

Gustavo Ciarrocchi

via N.Sauro 22A

56123 Pisa

tel-fax 050 554901

e mail gcjarrocchi@archingedile.it

cell. 338 8106050

Pisa , 22/06/2012

COMUNE DI PORTOFERRAIO LI
Complesso denominato Forte Falcone

PROPRIETA':
Comune di Portoferraio

PROGETTO DI INTERVENTO LOCALE E DI CONSOLIDAMENTO STATICO DEL BASTIONE CARCIOFAIA

*** **Primo deposito** ***



FASCICOLO CUMULATIVO DI TUTTE LE RELAZIONI :

A3 - RELAZIONE TECNICA GENERALE (descrizione dell' opera)

A8 - RELAZIONE DI CALCOLO (criteri di analisi e verifica).

A6/A7 - RELAZIONE GEOTECNICA E RELAZIONE SULLE FONDAZIONI (interazione struttura – terreno, cedimenti e tensioni sul terreno)

A4 - RELAZIONE SUI MATERIALI.

RELAZIONE SUI RISULTATI DELLE INDAGINI NECESSARIE ALLA REALIZZAZIONE
RELAZIONE SULLE ELABORAZIONI SVOLTE CON CODICI DI CALCOLO

A9 - FASCICOLO DEI CALCOLO (calcoli di elementi costruttivi di dettaglio)

A13 - PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA.

n.b. LA STRUTTURA E' STATA CALCOLATA SECONDO IL DM GENNAIO 2008

Il Progettista

e Direttori dei Lavori

A3 - RELAZIONE TECNICA (descrizione dell' opera)

OGGETTO E DESCRIZIONE GENERALE

Il presente progetto riguarda un intervento di consolidamento di una piccola porzione dell'edificio denominato "Forte Falcone" posto nel Comune di Portoferraio (LI). L'intervento proposto riguarda il muro del bastione denominato "Carciofaia", situato a nord-ovest e due garitte poste sullo stesso versante.

I lavori oggetto di deposito sono relativi ad un fabbricato notificato di valore storico ed artistico costruito all'incirca nel 1500 con aggiunte e modifiche del 1600 e 1700 circa. Si riporta di seguito un breve estratto della relazione storica

*** inizio estratto

“Il complesso di cui trattasi, risulta di particolare valore storico – architettonico, artistico e paesaggistico costituendo uno dei pochi esempi ancora rimasti di città fortificata, giunti quasi intatti ai nostri giorni, quindi una città pianificata esclusivamente per i fini bellici.

Le fortezze sono state progettate coniugando la particolarità morfologica del sito, con le necessità strutturali della costruzioni e le esigenze difensive del periodo storico di riferimento.

Con il modificarsi delle esigenze difensive, vengono potenziati i bastioni a mezza costa nella zona del fronte d'attacco verso terra . Dal primo impianto cinquecentesco si passa nel settecento alla realizzazione di “avanzate” facenti parte del programma lorenese di miglioramento del complesso difensivo.

Tutta la zona collinare che dalle alte fortificazioni cinquecentesche (Forte Falcone e Bastione della Carciofaia) degrada fino all'antico fossato della zona del Ponticello, era rimasta libera fino al periodo settecentesco, quando le strategie difensive cambiano e nasce la necessità di avvicinare la difesa alle zone prossime al nemico.

Oggetto del presente progetto di restauro sono, appunto le opere difensive a mezza costa realizzate nel settecento, con le caratteristiche dei bastioni con murature a sacco di sostegno con troniere sulla sommità e spalti per la movimentazione di uomini e mezzi. Le varie opere di difesa denominate “avanzate” sono collegate con la restante parte con passaggi denominati

“porte segrete” ubicati a cielo aperto o in galleria che consentono una perfetta logistica nei trasferimenti dei militari tra le varie aree di difesa.”

*** fine estratto

L' Arch. Coltelli, che ha curato il restauro del Forte Falcone, riporta che le fondazioni dei bastioni sono di due tipologie a seconda del terreno sottostante :

- fondazioni superficiali nel caso che insistano direttamente sulla roccia di base.
- fondazioni profonde costituite da pali di pino L ~ 8 m nel caso che insistano su terreno non roccioso.

Il muro a gravità del bastione, che guarda verso nord-est presenta delle lesioni che rivelano un principio di ribaltamento.

Le lesioni principali presenti sul bastione Carciofaia sono state rilevate 8 anni fa, ma si può ragionevolmente ipotizzare che siano di precedente formazione.



Illustrazione 1 - Vista del bastione. Si noti la lesione che percorre verticalmente il muro a gravità, rivelando il principio di ribaltamento del muro stesso.



Illustrazione 2 - Dettaglio della lesione che percorre verticalmente il muro a gravità, rivelando il principio di ribaltamento del muro stesso.

Al fine di garantire la sicurezza nei confronti del ribaltamento del muro a gravità saranno inseriti dei tiranti passivi, cosiddetti in quanto non esercitano alcuna forza sul muro ed entrano in funzione solo quando lo stesso cerca di ribaltarsi, impedendo il verificarsi di tale fenomeno.

Nell'ottica della tutela delle particolari caratteristiche estetiche del bastione i tiranti saranno mascherati eseguendo degli scassi che verranno risarciti utilizzando gli elementi lapidei recuperati e malta di caratteristiche del tutto simili a quella rilevata sul posto, ovvero composta da calce sabbia e pozzolana.

Le garitte oggetto di intervento si trovano in uno stato di degrado dovuto al tempo ed alle azioni atmosferiche, che hanno eroso la malta e gli elementi in laterizio che le compongono.

Illustrazione 3: Vista della garitta posta sullo spigolo del bastione soggetto a fenomeni di ribaltamento. Si noti l'avanzato stato di degrado delle murature



Illustrazione 4: Vista della garitta posta sul bastione a nord-est al livello inferiore del sistema di fortificazioni. Si noti l'avanzato stato di degrado delle murature

Le garitte saranno oggetto di risanamento conservativo, consistente nel risarcimento della muratura di mattoni pieni con il sistema del cuci e scuci; realizzazione della nuova muratura nelle parti mancanti, gli elementi in laterizio saranno identici a quelli esistenti per forma dimensione e colori, la malta sarà in calce sabbia e pozzolana. La finitura sarà in parte con intonaco di sabbia calce e pozzolana armato con rete mapegrid G220 o similare.

Gli interventi proposti non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, si utilizzeranno pertanto metodi di analisi locale.

Si precisa che la valutazione della sicurezza complessiva dell'intero manufatto, sebbene richiesta dal DPCM 09/02/2011, non viene condotta in questa sede. Ciò in quanto gli interventi proposti sono volti alla messa in sicurezza di un paramento murario controterra, che mostra un principio di ribaltamento e al risanamento di elementi architettonici degradati (garitte); tali interventi migliorano inequivocabilmente le condizioni di sicurezza del manufatto eliminando il rischio di collasso per ribaltamento del paramento murario in questione ed il rischio di crollo degli elementi strutturali secondari oggetto di risanamento conservativo. Un'analisi globale del manufatto, seppur semplificata, richiederebbe un livello di conoscenza dell'intera costruzione, che al momento non è possibile raggiungere.

In definitiva per la progettazione degli interventi si farà riferimento al livello di valutazione LV2 (riparazione o intervento locale).

Il fabbricato NON rientra fra gli edifici strategici o rilevanti in quanto pur se di elevato valore storico-artistico non ha un elevato contenuto di opere d'arte o patrimoniale (che hanno ad esempio musei e biblioteche).

Rientrando nel campo di applicazione del DPCM 09/02/2011 sul manufatto sono ammessi esclusivamente interventi non superiori al miglioramento (è escluso l'adeguamento).

Nel caso in esame si tratterà di Interventi locali o di riparazione su zone limitate del manufatto.

I modelli di calcolo utilizzati saranno meccanismi locali di collasso e verifiche geotecniche per le opere di sostegno del bastione.

Le norme di riferimento sono:

- Decreto ministeriale 2008
- Circolare 617
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 09/02/2011.

E' stato preso atto del rilievo geometrico e dei particolari costruttivi e della relazione geologica. Ogni concio ideale di 2,00x2,00m centrato attorno ad ogni tirante lavora indipendentemente dagli altri.

E' quindi previsto che nell'arco della vita utile 50 anni possano formarsi fessurazioni anche in superficie senza che comunque l'opera veda diminuita la sua resistenza. In tal caso i conci fra le fessurazioni lavoreranno indipendentemente ma comunque efficacemente a contrastare la spinta delle terre.

A8 - RELAZIONE DI CALCOLO (criteri di analisi e verifica)

Il software utilizzato è costituito da fogli elettronici da me sviluppati per cui il calcolo si può considerare di tipo manuale.

La categoria del terreno è stata assunta come A, sulla base dei risultati delle indagini geologiche, riportati nella relazione allegata.

La categoria topografica è T3.

SCELTA MOTIVATA DEL TIPO DI INTERVENTO;

L'intervento principale del presente progetto è inquadrabile in un problema geotecnico, ovvero la stabilizzazione del muro controterra del bastione "Carciofaia", ove si è innescato un fenomeno di ribaltamento sotto la spinta delle terre.

Non verrà trattata l'analisi globale del manufatto poiché gli interventi locali proposti interessano una porzione molto limitata dello stesso, inoltre sono inequivocabilmente migliorativi della sicurezza in quanto volti ad eliminare il rischio di collasso per ribaltamento del paramento murario in questione ed il rischio di crollo degli elementi strutturali secondari oggetto di risanamento conservativo.

Si sottolinea inoltre come i dati a disposizione non siano sufficienti al raggiungimento di un livello di conoscenza minimo necessario per condurre verifiche globali, seppur semplificate. La verifica globale del Forte Falcone nel suo insieme non rientra nell'incarico conferitomi.

I modelli di calcolo utilizzati saranno meccanismi locali di collasso e verifiche geotecniche per le opere di sostegno del bastione.

