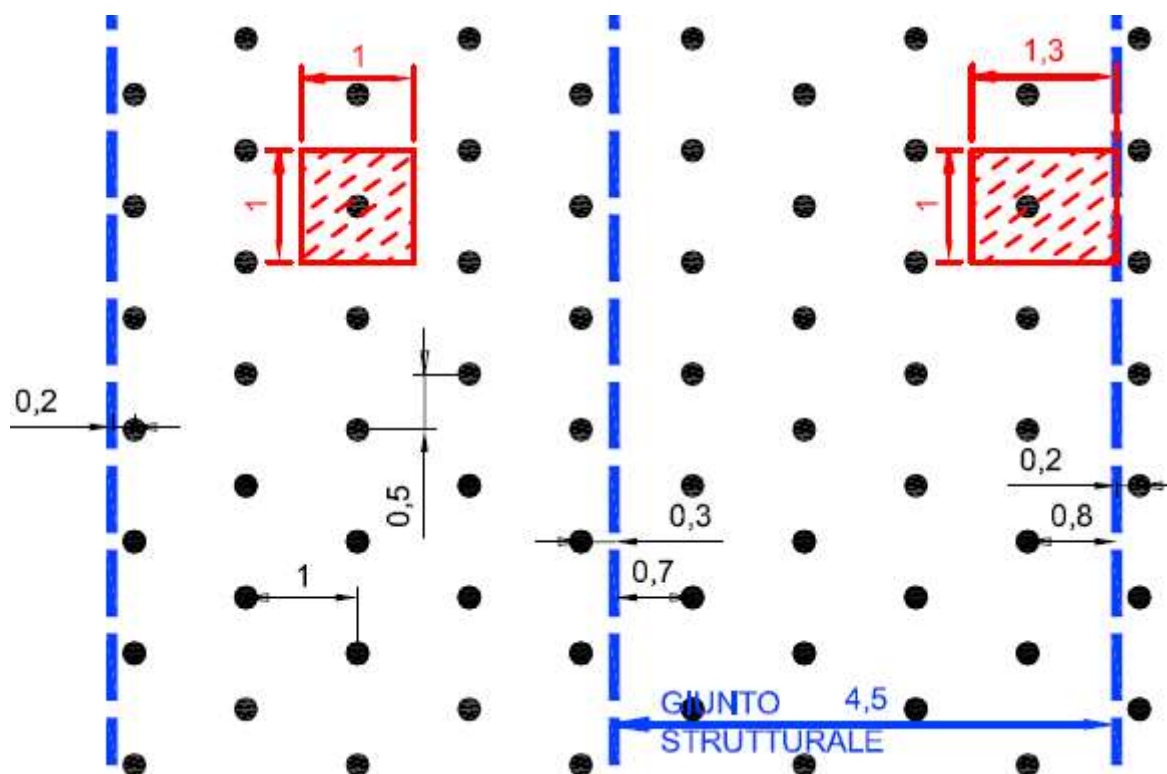


Figura 6-2 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 4.5m di interasse

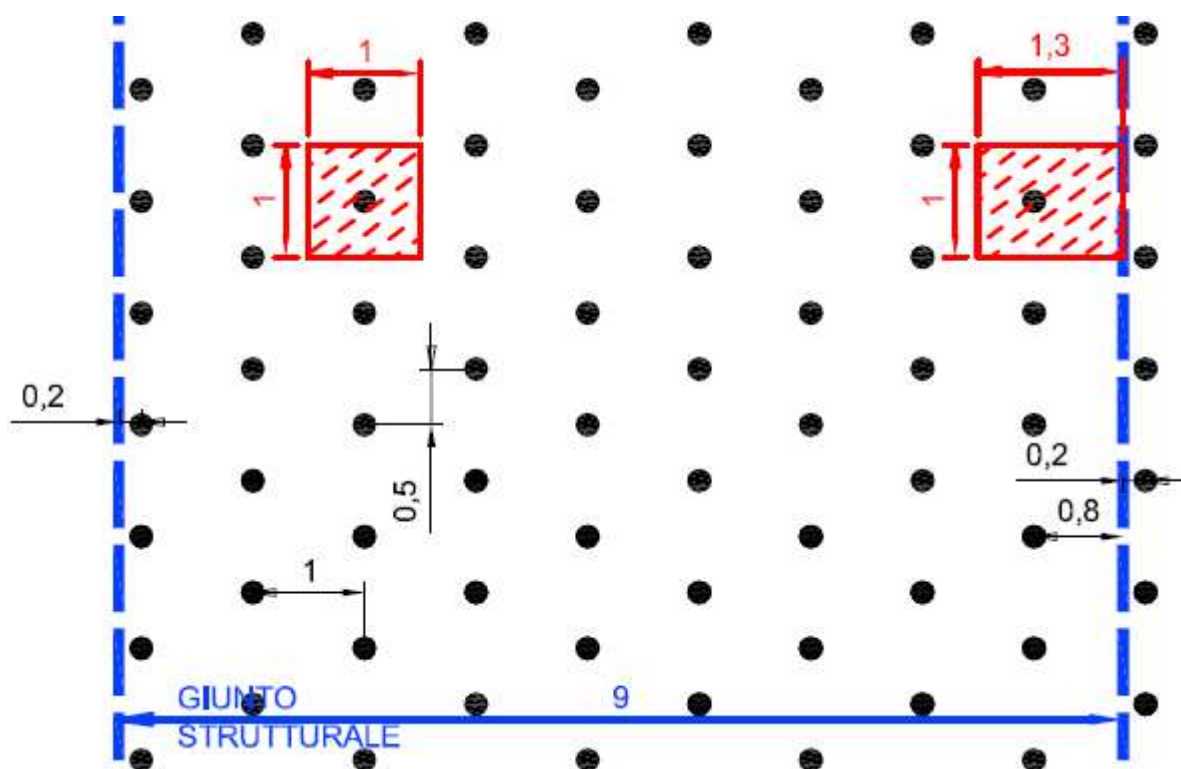


Figura 6-3 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 9m di interasse

Tenendo conto dello stato di alterazione del rivestimento, si ipotizza che i primi 50cm di roccia soprastante gravino direttamente sul rivestimento: il carico può essere stato concausa dello splaccaggio o può essersi attivato in conseguenza della riduzione locale di rigidità del rivestimento e quindi di una maggiore flessibilità.

Definita l'intensità dei carichi agenti, si procede alla verifica dell'ancoraggio.

Secondo il par. 8.4 delle NTC2018, l'inserimento di nuovi elementi che richiedono apposite fondazioni (i chiodi), sono verificate con i criteri generali esposti al Capitolo 6, così come richiesto per le nuove costruzioni.

La resistenza caratteristica R_{ak} è definitiva come:

$$R_{ak} = L_{anc} \cdot \pi \cdot (D \cdot \alpha) \cdot \frac{\tau_{lim}}{\xi}$$

dove:

- L_{anc} = lunghezza del bulbo di ancoraggio;
- D = diametro di perforazione, pari a 76mm;
- α = coefficiente di sbulbamento, assunto pari a 1.1 (cautelativo, in quanto pari al minimo consigliato da letteratura);
- τ_{lim} = tensione limite di aderenza fra la malta del bulbo ed il mezzo circostante, assunta pari a 500kPa per ancoraggio in roccia (anche in questo caso, in assenza di dati diretti, si è operata una scelta cautelativa);
- ξ = fattore di correlazione per derivare la resistenza caratteristica da correlazioni analitiche, assunto pari a 1.8, ovvero il massimo proposto nel DM2018.

Per la valutazione di α e τ_{lim} , si è fatto riferimento alla pubblicazione di Bustamante e Doix (1985) per il dimensionamenti dei tiranti di ancoraggio. Il metodo proposto dagli Autori si applica ad ancoraggi realizzati mediante iniezione semplice (in un'unica fase) o ripetuta e non si applica pertanto a tiranti per i quali la fondazione viene colata a gravità.

I valori di α possono essere ricavati dalla tabella riportata nella figura che segue, in funzione del tipo di terreno e delle modalità di iniezione. Si è scelto il fattore 1.1 relativo ad iniezioni in roccia con modalità non ripetuta (iniezioni semplici).

