



CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA

Area Mobilità

Servizio Trasporti Eccezionali, Ponti e Piste Ciclabili

Ca' Corner, San Marco 2662 - 30124 Venezia (VE)
Via Forte Marghera, 191 - 30173 Mestre (VE)



PROGETTO ESECUTIVO

**INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEI PONTI GIREVOLI DELLA CITTÀ
METROPOLITANA DI VENEZIA - I° STRALCIO**
SP62 - PONTE GIREVOLE SUL CANALE SAETTA A CAORLE
SP42 - PONTE GIREVOLE SUL CANALE CAVETTA A JESOLO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Arch. Alberta Parolin

Comune di Jesolo (VE)

SUPPORTO AL RUP
Arch. Francesca Finco

SP42 "Jesolana"

PROGETTAZIONE

Mastergroup
Ing. Gianluca Susin
Ing. Mauro Tona

Studio di ingegneria RS

SP42 - PONTE GIREVOLE CANALE CAVETTA

PIANO DI MANUTENZIONE

REV.	DESCRIZIONE	DATA
1	EMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	11/12/2024

PE-ST-JE-456

SCALA: -

Revisioni

N°	DATE	COMMENTS	R	V	A
C00	11/12/24	Emissione	AR	SM	SS

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
1.2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
1.3	DOCUMENTI CHE COMPONGONO IL PIANO DI MANUTENZIONE.....	7
2	MANUALE D'USO E MANUALE DI MANUTENZIONE.....	8
2.1	STRUTTURE DI FONDAZIONE.....	8
2.1.1	REQUISITI E PRESTAZIONI.....	8
2.1.1.1	Resistenza agli agenti aggressivi.....	8
2.1.1.2	Resistenza al gelo.....	8
2.1.1.3	Resistenza meccanica.....	9
2.1.2	PILA E SPALLE.....	10
2.1.2.1	Anomalie riscontrabili.....	10
2.1.2.2	Modalità d'uso corretta.....	11
2.1.2.3	Controlli eseguibili da personale specializzato.....	11
2.1.2.4	Manutenzioni eseguibili da personale specializzato.....	11
2.2	INTERVENTI DI RIPRISTINO NELLE SUPERFICI DEGRADATE DEL CALCESTRUZZO.....	12
2.2.1.1	Requisiti dei materiali di ripristino.....	13
2.3	STRUTTURE METALLICHE.....	15
2.3.1	REQUISITI E PRESTAZIONI.....	15
2.3.1.1	Resistenza agli agenti aggressivi.....	15
2.3.1.2	Resistenza meccanica.....	17
2.3.1.3	Resistenza al vento.....	18
2.3.1.4	Durata della vita nominale (periodo di riferimento per l'azione sismica).....	18
2.3.1.5	Certificazione delle saldature.....	18
2.3.2	TRAVI LONGITUDINALI, TRAVI TRASVERSALI, CARPENTERIA METALLICA DEL SISTEMA DI ROTAZIONE.....	19
2.3.2.1	Anomalie riscontrabili.....	21
2.3.2.2	Modalità d'uso corretta.....	21
2.3.2.3	Controlli eseguibili da personale specializzato.....	21
2.3.2.4	Manutenzioni eseguibili da personale specializzato.....	21
2.3.3	UNIONI.....	21
2.3.3.1	Anomalie riscontrabili.....	21
2.3.3.2	Modalità d'uso corretta.....	22
2.3.3.3	Controlli eseguibili da personale specializzato.....	22
2.3.3.4	Manutenzioni eseguibili da personale specializzato.....	22
2.3.4	INTERVENTI DI MANUTENZIONE SUI RIVESTIMENTI PROTETTIVI.....	23
3	PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	24
3.1	SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI.....	24
3.2	SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI.....	26

1 INTRODUZIONE

Con il presente piano di manutenzione si fornisce uno strumento di gestione delle attività manutentive pianificabili. Attraverso tale strumento si programmano nel tempo gli interventi, si individuano le risorse occorrenti, si perseguono altri obiettivi essenzialmente rivolti ad ottimizzare le economie gestionali ed organizzative e ad innalzare il livello prestazionale dei beni.

Le indicazioni fornite nel piano di manutenzione recepiscono le indicazioni dell'art.38 del D.P.R. del 5 ottobre 2010 n. 207.

Il piano di manutenzione potrà essere aggiornato dal proprietario dell'opera e da chiunque debba fare manutenzione dell'opera e dei singoli elementi che la costituiscono.

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

- lunghezza parte mobile 22,8 m
- larghezza impalcato 8,0 m
- larghezza carreggiata stradale 6,6 m
- n. corsie 2
- n.1 marciapiede di larghezza 1,4 m provvisto di barriera (catenella)
- anno di costruzione '91-'92

Il ponte si trova sulla Strada Provinciale 42 "Jesolana", attraversa il canale Cavetta e si trova nel Comune di Jesolo (VE). Si tratta di un ponte costituito da 2 campate girevoli in acciaio.

Le campate sono lunghe rispettivamente 8 e 13.27 m.

La larghezza dell'impalcato è di 8 m, sono presenti 2 carreggiate di marcia ed un marciapiede.



Fig.1 ponte Jesolo vista lato ovest

Le due campate girevoli sono realizzate con 2 travi longitudinali di acciaio alle quali sono collegati i traversi di acciaio con passo di 2 m.