Il muro di sostegno in esame non è stato modellato come corpo rigido monolitico, ciò in ragione del materiale costituente (elementi lapidei anche di grosse dimensioni legato con malta di buona consistenza ma erosa dalle azioni atmosferiche in alcune porzioni del bastione) ed in ragione del quadro fessurativo rilevato. L'andamento delle lesioni rivela, infatti, che il muro controterra, originariamente progettato per comportarsi come un corpo rigido in grado di resistere alla spinta delle terre con funzionamento "a gravità", ovvero grazie alla sola azione del peso proprio, abbia perso la propria monoliticità per effetto dell'erosione della malta nel paramento superficiale e la successiva formazione di lesioni evidenti in superficie e che plausibilmente interessano anche il nucleo del paramento murario.

A conferma di ciò, le lesioni che rivelano l'innescarsi del fenomeno di ribaltamento, non interessano l'intera parete del bastione ma solo una porzione superficiale a partire da una quota di circa 2 m dal piano di campagna.

Questo strato superficiale in distacco, dello spessore dell'ordine di grandezza di circa 70cm, è l'elemento strutturale bidimensionale sul quale si interviene e che si deve stabilizzare.

Esso è un elemento bidimensionale dotato di modesta resistenza a flessione e taglio fuori dal suo piano. Lo tratteremo perciò come un insieme di conci murari di dimensione all'incirca quadrata di lato pari a circa tre volte lo spessore in modo tale che per ognuno di tali conci possa valere con sufficiente approssimazione la modellazione di concio rigido.

Ne consegue che il lato sarà $L = \sim 3 * 0,70 = 2 - 2,10 \text{ m.}$

Ciascuno dei conci potrà essere trattato come blocco monolitico con funzione di sostegno delle terre a monte, la spinta sarà contrastata dall'azione di tiranti di ancoraggio permanenti di tipo passivo che applicheremo al centro del concio.

La disposizione dei tiranti sul fronte del bastione tiene conto della posizione delle fessure rilevate, nel tentativo di far coincidere i lati del concio ideale con le aree individuate dalle fessure. Uno solo dei tiranti capita necessariamente in prossimità di alcune fessurazioni. Per tale tirante si opererà con la prevista iniezione di malta al fine di costituire una sufficiente consolidamento del corpo murario.

Anche tutti gli altri conci saranno consolidati mediante iniezioni di malta per scongiurare il rischio di crolli per disgregazione del paramento murario.

I criteri di progettazione seguiti sono quelli indicati dalle NTC2008 par. 6.5 e 7.11.6.

PRESTAZIONI ATTESE DELLA COSTRUZIONE

- L'edificio in progetto è di Classe <II>, con una vita di servizio di <50> ANNI. Le verifiche sono state eseguite secondo quanto stabilito dalle norme in zona sismica in base alla posizione geografica del sito; le strutture ed elementi strutturali soddisfano i requisiti di:

miglioramento sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU)
miglioramento sicurezza nei confronti di deformazioni permanenti inaccettabili: Stato Limite di Danno (SLD).

Le procedure per la garanzia della qualità sono gli interventi di ordinaria manutenzione di tutte le opere in particolare quelle strutturali. Per il dettaglio di tali interventi si rimanda al Fascicolo della Manutenzione.

SCELTA DELLE TECNICHE E/O DEI MATERIALI;

La malta di iniezione sarà di sabbia calce e pozzolana in modo da avvicinarsi a quella originaria come composizione.

I tiranti saranno scelti in modo tale da poter essere messi in opera quale che sia la consistenza degli strati attraversati.

RIFERIMENTI NORMATIVI 6.5.3.1.2 Paratie

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)*
- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido); è la principale verifica di cui ci occuperemo; poiché il muro ha modesta resistenza fuori dal piano il moto rigido sarà contrastato agendo su singoli conci.
- collasso per carico limite verticale; nel nostro caso non vi sono segni di deficienza in tal senso; **si procederà comunque ad una verifica per carichi verticali.**
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate; non si applica al nostro caso in quanto la base è fermata dal bastione a valle.

- instabilità del fondo scavo per sollevamento; non si applica al nostro caso in quanto non si tratta di una struttura a vasca in falda freatica e quindi non vi è rischio di sollevamento.
- sifonamento del fondo scavo; non si applica al nostro caso in quanto non vi è terreno sabbioso alla base e non vi è sovrappressione di acqua.
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera; nel nostro caso non vi sono segni di deficienza in tal senso; anche dal punto di vista teorico il caso non si applica in quanto non vi sono possibili punti di scivolamento alla base; la base è infatti fermata dall'esteso bastione a valle. Non vi sono neppure possibili punti di scivolamento in quota in quanto sono previsti i tiranti che sono presidio allo scivolamento.

– *SLU di tipo strutturale (STR)*

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi; **si procede alla verifica nel seguito.**
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto; nel nostro caso non vi sono puntoni, contrafforti o altro.
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia; tale problema non si pone in quanto avendo modellato la paratia a conci se ne fa la verifica ipotizzando già avvenuto il collasso strutturale fra concio e concio; **si effettuano alcune verifiche strutturali all'interno del singolo concio. SOSTANZIAMENTE NEL NOSTRO CASO SI TRATTA DI PUNZONAMENTO.**

accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo

l'Approccio 1:

- Combinazione 2: $(A_2 + M_2 + R_2)$

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche **devono** essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: $(A_1 + M_1 + R_1)$

- Combinazione 2: $(A_2 + M_2 + R_1)$

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

Fermo restando quanto specificato nel § 6.5.3.1.1 per il calcolo delle spinte, per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete $\delta > \phi'/2$ ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

6.5.3.2 Verifiche di esercizio (SLE)

In tutti i casi, nelle condizioni di esercizio, gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità e di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle acque sotterranee.

In presenza di manufatti particolarmente sensibili agli spostamenti dell'opera di sostegno, deve essere sviluppata una specifica analisi dell'interazione tra opere e terreno, tenendo conto della sequenza delle fasi costruttive.

Nel nostro caso trattandosi di un bene storico sul quale si interviene per le sole verifiche agli SLE rilevanti per la sua fruizione e per la sicurezza, considerando la presenza di una scarpa rilevante che mitiga la percezione dei fuori piombo, si ritiene opportuno non procedere a verifiche di deformazione agli SLE ai fini della fruizione. Ai fini della sicurezza non risultano necessarie verifiche agli SLE nel nostro caso particolare a causa della tipologia strutturale per la quale le deformazioni non incidono sensibilmente sulla sicurezza (assenza di effetti del 2° ordine poiché la struttura è massiccia, assenza di altri effetti).

6.6 TIRANTI DI ANCORAGGIO

Gli ancoraggi sono elementi strutturali opportunamente collegati al terreno, in grado di sostenere forze di trazione.

6.6.1 CRITERI DI PROGETTO

Ai fini del progetto, gli ancoraggi si distinguono in provvisori e permanenti.

Gli ancoraggi possono essere ulteriormente suddivisi in attivi o presollecitati, quando nell'armatura viene indotta una forza di tesatura, e passivi o non presollecitati.

NEL NOSTRO CASO ABBIAMO ANCORAGGI PASSIVI PERMANENTI.

Nella scelta del tipo di ancoraggio si deve tenere conto delle sollecitazioni prevedibili, delle

caratteristiche del sottosuolo, dell'aggressività ambientale.

I NOSTRI TIRANTI SARANNO PROTETTI DA INIEZIONE DI MALTA.

Nel progetto devono indicarsi l'orientazione, la lunghezza e il numero degli ancoraggi; la tecnica e le tolleranze di esecuzione; la resistenza di progetto R_{ad} e l'eventuale programma di tesatura.

NEL NOSTRO CASO NON VI E' PROGRAMMA DI TESATURA.

Nel caso di ancoraggi attivi impiegati per una funzione permanente, devono essere adottati tutti gli accorgimenti costruttivi necessari a garantire la durabilità e l'efficienza del sistema di testata dei tiranti, soprattutto per quelli a trefoli, in particolare nei riguardi della corrosione. Deve inoltre essere predisposto un piano di monitoraggio per verificare il comportamento dell'ancoraggio nel tempo.

Esso è da recepire, ove necessario in relazione alla rilevanza dell'opera, nel piano di manutenzione.

Nel progetto deve prevedersi la possibilità di successivi interventi di regolazione e/o sostituzione.

Se questi requisiti non possono essere soddisfatti, dovranno essere previsti ancoraggi passivi.

Se la funzione di ancoraggio è esercitata da piastre, da pali accostati o simili, è necessario evitare ogni sovrapposizione tra la zona passiva di pertinenza dell'ancoraggio e quella attiva a tergo dell'opera di sostegno.

Per la valutazione del carico limite si può procedere in prima approssimazione con formule teoriche o con correlazioni empiriche. La conferma sperimentale con prove di trazione in sito nelle fasi di progetto e di collaudo è sempre necessaria.

NEL NOSTRO CASO LA DELICATEZZA DEL MURO RENDE INOPPORTUNA UNA PROVA PER TIRI RILEVANTI SENZA ADOTTARE PARTICOLARI CAUTELE. Si procederà' quindi a prove con tiri limitati e/o a prove di verifica con i tiri di collaudo previsti da NTC08 ma utilizzando dispositivi provvisori di ripartizione della pressione sulla superficie del muro che ne impediscano il danneggiamento vanificando tutto l'intervento.

6.6.2 VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi dei tiranti di ancoraggio si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione (6.2.1) con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla **combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I.**

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto P_d , considerando tutti i possibili stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} i fattori parziali γ_R riportati nella Tab. 6.6.I.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio R_{ak} si può determinare:

- a) dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova;
- b) con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio. **NEL NOSTRO CASO NOI UTILizzeremo QUESTO SECONDO SISTEMA.**

Nel caso (a), il valore della resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a1} e ξ_{a2} rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,m}$ misurate nel corso delle prove.

Nel caso (b), il valore della resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo. Per la valutazione dei fattori ξ_{a3} e ξ_{a4} , si deve tenere conto che i profili di indagine sono solo quelli che consentono la completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo per il terreno di fondazione dell'ancoraggio.