TIPO DI TERRENO	COEFFICIENTE α		QUANTITÀ MINIMA DI MISCELA
	INIEZIONI RIPETUTE	INIEZIONI SEMPLICI	
Ghiaia	1.8	1.3 ÷ 1.4	1.5 Vp
Ghiaia sabbiosa	1.6 ÷ 1.8	1.2 ÷ 1.4	1.5 Vp
Sabbia ghiaiosa	1.5 ÷ 1.6	1.2 ÷ 1.3	1.5 Vp
Sabbia (grossolana media o fine)	1.4 ÷ 1.5	1.1 ÷ 1.2	1.5 Vp
Sabbia limosa	1.4 ÷ 1.5	1.1 ÷ 1.2	1.5 ÷ 2 Vp per iniezioni ripetute 1.5 Vp per iniezione semplice
Limo	1.4 ÷ 1.6	1.1 ÷ 1.2	2 Vp per iniezione ripetute 1.5 Vs per iniezione semplice
Argilla	1.8 ÷ 2.0	1.2	2.5 ÷ 3 Vp per iniezione ripetute 1.5 ÷ 2 Vp per iniezione semplice
Marna, marna calcarea arenaria alterata o fratturata	1.8	1.1 ÷ 1.2	1.5 ÷ Vp per strati compatti 2 ÷ 6 Vp per strati fratturati
Roccia alterata o fratturata	1.2	1.1	1.1 ÷ 1.5 Vp per roccia poco fessurata ≥ 2 Vp per roccia fratturata

Vp = volume di perforazione

Figura 6-4 – Valori di α in funzione del tipo di terreno e delle modalità di iniezione (semplice o ripetute)

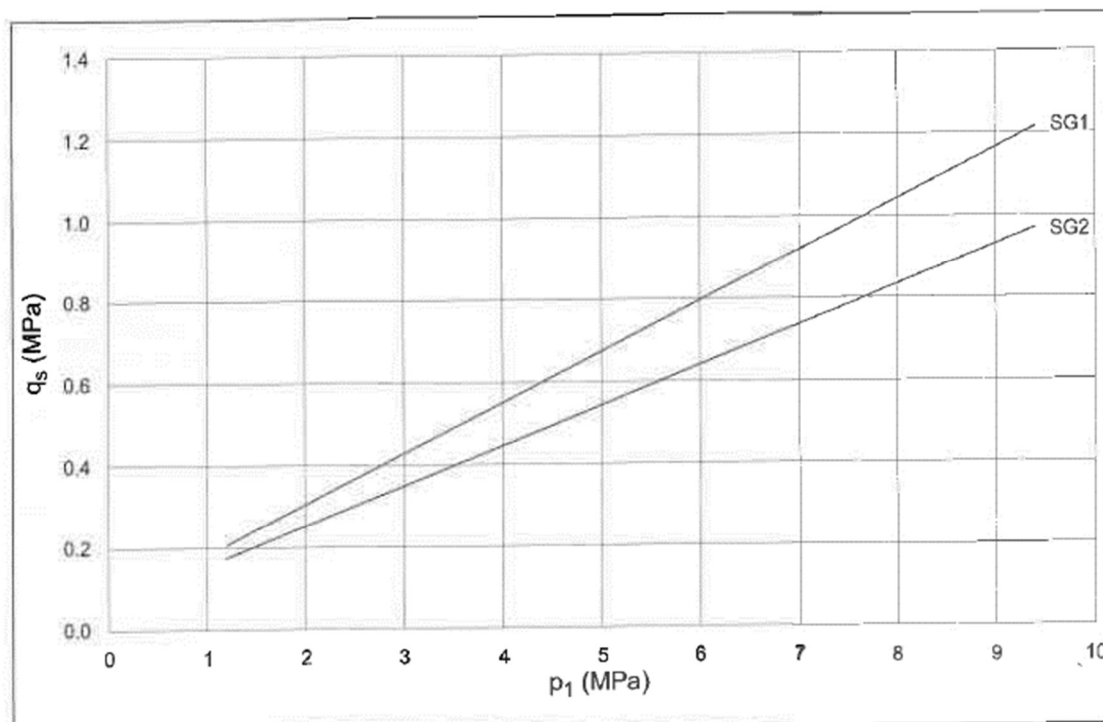


Fig. 6.9 - Resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate

Figura 6-5 – Diagramma per il calcolo del valore di τ_{lim} per rocce alterate e fratturate [la curva SG1 è per fondazioni realizzate mediante iniezioni ripetute; SG2 per fondazioni mediante iniezione semplice]

Si riporta quindi la verifica del chiodo, che risulta soddisfatta, considerando come lunghezza di ancoraggio 1.5m ed escludendo il primo metro, nel rivestimento definitivo, ed i 50cm di roccia gravante:

VERIFICA ANCORAGGIO					
secondo NTC 2018 par. 6.6 - Combinazione A1+M1+R3 (1.3 - 1.0 - 1.3)					
RIVESTIMENTO DEFINITIVO		ROCCIA GRAVANTE		Carico su un chiodo	
b [m]	1.3	b [m]	1.3	E [kN]	49
d [m]	1	d [m]	1	$\gamma_{G1/G2}$	1.3
h [m]	1	h [m]	0.5	Carico di progetto	
γ [kN/m ³]	25	γ [kN/m ³]	25		
W [kN]	32.5	W [kN]	16.3	E_d [kN]	63
CHIEDO AUTOPERF Ø38		Lancoraggio [m]		Verifica a sfilamento	
L_{tot} [m]	3	Ø perforazione [cm]	7.6	$R_{ak MIN}$ [kN]	109
F_{yk} [kN]	400	τ [kPa]	500	γ_{R3}	1.2
γ_M	1.15	Coeff. Sbulb	1.1	R_{ad} [kN]	91
R_{ak} [kN]	348	ξ	1.8		$> E_d$
		R_{ak} [kN]	109		

Tabella 6-1 – Verifica della bullonatura

6.5.2 Verifica dello spessore ripristinato

Come ulteriore verifica per assicurare la continuità strutturale del rivestimento definitivo, si controlla che lo strato di gunite sia in grado di sostenere il carico del rivestimento definitivo tra un chiodo e l'altro, evitando inaspettate rotture per taglio. Lo strato di gunite diventa collaborante con il resto del rivestimento, quindi questa verifica considera un improbabile distaccamento tra le 2 parti, oltretutto impedito dalla presenza di inghisaggi (6 a m^2) della rete elettrosaldata nel retrostante rivestimento definitivo.

Si considera l'intervento di ripristino dove ha spessore minimo (20cm) e quindi resistenza minima.

Sebbene lo strato di gunite lavori a piastra tra le varie chiodature, cautelativamente si schematizza come trave doppiamente appoggiata, al fine di massimizzare il momento flettente, dovuto quindi al peso proprio del rivestimento, per un'altezza complessiva di 1m, su una luce di 1m.

Considerando la rete elettrosaldata a metà spessore e ignorando il fatto che la malta è fibrorinforzata, risultano soddisfatte sia la verifica a flessione che quella a taglio:

VERIFICA GUNITE + RETE ELETTROSALDATA Ø6, maglia 15x15					
RIVESTIMENTO DEFINITIVO			VERIFICHE		
l [m]	1		FLESSIONE: $M=pl^2/8$		
h [m]	1		M_{ed} [kNm/m]	4.1	
γ [kN/m ³]	25		M_{rd} [kNm/m]	7.2	
p [kN/m ²]	25		TAGLIO: $pl/2$		
$\gamma_{G1/G2}$	1.3		V_{ed} [kN/m]	16.3	
E_d [kN]	33		V_{rd} [kN/m]	58.6	

Tabella 6-2 – Verifica dello strato ripristinato

In aggiunta, in intradosso è prevista inoltre la posa di una rete elettrosaldata Ø5 maglia 50mm x 50 mm, di peso trascurabile, tenuta in posizione dai bulloni, che permette di trattenere possibili piccoli splaccaggi, evitando che cadano in corsia, soprattutto nella parte chiodata esterna al trattamento di ripristino con gunite.