L'intervento prevede:

- Manutenzione ordinaria con ripristino della protezione superficiale.
- Pulizia e risanamento delle strutture di interfaccia.
- Pulizia e ove necessario il ripristino del calcestruzzo degradato.
- Ripristino del calcestruzzo in corrispondenza delle sedi di appoggio degradate

1.2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella stesura del presente documento, si è fatto riferimento principalmente alla seguente normativa tecnica:

- [1] Decreto del Presidente della Repubblica del 5 ottobre 2010 n. 207 – “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”.
- [2] Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17.01.2018 – “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- [3] Circolare applicativa delle Norme tecniche per le costruzioni del 21/01/2019, n. 7/C.S.LL.PP

Si riporta, di seguito, l'elenco delle tavole di riferimento delle lavorazioni oggetto dell'intervento:

PE-ST-JE-451	Tavola di inquadramento
PE-ST-JE-452	Pianta, prospetto e sezioni impalcato - Stato di fatto
PE-ST-JE-453	Pianta, prospetto e sezioni impalcato - Stato di progetto
PE-ST-JE-454	Comparativa
PE-ST-JE-455	Fasi operative

1.3 DOCUMENTI CHE COMPONGONO IL PIANO DI MANUTENZIONE

Secondo normativa, il piano di manutenzione è composto dai seguenti elaborati:

Manuale d'uso

Contiene le seguenti informazioni:

- la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- la rappresentazione grafica;
- la descrizione;
- le modalità di uso corretto.

Manuale di manutenzione

Contiene le seguenti informazioni:

- la collocazione dell'intervento delle parti menzionate;
- la rappresentazione grafica;
- la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- il livello minimo delle prestazioni;
- le anomalie riscontrabili;
- le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

Programma di manutenzione

Si articola secondo i sottoprogrammi:

- il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita degli impianti individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione degli impianti eseguiti.

2 MANUALE D'USO E MANUALE DI MANUTENZIONE

2.1 STRUTTURE DI FONDAZIONE

L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:

- Pila e spalle di fondazione;

2.1.1 REQUISITI E PRESTAZIONI

2.1.1.1 Resistenza agli agenti aggressivi

Classe di Requisiti: protezione dagli agenti chimici ed organici.

Classe di Esigenza: sicurezza strutturale.

Le strutture di fondazione non devono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

Prestazioni: le strutture di fondazione dovranno conservare nel tempo, sotto l'azione di agenti chimici (anidride carbonica, solfati, ecc.) presenti in ambiente, le proprie caratteristiche funzionali.

Livello minimo della prestazione: nelle opere e manufatti in calcestruzzo, il D.M. 17.1.2018 prevede che l'armatura resistente debba essere protetta da un adeguato copriferro, al fine di proteggere le armature dalla corrosione. Il copriferro deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione. Il valore minimo del copriferro deve rispettare quanto indicato in Tab. C4.1.IV illustrata nella Circ. 21.1.2019 n° 7.

Riferimenti normativi: D.Lgs. 9.4.2008, n. 81; D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.1.2018; C.M. Infrastrutture e Trasporti 21.1.2019, n. 7; UNI 7699; UNI 8290-2; UNI 9944; UNI 10322.

Cadenza del controllo: a seguito di cedimenti anomali.

Tipologia del controllo: a vista.

2.1.1.2 Resistenza al gelo

Classe di Requisiti: protezione dagli agenti chimici ed organici.

Classe di Esigenza: sicurezza strutturale

Le strutture di fondazione non dovranno subire disgregazioni e variazioni dimensionali e di aspetto in conseguenza della formazione di ghiaccio.

Prestazioni: le strutture di fondazione dovranno conservare nel tempo le proprie caratteristiche funzionali se sottoposte a cause di gelo e disgelo. In particolare all'insorgere di pressioni interne che ne provocano il degrado.

Livello minimo della prestazione: i valori minimi variano in funzione del materiale impiegato. La resistenza al gelo viene determinata secondo prove di laboratorio su provini di calcestruzzo (provenienti da getti effettuati in cantiere, confezionato in laboratorio o ricavato da calcestruzzo già indurito) sottoposti a cicli alternati di gelo (in aria raffreddata) e disgelo (in acqua termostattizzata). Le

misurazioni della variazione del modulo elastico, della massa e della lunghezza ne determinano la resistenza al gelo.

Cadenza del controllo: a seguito di anomali rigonfiamenti e distacchi di materiale.

Tipologia del controllo: a vista.

2.1.1.3 Resistenza meccanica

Classe di Requisiti: stabilità.

Classe di Esigenza: sicurezza strutturale.

Le strutture di fondazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

Prestazioni: le fondazioni, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

Livello minimo della prestazione: per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia e agli elaborati esecutivi di progetto.

Riferimenti normativi:

Legge 5.11.1971, n. 1086; Legge 2.2.1974, n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.1.2018; C.M. Infrastrutture e Trasporti 21.1.2019, n. 7; UNI 8290-2; UNI EN 384; UNI EN 1356; UNI EN 12390-1; UNI EN 1992; UNI EN 1994.

Cadenza del controllo: a seguito di cedimenti anomali.

Tipologia del controllo: a vista.

2.1.2 PILA E SPALLE

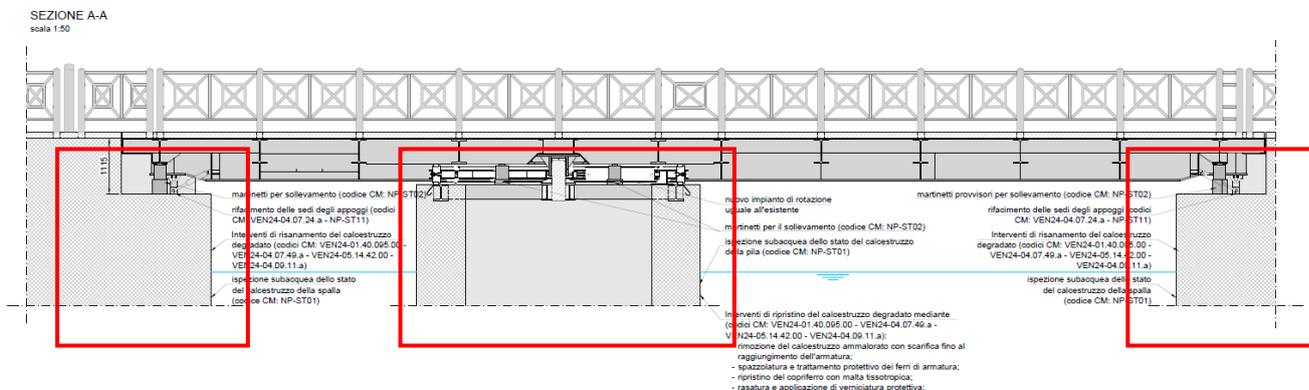


Fig. 2 Prospetto con individuazione della pila e delle spalle.

