

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
COMUNE DI TRIESTE
Dipartimento Territorio Economia Ambiente e Mobilità



PORTO VECCHIO RIQUALIFICAZIONE VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO E
OPERE DI INFRASTRUTTURAZIONE DELL'AREA DEL POLO MUSEALE
II LOTTO - Codice opera 18028

AREA CONGRESSUALE DEL PORTO VECCHIO OPERE DI
SCARICO A MARE DELLA FOGNATURA MISTA E METEORICA

NUMERO

004

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

SCALA:

-

DATA: gennaio 2020



PROGETTISTA INCARICATO: ing. Stefano COSTANTINI

| REV | DATA | OGGETTO | REDATTO | VERIFICATO |
|-----|--------------|---------------------------------|---------|---------------|
| 3 | 03/08/2021 | Revisione per note verificatori | P.G. | S. Costantini |
| 2 | 12/08/2020 | Revisione generale | A.M. | S. Costantini |
| 1 | 30/06/2020 | Revisione generale | A.M. | S. Costantini |
| 0 | gennaio 2020 | Prima emissione | A.M. | S. Costantini |

Archest

architecture | engineering | infrastructure

Azienda certificata
ISO 9001 - SGS

e: info@archest.it

w: www.archest.it

Sede Legale di **Palmanova** (ud) via giustinian 31 - 33057

t: (+39) 0432.93.50.07 f: (+39) 0432.93.36.08

Sede di **Pozzuolo del Friuli** (ud) via sclauinco 7 - 33050

t: (+39) 0432.66.53.35 f: (+39) 0432.66.52.99

1 | 5 | 6 | 4

P | E

D | O

C

0 | 0 | 4

FORMATO
A4

INDICE

| | | |
|-----------|---|-----------|
| A. | RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI IMPIEGATI..... | 3 |
| B. | MANUALE E PIANO DI MANUTENZIONE | 5 |
| 1. | INTRODUZIONE..... | 5 |
| 2. | MANUALE D'USO..... | 8 |
| 2.1. | Corpo d'opera e rappresentazione grafica sintetica | 8 |
| 2.2. | Strutture in elevazione | 10 |
| 2.2.1. | Parete in c.a..... | 10 |
| 3. | MANUALE E PROGRAMMA DI MANUTENZIONE | 10 |
| 3.1. | Strutture in elevazione | 10 |
| 3.1.1. | Parete in c.a..... | 10 |
| C. | RELAZIONE DI CALCOLO | 15 |
| 1. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 15 |
| 2. | PARAMETRI DI CALCOLO ED ANALISI DEI CARICHI | 16 |
| 2.1. | Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento | 16 |
| 2.2. | Analisi dei carichi | 17 |
| 2.2.1. | Pesi di volume..... | 17 |
| 2.2.2. | Carichi variabili..... | 18 |
| 2.3. | Azione sismica | 19 |
| 2.3.1. | Stati limite e relative probabilità di superamento | 19 |
| 2.3.2. | Categorie sottosuolo | 20 |
| 2.3.3. | Spettri di risposta elastici | 20 |
| 2.3.4. | Spettri di progetto..... | 24 |
| 2.3.5. | Combinazione azione sismica con le altre azioni | 25 |
| 2.4. | Metodi di verifica delle sezioni | 26 |
| 2.4.1. | Verifica a pressoflessione allo Stato Limite Ultimo (SLU) | 26 |
| 2.4.2. | Verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo (SLU)..... | 28 |
| 2.4.3. | Verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE) | 28 |
| 2.5. | Materiali - Parametri di calcolo dei materiali da costruzione | 29 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.5.1. | Calcestruzzo | 29 |
| 2.5.2. | Acciaio per cemento armato | 29 |
| 2.5.3. | Copriferro | 30 |
| 3. | NOTE DESCRITTIVE | 31 |
| 3.1. | Introduzione | 31 |
| 4. | ANALISI DEI CARICHI | 33 |
| 4.1. | PESI PROPRI | 33 |
| 4.2. | SPINTA TERRENO | 33 |
| 4.3. | SPINTA DEL SOVRACCARICO SULLA BANCHINA (σ_q) | 33 |
| 4.4. | AZIONI SISMICHE | 34 |
| 4.4.1. | Parametri per il calcolo degli spettri | 34 |
| 4.4.2. | Incremento dinamico spinta delle terre | 38 |
| 4.4.3. | Inerzia sismica del muro | 38 |
| 4.5. | COMBINAZIONI DI CARICO | 39 |
| 5. | VERIFICHE STRUTTURALI MURO | 40 |
| 5.1. | DESCRIZIONE | 40 |
| 5.2. | SOLLECITAZIONI | 41 |
| 5.3. | VERIFICHE SLU/SLV MURO | 42 |
| 5.4. | VERIFICHE ANCORAGGIO | 46 |
| 5.5. | PRESCRIZIONI RIPRESA NUOVO GETTO | 49 |
| 5.6. | PRESCRIZIONI ANCORAGGIO | 52 |
| D. | GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI | 57 |

A. RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI IMPIEGATI

La presente relazione viene redatta ai sensi dell'art.4, comma III, par.6 della legge 05/11/1971 n. 1086, allo scopo di fornire all'impresa costruttrice e al direttore dei lavori un quadro sintetico delle caratteristiche, qualità e dosatura dei materiali da impiegare per il confezionamento delle strutture in c.a. e in acciaio comprese nell'opera in questione.

I dati sono desunti dalla relazione di calcolo e dagli elaborati grafici di progetto che si intendono allegati alla presente relazione.

Materiali da impiegare

I materiali da impiegare dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Calcestruzzo

Prescrizioni generali

Come indicazione generale sui materiali impiegati per la confezione del calcestruzzo si prescrive che:

- l'acqua utilizzata per l'impasto sia limpida e priva di impurità, di solfati o gesso e non giunga da zone di ristagno all'aperto;
- gli inerti, naturali o di frantumazione, siano costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche limose ed argillose, di gesso ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature;
- gli inerti provengano da impianti di estrazione e lavaggio autorizzati, siano ottenuti da rocce non gelive o friabili ed abbiano granulometria ben assortita.

Magrone: dosaggio minimo di cemento 1,5 kN/m³ (150 kg/m³) di impasto.

Calcestruzzo per ripristino muro di banchina:

C35/45

| | | | |
|--|--|--------|-----------|
| Resistenza cubica caratteristica a compressione | R_{ck} | \geq | 45 MPa |
| Resistenza cilindrica caratteristica a compressione | f_{ck} | \geq | 35 MPa |
| Valor medio resistenza cilindrica | $f_{cm} = f_{ck} + 8$ | $=$ | 43 MPa |
| Modulo di elasticità secante | $E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ | $=$ | 34077 MPa |
| Resistenza media a trazione semplice | $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$ | $=$ | 3.2 MPa |
| Resistenza a trazione corrispondente al frattile 5% | $f_{ctk,0.05} = 0.7 f_{ctm}$ | $=$ | 2.2 MPa |
| Resistenza a trazione corrispondente al frattile 95% | $f_{ctk,0.95} = 1.3 f_{ctm}$ | $=$ | 4.2 MPa |
| Fattore sicurezza calcestruzzo | γ_c | $=$ | 1.5 |
| Resistenza unitaria di calcolo a compressione | $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c$ | $=$ | 19.83 MPa |
| Resistenza unitaria di calcolo a trazione | $f_{ctd} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ | $=$ | 1.46 MPa |

Classe di esposizione (UNI 11104:2016, UNI EN 206-1:2014):

XC4 + XS3 + XF4

Copriferri:

Le NTC, al §4.1.6.1.3, e la circolare esplicativa introducono una tabella per i valori minimi di copriferro (strato minimo di ricoprimento di calcestruzzo) da adottarsi nelle varie condizioni ambientali:

| | | | barre da c.a. elementi a piastra | | barre da c.a. altri elementi | | cavi da c.a.p. elementi a piastra | | cavi da c.a.p. altri elementi | |
|-----------|--------|------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|
| C_{min} | C_o | ambiente | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C28/35 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

Nel caso specifico si definiscono i copriferri minimi che consistono nei valori in tabella maggiorati di 10mm in considerazione di tolleranze di posa. Nel caso in cui la classe di calcestruzzo utilizzata sia inferiore a C_{min} in tabella, tali valori verranno incrementati ulteriormente di 5mm come previsto nelle stesse norme. Nel caso di elementi sottoposti a controlli di qualità che prevedono anche la verifica dei copriferri, i valori vengono ridotti di 5mm.

Muro di banchina (ambiente molto aggressivo): $45 + 10 = 55$ si prevede: **60mm**

Acciaio per cemento armato

Tipo **B450C**

| | | | | |
|--|------------------|---|---------------------------|--------------|
| Tensione nominale di snervamento | $f_{y,nom} \geq$ | = | 450 MPa | |
| Tensione nominale di rottura | $f_{t,nom} \geq$ | = | 540 MPa | |
| Fattore sicurezza materiale | γ_s | = | 1.15 | |
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} \geq$ | = | 450 MPa | frattile 5% |
| Tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} \geq$ | = | 540 MPa | frattile 5% |
| $1.15 \leq (f_t / f_y)_k \leq 1.35$ | | | | frattile 10% |
| $(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1.25$ | | | | frattile 10% |
| Allungamento $(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$ | | | | frattile 10% |
| Modulo elastico | E | = | 210.000 N/mm ² | |

Palmanova, 02/08/2021

IL DIRETTORE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

B. MANUALE E PIANO DI MANUTENZIONE

1. INTRODUZIONE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 17-01-2018 al capitolo 10 rende obbligatorio tra gli elaborati di progetto un "Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera", che estende quanto previsto dal Decreto del Presidente della Repubblica n° 554 del 21-12-1999 "Regolamento d'attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11-02-1994 n°109 e successive modificazioni".