6.6 TIPO D

Nel caso di riscontro di cavità al contorno, si procederà con questo intervento; una volta riempita la cavità con geomix o con calcestruzzi alleggeriti con peso di volume comunque inferiore a 11 kN/m^3 , si assicura la stabilità del rivestimento per mezzo di chiodi lunghi 6m, con maglia di $1\text{m} \times 1\text{m}$.

6.6.1 Verifica della chiodatura

Per la definizione del carico agente sui singoli chiodi, si analizza in pianta l'area d'influenza del bullone, tenendo conto della disposizione dei giunti strutturali tra un concio di galleria ed il successivo, con più frequenza registrati a 3m, 4,5m e 9m di distanza.

Come verificato per l'intervento tipo C2, la condizione peggiore si registra a fine concio, in corrispondenza del giunto strutturale, dove l'area di influenza è di $1,3\text{m} \times 1\text{m}$.

Oltre al peso proprio della struttura, in corrispondenza della cavità preesistente si considera il carico dell'argilla espansa iniettata (γ pari a 11 kN/m^3) **per uno spessore massimo di 2.5m**.

Definita l'intensità dei carichi agenti, si procede alla verifica dell'ancoraggio secondo Normativa, considerando i parametri descritti per la verifica della sezione tipo C2: in questo caso, dei 6m di lunghezza del chiodo, solo 2,5 sono di ancoraggio, escludendo il primo metro, nel rivestimento definitivo, e 2,5m massimi di cavità.

VERIFICA ANCORAGGIO

secondo NTC 2018 par. 6.6 - Combinazione A1+M1+R3 (1.3 - 1.0 - 1.3)

RIVESTIMENTO DEFINITIVO		RIEMPIMENTO CAVITÀ		Carico su un chiodo	
b [m]	1.3	b [m]	1.3	E [kN]	68
d [m]	1	d [m]	1	$\gamma_{G1/G2}$	1.3
h [m]	1	h [m]	2.5	Carico di progetto	
γ [kN/m ³]	25	γ [kN/m ³]	11	E_d [kN]	89
W [kN]	32.5	W [kN]	35.8		

CHIODO AUTOPERF Ø38				Verifica a sfilamento	
L _{tot} [m]	6	L _{ancoraggio} [m]	2.5	R _{ak MIN} [kN]	182
		Ø _{perforazione} [cm]	7.6	γ_{R3}	1.2
F _{yk} [kN]	400	τ [kPa]	500	R_{ad} [kN]	152
γ_M	1.15	Coeff. Sbulb	1.1	> E_d	
R _{ak} [kN]	348	ξ	1.8		
		R _{ak} [kN]	182		

Tabella 6-3 – Verifica della bullonatura

Si controlla inoltre che esternamente alla cavità i chiodi riescano a reggere il peso di 2.5m di roccia ammalorata che nel tempo potrà andare a gravare sul rivestimento: anche in questo caso la verifica è soddisfatta.

VERIFICA ANCORAGGIO

secondo NTC 2018 par. 6.6 - Combinazione A1+M1+R3 (1.3 - 1.0 - 1.3)

RIVESTIMENTO DEFINITIVO		ROCCIA AMMALORATA		Carico su un chiodo	
b [m]	1.3	b [m]	1.3	E [kN]	114
d [m]	1	d [m]	1	$\gamma_{G1/G2}$	1.3
h [m]	1	h [m]	2.5	Carico di progetto	
γ [kN/m ³]	25	γ [kN/m ³]	25	E_d [kN]	148
W [kN]	32.5	W [kN]	81.3		

CHIODO AUTOPERF Ø38				Verifica a sfilamento	
L _{tot} [m]	6	L _{ancoraggio} [m]	2.5	R _{ak MIN} [kN]	182
		Ø _{perforazione} [cm]	7.6	γ_{R3}	1.2
F _{yk} [kN]	400	τ [kPa]	500	R_{ad} [kN]	152
γ_M	1.15	Coeff. Sbulb	1.1	> E_d	
R _{ak} [kN]	348	ξ	1.8		
		R _{ak} [kN]	182		

Tabella 6-4 – Verifica della bullonatura

Dato che il rivestimento definitivo non presenta danni significativi, non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche sulla struttura presente, in grado di reggere il carico e di scaricarlo sui piedritti e sulle murette.

In aggiunta, in intradosso è prevista inoltre la posa di una rete elettrosaldata $\varnothing 5$ maglia 50mm x 50 mm, di peso trascurabile, tenuta in posizione dai bulloni, che permette di trattenere possibili futuri piccoli splaccaggi, evitando che cadano in corsia.

6.7 TIPO E1

Con questo intervento si trattano distacchi profondi fino a 20cm di profondità, come con la tipologia C1, a cui si rimanda per la verifica strutturale dello spessore di gunite.

In questo caso sono presenti anche venute d'acqua concentrate o diffuse e per questo motivo è prevista la posa della lamiera grecata in intradosso, con lo scopo di deviare l'acqua a bordo strada. Come per la tipologia B1, il supporto della lamiera è fornito dai tasselli M12, di almeno 45cm di lunghezza per ancorarsi nel rivestimento definitivo esistente, oltre i 20cm di malta di completamento.

6.8 TIPO E2

Con questo intervento si trattano distacchi profondi tra 20cm e 40cm di profondità, come con la tipologia C2, a cui si rimanda per la verifica strutturale dello spessore di gunite.

In questo caso sono presenti anche venute d'acqua concentrate o diffuse e per questo motivo è prevista la posa della lamiera grecata in intradosso, con lo scopo di deviare l'acqua a bordo strada. Come per la tipologia B1, il supporto della lamiera è fornito dai tasselli M12, di almeno 45cm di lunghezza per ancorarsi nel rivestimento definitivo esistente, oltre i 20cm di malta di completamento.

6.9 TIPO F

Nel caso di riscontro di cavità al contorno, si procederà con questo intervento; una volta riempita la cavità con geomix o con calcestruzzi alleggeriti con peso di volume comunque inferiore a 11 kN/m^3 , si assicura la stabilità del rivestimento per mezzo di chiodi lunghi 6m, con maglia di 1m x 1m. A differenza dell'intervento tipo D, in questo caso il rivestimento definitivo presenta ammaloramento significativo, con splaccaggi in intradosso che arrivano a 40cm.

Come per la sezione tipo C2, a cui si rimanda per la verifica strutturale, la parte mancante è ripristinata mediante Gunite: in questo modo la struttura torna a funzionare correttamente come un arco, andando a scaricare il carico geostatico sui piedritti e allontanandosi dalle due condizioni critiche di splaccaggio completo della calotta, con conseguente caduta, e di rottura per flessione o instabilità dello spessore ridotto sotto i carichi preesistenti.

6.10 TIPO G1

Nel caso del rilievo di un reticolo di fessure nel rivestimento esistente che evidenzia cunei potenzialmente instabili di volume maggiore al m^2 , l'intervento tipo G1 prevede un intervento di chiodatura, con bulloni autopercoranti lunghi 3m, a maglia 1.5m x 1.5m.

6.10.1 Verifica della chiodatura

Per la definizione del carico agente sui singoli chiodi, si analizza in pianta l'area d'influenza del bullone, tenendo conto della disposizione dei giunti strutturali tra un concio di galleria ed il successivo, con più frequenza registrati a 3m, 4,5m e 9m di distanza.

In questo caso, in aggiunta a quanto fatto per la sezione tipo C2, si considera la presenza delle fessure longitudinali che portano alla creazione di possibili cunei instabili.

Per individuare la condizione più gravosa, si considera la presenza di 2 fessure passanti e parallele distanti 3m: in via cautelativa si ipotizza che le 2 fratture passino proprio in corrispondenza dei chiodi, andandone a neutralizzare il contributo, ma in realtà i chiodi verranno posizionati in modo tale da rimanere almeno a 20cm

dalle fratture. Inoltre le fratture sono studiate come ortogonali alla pianta, ma in realtà possono essere inclinate e di fatto il chiodo va a cucire le due parti.