2.1.2.1 Anomalie riscontrabili

Bolle d'aria

Alterazione della superficie del calcestruzzo caratterizzata dalla presenza di fori di grandezza e distribuzione irregolare, generati dalla formazione di bolle d'aria al momento del getto.

Cavillature superficiali

Sottile trama di fessure sulla superficie del calcestruzzo.

Disgregazione e distacco

Disgregazione e distacco di parti notevoli del materiale che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi di materiale dalla loro sede.

Esposizione dei ferri di armatura

Distacchi di parte di calcestruzzo (copriferro) e relativa esposizione dei ferri di armatura a fenomeni di corrosione per l'azione degli agenti atmosferici.

Fessurazioni

Presenza di rotture singole, ramificate, ortogonale o parallele all'armatura che possono interessare l'intero spessore del manufatto.

Deformazioni e spostamenti eccessivi

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

Cedimento fondazionale

Dissesto dovuto a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione.

Non perpendicolarità del fabbricato

Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

2.1.2.2 Modalità d'uso corretta

L'utente dovrà accertarsi della comparsa di eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

2.1.2.3 Controlli eseguibili da personale specializzato

Controllare l'integrità del plinto verificando l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni. Controllare eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali. Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).

2.1.2.4 Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali tali da compromettere la stabilità delle strutture. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesti riscontrati.

2.2 INTERVENTI DI RIPRISTINO NELLE SUPERFICI DEGRADATE DEL CALCESTRUZZO

I ripristini dovranno essere effettuati in funzione del livello di degrado riscontrato a seguito delle lavorazioni di pulizia superficiale. L'intervento varia in funzione dello spessore da ripristinare scegliendo fra tecniche (rasatura, spruzzo o rinzafo, colaggio, spatola, iniezione, tassello) e materiali (malte, betoncini, calcestruzzi e formulati a base di resina) diversi.

In linea generale, lo scopo prioritario del ripristino delle strutture in conglomerato cementizio è quello di ricreare la sagoma di progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati o eventuale ringrosso garantendo:

- monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino;
- resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio.

Per prolungare la vita utile della struttura sarà indispensabile garantire agli interventi di ripristino la massima curabilità. Per questo si farà costante riferimento alla UNI EN 1504-9 ed in particolare sarà necessario:

- eseguire indagini per il riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, per individuare le aree su cui intervenire e gli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare;
- scegliere le tecniche d'intervento in funzione del tipo di elemento strutturale (orizzontale o verticale), degli spessori e dell'estensione dell'intervento;
- definire i requisiti che devono garantire i materiali utilizzati per il ripristino;
- scegliere i materiali verificando che le prestazioni fornite soddisfino i requisiti richiesti;
- definire nel progetto in modo accurato ed inequivocabile le fasi esecutive;
- verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'Impresa rispettino le specifiche prestazionali richieste;
- eseguire controlli sia in fase preliminare, che in corso d'opera, che sulle opere finite.

I materiali per il ripristino/adequamento sono suddivisi nelle seguenti categorie:

Leganti, malte, betoncini e calcestruzzi a base cementizia aventi caratteristiche espansive: questi prodotti sono certamente i più diffusi negli interventi di restauro; il loro requisito fondamentale è l'espansione contrastata in aria, che è caratteristica essenziale per garantire monoliticità tra vecchia struttura e materiale di ripristino. La loro scelta deriva dall'omogeneità di caratteristiche rispetto al calcestruzzo di supporto, dall'elevatissima durabilità, dalle prestazioni meccaniche e dalla facilità di applicazione.

Malte rapide a base di speciale legante pozzolanico: questi materiali basano la loro prestazione su una particolare reazione di idratazione del legante che consente di ottenere in brevissimo tempo, anche a temperature estreme (-5°C) elevate prestazioni meccaniche.

Formulati a base di resina: si tratta principalmente di resine di tipo epossidico o vinilestere. Vengono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali di iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghisaggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi.

La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che s'innescano quando la base si unisce all'indurente) e all'elevata adesione a calcestruzzo, acciaio ed ai diversi materiali da costruzione.

Materiali compositi: con la sigla Fiber Reinforced Plastics (FRP) si individuano materiali compositi sotto forma di tessuti o di barre in fibre di carbonio e/o vetro.

Sistemi protettivi filmogeni: tali sistemi protettivi devono costituire uno schermo verso l'ambiente impedendo da un lato la penetrazione degli agenti aggressivi dall'altro quella dell'acqua e dell'ossigeno, che contribuiscono alle reazioni che causano il degrado delle strutture.

2.2.1.1 Requisiti dei materiali di ripristino

Un materiale per il ripristino di strutture in calcestruzzo deve possedere i seguenti requisiti fondamentali.

Elevata compatibilità con il calcestruzzo di supporto

- Espansione contrastata a 24 ore con maturazione in aria: la perfetta compatibilità con il calcestruzzo di supporto si ha utilizzando malte e betoncini ad espansione contrastata con maturazione in aria, la cui espansione iniziale consentirà di compensare il ritiro che i materiali cementizi svilupperanno inevitabilmente all'evaporazione di parte dell'acqua d'impasto.
- Per garantire in opera la monoliticità tra vecchia struttura e materiale utilizzato per il ripristino è necessario che quest'ultimo sia in grado di fornire buoni valori di espansione contrastata a 24 ore e con maturazione all'aria.
- Aderenza al calcestruzzo indurito: l'adesione tra vecchia struttura e materiale di ripristino deve essere elevata e risultare almeno uguale alla resistenza a trazione del calcestruzzo indurito.
- Resistenza meccanica: la resistenza meccanica alla compressione, trazione e flessione deve risultare simile a quella del calcestruzzo di supporto e maggiore quando si eseguono interventi di adeguamento strutturale.
- Modulo elastico: per interventi di spessore centimetrico il modulo elastico del materiale di ripristino deve essere simile a quello del calcestruzzo di supporto. Per interventi millimetrici, specialmente per le zone inflesse, il modulo elastico deve essere < 16.000 MPa.