In particolare all'articolo 40 "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" del succitato decreto si legge quanto segue:

1. 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.
2. Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:
 - a) il manuale d'uso;
 - b) il manuale di manutenzione;
 - c) il programma di manutenzione;
3. Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, 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.
4. 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.
5. Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. 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.
6. 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.
7. Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporaneamente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:
- a) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
 - b) 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 del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
 - c) 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 del bene.
8. Il programma di manutenzione, il manuale d'uso ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione sono sottoposti a cura del direttore dei lavori, al termine della realizzazione dell'intervento, al controllo ed alla verifica di validità, con gli eventuali aggiornamenti resi necessari dai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

Col presente documento si intende fornire all'utente dell'opera uno strumento facilmente consultabile con lo scopo di metterlo nelle condizioni di conoscere le modalità d'uso corretto, le indicazioni per controllare e ispezionare periodicamente i livelli di efficienza, funzionalità, conservazione ed usura, le istruzioni da seguire nel caso in cui insorgano necessità di intervento in conformità agli obblighi di legge.

La documentazione è pertanto fornita a corredo da parte di chi ha compiuto la progettazione per garantire nell'arco del tempo di vita utile un valore duraturo dell'opera. L'utilizzatore finale, oltre a venire a conoscenza di quanto attiene alle modalità d'uso e di intervento dell'opera, è in grado di intraprendere periodicamente ed eccezionalmente tutte le misure necessarie al ripristino delle funzionalità, attraverso la consultazione di personale competente e la richiesta di manutentori specializzati.

Il Piano di manutenzione è la procedura avente lo scopo di controllare e ristabilire un rapporto soddisfacente tra lo stato di funzionamento di un sistema o di sue unità funzionali e lo standard qualitativo per esso/e assunto come riferimento. Consiste nella previsione del complesso di attività inerenti la manutenzione di cui si presumono la frequenza, gli indici di costo orientativi e le strategie di attuazione nel medio e nel lungo periodo.

Il manuale d'uso è destinato all'utente finale del bene e contiene la raccolta delle istruzioni e delle procedure di conduzione tecnica e manutenzione limitatamente alle operazioni per le quali non sia richiesta alcuna specifica capacità tecnica; esso si basa su attività di ispezione prevalentemente visiva al fine di raccogliere indicazioni

preliminari sulle condizioni tecniche di un bene o delle sue parti mediante delle prime valutazioni sulle prestazioni in essere e delle condizioni di degrado.

Pianificazione dei lavori di manutenzione

1. Compiti tecnici - Elaborazione di principi tecnici relativi alle politiche di manutenzione
2. Compiti operativi - Esecuzione dei lavori secondo le specifiche procedurali e qualitative stabilite
3. Compiti di controllo - Verifica del lavoro svolto, valutazione e certificazione del risultato

Organizzazione

La funzione manutentiva deve svolgere i seguenti compiti:

1. Definizione ed elencazione degli elementi da sottoporre alle operazioni ispettive
2. Definizione e catalogazione degli elementi da sottoporre alle operazioni manutentive
3. Elaborazione del programma di svolgimento delle operazioni ispettive e delle operazioni manutentive
4. Rilievo e registrazione delle operazioni ispettive;
5. Rilievo e registrazione delle operazioni manutentive
6. Analisi dello stato di efficienza ed affidabilità dei singoli elementi in rapporto alla funzione svolta ed alla loro tempestiva sostituibilità in caso di anomalia.