Inoltre nell'analisi non si tiene conto dell'attrito tra le due parti di calcestruzzo lungo le discontinuità: questo contributo, combinato con l'azione assiale presente nel rivestimento, ha assicurato la stabilità dei cunei potenzialmente instabili fino ad ora e questo equilibrio potrebbe perdurare, in mancanza di altre azioni come l'ammaloramento nel tempo del calcestruzzo.

In questo caso, il reticolo di discontinuità evidenzia diverse condizioni di carico: per ogni interasse dei giunti è stata retinata l'area più estesa in funzione del numero di chiodi attivati. La condizione peggiore si registra nel caso di giunto a 4,5m, con 4 chiodi su un'area di 3m x 4,5m:

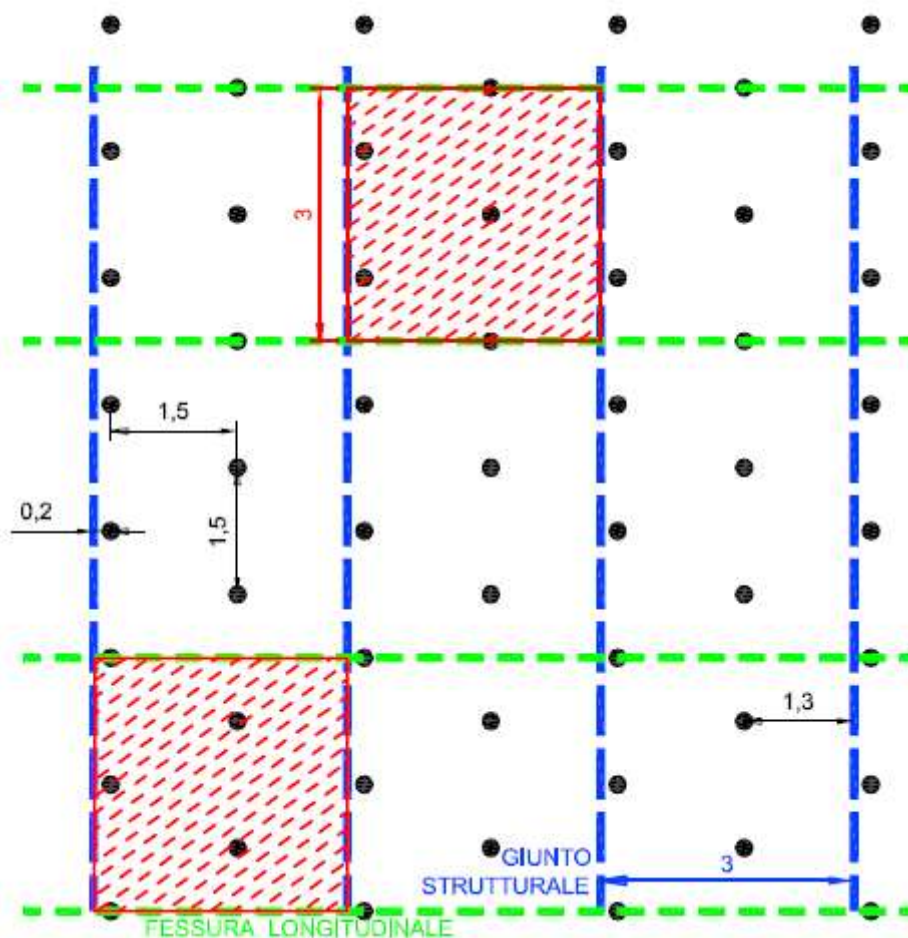


Figura 6-6 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 3m di interasse

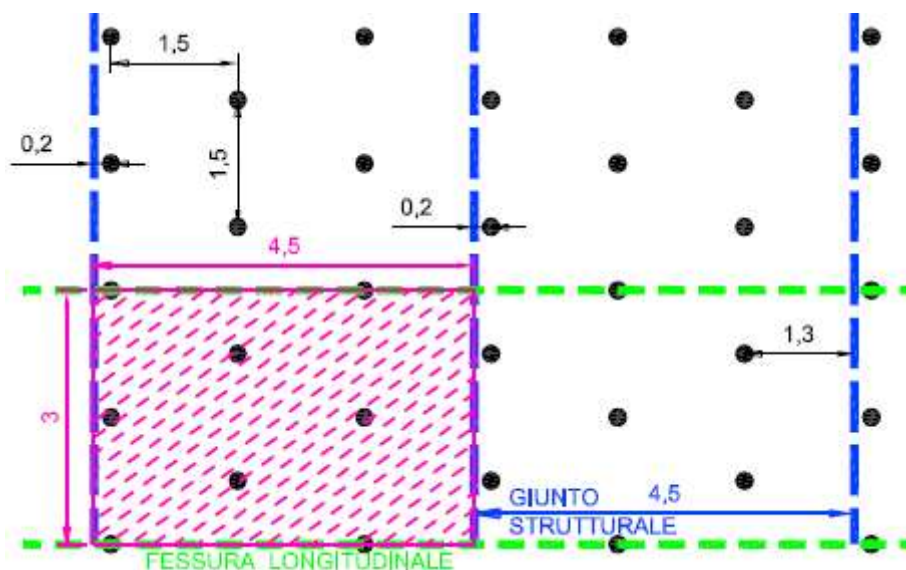


Figura 6-7 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 4.5m di interasse

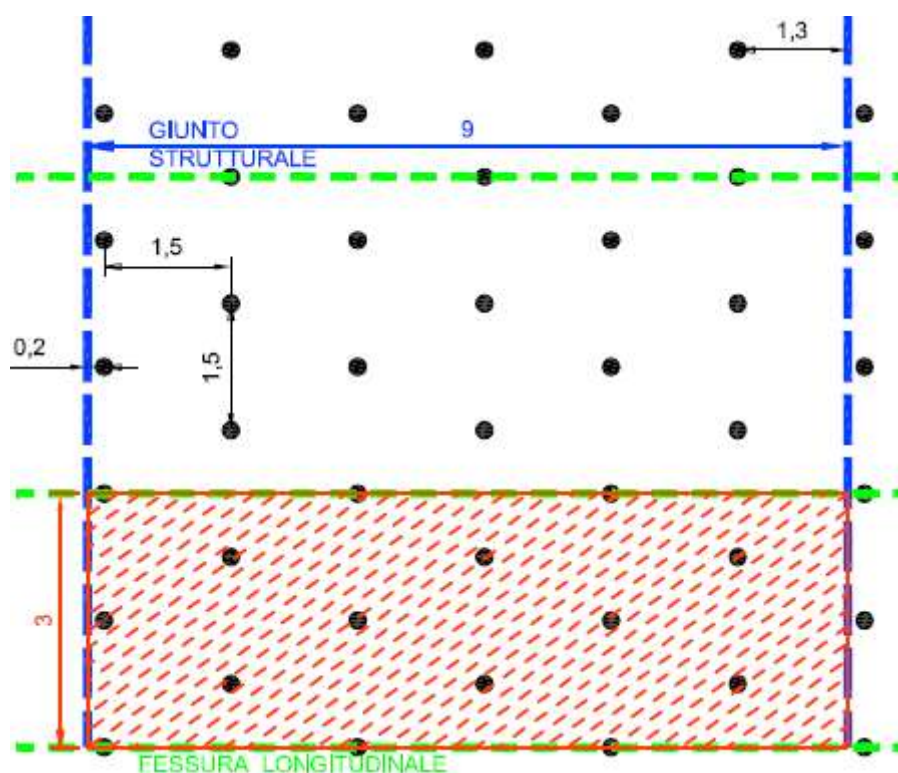


Figura 6-8 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 9m di interasse

In questo caso, data l'assenza di splaccaggi significativi in intradosso, lo stato fessurativo tende a quello di una struttura abbastanza scarica e per questo motivo non si considerano carichi esterni gravanti sul rivestimento. L'intervento di cucitura previsto consente di ripristinare continuità e integrità del rivestimento, evitando dislocamenti e permettendo il corretto funzionamento ad arco sotto i carichi geostatici presenti, tenuto conto anche delle assunzioni molto cautelative introdotte in questa analisi del discontinuo e descritte in precedenza.