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi non si applicano coefficienti parziali di sicurezza sui valori caratteristici della resistenza del terreno; si fa quindi riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza M1.

Tabella 6.6.II: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica da prove di progetto, in funzione del numero degli ancoraggi di prova.

numero degli ancoraggi di prova 1 2 >2

csi_{a1} 1,5 1,4 1,3

csi_{a2} 1,5 1,3 1,2

Tabella 6.6.III: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero *n* di profili di indagine.

numero di profili di indagine 1 2 3 4 ≥5

csi_{a3} 1,80 1,75 1,70 1,65 1,60

csi_{a4} 1,80 1,70 1,65 1,60 1,55

NEL NOSTRO CASO LE VERTICALI SONO 6 MA SI ADOTTA IL VALORE 4 IN QUANTO 3 SI SONO FERME PER RIFIUTO A BASSA PROFONDITA' E SI CONTANO PER UNA.

Nei tiranti il cui tratto libero è realizzato con trefoli di acciaio armonico, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, si deve verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. **Non si usa acciaio armonico e non si rispetta tale gerarchia anche in considerazione che operiamo su un bene storico ed artistico che verrebbe deturpato applicando all'esterno a vista i dispositivi metallici di ripartizione dei carichi.**

Nei tiranti di prova, l'armatura a trefoli dell'acciaio armonico del tratto libero deve essere dimensionata in modo che la resistenza caratteristica al limite del tratto libero sia sempre maggiore del tiro massimo di prova.

6.6.3 ASPETTI COSTRUTTIVI

La durabilità e la compatibilità con i terreni dei materiali impiegati per la costruzione dei tiranti, nonché i sistemi di protezione dalla corrosione devono essere documentati.

SI UTILIZZA INIEZIONE DI MALTA PER PROTEGGERE LA PARTE DEL TIRANTE NELLA FONDAZIONE; SI USA LA ZINCATURA A CALDO OPPURE L'INIEZIONE DI SCHIUME PER LA PARTE DEL TIRANTE LIBERA; SI UTILIZZA LA ZINCATURA E LA MALTA CEMENTIZIA PER LA ZONA DI ANCORAGGIO.

Il diametro dei fori non deve essere inferiore ai diametri nominali previsti in progetto.

6.6.4 PROVE DI CARICO

Gli ancoraggi preliminari di prova (ancoraggi di progetto) - sottoposti a sollecitazioni più severe di quelle di verifica e non utilizzabili per l'impiego successivo - devono essere realizzati con lo stesso sistema costruttivo di quelli definitivi, nello stesso sito e nelle stesse condizioni ambientali.

NON CI SARANNO ANCORAGGI DI PROVA IN QUANTO NON SIAMO IN CAMPO LIBERO E NON SI PUO' DANNEGGIARE IL BENE ARTISTICO.

Le prove di verifica, da effettuarsi su tutti gli ancoraggi, consistono in un ciclo semplice di carico e scarico; in questo ciclo il tirante viene sottoposto ad una forza pari a 1,2 volte quella massima prevista in esercizio, verificando che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti in progetto e/o compatibili con le misure sugli ancoraggi preliminari di prova.

NEL NOSTRO CASO OGNI TIRANTE SARA' SOGGETTO AL TIRO DI COLLAUDO CON DISPOSITIVO PROVVISORIO DI RIPARTIZIONE E CALIBRANDO LA COPPIA DI SERRAGGIO DEL DADO; SUCCESSIVAMENTE ALLA PROVA IL DADO SARA' SVITATO, IL DISPOSITIVO PROVVISORIO RIMOSSO E RISERRATO IL DADO IN MODO TALE CHE IL TIRANTE RESTI PASSIVO E NON INFLUENZI LA STRUTTURA (INTERVENTO LOCALE O DI RIPARAZIONE).

A6/A7 - RELAZIONE GEOTECNICA E RELAZIONE SULLE FONDAZIONI (interazione struttura - terreno, cedimenti e tensioni sul terreno)

Interventi sulle fondazioni: non è previsto alcun intervento sulle fondazioni esistenti.

Check stabilità = esito positivo (vedi sopra la relazione tecnica).

La valutazione degli interventi in fondazione è stata fatta in base alla circ.617 §C8A.5.11.

Si possono omettere interventi sulle fondazioni in quanto sono contemporaneamente presenti tutte le condizioni seguenti:

x) nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato che dissesti della stessa natura non si siano prodotti neppure in precedenza; ciò è stato verificato con sopralluogo preliminare alla progettazione. La rotazione avviene intorno a un punto a quota superiore rispetto alle fondazioni.

y) gli interventi progettati non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato; la variazione migliorativa poco fluisce a livello di fondazioni e la condizione y è verificata.

z) gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni; condizione verificata ed incremento pressoché inesistente.

aa) siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche. Verifica soddisfatta grazie ai tiranti che verranno messi in opera. A livello globale un ribaltamento è da escludere.

L'inadeguatezza delle fondazioni è raramente la causa del danneggiamento osservato nei rilevamenti post-sisma.

Nel nostro caso non si interviene sulle fondazioni anche perché il meccanismo locale di danneggiamento di ribaltamento non ha causa né interazione alcuna con le fondazioni che sono molto più in basso dell'asse di rotazione.

A4 - RELAZIONE SUI MATERIALI

MATERIALI ESISTENTI

Nel caso in esame, avendo a disposizione un rilievo geometrico completo, restituzione ipotetica delle fasi costruttive basato su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi, ed ipotizzando di valutare le proprietà meccaniche dei materiali desumendole da dati già disponibili, e di avere a disposizione limitate informazioni sul terreno desunte da indagini svolte in siti limitrofi e nessuna indagine sulle fondazioni, si assumono i seguenti valori per i coefficienti parziali, corrispondenti ai valori massimi della Tabella 4.1 della DPCM 09/02/2011 [4]:

FC1 = 0.05

FC2 = 0.12

FC3 = 0.12

FC4 = 0.06

da cui si ottiene:

FC = 1,35

Nel caso in esame si è assunto il livello di conoscenza meno approfondita, LC1, per il quale la normativa prescrive di utilizzare:

- per le resistenze del materiale i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 - Circolare 2009 per la tipologia muraria in considerazione moltiplicati per il coefficiente migliorativo per la qualità della malta (nel nostro caso si adotta $\sim 1,23 < 1,3$);
- per i moduli elastici i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 - Circolare 2009 per la tipologia muraria in considerazione.

Per le resistenze dei materiali esistenti si fa riferimento alla circ.617 Tabella C8A.2.1 (p898):

MURATURA IN PIETRE A SPACCO CON BUONA TESSITURA

fm	N/cm ²	320	= 32 kg/cm ²
tau.o	N/cm ²	65	
E	N/mm ²	1740	= 1,74E8 kg/m ²
G	N/mm ²	580	= 0,58E8 kg/m ²
w	kN/mc	21	= 2100 kg/mc

All'indagine visuale preliminare la muratura si presenta ben fatta e con malta di buona resistenza.

La muratura nuova per riempimenti all'interno delle murature esistenti verrà realizzata con pietra a spacco, mattoni e malta analoghi o lievemente migliori di quelli esistenti.

MATERIALI NUOVI

Tiranti

Non si prescrive l' Acciaio da utilizzare in quanto in base alla circ. 617 § C11.5.2 tutti i singoli componenti dei tiranti (compresi i dadi) devono essere qualificati conformemente alle vigenti norme tecniche (acciai qualificati o marcati CE, ecc.). Si prescrivono solo le prestazioni che debbono essere quelle riportate nel tabulato dei calcoli e nei disegni di progetto.

Malta di iniezione dei tiranti

Classe C25/30 malta cementizia stabile con rapporto acqua cemento A/C=0,5-0,6 additivata con fluidificante ed eventualmente ritardante

Resine epossidiche per iniezioni di fessure murarie indicate per murature e pietrame. Non si prescrive una marca in particolare.

Malta di calce idraulica, sabbia silicea e pozzolana. Non sono prescritte caratteristiche meccaniche particolari in quanto la sola composizione è in grado di garantire la realizzazione di una malta di caratteristiche meccaniche analoghe a quella della antica malta esistente in opera.

Rete Mapegrid G220 e malta planitop HDM restauro oppure altri prodotti dotato di caratteristiche analoghe (vedi scheda tecnica del produttore Mapei).

RELAZIONE SUI RISULTATI DELLE INDAGINI NECESSARIE ALLA REALIZZAZIONE

Nella struttura in esame si sono rese necessarie alcune indagini sperimentali preliminari alla progettazione.

Sostanzialmente si tratta del rilievo geometrico e dei dettagli costruttivi e della relazione geologica.

I particolari costruttivi sono stati indagati effettuando un sopralluogo sul posto osservando la presenza o meno di ammorsature ma senza effettuare demolizioni.

Per le caratteristiche meccaniche dei materiali esistenti si è fatto riferimento alle tabelle ed alle disposizioni di NTC08 e circ.617.

Globalmente il livello di conoscenza è LC1.

RELAZIONE SULLE ELABORAZIONI SVOLTE CON CODICI DI CALCOLO NTC08 §10.2

Anche se nella presentazione dei calcoli la stampa avviene da computer, i calcoli stessi sono stati effettuati in modo manuale utilizzando un foglio elettronico per cui non sono stati utilizzati codici di calcolo.

Il controllo dei calcoli svolti con il foglio elettronico è stato effettuato confrontando i risultati con calcoli speditivi effettuati con calcolatrice scientifica hp 49g+.

GIUDIZIO DI ACCETTAZIONE DEI RISULTATI

I risultati risultano conformi come ordine di grandezza per problemi analoghi dello stesso tipo per cui accetto i risultati riportati nel seguito.