Elevata compatibilità con l'ambiente d'esercizio

I materiali utilizzati per ripristinare strutture degradate devono possedere una resistenza agli agenti esterni superiore a quella del calcestruzzo di cui l'opera è costituita.

La capacità del materiale da ripristino di resistere agli agenti aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni Cl⁻, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze lo spessore del materiale da ripristino applicato deve naturalmente risultare il più possibile impermeabile.

Per concentrazioni di CO₂ molto elevate (> 1000 ppm) o quando si fa uso di sali decongelanti sarà necessario proteggere la struttura con uno specifico sistema protettivo filmogeno.

I materiali utilizzati per il ripristino devono garantire anche la massima continuità della superficie esterna in modo da non favorire l'ingresso delle sostanze aggressive. A tal fine, i requisiti fondamentali che devono garantirsi sono:

- Resistenza alla fessurazione da ritiro plastico: il materiale per il ripristino deve contenere fibre sintetiche poliacrilonitrili nella misura e del tipo adatto a contrastare il verificarsi delle fessure durante le prime ore dopo l'applicazione.
- Resistenza alla fessurazione da ritiro igrometrico: per garantire la curabilità del ripristino il materiale di apporto deve avere una elevata resistenza alla fessurazione a lungo termine; la causa di tali stati fessurativi è il ritiro igrometrico, per questo motivo è fondamentale utilizzare materiali ad espansione contrastata in aria che garantiscano, nelle condizioni di esercizio, la compensazione del ritiro igrometrico.
- Resistenza alla carbonatazione: requisito indispensabile per evitare il degrado per corrosione delle armature dovuta alla carbonatazione, la conseguenza di questo processo è l'abbassamento del pH della pasta cementizia che diventa incapace di passivare le armature.
- Impermeabilità ai cloruri: i cloruri sono l'altro fattore che causa la corrosione delle armature, gli ioni Cl⁻, penetrando nel calcestruzzo, arrivati all'armatura bucano lo strato di ossido esistente e corrodono localmente le armature.
- Resistenza a cicli di gelo-disgelo: requisito fondamentale per le strutture in zone montane dove la temperatura oscilla sopra e sotto lo zero e quando vi sono condizioni ambientali che rendono il calcestruzzo umido.
- Impermeabilità all'acqua: la presenza d'acqua favorisce tutti i processi di degrado, una elevata impermeabilità è sinonimo di ridotta porosità del conglomerato.

Nel caso le fessure siano di ampiezza superiore a 0.2 mm applicare un prodotto coprente con crack bridging classe A3 secondo EN 1504-2.

Nel caso di fessure di ampiezza inferiore è sufficiente una impregnazione reattiva idrorepellente a base silanica.

2.3 STRUTTURE METALLICHE

L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:

- Travi longitudinali;
- Travi trasversali;
- Struttura metallica a sostegno del sistema di rotazione
- Collegamenti.

2.3.1 REQUISITI E PRESTAZIONI

2.3.1.1 Resistenza agli agenti aggressivi

Classe di Requisiti: protezione dagli agenti chimici ed organici

Classe di Esigenza: sicurezza strutturale

Le strutture di acciaio non dovranno subire nel corso della vita d'uso fenomeni di corrosione.

Prestazioni: le strutture di acciaio dovranno conservare nel tempo le proprie caratteristiche funzionali se sottoposte a processi di ossidazione.

Livello minimo della prestazione: per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia (D.M. 17.1.2018 e Circolare 2.2.2009 n. 617).

In presenza di elementi zincati, per prevedere la velocità di corrosione dello strato di zinco e quindi la durata della protezione offerta dalla zincatura, si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 14713:2010 parte 1 che fornisce indicazioni sulla perdita annuale media di spessore del rivestimento, previa individuazione della categoria di corrosività, ovvero dell'aggressività dell'ambiente (secondo la norma ISO 9223).

In tabella sono riportati i valori della perdita media annuale di spessore di zinco in funzione di sei differenti ambienti di esposizione che possono essere presi come riferimento.

Codici	Categoria di corrosività	Rischio di corrosione	Perdita media spessore di zinco ($\mu\text{m}/\text{anno}$)
C1	Interno: asciutto	Molto basso	<0.1
C2	Interno: condensa occasionale Esterno: area rurale esposta nell' entroterra	Basso	Da 0.1 a 0.7
C3	Interno: alta umidità, leggero inquinamento dell' aria Esterno: area entroterra urbana o costiera temperata	Medio	Da 0.7 a 2
C4	Interno: piscine, impianti chimici, etc Esterno: area industriale entroterra o costiera urbana	Alto	Da 2 a 4
C5	Esterno: area industriale con alta umidità o area costiera ad alta salinità	Molto alto	Da 4 a 8
CX	Estremo: condense permanenti e/o elevato inquinamento da attività produttive	Molto alto	Da 8 a 25
Im2	Acqua marina in regioni temperate	Molto alto	Da 10 a 20

Tabella 1 – Valori di perdita media annuale dello spessore di zinco in base alla classe di esposizione

L'agente principale nella corrosione atmosferica dello zinco è il biossido di zolfo – SO_2 che risulta essere determinante per l' ordine di grandezza della velocità di corrosione dello strato di rivestimento. In condizioni normali, cioè in presenza di umidità relativa all'incirca del 70% o superiore, la velocità di corrosione del metallo è proporzionale alla concentrazione di SO_2 . Il contributo di altri inquinanti, quali sali, NO_x , CO etc. è meno rilevante.

Il diagramma riportato nella figura sottostante esprime la durata in servizio della protezione fino alla prima manutenzione.