Definita l'intensità dei carichi agenti, si procede alla verifica dell'ancoraggio secondo Normativa, considerando i parametri descritti per la verifica della sezione tipo C2: in questo caso, dei 3m di lunghezza del chiodo, solo i 2m esterni al rivestimento sono di ancoraggio.

Poiché l'area di carico trovata è di 3m x 4,5m per 4 chiodi, per il singolo chiodo $d[m]$ è pari a $4.5m / 4$.

VERIFICA ANCORAGGIO
secondo NTC 2018 par. 6.6 - Combinazione A1+M1+R3 (1.3 - 1.0 - 1.3)

RIVESTIMENTO DEFINITIVO		ALTRI CARICHI		Carico su un chiodo	
b [m]	3	b [m]	0	E [kN]	84
d [m]	1.125	d [m]	0	$\gamma_{G1/G2}$	1.3
h [m]	1	h [m]	0	Carico di progetto	
γ [kN/m ³]	25	γ [kN/m ³]	0	E_d [kN]	110
W [kN]	84.4	W [kN]	0.0		

CHIODO AUTOPERF Ø38		L'ancoraggio [m]		Verifica a sfilamento	
L _{tot} [m]	3	Ø perforazione [cm]	7.6	R _{ak MIN} [kN]	146
F _{yk} [kN]	400	τ [kPa]	500	γ_{R3}	1.2
γ_M	1.15	Coeff. Sbulb	1.1	R_{ad} [kN]	122
R _{ak} [kN]	348	ξ	1.8		> E _d
		R _{ak} [kN]	146		

Tabella 6-5 – Verifica della bullonatura

Per la verifica della tassellatura della lamiera grecata si rimanda alle tipologie precedenti.

6.11 TIPO G2

Nel caso del rilievo di un reticolo di fessure nel rivestimento esistente che evidenzia cunei potenzialmente instabili di volume inferiore al m², l'intervento tipo G2 prevede la posa di due reti elettrosaldate con 2 maglie diverse, come per l'intervento A, solidarizzate al rivestimento per mezzo di tasselli, al fine di intercettare i distacchi di calcestruzzo più piccoli.

Per evitare che si dislochino parti del rivestimento, in intradosso sono posizionati pannelli di rete in un'unica fune Ø8 in acciaio ad alta resistenza ($f_{yk} > 1770\text{MPa}$), fissati al rivestimento per mezzo di chiodi di 3m di lunghezza, a maglia 3m x 1.5m.

6.11.1 Verifica della chiodatura

Per la definizione del carico agente sui singoli chiodi, si analizza in pianta l'area d'influenza del bullone: in questo caso, data la presenza delle 2 reti elettrosaldate e dei pannelli di rete, la presenza dei giunti non costituisce vincolo sull'area di influenza, in quanto tutta la struttura risulta collaborante.

Quindi, per ogni chiodo, l'area di influenza è pari ad un quadrato di 2.12m per lato:

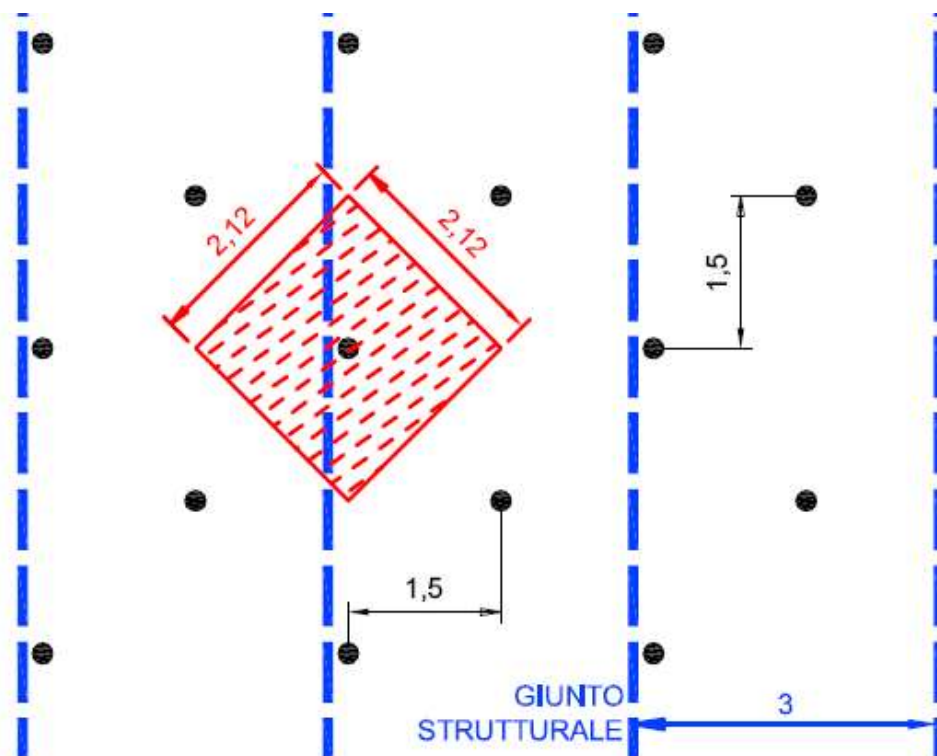


Figura 6.9 – Valutazione area di influenza (giunti strutturali non più da considerare)

Dato che in questo caso si considera la struttura collaborante, si ipotizza che sul chiodo gravi solo metà del peso del rivestimento, in quanto il pannello di rete ed i chiodi aiutano a mantenere compatto il rivestimento.

La verifica risulta soddisfatta considerando come ancoraggio solo l'ultimo metro e mezzo, ad esclusione dei primi 50cm di roccia.

VERIFICA ANCORAGGIO

secondo NTC 2018 par. 6.6 - Combinazione A1+M1+R3 (1.3 - 1.0 - 1.3)

RIVESTIMENTO DEFINITIVO		ALTRI CARICHI		Carico su un chiodo	
b [m]	2.12	b [m]		E [kN]	56
d [m]	2.12	d [m]		$\gamma_{G1/G2}$	1.3
h [m]	1	h [m]		Carico di progetto	
γ [kN/m ³]	12.5	γ [kN/m ³]		E_d [kN]	73
W [kN]	56.2	W [kN]	0.0		

CHIEDO AUTOPERF Ø38		L'ancoraggio [m]		Verifica a sfilamento	
L _{tot} [m]	3	Ø perforazione [cm]	7.6	R _{ak MIN} [kN]	109
F _{yk} [kN]	400	τ [kPa]	500	γ_{R3}	1.2
γ_M	1.15	Coeff. Sbulb	1.1	R_{ad} [kN]	91
R _{ak} [kN]	348	ξ	1.8		> E_d
		R _{ak} [kN]	109		

Tabella 6-6 – Verifica della bullonatura

6.11.2 Verifica del pannello di rete

La rete ha un comportamento a membrana, contenendo il carico proveniente dalle parti di calcestruzzo che si potrebbero mobilitare.

La trazione nel pannello di rete è pari al taglio esercitato dal peso del rivestimento tra 2 punti di vincolo a 2.12m di distanza. Come per i chiodi, si considera mediamente che il 50% del rivestimento gravi sulla rete.

Lo tensione di trazione nella rete è significativamente inferiore a quella limite dell'acciaio ad alta resistenza:

VERIFICA PANNELLO DI RETE			
RIVESTIMENTO DEFINITIVO		VERIFICA A TRAZIONE	
l [m]	2.12	Ø rete [mm]	8
h [m]	0.5	passo [m]	0.3
γ [kN/m ³]	25	T _{ed} [kN/m]	34
p [kN/m ²]	12.5	σ [MPa]	206
γ _{G1/G2}	1.3	f _{yk} [MPa]	1770
E _d [kN]	34	f _{yd} [MPa]	1539

Tabella 6-7 – Verifica della bullonatura

Per la verifica della tassellatura della lamiera grecata si rimanda alle tipologie precedenti.