A9 - FASCICOLO DEI CALCOLI(calcoli
di elementi costruttivi di
dettaglio)

COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA K_a **TEORIA DI COULOMB**

	°GRADI	π RAD
Φ angolo d'attrito del terreno	20.6	0.359538
δ angolo d'attrito terreno-paratia	14	0.239692
β inclinazione di monte	0	0
α inclinazione della paratia	101	1.762783

~ 2/3 di ϕ

(90° per muro/ paratia verticale)

Per la definizione di alfa vedi Bowles pag. 515

K_a	0.363
-------------------------	--------------

COEFFICIENTE DI SPINTA ATTIVA K_a **TEORIA DI COULOMB**

	°GRADI	π RAD	
Φ angolo d'attrito del terreno	25	0.438078	
δ angolo d'attrito terreno-paratia	17	0.292052	~ 2/3 di ϕ
β inclinazione di monte	0	0	
α inclinazione della paratia	101	1.762783	(90° per muro/ paratia verticale)

Per la definizione di alfa vedi Bowles pag. 515

K_a	0.292
-------------------------	--------------

Calcolo della media dei parametri del terreno pesati sulla potenza H**descrizione** $\Delta H_i =$ 0 cm passo della penetrometria (0 se gli strati sono ad H variabile manuale)Ignorati strati prof. < m 0.00 da piano campagna (non entra nel calcolo)Sigla della prova : **SPT4-5-6 (zone in colore)**

Strato nr.	ΔH_i (cm)	Angolo di attrito ϕ .tr°	gamma (kg/mc)	$\tan(\phi)$	$\Delta H_i * \tan(\phi)$	$\Delta H_i * c_i$	qc kg/cm ²	Es calcol = 2,5 * qc	Es immessi
1	50	29.09	2150.000	0.556364	27.81821398	107500		0	
2	150	24.09	1860.000	0.447112	67.06682657	279000		0	
3	140	21.26	1510.000	0.38908	54.47115414	211400		0	
4	390	25.09	1950.000	0.468221	182.6063523	760500		0	
5	180	31.07	2200.000	0.602525	108.4544383	396000		0	
6	30	38.99	2350.000	0.809495	24.28485273	70500		0	
7	90	28.29	2130.000	0.538219	48.43974696	191700		0	
8	130	23.85	1840.000	0.442095	57.47239878	239200		0	
9	30	28.26	2120.000	0.537544	16.12632978	63600		0	
10	800	23.24	1790.000	0.429427	343.5417379	1432000		0	
11	250	28.8	2140.000	0.549755	137.438663	535000		0	
12	190	24.45	1890.000	0.454673	86.38782611	359100		0	
13	60	28.41	2130.000	0.540924	32.45541376	127800		0	
14	550	23.46	1800.000	0.433983	238.6903778	990000		0	
15	0			0	0	0		0	
16	0			0	0	0		0	
17	0			0	0	0		0	
18	0			0	0	0		0	
19	0			0	0	0		0	
20	0			0	0	0		0	
21	0			0	0	0		0	
22	0			0	0	0		0	
23	0			0	0	0		0	
24	0			0	0	0		0	
25	0			0	0	0		0	
26	0			0	0	0		0	
27	0			0	0	0		0	
28	0			0	0	0		0	
29	0			0	0	0		0	
30	0			0	0	0			
31	0			0	0	0			
32	0			0	0	0			
33	0			0	0	0			
34	0			0	0	0			
35	0			0	0	0			
36	0			0	0	0			
37	0			0	0	0			
38	0			0	0	0			
Nr righe riempite =		14		$\Sigma () =$	1425.254332	5763300			
$\Sigma (H_i) =$		3040 cm		media=	0.468833662	1896			

Peso specifico del terreno = 1896 kg/mc

Angolo di attrito efficace = 25.1 °

Modulo sforzi-deformazioni istantanee Es = 0.0 kg/cm²

CALCOLO DEI TIRANTI

Caratteristiche assunte per il terreno spingente a favore della sicurezza

Modello del terreno	granulare perfettamente incoerente	
Angolo di attrito	valore medio	25.1 °
Angolo di attrito	identico a valore caratteristico per ampio volume	25.1 °
Coesione non drenata		0 daN/cm ²
Peso del terreno naturale		1896 daN/mc
Peso proprio caratteristico del muro		2100 daN/mc
Componente del peso del concio murario ortogonale alla sua superficie (va in diminuzione della spinta)		960 daN /4 mq
Angolo di attrito terra-muro =	circa	16.73 °
Coefficiente moltiplicativo della spinta che fornisce la componente agente ortogonalmente al muro = cos delta =		0.957 adim

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

A1	Carichi G1	gamma=	1 favorevoli
	Variabili		1.3 sfavorevoli
			0 favorevoli
			1.5 sfavorevoli
M1	gamma peso terreno		1
	tan ø		1
R1	gammaR=		1 tutti

Combinazione 2: (A2+M2+R1)

Si applica la combinazione 2

Coefficienti parziali			
A2	Carichi G1	gamma=	1 favorevoli e sfavorevoli
	Variabili		0 favorevoli
			1.3 sfavorevoli
M2	gamma peso terreno		1
	tan ø		1.25
R1	gammaR=		1 tutti

Coeff. parz. sic. Ancoraggi permanenti = 1.2 tab 6.6.i

Si può comunque omettere i variabili mettendo in conto la quota massima del terrapieno.

Infatti per le zone in cui il terreno è a quota massima non è previsto accesso di utenti o altri carichi. Dove invece i carichi di folla possono esserci, ossia dove la quota del terrapieno è minima, si assume comunque presente uno strato di terreno il cui peso è comunque ampiamente superiore a sfavore dei variabili sfavorevoli x 1,3.

Infatti peso minimo terreno = 1600 kg/mq mentre carico folla x 1,3 = 500 x 1,3 = 650 kg/mq

La presenza di buche di drenaggio in tutti i muri del bastione permette di calcolare la spinta delle terre in assenza di falda idrica in quota. L'eventuale aumento di spinta per la acqua non di falda presente temporaneamente nel terreno dopo una pioggia si assume alternativo e della stessa entità della spinta addizionale sismica nel seguito calcolata.

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE

Nel seguito sono calcolati i valori di norma della azione sismica.

Coordinate Portoferraio : Longitudine = 10.3156°; Latitudine = 42.8125°

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite

STATO LIMITE	TR [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
SLO	31	0.019	2.614	0.274
SLD	51	0.024	2.672	0.296
SLV	475	0.050	2.880	0.340
SLC	975	0.060	2.980	0.372

Valori calcolati con riferimento al D.M. 14/01/2008 - Allegato B - Tabella 2

Ricerca del sito

☐ Ricerca per coordinate ☐ Ricerca per comune ☒ Isole

Longitudine: Latitudine:

Parametri interpolati

TR	a_g	F_o	T_c^*
30	0.019	2.610	0.273
50	0.024	2.670	0.296
72	0.027	2.700	0.303
101	0.031	2.730	0.307
140	0.035	2.780	0.313
201	0.039	2.820	0.322
475	0.050	2.880	0.340
975	0.060	2.980	0.372
2475	0.075	3.090	0.401

OK Annulla

Isole:

V_R 50 Stato Limite → a_g 0.0500 F_o 2.8800 T_c^* 0.3400

Suolo S_s 1.0000 Topo h/H 1 S_1 1.2000

a_{max} 0.0600 g β_m 0.2000 k_h 0.0120 k_v 0.0060

Si osserva che il coefficiente di spinta sismica orizzontale vale $K_h = 0.012$

CALCOLO DELLA SPINTA DEL TERRENO COMPRESIVA DELLA AZIONE SISMICA

	UDM	comb 1	comb 2
Valore di calcolo dell'angolo di attrito	°	25.1	20.6
Angolo 'ro' di inclinazione del cuneo di spinta pari a $45^\circ + \phi/2$	°	57.55	55.3

CALCOLO TIRANTI FILA 5

Indice =		5	5
z = Quota max terrapieno - Quota ancoraggio tirante		1	1
Vedi in altri fogli il calcolo dei coefficienti di spinta.			
K_a = coefficiente di spinta attiva statica		0.292	0.363
K_e = coefficiente di spinta in presenza di sisma		0.304	0.375
Pressione del terreno = $\gamma \cdot z \cdot K_e$	kg/mq	749	711
Spinta sul concio di 4 mq (valore di calcolo)	kg	1905	1759

CALCOLO TIRANTI FILA 4

Indice =		4	4
z = Quota max terrapieno - Quota ancoraggio tirante		3	3
Vedi in altri fogli il calcolo dei coefficienti di spinta.			

Ka = coefficiente di spinta attiva statica		0.292	0.363
Ke= coefficiente di spinta in presenza di sisma		0.304	0.375
Pressione del terreno= $\gamma \cdot z \cdot k_e$ =	kg/mq	2248	2133
Spinta sul concio di 4 mq	kg	7636	7197

CALCOLO TIRANTI FILA 3

Indice =		3	3
z=Quota max terrapieno - Quota ancoraggio tirante		5	5
Vedi in altri fogli il calcolo dei coefficienti di spinta.			
Ka = coefficiente di spinta attiva statica		0.292	0.363
Ke= coefficiente di spinta in presenza di sisma		0.304	0.375
Pressione del terreno= $\gamma \cdot z \cdot k_e$ =	kg/mq	3746	3555
Spinta sul concio di 4 mq	kg	13367	12634

CALCOLO TIRANTI FILA 2

Indice =		2	2
z=Quota max terrapieno - Quota ancoraggio tirante		7	7
Vedi in altri fogli il calcolo dei coefficienti di spinta.			
Ka = coefficiente di spinta attiva statica		0.292	0.363
Ke= coefficiente di spinta in presenza di sisma		0.304	0.375
Pressione del terreno= $\gamma \cdot z \cdot k_e$ =	kg/mq	5245	4977
Spinta sul concio di 4 mq	kg	19097	18072

CALCOLO TIRANTI FILA 1

Indice =		1	1
z=Quota max terrapieno - Quota ancoraggio tirante		9	9
Vedi in altri fogli il calcolo dei coefficienti di spinta.			
Ka = coefficiente di spinta attiva statica		0.292	0.363
Ke= coefficiente di spinta in presenza di sisma		0.304	0.375
Pressione del terreno= $\gamma \cdot z \cdot k_e$ =	kg/mq	6744	6399
Spinta sul concio di 4 mq	kg	24828	23510

Le spinte sono intese allo SLU per la relativa combinazione.