Per durata in servizio fino alla prima manutenzione si intende l'intervallo di tempo che trascorre dal momento in cui si applica il rivestimento iniziale fino al momento in cui il deterioramento (la consumazione) del rivestimento stesso rende necessarie operazioni di manutenzione per il ripristino della protezione del metallo base.

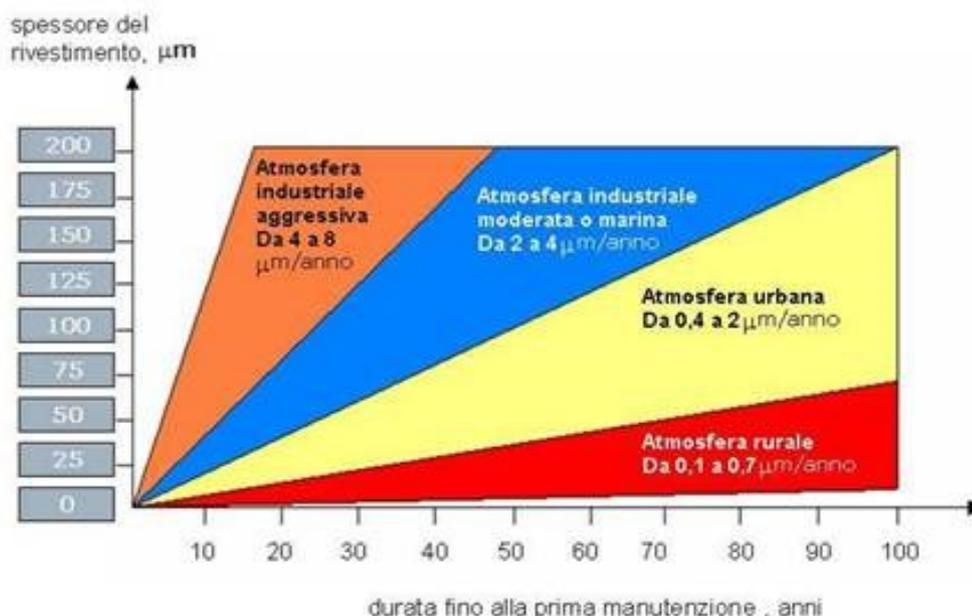


Figura 3 Durata tipica del rivestimento di zinco fino alla prima manutenzione, per diverse categorie di ambienti e relative velocità di corrosione.

Riferimenti normativi: D.Lgs. 9.4.2008, n. 81; D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.1.2018; C.M. Infrastrutture e Trasporti 21.1.2019, n. 7; UNI 7677; UNI 8290-2; UNI 10322.

Cadenza del controllo: a seguito di ossidazioni nell'acciaio e dalla presenza di ruggine.

Tipologia del controllo: a vista.

2.3.1.2 Resistenza meccanica

Classe di Requisiti: stabilità.

Classe di Esigenza: sicurezza strutturale.

Le strutture dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti differenziali rilevanti dovuti all'azione delle sollecitazioni di progetto: carichi verticali, forze sismiche, vento, ecc.

Prestazioni: le strutture, sotto l'effetto dei carichi statici, dinamici e accidentali, devono assicurare stabilità e resistenza. Risulta fondamentale un controllo finalizzato a verificare:

- Integrità delle giunzioni saldate;
- Integrità delle giunzioni bullonate;
- Presenza di eventuali cricche, lesioni, deformazioni anomale.

Livello minimo della prestazione: per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia e agli elaborati esecutivi di progetto (D.M. 17.1.2018 e Circolare 2.2.2009 n. 617).

Riferimenti normativi: Legge 5.11.1971 n. 1086; Legge 2.2.1974 n. 64; D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.1.2018; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009 n. 617; UNI 8290-2; UNI EN 384; UNI EN 1356; UNI EN 12390-1; UNI EN 1090-3, UNI 9503; UNI EN 1993; UNI EN 1999.

Cadenza del controllo: annuale

Tipologia del controllo: a vista

2.3.1.3 Resistenza al vento

Classe di Requisiti: stabilità

Classe di Esigenza: sicurezza

Le strutture devono resistere alle azioni e depressioni del vento tale da non compromettere la stabilità e la funzionalità degli elementi che le costituiscono.

Prestazioni: le strutture devono resistere all'azione del vento tale da assicurare durata e funzionalità nel tempo senza compromettere la sicurezza dell'utenza.

Livello minimo della prestazione: i valori minimi variano in funzione del tipo di struttura in riferimento ai seguenti dettati dal D.M. 17.1.2018.

Riferimenti normativi: D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.01.2018, C.M. Infrastrutture e Trasporti 21.01.2019, n. 7; UNI 8290-2.

2.3.1.4 Durata della vita nominale (periodo di riferimento per l'azione sismica)

Classe di Requisiti: durabilità tecnologica

Classe di Esigenza: durabilità

La vita nominale di un'opera strutturale V_n è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Prestazioni: il periodo di riferimento V_R di una costruzione, valutato moltiplicando la vita nominale V_n (espressa in anni) per il coefficiente d'uso della costruzione C_u ($V_R = V_n C_u$), è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento $P(V_R)$ corrispondente allo stato limite considerato (Tabella 3.2.1 della NTC), il periodo di ritorno T_r dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

Livello minimo della prestazione: il periodo di riferimento V_R è di 50 anni, calcolato considerando una classe d'uso uguale a 3 e una vita nominale pari a 75anni.

Riferimenti normativi: D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.1.2018; C.M. Infrastrutture e Trasporti 21.1.2019, n. 7; Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12.10.2007.

2.3.1.5 Certificazione delle saldature

Classe di Requisiti: controllabilità tecnologica.

Classe di Esigenza: controllabilità.

Le saldature degli acciai dovrà avvenire mediante i procedimenti codificati previsti dalla normativa vigente.

Prestazioni: la saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. E' ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale. I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1 da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificatamente qualificati. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Le saldature dovranno essere sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062.