6.12 TIPO G3

Quando il quadro fessurativo è persistente e le misurazioni in situ o le evidenze mostrano stati tensionali significative nel rivestimento, con venute d'acqua diffuse o concentrate, si applica l'intervento tipo G3, che prevede in corrispondenza di una fessura continua un intervento con chiodi di 6m di lunghezza, a maglia 1m x 1m, e chiodi con maglia 1.5m x 1.5m più esternamente.

Questo intervento permette di ripristinare la continuità strutturale della calotta, assicurandone il corretto funzionamento ad arco, con ripartizione dei carichi sui piedritti.

6.12.1 Verifica della chiodatura

Per la definizione del carico agente sui singoli chiodi, si analizza in pianta l'area d'influenza del bullone, tenendo conto della disposizione dei giunti strutturali tra un concio di galleria ed il successivo, con più frequenza registrati a 3m, 4,5m e 9m di distanza.

In questo caso, in aggiunta a quanto fatto per la sezione tipo C2, si considera la presenza delle fessure longitudinali che portano alla creazione di possibili cunei instabili.

Per individuare la condizione più gravosa, si considera la presenza non solo di 1 fessura ma anche di 2 fessure passanti e parallele distanti 1m: in via cautelativa si ipotizza che le 2 fratture passino proprio in corrispondenza dei chiodi, andandone a neutralizzare il contributo, ma in realtà i chiodi verranno posizionati in modo tale da rimanere almeno a 20cm dalle fratture. Inoltre le fratture sono studiate come ortogonali alla pianta, ma in realtà possono essere inclinate e di fatto il chiodo va a cucire le due parti.

Inoltre nell'analisi non si tiene conto dell'attrito tra le due parti di calcestruzzo lungo le discontinuità: questo contributo, combinato con l'azione assiale presente nel rivestimento, ha assicurato la stabilità dei cunei potenzialmente instabili fino ad ora e questo equilibrio potrebbe perdurare, in mancanza di altre azioni come l'ammaloramento nel tempo del calcestruzzo.

In questo caso, il reticolo di discontinuità evidenzia diverse condizioni di carico: per ogni interasse dei giunti è stata retinata l'area più estesa in funzione del numero di chiodi attivati. Nella zona a ridosso delle fratture, con chiodi a maglia 1m x 1m, la condizione peggiore si registra nel caso di giunto a 3m, con 1 chiodo su un'area di 3m x 1m:

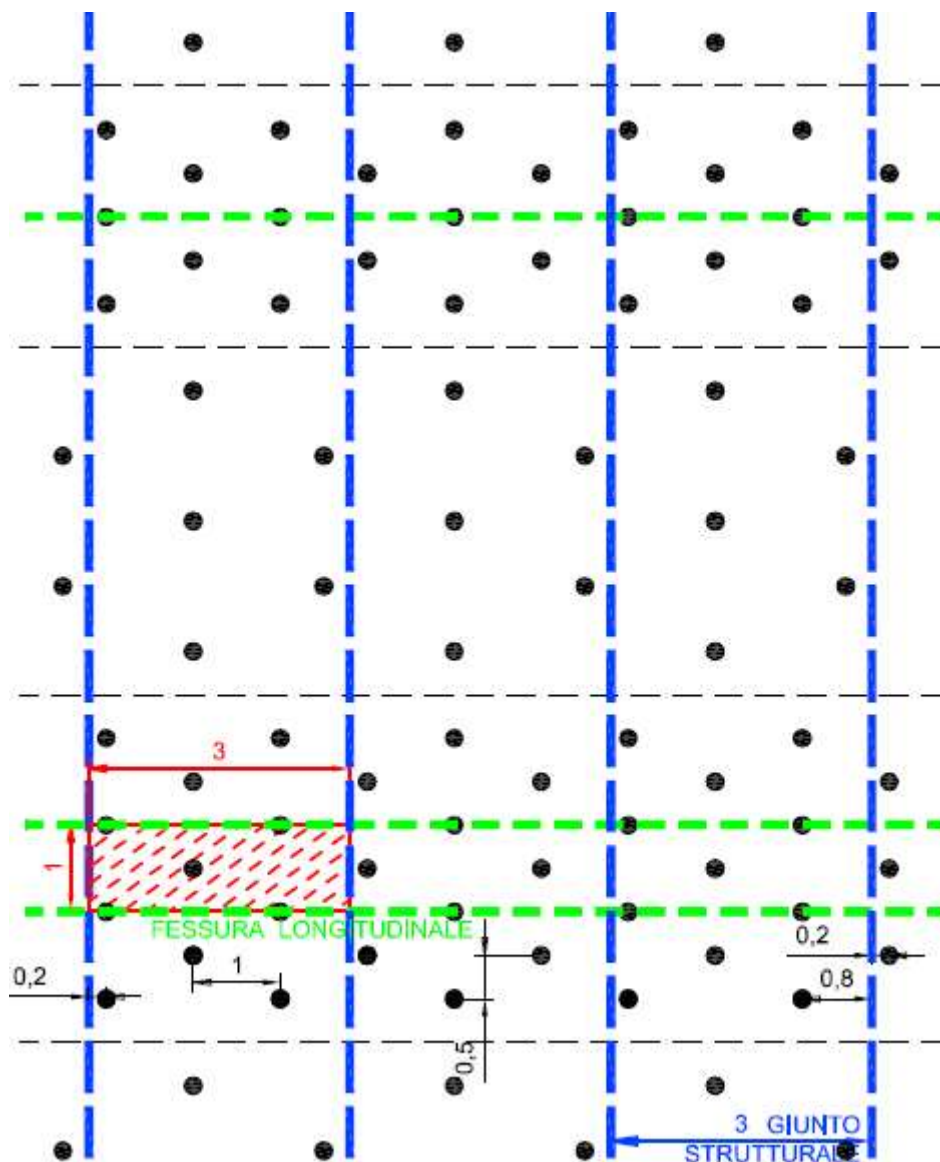


Figura 6-10 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 3m di interasse