Risorse da gestire

Le risorse da gestire sono:

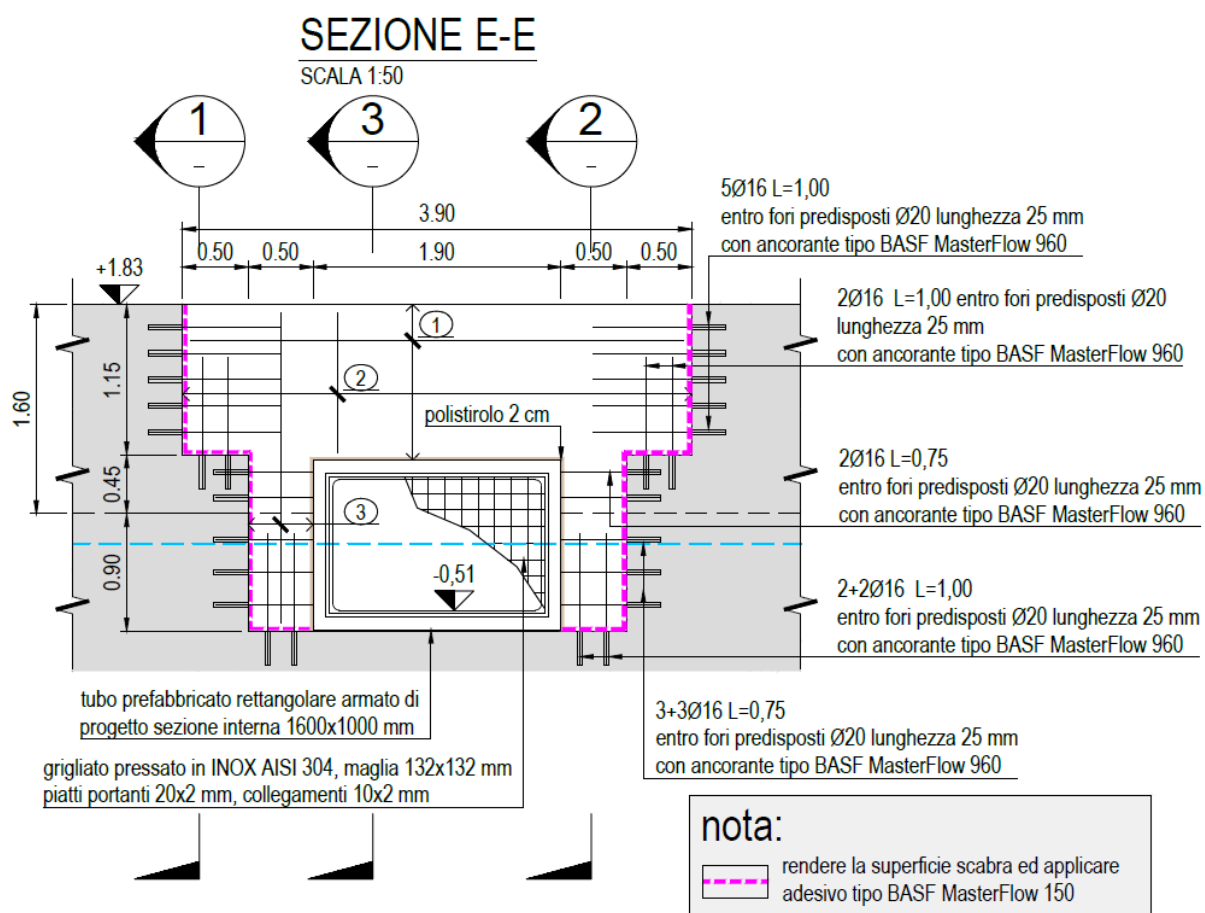
1. La manodopera
2. Materiali
3. Mezzi manutentivi (rif UNI 10147)

2. MANUALE D'USO

2.1. Corpo d'opera e rappresentazione grafica sintetica

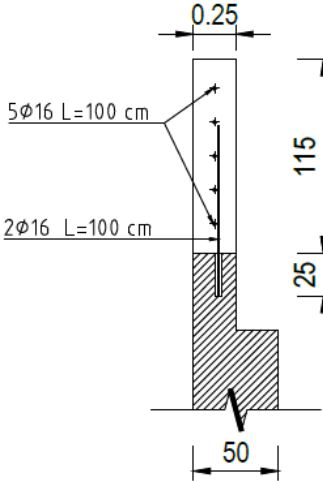
L'intervento prevede la realizzazione di una porzione del muro di banchina in c.a., fiorettando la nuova porzione al muro esistente.

Nella seguente immagine viene evidenziata una vista delle sezioni tipo dell'intervento:



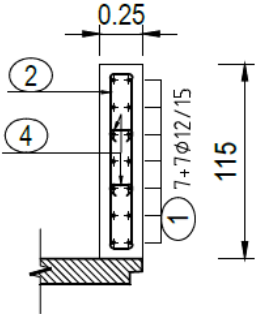
SEZIONE 1

SCALA 1:50



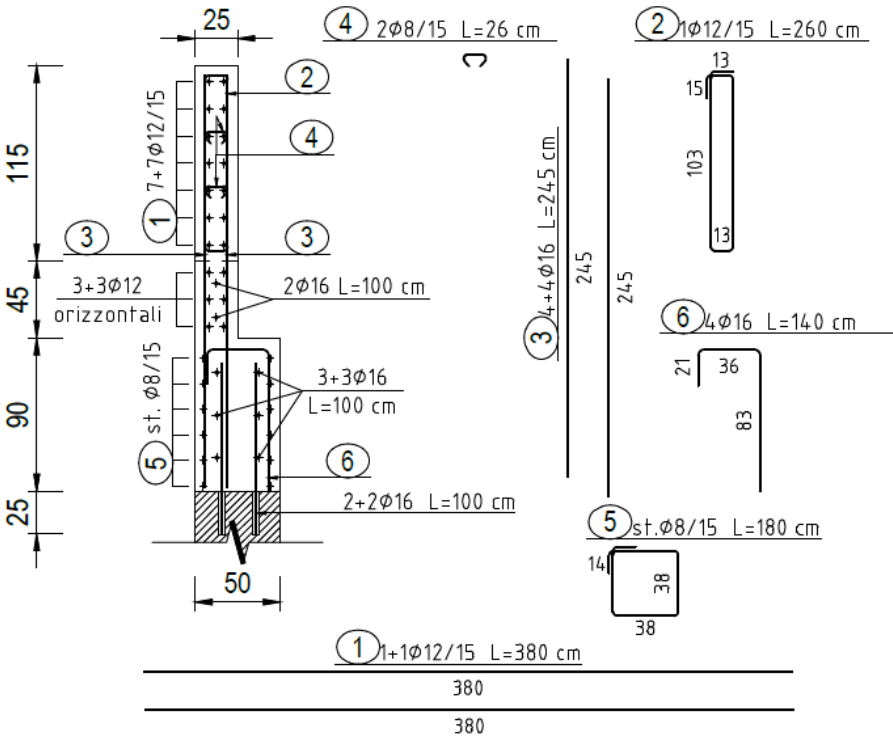
SEZIONE 3

SCALA 1:50



SEZIONE 2

SCALA 1:50



2.2. Strutture in elevazione

2.2.1. Parete in c.a.

E' un elemento strutturale verticale portante con una dimensione della sezione trasversale nettamente maggiore rispetto all'altra. Tale elemento strutturale trasferisce i carichi della sovrastruttura alle strutture ricettive sottostanti preposte a riceverlo, esso è usualmente sollecitato a pressoflessione e taglio.

Modalità d'uso

La stabilità e la verticalità dell'elemento strutturale non devono essere compromesse; si proceda ad un controllo periodico delle parti in vista e il riscontro di eventuali anomalie che possano essere indice di successivi dissesti e/o cedimenti. Al rilievo visivo di anomalie potrebbe non corrispondere un effettivo danneggiamento dell'elemento strutturale. Sono da evitare demolizioni degli elementi, anche parziali, che possano ridurre la resistenza degli elementi, in egual maniera sono da evitare forature che possano interrompere la continuità delle barre di armatura (per esempio per fare passare tubazioni, impianti, cavedi, comignoli ecc...).

3. MANUALE E PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

3.1. Strutture in elevazione

3.1.1. Parete in c.a.

Requisiti e prestazioni garantiti

Funzionalità

La capacità del materiale o del componente di garantire il funzionamento e l'efficienza previsti in fase di progetto.

Livelli minimi:

Stabilito in funzione del materiale o dell'impianto, dalle norme UNI riportate sul capitolato speciale d'appalto.

Stabilità

Capacità dell'elemento di permetterne l'uso pur in presenza di lesioni.

Livelli minimi:

Stabilito in funzione del materiale dalle norme UNI o da prescrizioni normative riportate sul capitolato speciale d'appalto.

Estetica

Capacità del materiale o del componente di mantenere inalterato l'aspetto esteriore.

Livelli minimi:

Garantire uniformità delle eventuali modificazioni dell'aspetto, senza compromettere requisiti funzionali.

Anomalie

Cavillature superficiali

Rete di microfessurazioni sulla superficie del calcestruzzo.

Fessurazioni

Spaccature sottili, singole o ramificate, parallele o ortogonali all'armatura che penetrano nel calcestruzzo non solo a livello superficiale.

Disgregazione

Distacco di granuli o cristalli di dimensioni piccole sotto sollecitazioni meccaniche.

Distacco

Distacco di parti notevoli del materiale dell'elemento strutturale.

Scheggiature

Distacco di piccole parti lungo i bordi e gli spigoli di calcestruzzo.

Esposizione

Esposizione dei ferri di armatura: distacco del copriferro dell'elemento strutturale e relativa esposizione delle barre di armatura a fenomeni di corrosione per azione degli agenti atmosferici.

Corrosione

Formazione di strati di ruggine sulle barre di armatura e conseguente degrado e perdita delle proprietà meccaniche.