Livello minimo della prestazione: per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia (D.M. 17.1.2018 e Circolare 2.2.2009 n. 617).

Riferimenti normativi: D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.1.2018; C.M. Infrastrutture e Trasporti 2.2.2009 n. 617; UNI EN 1418, UNI EN 473, UNI EN ISO 4063, UNI EN ISO 1455, UNI EN 287-1, UNI EN ISO 17635, UNI EN ISO 5817, UNI EN ISO 9692-1, UNI EN 1011-1/2, UNI EN ISO 15614-1.

2.3.2 TRAVI LONGITUDINALI, TRAVI TRASVERSALI, CARPENTERIA METALLICA DEL SISTEMA DI ROTAZIONE

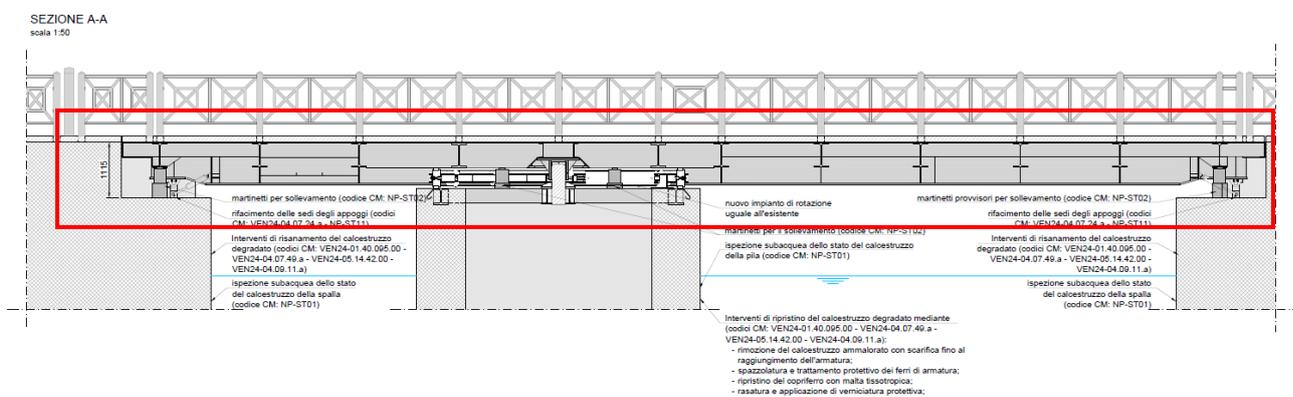


Fig. 4 Prospetto con individuazione delle travi longitudinali.

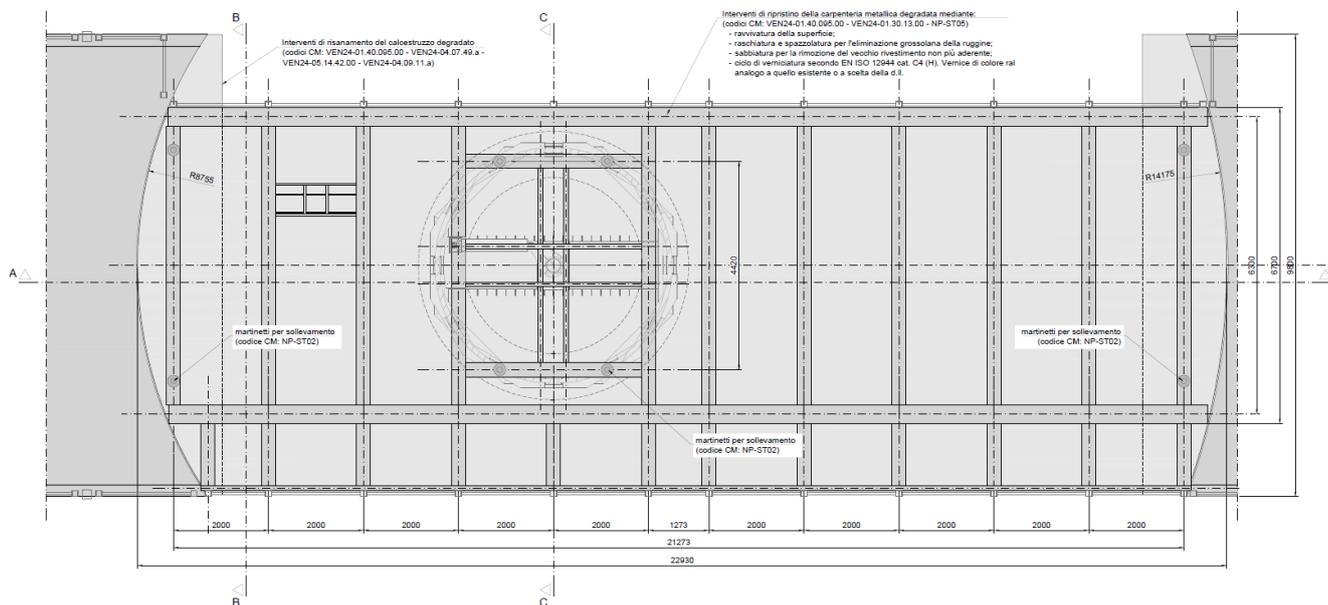


Fig. 5 Pianta con individuazione delle travi trasversali.