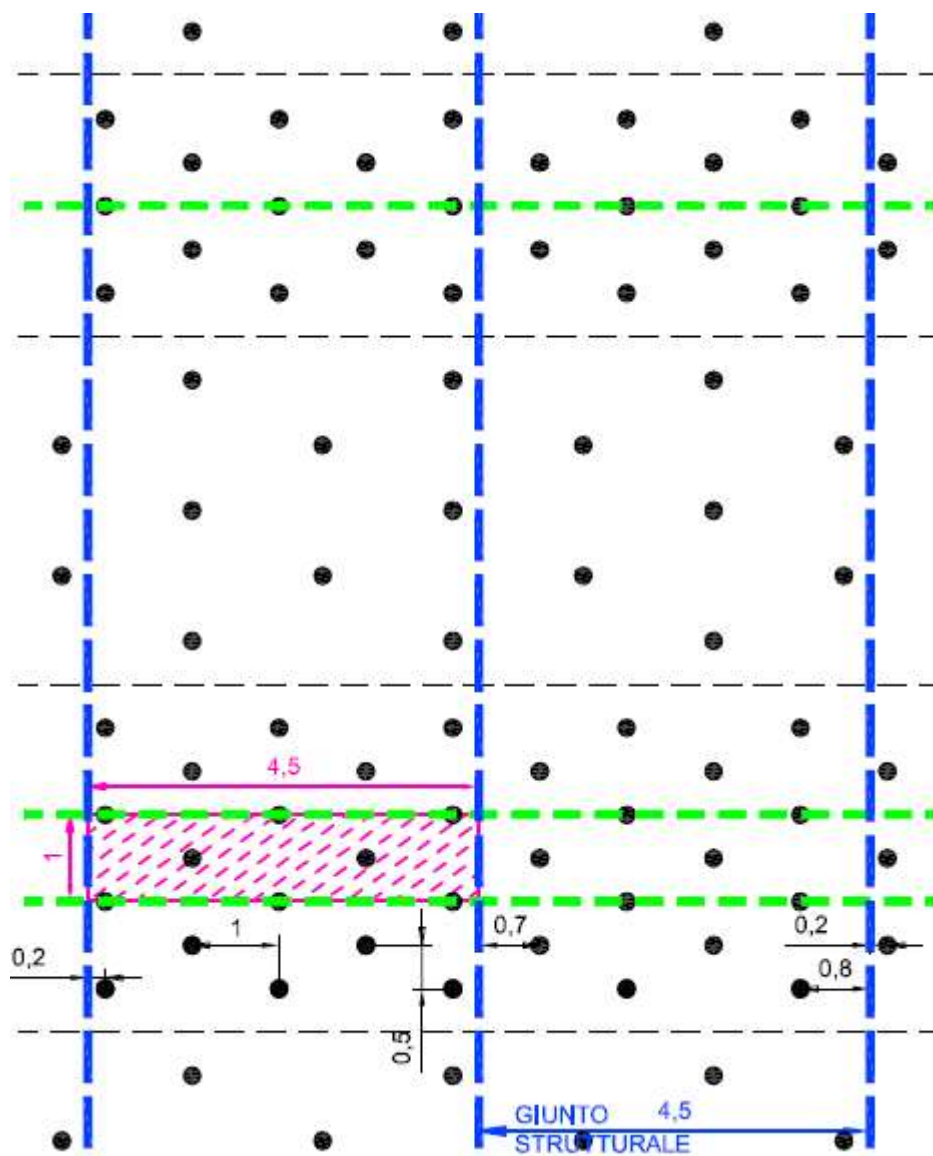


Figura 6-11 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 4.5m di interasse

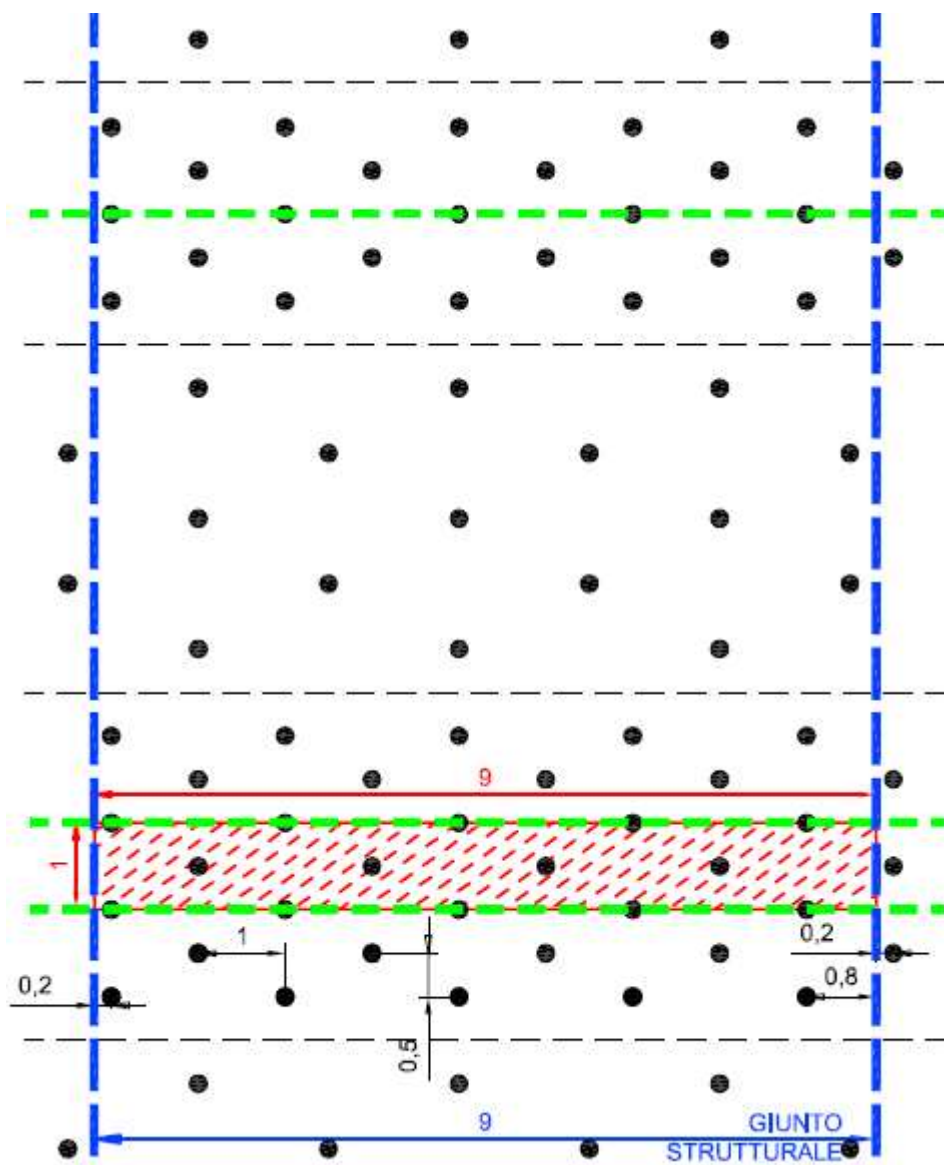


Figura 6-12 – Valutazione area di influenza con i giunti strutturali a 9m di interasse

Per quanto riguarda i chiodi nella parte esterna, si considera l'area di carico individuata per l'intervento tipo G1, più estesa di quella relativa alla sola area di influenza di 1 chiodo (3.375m² contro 2.25m²).

Questo tipo di intervento è previsto in caso di elevati stati tensionali. Per esempio sulla galleria Bertè, sull'A26, sono stati registrati con prova di martinetto piatto valori di compressione fino a 7MPa in corrispondenza dei reni in intradosso, in concomitanza con fessure in intradosso in calotta. Questa distribuzione degli sforzi è in linea con l'andamento del momento flettente che si può registrare in calotta a causa del peso proprio e dei carichi geostatici applicati in estradosso, per lo più in caso di azione assiale bassa, che porta all'apertura di fessure anche per momenti flettenti non elevati. In particolare, in caso di rivestimenti non armati, il comportamento della calotta tra giunti ravvicinati tende a quello di una trave incastrata sui reni-piedritti. All'aumentare del carico, oltre certi livelli flessionali la continuità strutturale viene meno all'apertura delle fessure, facendo comportare la calotta come una trave su 2 appoggi, con momento flettente, verso un $pl^2/8$, che manda in trazione l'intradosso della chiave della calotta e che fa ruotare la trave sulle cerniere in corrispondenza dei reni, facendo salire significativamente la compressione in intradosso sui reni.

Altre situazioni riscontrate durante i sopralluoghi mostrano tensione massima di compressione in chiave calotta, con i reni scarichi in intradosso: in questo caso potrebbe esserci un carico spingente orizzontale più

importante, tipico di gradi profondità, che porta il rivestimento a deformarsi verso l'interno puntando sulla mezzeria della calotta e sul piano dei centri.

In questo caso, il momento flettente tende l'intradosso ai reni e comprime intradosso in calotta.

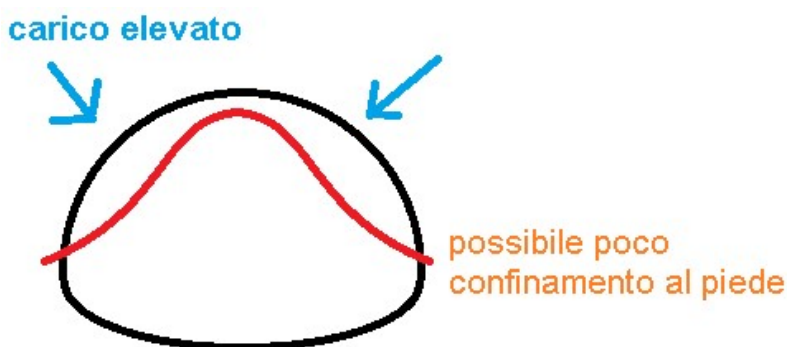


Figura 6-13 – Possibile deformata di galleria (in rosso)

Le condizioni di carico possibili sono molteplici e possono includere anche spinte dissimmetriche per scistosità, discontinuità dell'ammasso o condizioni di scavi parietali.

Per elevati valori di azione assiale, che vanno quindi a centrare il carico sulla sezione reagente, è più probabile vedere splaccaggi causati da picchi di compressione, in assenza però di fratture: questa condizione è stata evidenziata poco nei rilievi effettuati.