Fuori piombo

Non perfetta verticalità dell'elemento strutturale.

Fronte di risalita

Limite della penetrazione di umidità nell'elemento strutturale che si manifesta con efflorescenza e/o perdita di materiale. Esso comporta anche la comparsa di macchie e/o muffe sulla superficie dello stesso.

Controlli

Stato superficie

Incaricato non specificato

Periodicità all'occorrenza

Istruzioni

Ispezione visiva della superficie dei setti in calcestruzzo armato e dei copriferri dell'armatura.

Corrispondenza

Incaricato non specificato

Periodicità all'occorrenza

Istruzioni

Verifica in corrispondenza delle architravi e degli incatenamenti.

Sorveglianza

Incaricato non specificato

Periodicità all'occorrenza

Istruzioni

Azione di sorveglianza con l'assunzione di punti di riferimento e misure per il monitoraggio dell'evoluzione delle anomalie.

Identificazione

Incaricato non specificato

Periodicità all'occorrenza

Istruzioni

Necessità di identificazione delle "travi-parete".

Manutenzioni

Pulizia vegetazione

Periodo consigliato: all'occorrenza

Categoria: Straordinaria

Incaricato: non specificato

Ripulitura e rimozione di muschio o vegetazione di vario tipo.

Pulizia facciate

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Trattamento e pulizia regolare dei setti e delle facciate.

Manutenzione superficie

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Manutenzione dei rivestimenti di superficie (intonaci, piastrelle, tinteggiatura ecc..)

Ripresa

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Ripresa di scheggiature e rigonfiamenti del calcestruzzo.

Demolizione

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Demolizione superficiale e ripristino.

Passivazione

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Passivazione e trattamento dei ferri corrosi.

Trattamento fessurazioni

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Trattamento delle fessurazioni per riempimento o iniezione.

Riparazione setti

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Riparazione dei setti fortemente danneggiati tramite calcestruzzo spruzzato o altra tecnica di ripresa.

Rinforzo

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Rinforzo delle strutture insufficienti.

Rafforzamento

Periodo consigliato: all'occorrenza
 Categoria: Straordinaria
 Incaricato: non specificato
 Rafforzamento delle armature insufficienti nelle pareti in conseguenza di un cambio di sollecitazioni, con un'incamiciatura in calcestruzzo armato con una camicia metallica (con eventuale protezione al fuoco).

Studio strutturale

Periodo consigliato: all'occorrenza

Categoria: Straordinaria

Incaricato: non specificato

In caso di trasformazione, di creazione di aperture, di demolizione parziale o totale è necessario procedere preliminarmente ad uno studio strutturale, anche perché alcuni setti partecipano al controventamento dell'edificio.

Palmanova, 02/08/2021

IL DIRETTORE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

IL COMMITTENTE

C. RELAZIONE DI CALCOLO

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le opere saranno realizzate nel pieno rispetto delle prescrizioni stabilite dalla normativa vigente, ed in particolare:

[NC.1]

D.M. 17.01.2018 Norme tecniche per le costruzioni

[NC.2]

Circolare n.7 del 21 gennaio 2019

[NC.3]

Prescrizioni relative durabilità e confezionamento calcestruzzo

UNI 11104:2016, UNI EN 206-1:2014

Per quanto non espressamente riportato nelle normative precedenti, si farà riferimento agli Eurocodici.

2. PARAMETRI DI CALCOLO ED ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito una descrizione dei parametri di calcolo e dei carichi previsti dalla normativa tecnica, che verranno ripresi e descritti per la specifica struttura in esame nei capitoli successivi.

2.1. Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

Vita nominale

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. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella:

| TIPI DI COSTRUZIONI | | Valori minimi di V_N (anni) |
|---------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Costruzioni temporanee e provvisorie | 10 |
| 2 | Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari | 50 |
| 3 | Costruzioni con livelli di prestazioni elevati | 100 |

Tab. 1. Vita nominale delle costruzioni

Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- *Classe I*: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II*: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- *Classe III*: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- *Classe IV*: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in tabella.

| CLASSE D'USO | I | II | III | IV |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE C_U | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Tab. 2. Tabella coefficiente d'uso