Ogni fila di tiranti avrà la sua lunghezza libera (vedi disegno) in base alla inclinazione del cuneo di spinta.

CALCOLO DELL'ANCORAGGIO DEI TIRANTI

Per quanto riguarda il calcolo dell'ancoraggio e del tirante prendiamo in considerazione innanzitutto il tirante più sollecitato, quello della fila

Fila **1**

Si calcola l'ancoraggio come se l'andamento fosse orizzontale e quota pari al punto medio dell'ancoraggio.

		val.medio	val.minimo
z =	m	10.12	10.12
pressione terreno incoerente sulla fondazione =	kg/mq	19188	19188
La fondazione si assume scabra per cui l'angolo di attrito rimane \varnothing	°	25.1	20.6
Coefficiente di attrito = $\tan \varnothing$ =		0.47	0.38
Nel caso di ancoraggio in roccia si assume la stessa lunghezza di ancoraggio a fav. sicurezza.			
Perimetro della fondazione $\varnothing 127\text{mm}$	m	0.40	0.40
Trazione ultima di 1ml di ancoraggio	kg/m	3596	2908
Valori di csi.a3 e csi.a4 per il n° di verticali di indagine	adim	1.65	1.60
Trazione resistente di 1ml di ancoraggio= $T_u/\gamma/\text{csi}$	kg/m	1816	1514
Lunghezza ancoraggio fila 1	m	13.7	15.5
Resistenza ultima a sfilamento	kg/m	49159	

Fila **2**

z =	m	8.2	8.2
pressione terreno incoerente sulla fondazione =	kg/mq	15547	15547
La fondazione si assume scabra per cui l'angolo di attrito rimane \varnothing	°	0	0
Coefficiente di attrito = $\tan \varnothing$ =		0.47	0.38
Nel caso di ancoraggio in roccia si assume la stessa lunghezza di ancoraggio a fav. sicurezza.			
Perimetro della fondazione $\varnothing 127\text{mm}$	m	0.40	0.40
Trazione ultima di 1ml di ancoraggio	kg/m	2914	2356
Valori di csi.a3 e csi.a4 per il n° di verticali di indagine	adim	1.65	1.60
Trazione resistente di 1ml di ancoraggio= $T_u/\gamma/\text{csi}$	kg/m	1472	1227
Lunghezza ancoraggio fila	m	13.0	14.7
Resistenza ultima a sfilamento	kg/m	37813	

Fila **3**

z =	m	6.15	6.15
pressione terreno incoerente sulla fondazione =	kg/mq	11660.4	11660.4
La fondazione si assume scabra per cui l'angolo di attrito rimane \varnothing	°	25.1	20.6
Coefficiente di attrito = $\tan \varnothing$ =		0.47	0.38
Nel caso di ancoraggio in roccia si assume la stessa lunghezza di ancoraggio a fav. sicurezza.			
Perimetro della fondazione $\varnothing 127\text{mm}$	m	0.40	0.40
Trazione ultima di 1ml di ancoraggio	kg/m	2185	1767
Valori di csi.a3 e csi.a4 per il n° di verticali di indagine	adim	1.65	1.60
Trazione resistente di 1ml di ancoraggio= $T_u/\gamma/\text{csi}$	kg/m	1104	920
Lunghezza ancoraggio fila	m	12.1	13.7
Resistenza ultima a sfilamento	kg/m	26466	

Fila **5**

z =	m	1.81	1.81
pressione terreno incoerente sulla fondazione =	kg/mq	3432	3432
La fondazione si assume scabra per cui l'angolo di attrito rimane \varnothing	°	25.1	20.6
Coefficiente di attrito = $\tan \varnothing$ =		0.47	0.38
Nel caso di ancoraggio in roccia si assume la stessa lunghezza di ancoraggio a fav. sicurezza.			
Perimetro della fondazione $\varnothing 127\text{mm}$	m	0.40	0.40
Trazione ultima di 1ml di ancoraggio	kg/m	643	520
Valori di csi.a3 e csi.a4 per il n° di verticali di indagine	adim	1.65	1.60
Trazione resistente di 1ml di ancoraggio= $T_u/\gamma/\text{csi}$	kg/m	325	271
Lunghezza ancoraggio fila	m	5.9	6.5
Resistenza ultima a sfilamento	kg/m	3773	

Fila	4		
z =	m	4.1	4.1
pressione terreno incoerente sulla fondazione =	kg/mq	7774	7774
La fondazione si assume scabra per cui l'angolo di attrito rimane \varnothing	°	25.1	20.6
Coefficiente di attrito = $\tan \varnothing$ =		0.47	0.38
Nel caso di ancoraggio in roccia si assume la stessa lunghezza di ancoraggio a fav. sicurezza.			
Perimetro della fondazione $\varnothing 127\text{mm}$	m	0.40	0.40
Trazione ultima di 1ml di ancoraggio	kg/m	1457	1178
Valori di csi.a3 e csi.a4 per il n° di verticali di indagine	adim	1.65	1.60
Trazione resistente di 1ml di ancoraggio = $T_u / \gamma_{\text{csi}}$	kg/m	736	614
Lunghezza ancoraggio fila	m	10.4	11.7
Resistenza ultima a sfilamento	kg/m	15119	

Passiamo quindi al calcolo dei tiranti. Il dimensionamento è relativo alla tabella dei tiranti tipo Clivio o similari e potranno essere utilizzati tiranti di ditta a scelta dotati di caratteristiche

sia geometriche sia meccaniche analoghe. Il dimensionamento va effettuato secondo NTC08 §6.6.2 ossia la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore del tiro di progetto e non della resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio (in quanto non ricadiamo nel tirante a trefoli). Vedi anche le considerazioni riportate più avanti.

Tabella dei tiri delle varie file :

Fila	Tiro di progetto max (kg)	Resistenza a sfilamento (kg)	Resistenza minima di snervamento del tirante (vedi criterio determinato sotto) = $T_d * 1.25$ [kN]	Tiro di esercizio = N comb1 / 1.3 [kg]	Tiro di collaudo = N.eserc * 1.2 [kg]	Modello tirante tipo Clivio o similare
1	24828	49159	310	19098	22918	Rm 32/15
2	19097	37813	239	14690	17628	Rm 32/15
3	13367	26466	167	10282	12338	Rm 32/24
4	7636	15119	95	5874	7049	Rm 32/24
5	1905	3773	24	1466	1759	Rm 32/24
TOTALE	66833	kg				

Tabella delle caratteristiche meccaniche dei tiranti tipo Clivio o similari

DESCRIPTION ART.	U.M.	Rm 32/24	Rm 32/20	Rm 32/15	Rm 38/16	Rm 51/29	Rm 76/60	Rm 76/56	Rm 76/48
Rolled rebar Thread type		R32	R32	R32	R38	R51	T76	T76	T76
Ext. Diam.	mm	32	32	32	38	51	76	76	76
Int. Diam.	mm	24	20	14	16	28	60	56	48
Section	mm ²	367	455	569	819	1220	1708	2076	2730
Ultimate load	kN	250	300	415	540	840	1160	1400	1900
Yelding load	kN	200	250	350	450	700	970	1200	1500
Suggested load	kN	130	160	230	300	460	640	800	1000
Weight	Kg/ml	2,9	3,6	4,5	6,2	9,5	13,4	16,5	21,5
Rebars length ml 1/1,5/2/3/4/6									

Tutti gli elementi del tirante saranno proporzionati e certificati dalla ditta produttrice per cui non occorrono ulteriori verifiche.

Verifichiamo la resistenza per contatto fra piastra di ripartizione e muratura in pietra.

Superficie del foro	127 cmq	127
Lato della piastra =	30 cm	25
Superficie della piastra	900 cmq	625
Superficie di contatto =	773 cmq	498

Tensione di contatto per il tiro di progetto dei tiranti della fila 1; si potrebbe calcolare sulla superficie totale della piastra in quanto la malta penetra nel foro	32 kg/cm ²	27
Valore f.m della muratura	32 kg/cm ²	
Fattore di confidenza = FC	1.35 adim	

Fattore moltiplicativo per la resistenza in una zona limitata di introduzione del carico = FSR (il valore massimo per il calcestruzzo è circa 3.3; non ho dati per la muratura ma assumo prudenzialmente $3.3/2=1.65$)	1.65 adim	
E sollecitante =	32 kg/cm ²	
E resistente = $f.m * FSR / FC =$	39 kg/cm ²	39
Verifica soddisfatta allo SLU per azioni di progetto per tutte le file.		

Vengono soddisfatte le verifiche allo SLU per la muratura per le azioni di progetto. Non viene soddisfatta la gerarchia delle resistenze fra muratura e tirante ma la cosa si ritiene accettabile perché il tirante non è costituito da trefoli e per lo spirito delle linee guida del Ministero per i Beni Culturali in quanto si interviene su un bene storico e rispettare la gerarchia delle resistenze obbligherebbe ad introdurre dei profili metallici per distribuire le tensioni di contatto sulla superficie esterna della muratura con inammissibili conseguenze sulla fruizione del bene artistico. Alla luce di tutto ciò si ritiene conforme alla normativa dimensionare il tirante per il tiro di calcolo e non per la resistenza allo sfilamento della fondazione.

Le piastre delle altre file avranno dimensione ridotta secondo le necessità.

Verifica del muro per carico verticale		
Peso proprio dello strato in distacco alla base	16170 kg/m	
Componente verticale della spinta	19181 kg/m	
	TOTALE 38362 kg/m	SLU
Tensione sollecitante	5.5 kg/cm ²	
Tensione resistente = $f.m / FC =$	23.7 kg/cm ²	
Verifica soddisfatta		

Per quanto riguarda le azioni fuori dal piano della muratura non si effettuano verifiche di resistenza interna della muratura in quanto si assume che ogni concio possa lavorare indipendentemente dagli altri e quindi il muro sarà stabile anche se qualche fessura sconnettesse un concio del muro dall'altro.