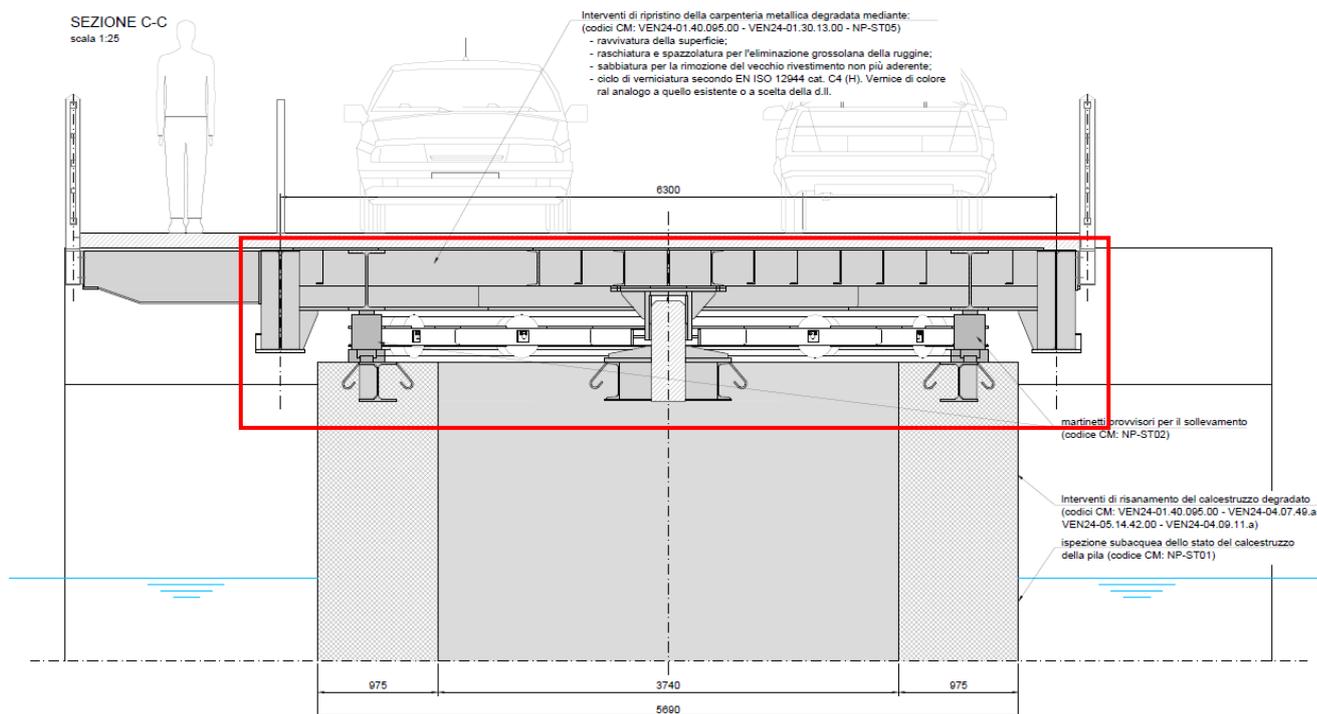


Fig. 6 Carpenteria metallica a sostegno del meccanismo di rotazione.

2.3.2.1 Anomalie riscontrabili

Deformazioni eccessive e spostamenti anomali

Variazione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi strutturali non più affidabili sul piano statico.

Corrosione

Decadimento degli elementi metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

Imbozzamento

Deformazione dell'elemento che si localizza in prossimità dell'ala o dell'anima.

Snervamento

Deformazione dell'elemento che si può verificare, quando all'aumento del carico, viene meno il comportamento perfettamente elastico dell'acciaio.

2.3.2.2 Modalità d'uso corretta

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti a vista. Riscontro di eventuali anomalie.

2.3.2.3 Controlli eseguibili da personale specializzato

Controllo periodico del grado di usura delle parti a vista, di eventuali deformazioni e spostamenti e riscontro di anomalie che alterano la configurazione originaria.

2.3.2.4 Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

In seguito alla comparsa delle anomalie menzionate effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali che possono compromettere la stabilità delle strutture. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesti riscontrati.

2.3.3 UNIONI

Nella struttura in oggetto sono presenti i seguenti collegamenti:

- Giunti di base con tasselli o tirafondi;
- Collegamenti alle strutture di c.a. con tasselli e barre filettate;
- Bullonature;
- Saldature;
- Chiodature.

2.3.3.1 Anomalie riscontrabili

Rottura

Rottura dei cordoni di saldatura e mancanza di continuità tra le parti.

Frattura

Fenditura sottile e profonda del materiale costituente la saldatura dovuta ad errori di esecuzione.

Rifollamento

Deformazione dei fori delle lamiere, predisposti per le unioni, dovute alla variazione delle azioni esterne sulla struttura e/o ad errori progettuali e/o costruttivi.

Corrosione

Decadimento degli elementi metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

Interruzione

Interruzione dei cordoni di saldatura e mancanza di continuità tra le parti.

Allentamento

Allentamento dei giunti rispetto alle tenute di serraggio.

Strappamento

Rottura dovuta a sollecitazioni assiali che superano la capacità di resistenza del materiale.

Tranciamento

Rottura dovuta a sollecitazioni taglienti che superano la capacità di resistenza del materiale.

2.3.3.2 Modalità d'uso corretta

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti a vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano indicare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali.

2.3.3.3 Controlli eseguibili da personale specializzato

Controllo periodico del grado di usura delle parti a vista e riscontro di anomalie che alterano la configurazione originaria. Ulteriori controlli riguardano gli elementi di giunzione fra le parti, la tenuta di serraggio, la continuità tra le parti saldate, l'efficienza degli ancoranti chimici e meccanici, il corretto contatto tra le piastre metalliche e la superficie in calcestruzzo e l'integrità della malta di allettamento.

2.3.3.4 Manutenzioni eseguibili da personale specializzato

In seguito alla comparsa delle anomalie menzionate effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto ed evidenziare eventuali modificazioni strutturali che possono compromettere la stabilità delle strutture. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a seconda del tipo di dissesti riscontrati.

In presenza di saldature difettose si procede con la rimozione e il ripristino di una nuova saldatura.

E' necessario ripristinare le tenute di serraggio tra elementi, sostituire eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche, ripristinare l'allettamento con malta, resina o betoncino epossidico, ecc.

2.3.4 INTERVENTI DI MANUTENZIONE SUI RIVESTIMENTI PROTETTIVI

La perdita dell'azione protettiva delle vernici può essere attribuita:

- al degrado provocato dall'atmosfera sulle superfici del rivestimento;
- alla perdita di adesione al substrato metallico.