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

2.2. Analisi dei carichi**2.2.1. Pesì di volume**

| MATERIALI | PESO UNITA DI VOLUME [kN/m ³] |
|---|---|
| Calcestruzzi cementizi e malte | |
| Calcestruzzo ordinario | 24,0 |
| Calcestruzzo armato (e/o precompresso) | 25,0 |
| Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso | 14,0 + 20,0 |
| Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso | 28,0 + 50,0 |
| Malta di calce | 18,0 |
| Malta di cemento | 21,0 |
| Calce in polvere | 10,0 |
| Cemento in polvere | 14,0 |
| Sabbia | 17,0 |
| Metalli e leghe | |
| Acciaio | 78,5 |
| Ghisa | 72,5 |
| Alluminio | 27,0 |
| Materiale lapideo | |
| Tufo vulcanico | 17,0 |
| Calcere compatto | 26,0 |
| Calcere tenero | 22,0 |
| Gesso | 13,0 |
| Granito | 27,0 |
| Laterizio (pieno) | 18,0 |
| Legnami | |
| Conifere e pioppo | 4,0 + 6,0 |
| Latifoglie (escluso pioppo) | 6,0 + 8,0 |
| Sostanze varie | |
| Acqua dolce (chiara) | 9,81 |
| Acqua di mare (chiara) | 10,1 |
| Carta | 10,0 |
| Vetro | 25,0 |
| Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici. | |

Tab. 3. Pesì di volume dei materiali

2.2.2. Carichi variabili

Si riportano di seguito i valori dei carichi nominale e/o caratteristici q_k, Q_k, H_k ;

- q_k = carichi verticali uniformemente distribuiti (kN/mq)
- Q_k = carichi verticali concentrati (kN)
- H_k = carichi orizzontali lineari (kN/m)

| Cat. | Ambienti | q_k [kN/m²] | Q_k [kN] | H_k [kN/m] |
|-------|---|--|---------------|-----------------|
| A | Ambienti ad uso residenziale | | | |
| | Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| | Scale comuni, balconi, ballatoi | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| B | Uffici | | | |
| | Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| | Cat. B2 Uffici aperti al pubblico | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| | Scale comuni, balconi e ballatoi | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| C | Ambienti suscettibili di affollamento | | | |
| | Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento | 3,00 | 3,00 | 1,00 |
| | Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| | Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad altri di stazioni ferroviarie | 5,00 | 5,00 | 3,00 |
| | Cat. C4 Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici | 5,00 | 5,00 | 3,00 |
| | Cat. C5 Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie. | 5,00 | 5,00 | 3,00 |
| | Scale comuni, balconi e ballatoi | Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni | | |
| | | ≥ 4,00 | ≥ 4,00 | ≥ 2,00 |
| D | Ambienti ad uso commerciale | | | |
| | Cat. D1 Negozi | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| | Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini | 5,00 | 5,00 | 2,00 |
| | Scale comuni, balconi e ballatoi | Secondo categoria d'uso servita | | |
| E | Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale | | | |
| | Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri | ≥ 6,00 | 7,00 | 1,00* |
| | Cat. E2 Ambienti ad uso industriale | da valutarsi caso per caso | | |
| F-G | Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti) | | | |
| | Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN) | 2,50 | 2 x 10,00 | 1,00** |
| | Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci | 5,00 | 2 x 50,00 | 1,00** |
| H-I-K | Coperture | | | |
| | Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione | 0,50 | 1,20 | 1,00 |
| | Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D | secondo categorie di appartenenza | | |
| | Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti. | da valutarsi caso per caso | | |

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Tab. 4. Carichi variabili

2.3. Azione sismica

In base alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento V_R .

A partire dalla probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , vengono definiti i parametri che definiscono la forma spettrale. Tali parametri sono:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

2.3.1. Stati limite e relative probabilità di superamento

La normativa definisce 4 stati limite in funzione della probabilità di superamento PVR per individuare l’azione sismica agente.

| Stati Limite | | P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R |
|---------------------------|-----|--|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81% |
| | SLD | 63% |
| Stati limite ultimi | SLV | 10% |
| | SLC | 5% |

Tab. 5. Probabilità superamento

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

2.3.2. Categorie sottosuolo

Al fine di definire l'azione sismica di progetto vengono definite delle categorie di sottosuolo di riferimento necessarie per la determinazione della risposta sismica locale.

| Categoria | Descrizione |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i> |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i> |

Tab. 6. Categorie del sottosuolo

2.3.3. Spettri di risposta elastici

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastico di seguito rappresentato, definito a seconda della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO COMPONENTE ORIZZONTALE

| | |
|--------------------|--|
| $0 \leq T < T_B$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$ |
| $T_B \leq T < T_C$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$ |
| $T_C \leq T < T_D$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$ |
| $T_D \leq T$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$ |

Tab. 7. Spettro di risposta elastico – componente orizzontale

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Con:

- S : fattore che tiene conto della categoria del sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione

$$S = S_S \cdot S_T$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove

- ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_C^* = C_C \cdot T_C$$

dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3$$

- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Coefficienti di amplificazione stratigrafica

| Categoria sottosuolo | S_s | C_c |
|-------------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Tab. 8. Coefficiente di amplificazione stratigrafica