Tale possibilità di fessurazione è messa in conto ed accettata al fine di preservare il bene storico artistico da interventi invasivi di consolidamento aggiuntivi rispetto a quelli già previsti.

Gli interventi previsti sono stati scelti in quanto invisibili all'osservatore del bastione.

Tra le verifiche di resistenza interna del concio la principale è quella a punzonamento.

Tiro massimo di calcolo =	24828 kg	
Altezza utile di muratura punzonata =	60 cm	
Superficie di carico 30x30 cm		
Perimetro punzonato a mezza altezza utile = $90 \times 4 =$	360 cm	
Superficie resistente a punzonamento =	21600 cm ²	
Tau punzonante sollecitante =	1.15 kg/cm ²	
A favore della sicurezza la verifica di resistenza si fa ipotizzando che non siano effettuate le iniezioni di consolidamento del volume di ancoraggio dei tiranti. Si usano quindi le caratteristiche meccaniche della muratura fornite da NTC08 tab. C8.A.2.1		
tau.o=	6.5 kg/cm ²	
FC=	1.35 adim	
tau.resistente =	4.8 kg/cm ²	
VERIFICA SODDISFATTA		

Come meglio illustrato nella relazione tecnica nel nostro caso non sono necessarie verifiche a SLE.

PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

**IL PRESENTE PIANO E' DI TIPO GENERALE E COPRE
TUTTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI. E' POSSIBILE CHE
NELLA PRESENTE PRATICA NON TUTTI I TIPI DI
ELEMENTO SIANO PRESENTI. IN TAL CASO SI
SEGUIRANNO LE SOLE INDICAZIONI RELATIVE AGLI
ELEMENTI PRESENTI.**

1 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

Il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi effettivamente realizzati, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti:

- **il manuale d'uso;**
- **il manuale di manutenzione;**
- **il programma di manutenzione;**

di seguito vengono riportati nel seguente paragrafo, in modo sommario, i contenuti dei suddetti documenti che accompagnano il progetto strutturale dell'opera:

1.1 Il manuale d'uso contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione della struttura, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

1.2 Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti della struttura. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

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

1.3 Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione della struttura e delle sue parti nel corso degli anni.

Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

- *il sottoprogramma delle prestazioni*, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dalla struttura e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- *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 della struttura, 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 della struttura.

1.4 Normative di riferimento

Il presente "piano di manutenzione riguardante le strutture" previsto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 e dalle relative Circolare Esplicativa 2 febbraio 2009, 617) è redatto seguendo le indicazioni contenute sull'articolo 40 del D.P.R. 554/99.

MANUALE D'USO

2 MANUALE D'USO

Nel presente manuale d'uso è specificato come utilizzare le strutture che compongono l'opera in progetto. Non è consentito apportare modifiche o comunque compromettere l'integrità delle strutture per nessuna ragione. Occorre controllare periodicamente il grado di usura delle parti a vista al fine di riscontrare eventuali anomalie. In caso di accertata anomalia occorre consultare al più presto un tecnico abilitato.

Per i dettagli tecnici e per collocazione dei diversi elementi strutturali fare riferimento agli allegati grafici.

Detta opera verrà suddivisa per semplicità, in tre grandi parti strutturali:

- **Strutture di fondazioni;**
- **Strutture orizzontali e/o inclinate;**
- **Strutture verticali.**

2.1 Strutture di fondazioni.

Dette strutture hanno la funzione di trasferire il carico al terreno e possono essere costituite, in funzione della tipologia strutturale, in funzione dei carichi trasmessi ed in funzione del tipo di terreno, da:

- Fondazioni dirette;
- Fondazioni indirette;

Di seguito verranno riportati le procedure nonché le prescrizioni d'uso dell'opere in fondazioni.

Modalità di uso corretto:

L'utente dovrà soltanto accertarsi della comparsa di eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali. In caso di accertata anomalia occorre consultare al più presto un tecnico abilitato.

Anomalie riscontrabili:

Cedimenti

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

Distacchi murari

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

Fessurazioni

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

Lesioni

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

Non perpendicolarità del fabbricato

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

Umidità

Presenza di umidità meteorica, da condensa, da infiltrazione, da risalita.

2.2 Strutture orizzontali e/o inclinate

Le strutture orizzontali o inclinate sono elementi strutturali con funzione di sostenere e trasferire, i carichi agenti, sia verticali che orizzontali, trasmettendoli alle strutture verticali.

Di seguito verranno riportati le procedure nonché le prescrizioni d'uso di dette strutture.

Modalità di uso corretto:

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

Controllare sempre che i carichi variabili non superino i valori di progetto; in particolare porre attenzione nella disposizione di particolari arredamenti che possano determinare carichi concentrati non previsti in progetto. Per un uso corretto occorre che i solai non siano caricati con carichi variabili superiori a quelli di progetto riportati nella seguente tabella, ed indicati con "QVar.":

STRUTTURE PORTANTI

PER I CARICHI MASSIMI UTILIZZABILI PER TUTTI GLI ELEMENTI STRUTTURALI VEDI LA RELAZIONE DI CALCOLO.

Anomalie riscontrabili:

Alveolizzazione

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli si può usare il termine alveolizzazione a caratura.

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.

Crosta

Deposito superficiale di spessore variabile, duro e fragile, generalmente di colore nero.

Decolorazione

Alterazione cromatica della superficie.

Deposito superficiale

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

Disgregazione

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

Distacco

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

Efflorescenze

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino o polverulento o filamentoso, sulla superficie del manufatto. Nel caso di efflorescenze saline, la cristallizzazione può talvolta avvenire all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali: il fenomeno prende allora il nome di criptoefflorescenza o

subefflorescenza.

Erosione superficiale

Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o erosione per corrasione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

Esfoliazione

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro, generalmente causata dagli effetti del gelo.

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.

Macchie e graffiti

Imbrattamento della superficie con sostanze macchianti in grado di aderire e penetrare nel materiale.

Mancanza

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

Patina biologica

Strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere, terriccio.

Penetrazione di umidità

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

Polverizzazione

Decoesione che si manifesta con la caduta spontanea dei materiali sotto forma di polvere o granuli.

Presenza di vegetazione

Presenza di vegetazione caratterizzata dalla formazione di licheni, muschi e piante lungo le superficie.

Rigonfiamento

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi lastriformi. Ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

Scheggiature

Distacco di piccole parti di materiale lungo i bordi e gli spigoli degli elementi in calcestruzzo

2.2.1 Coperture piane e/o inclinate

Insieme degli elementi tecnici orizzontali o suborizzontali del sistema edilizio aventi funzione di separare gli spazi interni del sistema edilizio stesso dallo spazio esterno sovrastante. Le coperture piane (o coperture continue) sono caratterizzate dalla presenza di uno strato di tenuta all'acqua, indipendentemente dalla pendenza della superficie di copertura, che non presenta soluzioni di continuità ed è composto da materiali impermeabili che posti all'esterno

dell'elemento portante svolgono la funzione di barriera alla penetrazione di acque meteoriche. L'organizzazione e la scelta dei vari strati funzionali nei diversi schemi di funzionamento della copertura consente di definire la qualità della copertura e soprattutto i requisiti prestazionali. Gli elementi e i strati funzionali si possono raggruppare in: elemento di collegamento; elemento di supporto; elemento di tenuta; elemento portante; elemento isolante; strato di barriera al vapore; strato di continuità; strato della diffusione del vapore; strato di imprimitura; strato di ripartizione dei carichi; strato di pendenza; strato di pendenza; strato di protezione; strato di separazione o scorrimento; strato di tenuta all'aria; strato di ventilazione; strato drenante; strato filtrante, ecc.

Modalità di uso corretto:

Controllo periodico delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali (fessurazioni, lesioni, ecc.).

Controllare sempre che i carichi variabili non superino i valori di progetto.

Tenere pulite le gronde e le discese per evitare infiltrazioni di acqua che possa danneggiare la struttura portante

Anomalie riscontrabili:

Disgregazione

Decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

Distacco

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

Lesioni

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

Mancanza

Caduta e perdita di parti del materiale del manufatto.

Penetrazione di umidità

Comparsa di macchie di umidità dovute all'assorbimento di acqua.

2.3 Strutture verticali

Le strutture verticali, hanno la funzione di collegare le strutture orizzontali, con quelle in fondazioni.

Dette strutture, in funzione delle dimensioni dell'opera, dei carichi e dei sovraccarichi portati nonché dell'azione sismica a cui sono sottoposte, possono essere suddivise in tre grandi categorie:

- strutture a telaio;
- strutture ad arco;
- strutture a pareti portanti

Di seguito verranno riportati le procedure nonché le prescrizioni d'uso dell'opere verticali.

Modalità di uso corretto:

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

Anomalie riscontrabili:

Come per le strutture orizzontali

MANUALE DI MANUTENZIONE

3 MANUALE DI MANUTENZIONE

In detto manuale (di manutenzione delle strutture) verranno prescritte, e programmate, la manutenzione della struttura suddividendola in tre parti:

- **manutenzione delle strutture in fondazioni;**
- **manutenzione delle strutture in orizzontali e/o inclinate;**
- **manutenzione delle strutture verticali.**

Per quando concerne gli interventi di manutenzione ovvero al verificarsi delle anomalie, così come riportate nel manuale d'uso bisogna effettuare degli interventi tali da garantire il livello minimo delle prestazioni globali della struttura.

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

Le strutture devono garantire la durabilità nel tempo in funzione della classe di esposizione prevista in fase di progetto, in modo da garantire la giusta resistenza alle diverse sollecitazioni di esercizio previste in fase di progettazione. Esse devono garantire stabilità, resistenza e durabilità nel tempo. Per i livelli minimi prestazionali si rimanda alle norme vigenti in materia al momento della progettazione.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DIRETTAMENTE DALL'UTENTE

Nessuna manutenzione può essere eseguita direttamente dall'utente, se non i controlli a vista dello stato di conservazione del manufatto.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI A CURA DI PERSONALE SPECIALIZZATO

In seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), occorrerà consultare tecnici qualificati, per effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture. Una volta individuate la causa/effetto del dissesto, occorrerà procedere al consolidamento delle parti necessarie, a secondo del tipo di dissesto riscontrato. Inoltre una volta individuato il tipo di intervento, occorre affidarsi ad idonea impresa edile.