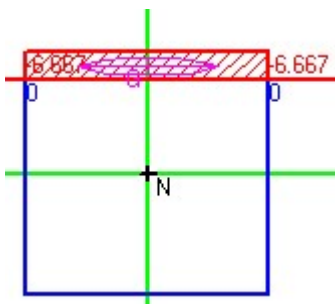
Per esempio, per un carico radiale uniforme sulla galleria, ad una pressione di 60kPa su una galleria di 14m di diametro equivale, secondo la formula di Mariotte per tubi in pressione, uno sforzo assiale uniforme

$$\sigma = \frac{p \cdot D}{2 \cdot s} = \frac{60kPa \cdot 14m}{2 \cdot 1m} = 0.4MPa$$

. Questo stato tensionale costante non costituirebbe causa di danno al rivestimento, completamente compresso, ma a bassi livelli tensionali. Basta quindi poca eccentricità di carico in questi casi per portare il calcestruzzo in trazione su un lembo della sezione reagente, creando quindi fessure e portando a compressione elevata l'altro lembo.

0.4MPa si ottengono applicando un'azione assiale di 400kN su di una sezione di CLS, b=1m e H=1m.

Se il carico si allontana dalla uniformità radiale, è facile che si aprano delle fessure, che riducono il grado di vincolo all'incastro, dove il momento era $pl^2/12$. A quel punto, a metà trave, il momento dall'altro lembo diventa $pl^2/8$ e così, per esempio in questo caso, basta che il 50% della pressione iniziale [30kPa] carichi la trave (il resto si scarica intorno) per avere una sezione completamente fessurata su un lembo e tensione di compressione di 7MPa sull'altro lembo. La figura seguente mostra l'andamento delle tensioni nella sezione di CLS, con N pari a 400kN e $M = pl^2/8 = 30kPa \cdot 7m^2 / 8$



Data la completa variabilità delle possibili condizioni di carico, si considera una pressione di 30kPa agente sul rivestimento, da intendersi come un Δ di carico che allontana la sezione da condizioni di carico teoricamente uniforme sul contorno.

Definita l'intensità dei carichi agenti, si procede alla verifica dell'ancoraggio secondo Normativa, considerando i parametri descritti per la verifica della sezione tipo C2: in questo caso, dei 6m di lunghezza del chiodo, solo i 4m esterni al rivestimento sono di ancoraggio, tenuto conto di 1 primo metro di roccia detensionata:

VERIFICA ANCORAGGIO
secondo NTC 2018 par. 6.6 - Combinazione A1+M1+R3 (1.3 - 1.0 - 1.3)

RIVESTIMENTO DEFINITIVO		PRESSIONE ESTERNA		Carico su un chiodo	
b [m]	3	b [m]	3	E [kN]	165
d [m]	1	d [m]	1	$\gamma_{G1/G2}$	1.3
h [m]	1				
γ [kN/m ³]	25	p [kPa]	30	Carico di progetto	
W [kN]	75.0	W [kN]	90.0	E_d [kN]	215

CHIODO AUTOPERF Ø38		Lancoraggio [m]		Verifica a sfilamento	
L _{tot} [m]	6	Ø perforazione [cm]	7.6	R _{ak MIN} [kN]	292
		τ [kPa]	500	γ_{R3}	1.2
F _{yk} [kN]	400	Coeff. Sbulb	1.1	R_{ad} [kN]	243
γ_M	1.15	ξ	1.8		> E _d
R _{ak} [kN]	348	R _{ak} [kN]	292		

Tabella 6-8 – Verifica della bullonatura

Per i chiodi della maglia esterna (1.5m x 1.5m) si considera un possibile carico esterno pari a 10kPa:

VERIFICA ANCORAGGIO
secondo NTC 2018 par. 6.6 - Combinazione A1+M1+R3 (1.3 - 1.0 - 1.3)

RIVESTIMENTO DEFINITIVO		PRESSIONE ESTERNA		Carico su un chiodo	
b [m]	3	b [m]	3	E [kN]	118
d [m]	1.125	d [m]	1.125	$\gamma_{G1/G2}$	1.3
h [m]	1				
γ [kN/m ³]	25	p [kPa]	10	Carico di progetto	
W [kN]	84.4	W [kN]	33.8	E_d [kN]	154

CHIODO AUTOPERF Ø38		Lancoraggio [m]		Verifica a sfilamento	
L _{tot} [m]	6	Ø perforazione [cm]	7.6	R _{ak MIN} [kN]	292
		τ [kPa]	500	γ_{R3}	1.2
F _{yk} [kN]	400	Coeff. Sbulb	1.1	R_{ad} [kN]	243
γ_M	1.15	ξ	1.8		> E _d
R _{ak} [kN]	348	R _{ak} [kN]	292		

Tabella 6-9 – Verifica della bullonatura

Per la verifica della tassellatura della lamiera grecata si rimanda alle tipologie precedenti.

6.13 TIPO H1

Con questo intervento si trattano distacchi profondi fino a 20cm di profondità in presenza di armatura.

La zona disgregata va riempita con Gunite, come prescritto per l'intervento C1.

In base al grado di ruggine presente sulle armature si provvederà alla pulizia o alla sostituzione dove possibile, rispettando la lunghezza di sovrapposizione di 60Ø (riducibile, se necessario, nelle zone in cui il ferro è nella zona compressa). La continuità dei ferri con le zone attorno verrà assicurata dagli inghisaggi, anch'essi di lunghezza adeguata in base alle zone di trazione e compressione.

6.14 TIPO H2

Questa tipologia ricopia gli interventi strutturali della tipo H1, andando ad includere anche drenaggi e la posa della lamiera grecata in intradosso, di peso trascurabile, necessari alla deviazione dell'acqua percolante dal rivestimento esistente.

6.15 TIPO I

In questo caso, a differenza degli interventi tipo H1 e H2, la zona trattata è quella dell'intradosso dei piedritti. Di norma, il momento flettente sui piedritti tende a comprimere l'intradosso: la compressione derivante, combinata con la pressione espansiva delle barre di acciaio arrugginite, porta all'espulsione del calcestruzzo. L'intervento permette quindi di ripristinare la sezione di calcestruzzo, sostituendo le barre di armatura principale danneggiate ed anche la staffatura/spilli, importanti alla base dei piedritti, dove il taglio nel rivestimento di calotta di solito registra i valori di picco.

Dove necessario, sono previsti anche dei drenaggi per allontanare l'acqua dalla calotta.

7 GIUDIZIO CONCLUSIVO SULLA SICUREZZA DELL'OPERA

Come descritto prima della verifica dei singoli interventi, in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, gli interventi analizzati si classificano come “interventi di riparazione o locali” in quanto, in accordo al par. 8.4.1, riguardano una singola parte della struttura, senza cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione.

Come verificato, gli interventi tipologici permettono di ripristinare, rispetto alla configurazione precedente il danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate, una volta individuata la causa del danno, che viene adeguatamente trattata, per esempio inserendo dei drenaggi che rappresentano un percorso preferenziale di drenaggio per l'acqua, piuttosto di passare nelle fessure del calcestruzzo.

Inoltre gli interventi migliorare le caratteristiche di resistenza di parti, anche non danneggiate della struttura: infatti gli interventi di chiodatura mantengono il rivestimento compatto, evitando meccanismi di rottura fragile nel calcestruzzo non armato (e non solo) e bloccando assestamenti e possibili evoluzioni tensionali della roccia ammalorata a contatto con il rivestimento.

In aggiunta, impediscono meccanismi di collasso locale, poiché bloccando o riducendo significativamente il fenomeno di eventuali distacchi futuri, assicura nel tempo un miglior mantenimento della prestazione iniziale del rivestimento definitivo, non alterando la configurazione di carico, soprattutto verso disposizioni asimmetriche, mal tollerate da rivestimento non armato (e non solo).

Per questi motivi si conclude che gli interventi di ripristino permettono di ripristinare la funzionalità del rivestimento definitivo, permettendo all'opera di rimanere in esercizio per la vita utile indicata dal Progettista per l'intervento di ripristino.