Le modalità di ripristino della funzione protettiva di un rivestimento dipendono dal tipo e dalle condizioni del rivestimento originario oltre che dalla possibilità che la struttura possa essere smontata e poi rimontata.

Nel caso di strutture in acciaio verniciato si deve stabilire a priori, in base all'entità del degrado subito dal rivestimento, se operare una totale rimozione dello stesso e degli ossidi o se limitare l'azione di preparazione superficiale solo alle zone più danneggiate.

Per le strutture che non possono essere smontate si procede alla sabbatura che consiste nello spruzzare mediante aria compressa un materiale abrasivo (sabbia), capace di rimuovere sia il vecchio rivestimento che gli ossidi.

Dopo la preparazione superficiale si deve effettuare il ciclo di verniciatura. Il primo strato protettivo (primer), solitamente di spessore 20-40 mm, deve avere tre caratteristiche fondamentali:

- contenere sostanze (pigmenti) passivanti;
- avere un'ottima adesione al substrato metallico;
- consentire un buon ancoraggio con lo strato di vernice successivo (seconda mano).

Si eseguono, infine, più mani di verniciatura.

3 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

3.1 SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI

Strutture di fondazione in c.a.: pila e spalle	Tipologia	Frequenza
<p><u>Controllo:</u> Controllare l'integrità delle sovrastrutture e l'assenza di eventuali lesioni e/o fessurazioni. Controllare eventuali smottamenti del terreno circostante alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali. Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).</p> <p><u>Requisiti da verificare:</u> 1) Protezione dagli agenti chimici e organici; 2) Stabilità dell'opera.</p> <p><u>Anomalie riscontrabili:</u> 1) Bolle d'aria; 2) Cavillature superficiali; 3) Penetrazione di umidità; 4) Umidità; 5) Rigonfiamento; 6) Disgregazione e distacco; 7) Esposizione dei ferri di armatura; 8) Fessurazioni; 9) Scheggiature; 10) Deformazioni e spostamenti eccessivi; 11) Cedimento fondazionale; 12) Non perpendicolarità del fabbricato.</p> <p><u>Ditte specializzate:</u> Specializzati vari.</p>	Controllo visivo	In caso di dissesti statici della sovrastruttura.
<p><u>Controllo:</u> Controllo strumentale che consentono di localizzare eventuali anomalie.</p> <p><u>Requisiti da verificare:</u> 1) Protezione dagli agenti chimici e organici; 2) Stabilità dell'opera.</p> <p><u>Anomalie riscontrabili:</u> 1) Bolle d'aria; 2) Cavillature superficiali; 3) Penetrazione di umidità; 4) Umidità; 5) Rigonfiamento; 6) Disgregazione e distacco; 7) Esposizione dei ferri di armatura; 8) Fessurazioni; 9) Scheggiature; 10) Deformazioni e spostamenti eccessivi; 11) Cedimento fondazionale; 12) Non perpendicolarità del fabbricato.</p> <p><u>Ditte specializzate:</u> Tecnici di livello superiore.</p>	Ispezione strumentale	Al verificarsi dell'anomalia o in caso di evento sismico

Strutture di acciaio: travi e unioni	Tipologia	Frequenza
<p><u>Controllo</u>: controllo generale atto a verificare l'assenza di eventuali anomalie. In particolare la comparsa di segni evidenti di dissesti statici della struttura. Controllare lo stato di integrità della struttura e lo stato della verniciatura.</p> <p><u>Requisiti da verificare</u>: 1) Protezione dagli agenti chimici e organici; 2) Stabilità dell'opera; 3) Durabilità tecnologica; 4) Controllabilità tecnologica.</p> <p><u>Anomalie riscontrabili</u>: 1) Corrosione; 2) Rotture, fratture; 3) Deformazioni eccessive; 4) Imbozzamento; 5) Snervamento; 6) Rottura; 7) Frattura; 8) Rifollamento; 9) Corrosione; 10) Interruzione; 11) Allentamento; 12) Group tear out; 13) Splitting; 14) Strappamento e tranciamento</p> <p><u>Ditte specializzate</u>: specializzati vari</p>	Controllo visivo	Ogni anno o in caso di sisma o in caso di incendio
<p><u>Controllo</u>: controlli strumentali basati sul tipo di fenomeno e/o anomalie riscontrate sulle strutture al fine di una corretta diagnosi da effettuarsi in via preliminare ad eventuali interventi di consolidamento. In particolare le diagnosi possono riguardare il controllo della coppia di serraggio di bullonature e tiranti.</p> <p><u>Requisiti da verificare</u>: 1) Protezione dagli agenti chimici e organici; 2) Stabilità dell'opera; 3) Controllabilità tecnologica.</p> <p><u>Anomalie riscontrabili</u>: 1) Corrosione; 2) Rotture, fratture; 3) Deformazioni eccessive; 4) Imbozzamento; 5) Snervamento; 6) Rottura; 7) Frattura; 8) Rifollamento; 9) Corrosione; 10) Interruzione; 11) Allentamento; 12) Group tear out; 13) Splitting; 14) Strappamento e tranciamento</p> <p><u>Ditte specializzate</u>: tecnici di livello superiore</p>	Controllo strumentale	Al verificarsi dell'anomalia

3.2 SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

Unità tecnologiche / Interventi	Frequenza
Strutture di fondazione in c.a.	
<p>Intervento: Ripristino del calcestruzzo ammalorato secondo le modalità indicate nel manuale d'uso e manutenzione.</p> <p>Ditte specializzate: Specializzati vari.</p> <p>Intervento: In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture, da parte di tecnici qualificati, che possano individuare la causa/effetto del dissesto. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a secondo del tipo di dissesti riscontrati.</p> <p>Ditte specializzate: Specializzati vari.</p>	All'occorrenza
Strutture metalliche	
<p>Intervento: Sostituzione e/o protezione secondo le modalità indicate nel manuale d'uso e manutenzione.</p> <p>Ditte specializzate: Specializzati vari.</p>	All'occorrenza