3.1 MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE IN FONDAZIONI

I controlli periodici da effettuare su dette strutture, sono in funzione, del tipo di struttura, dei carichi e sovraccarichi portati, della classe d'uso della stessa, nonché dell'importanza dell'opera. In particolare, in via generale si vuole dare un'indicazione sulla periodicità dei controlli da effettuare, ovvero eseguire la manutenzione delle fondazioni in corrispondenza di eventuali anomalie (come riportate nel manuale d'uso) o disfunzioni della struttura in fondazione e/o elevazione.

LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE:

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

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Prestazioni: Le strutture in sottosuolo, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

Per i **livelli minimi** si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

ANOMALIE RISCONTRABILI:

Si rimanda al Manuale d'uso

CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE:

Controllo struttura

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllare l'integrità delle pareti e dei pilastri 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.).

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Cedimenti*; 2) *Distacchi murari*; 3) *Fessurazioni*; 4) *Lesioni*; 5) *Non perpendicolarità del fabbricato*; 6) *Umidità*.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO:

Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

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, in particolare verificare la perpendicolarità del fabbricato. Procedere quindi al consolidamento delle stesse a secondo del tipo di dissesti riscontrati.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari*.

3.2 MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE ORIZZONTALI E/O INCLINATE

I controlli di manutenzione da effettuare su strutture orizzontali e inclinate, sono in funzione, del tipo struttura, dei carichi e sovraccarichi portati della classe d'uso della stessa, nonché dell'importanza dell'opera. In particolare, si vuole dare un'indicazione sulla periodicità dei controlli da effettuare.

LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE:

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

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Prestazioni: Le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza

Per i **livelli minimi** si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

ANOMALIE RISCONTRABILI:

Si rimanda al Manuale d'uso.

CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE

Controllo struttura

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.

- Anomalie riscontrabili: 1) Alveolizzazione; 2) Bolle d'aria; 3) Cavillature superficiali; 4) Crosta; 5) Decolorazione; 6) Deposito superficiale; 7) Disgregazione; 8) Distacco; 9) Efflorescenze; 10) Erosione superficiale; 11) Esfoliazione; 12) Esposizione dei ferri di armatura; 13) Fessurazioni; 14) Macchie e graffiti; 15) Mancanza; 16) Patina biologica; 17) Penetrazione di umidità; 18) Polverizzazione; 19) Presenza di vegetazione; 20) Rigonfiamento; 21) Scheggiature.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

3.2.1 MANUTENZIONE DELLE COPERTURE PIANE E/O INCLINATE

Per la manutenzione delle coperture piane e/o inclinate si tiene conto di ulteriori livelli minimi prestazionali, di seguito elencati

LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE

Impermeabilità ai liquidi: La copertura deve impedire all'acqua meteorica la penetrazione o il contatto con parti o elementi di essa non predisposti.

Classe di Requisiti: Termici ed igrotermici

Classe di Esigenza: Benessere

Prestazioni: Le coperture devono essere realizzate in modo tale da impedire qualsiasi infiltrazione d'acqua piovana al loro interno, onde evitare che l'acqua piovana possa raggiungere i materiali sensibili all'umidità che compongono le coperture stesse. Nel caso di coperture discontinue devono essere rispettate le pendenze minime delle falde, anche in funzione delle località, necessarie ad assicurare la impermeabilità in base ai prodotti utilizzati e alla qualità della posa in opera degli stessi.

Livello minimo della prestazione: In particolare, per quanto riguarda i materiali costituenti l'elemento di tenuta, è richiesto che: le membrane per l'impermeabilizzazione devono resistere alla pressione idrica di 60 kPa per 24 ore, senza manifestazioni di gocciolamenti o passaggi d'acqua; i prodotti per coperture discontinue del tipo tegole, lastre di cemento o fibrocemento, tegole bituminose e lastre di ardesia non devono presentare nessun gocciolamento se mantenuti per 24 ore sotto l'azione di una colonna d'acqua d'altezza compresa fra 10 e 250 mm, in relazione al tipo di prodotto impiegato. Gli altri strati complementari di tenuta devono presentare specifici valori d'impermeabilità.

Resistenza al vento: La copertura deve resistere alle azioni e depressioni del vento tale da non compromettere la stabilità e la funzionalità degli strati che la costituiscono.

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Prestazioni: Tutte le parti costituenti una copertura, continua o discontinua, devono essere idonee a resistere all'azione del vento in modo da assicurare durata e funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza dell'utenza. L'azione del vento da considerare è quella prevista dal D.M. 12.2.1982, dalla C.M. 24.5.1982 n.22631 e dalla norma CNR B.U. 117 (che dividono convenzionalmente il territorio italiano in quattro zone). I parametri variano anche in funzione dell'altezza dell'edificio e della forma della copertura. In ogni caso le caratteristiche delle coperture, relativamente alla funzione strutturale, devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

Livello minimo della prestazione: I livelli minimi variano in funzione degli elementi impiegati per i quali si rinvia alla normativa vigente.

Resistenza all'acqua: I materiali costituenti la copertura, a contatto con l'acqua, dovranno mantenere inalterate le proprie caratteristiche chimico-fisiche.

Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici

Classe di Esigenza: Sicurezza

Prestazioni: I materiali costituenti i rivestimenti delle coperture nel caso vengano in contatto con acqua di origine e composizione diversa (acqua meteorica, acqua di condensa, ecc.) devono conservare inalterate le proprie caratteristiche chimico-fisiche, geometriche e funzionali.

Livello minimo della prestazione: Tutti gli elementi di tenuta delle coperture continue o discontinue in seguito all'azione dell'acqua meteorica, devono osservare le specifiche di imbibizione rispetto al tipo di prodotto secondo le norme vigenti.

Isolamento termico: La copertura deve conservare la superficie interna a temperature vicine a quelle dell'aria ambiente tale da evitare che vi siano pareti fredde e comunque fenomeni di condensazione superficiale. In particolare devono essere evitati i ponti termici.

Classe di Requisiti: Termici ed igrotermici

Classe di Esigenza: Benessere

Prestazioni: Le prestazioni relative all'isolamento termico delle coperture sono valutabili in base alla trasmittanza termica unitaria U ed ai coefficienti lineari di trasmissione kl per ponti termici o punti singolari che essa possiede.

Livello minimo della prestazione: Pur non stabilendo specifici limiti prestazionali per le singole chiusure ai fini del contenimento delle dispersioni, tuttavia i valori di U e kl devono essere tali da concorrere a contenere il coefficiente volumico di dispersione Cd dell'intero edificio e quello dei singoli locali nei limiti previsti dalle leggi e normative vigenti.

(Attitudine al) controllo della condensazione interstiziale: La copertura dovrà essere realizzata in modo da evitare la formazione di condensazione al suo interno.

Classe di Requisiti: Termici ed igrotermici

Classe di Esigenza: Benessere

Prestazioni: La copertura dovrà essere realizzata in modo da evitare la formazione di condensazione al suo interno. In particolare in ogni punto della copertura sia interno che superficiale, il valore della pressione parziale del vapor d'acqua Pv deve essere inferiore alla corrispondente valore della pressione di saturazione Ps.

Livello minimo della prestazione: I livelli minimi variano in funzione di prove di laboratorio eseguite secondo le norme vigenti: - UNI 10350. Componenti edilizi e strutture edilizie - Prestazioni igrotermiche - Stima della temperatura superficiale interna per evitare umidità critica superficiale e valutazione del rischio di condensazione interstiziale;

- UNI 10351. Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore;

- UNI EN 12086. Isolanti termici per edilizia - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo.

Resistenza meccanica: La copertura deve garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni di carico (carichi concentrati e distribuiti) di progetto in modo da garantire la stabilità e la stabilità degli strati costituenti. Inoltre vanno considerate le caratteristiche dello strato di supporto che dovranno essere adeguate alle sollecitazioni e alla resistenza degli elementi di tenuta.

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Prestazioni: Tutte le coperture devono essere idonee a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni gravi sotto l'azione di sollecitazioni meccaniche in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza degli utenti. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio e di esercizio, carichi presenti per operazioni di manutenzione quali pedonamento di addetti, sollecitazioni sismiche, carichi dovuti a dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti.

Livello minimo della prestazione: Comunque, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle coperture devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti.

ANOMALIE RISCONTRABILI

Si rimanda al manuale d'uso

CONTROLLI ESEGUIBILI DALL'UTENTE

Controllo struttura

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllo del grado di usura delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fessurazioni, penetrazione di umidità, ecc.).

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Disgregazione*; 2) *Distacco*; 3) *Fessurazioni*; 4) *Lesioni*; 5) *Mancanza*; 6) *Penetrazione di umidità*.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

Consolidamento solaio di copertura

Cadenza: quando occorre

Consolidamento del solaio di copertura in seguito ad eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti architettonici di destinazione o dei sovraccarichi.

- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore, Specializzati vari*.

3.3 MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE VERTICALI

La manutenzione delle strutture verticali va effettuata periodicamente ovvero eseguire la in corrispondenza di eventuali anomalie (come riportate nel manuale d'uso) o disfunzioni della struttura, di seguito verranno riportati i controlli da effettuare, il tipo di intervento da effettuare e la tipologia dello stesso nonché i requisiti minimi della ditta che dovrà intervenire.

LIVELLO MINIMO DELLA PRESTAZIONE:

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

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Prestazioni: Le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza

Per i **livelli minimi** si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

ANOMALIE RISCONTRABILI:

Si rimanda al Manuale d'uso

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

Controllo struttura

Cadenza: ogni 12 mesi

Tipologia: Controllo a vista

Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

- Requisiti da verificare: 1) *Resistenza meccanica*.
- Anomalie riscontrabili: 1) *Alveolizzazione*; 2) *Bolle d'aria*; 3) *Cavillature superficiali*; 4) *Crosta*; 5) *Decolorazione*; 6) *Deposito superficiale*; 7) *Disgregazione*; 8) *Distacco*; 9) *Efflorescenze*; 10) *Erosione superficiale*; 11) *Esfoliazione*; 12) *Esposizione dei ferri di armatura*; 13) *Fessurazioni*; 14) *Macchie e graffi*; 15) *Mancanza*; 16) *Patina biologica*; 17) *Penetrazione di umidità*; 18) *Polverizzazione*; 19) *Presenza di vegetazione*; 20) *Rigonfiamento*; 21) *Scheggiature*.
- Ditte specializzate: *Tecnici di livello superiore*.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

Interventi sulle strutture

Cadenza: quando occorre

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- Ditte specializzate: *Specializzati vari.*

PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

4 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Sottoprogramma delle Prestazioni

Il sottoprogramma delle Prestazioni prende in considerazione, per ciascuna classe di requisito di seguito riportata, le prestazioni fornite dall'opera nel corso del suo ciclo di vita.

Sottoprogramma dei Controlli

Il sottoprogramma dei Controlli definisce il programma delle verifiche e dei controlli, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita dell'opera. Per i controlli di seguito riportati è previsto, esclusivamente, un tipo di controllo a vista.

Sottoprogramma degli Interventi di Manutenzione

Il sottoprogramma degli interventi di manutenzione riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione della struttura

STRUTTURE IN FONDAZIONI

Requisito: Resistenza meccanica

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

Livello minimo della prestazione: Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

Controllo: Controllo struttura

Controllare l'integrità delle pareti e dei pilastri 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.).

Controllo a vista ogni 12 mesi

STRUTTURE DI ELEVAZIONE (orizzontali e verticali)

Requisito: Resistenza meccanica

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

Livello minimo della prestazione: Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

Controllo: Controllo struttura

Controllare l'integrità delle strutture individuando la presenza di eventuali anomalie come fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

Controllo a vista ogni 12 mesi

COPERTURE PIANE

Requisito: Resistenza al vento

La copertura deve resistere alle azioni e depressioni del vento tale da non compromettere la stabilità e la funzionalità degli strati che la costituiscono.

Livello minimo della prestazione: I livelli minimi variano in funzione degli elementi impiegati per i quali si rinvia alla normativa vigente.

Controllo: Controllo dello stato

Controllo dei parapetti ed elementi di coronamento con particolare attenzione alla loro integrità e stabilità. Controllare periodicamente l'integrità delle superfici dei rivestimenti attraverso valutazioni visive mirate a riscontrare anomalie evidenti.

Controllo a vista ogni 12 mesi

Requisito: Resistenza meccanica

La copertura deve garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni di carico (carichi concentrati e distribuiti) di progetto in modo da garantire la stabilità e la stabilità degli strati costituenti. Inoltre vanno considerate le caratteristiche dello strato di supporto che dovranno essere adeguate alle sollecitazioni e alla resistenza degli elementi di tenuta.

Livello minimo della prestazione: Comunque, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche delle coperture devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti

Controllo: Controllo struttura

Controllo del grado di usura delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie (fessurazioni, penetrazione di umidità, ecc.).

Controllo a vista ogni 12 mesi**CANALI DI GRONDA E PLUVIALI****Requisito: Resistenza meccanica per canali di gronda e pluviali**

I canali di gronda e le pluviali della copertura dovranno garantire una resistenza meccanica rispetto alle condizioni d'uso.

Livello minimo della prestazione: Per i livelli minimi si prendono in considerazione le seguenti norme:

Controllo: Controllo dello stato**Programma di Manutenzione:** Sottoprogramma delle Prestazioni

Controllare le condizioni e la funzionalità dei canali di gronda e delle pluviali. Controllare la regolare disposizione degli elementi dopo il verificarsi di fenomeni meteorologici particolarmente intensi. Verifica dell'assenza di eventuali anomalie. Controllare la funzionalità delle pluviali, delle griglie parafoglie e di eventuali depositi e detriti di foglie ed altre ostruzioni che possono compromettere il corretto deflusso delle acque meteoriche. Controllare gli elementi di fissaggio ed eventuali connessioni.

Controllo a vista ogni 6 mesi**SOLAI****Requisito: (Attitudine al) controllo della freccia massima**

La freccia di inflessione di un solaio costituisce il parametro attraverso il quale viene giudicata la deformazione sotto carico e la sua elasticità.

Livello minimo della prestazione: Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati secondo le norme vigenti

Controllo delle parti in vista finalizzato alla ricerca di anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali (fessurazioni, lesioni, ecc.).

Controllo a vista ogni 12 mesi**Requisito: Resistenza meccanica**

I solai devono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni.

Livello minimo della prestazione: Le prestazioni sono generalmente affidate allo strato o elementi portanti. I parametri di valutazione della prestazione possono essere il sovraccarico ammissibile espresso in daN/mq oppure la luce limite di esercizio espresso in m.

MANUTENZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO

La manutenzione rappresenta una fase importante per la vita di una struttura in acciaio e deve essere:

1. tempestiva;
2. con modalità idonee e compatibili con il binomio materiale-ambiente;
3. attuata con investimenti commisurati al valore dell'opera.

L'acciaio utilizzato nel settore civile richiede sia l'adozione di metodi preventivi di protezione nei confronti della corrosione, che interventi manutentivi nel corso della vita delle strutture.

L'azione preventiva si attua mediante il rivestimento superficiale dell'acciaio.

La manutenzione nel caso di un acciaio rivestito si rende necessaria quando cessa l'effetto protettivo del rivestimento (vernici).

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

1. al degrado provocato dall'atmosfera sulla superficie del rivestimento;
2. alla perdita di adesione al substrato metallico.

Le modalità di ripristino della funzione protettiva di un rivestimento dipendono dal tipo e dalle condizioni del vecchio rivestimento 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 l'unico trattamento consigliabile è la sabbiatura, che consiste nello spruzzare mediante aria compressa un materiale abrasivo (sabbia), capace di rimuovere sia il vecchio rivestimento che gli ossidi.

Per il grado di finitura superficiale finale si può far riferimento a normative esistenti da tempo.

Dopo la preparazione superficiale si deve effettuare il ciclo di verniciatura.

Il primo strato protettivo (*primer*), solitamente di spessore 20-40 μm , deve avere tre caratteristiche fondamentali:

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

La verniciatura si eseguirà come segue:

1. sabbiatura con finitura almeno del tipo *Sa 2,5*;
2. n. 2 mani di *primer* a base di PVC modificato alchidico con cromato di zinco (80-100 μm);
3. n. 2 mani intermedie di vernice a base di PVC modificato alchidico pigmentato con ossido di ferro micaceo (120 μm);
4. n. 1 mano finale di PVC alchidico pigmentato con il colore desiderato (30 μm). Quando si deve intervenire su strutture con il rivestimento organico ancora in gran parte sufficientemente protettivo il trattamento superficiale può essere effettuato rimuovendo dalle parti corrose la ruggine in modo completo oppure togliendo solo le parti incoerenti.

Nel primo caso si può operare a seconda dell'estensione delle zone da trattare con la sabbiatura o la spazzolatura.

Contemporaneamente occorrerà riattivare lo strato di vernice già esistente mediante carte abrasive o con una leggera sabbiatura per rimuovere lo strato esterno interessato dagli agenti atmosferici.

Successivamente nelle zone riportate a metallo nudo occorrerà applicare uno o due strati di *primer* passivante oppure un *primer* a base di polvere di zinco in veicolo organico e con legante compatibile al tipo di vernice già preesistente sulla struttura; quindi, una o due mani intermedie.

Infine, su tutta la struttura sarà apportato lo strato di finitura compatibile sia con il tipo di vernice persistente, sia con il ciclo di ripristino effettuato.

La verniciatura su parti rugginose, grossolanamente preparate, sarà costituita da:

1. *primer* in veicolo organico e legante alchidico con pigmento a base di ossidi rossi di piombo;
2. una ulteriore mano su tutta la superficie con lo stesso *primer*;
3. due mani di finitura sempre a base alchidica pigmentate con ossido di ferro micaceo per un totale di 250-300 μm di spessore.

Le strutture zincate e verniciate richiedono un'ulteriore attenzione rispetto a quelle in acciaio poichè la superficie dello zinco è molto più reattiva.

La manutenzione delle strutture zincate e verniciate è rivolta a ripristinare lo strato di vernice che si è grossolanamente distaccato dal substrato di zinco.

Il ripristino della verniciatura prevede una pulizia della superficie che può essere fatta ad umido lavando con acqua calda contenente il 5-10% di soda caustica, aiutandosi con spazzole o con getti di vapore additivato sempre con sostanze alcaline.

La preparazione migliore comunque rimane una sabbiatura leggera che rimuova solo i prodotti di corrosione dello zinco (ruggine bianca) e al massimo 2-5 µm di zinco metallico.

Successivamente la superficie deve essere trattata con sostanze capaci di formare strati passivi tipo acido fosforico o cromato o bicromato di sodio che servono anche da ancorante per gli strati di vernice successivi.

Saranno utilizzati *primer* passivanti contenenti zinco cromato, stronzio cromato o piombo silicocromato in concentrazioni pari al 5-10%, seguiti dai soliti cicli di verniciatura.

E' importante, in ogni caso, utilizzare vernici con leganti non saponificabili. Tra le migliori vernici per le superfici zincate si possono annoverare quelle poliviniliche o polivinilideniche, acriliche e metacriliche, epossidiche.

In presenza di macchie di ruggine rossa, l'intervento migliore consiste nel rimuovere tali prodotti di corrosione mediante azione meccanica riportando completamente a nudo l'acciaio e quindi operare una zincatura localizzata mediante spruzzatura di zinco fuso oppure stendere uno strato di *primer* zincante a base di polvere di zinco metallico.

Una concomitante pulitura generale di tutta la superficie della struttura con una successiva verniciatura garantisce una lunga durata del rivestimento.