Coefficiente di amplificazione topografica

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

Tab. 9. Coefficiente di amplificazione topografica

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO COMPONENTE VERTICALE

| | |
|--------------------|---|
| $0 \leq T < T_B$ | $S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_V} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$ |
| $T_B \leq T < T_C$ | $S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V$ |
| $T_C \leq T < T_D$ | $S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$ |
| $T_D \leq T$ | $S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$ |

Tab. 10. Spettro di risposta elastico – componente verticale

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_V è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_V = 1,35 \cdot F_0 \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_0 , S , η sono definiti per le componenti orizzontali; i valori di S_S , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella tabella seguente.

| Categoria di sottosuolo | S_S | T_B | T_C | T_D |
|-------------------------|-------|--------|--------|-------|
| A, B, C, D, E | 1,0 | 0,05 s | 0,15 s | 1,0 s |

 Tab. 11. Tabella valori $S_S - T_B - T_C - T_D$

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T già definito.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN SPOSTAMENTO DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali $S_{De}(T)$ si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione $S_e(T)$ mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \cdot \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

purché il periodo di vibrazione T non ecceda i valori T_E indicati in tabella.

| Categoria sottosuolo | T_E [s] | T_F [s] |
|----------------------|-----------|-----------|
| A | 4,5 | 10,0 |
| B | 5,0 | 10,0 |
| C, D, E | 6,0 | 10,0 |

 Tab. 12. $T_E(s) - T_F(s)$

Per i periodi di vibrazione eccedenti T_E , le ordinate dello spettro possono essere ottenute dalle seguenti formule:

| | |
|--------------------|--|
| $T_E < T \leq T_F$ | $S_{De}(T) = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot \left[\eta \cdot F_0 + (1 - \eta \cdot F_0) \frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right]$ |
| $T > T_F$ | $S_{De}(T) = d_g$ |

Dove d_g è data dalla formula :

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

2.3.4. Spettri di progetto

SPETTRI DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE ULTIMI

Qualora le verifiche agli stati limite ultimi non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo il parametro η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Si assumerà comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

| | |
|--------------------|---|
| $0 \leq T < T_B$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$ |
| $T_B \leq T < T_C$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0$ |
| $T_C \leq T < T_D$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$ |
| $T_D \leq T$ | $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$ |

Tab. 13. Spettro di progetto per SLU

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

SPETTRO DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata.

2.3.5. Combinazione azione sismica con le altre azioni

La verifica agli stati limite ultimi o di esercizio deve essere effettuata per la seguente combinazione degli effetti della azione sismica con le altre azioni.

$$E + G_K + P_K + \sum_i (\psi_{ij} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- E azione sismica per lo stato limite in esame;
- G_K carichi permanenti al loro valore caratteristico;
- P_K valore caratteristico dell'azione di precompressione, a cadute di tensione avvenute;
- ψ_{ij} ψ_{2i} coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi permanente della azione variabile Q_i ;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i ;

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati in tabella.

| Categoria/Azione variabile | ψ_{0j} | ψ_{1j} | ψ_{2j} |
|---|----------------------------|-------------|-------------|
| Categoria A - Ambienti ad uso residenziale | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria B - Uffici | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria D - Ambienti ad uso commerciale | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Categoria I - Coperture praticabili | da valutarsi caso per caso | | |
| Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...) | | | |
| Vento | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.) | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.) | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Variazioni termiche | 0,6 | 0,5 | 0,0 |

Tab. 14. Coefficiente di combinazione delle azioni

2.4. Metodi di verifica delle sezioni

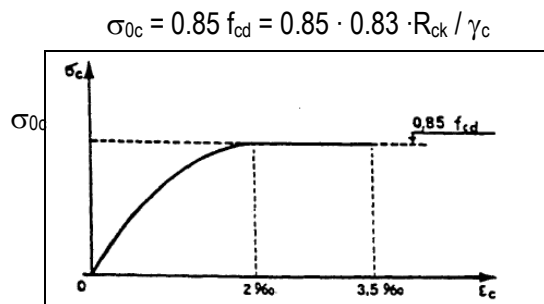
La nuova normativa antisismica prevede che le verifiche delle sezioni delle strutture in c.a. vengano eseguite col metodo degli stati limite.

2.4.1. Verifica a pressoflessione allo Stato Limite Ultimo (SLU)

Le ipotesi che vengono fatte per ricavare il momento resistente ultimo (M_{Rd}) di una sezione in c.a. sono le seguenti:

- conservazione delle sezioni piane;
- deformazione massima del calcestruzzo compresso pari a -0.0035 nel caso di flessione semplice e composta con asse neutro reale, e variabile dal valore predetto a -0.002 quando l'asse neutro, esterno alla sezione, tende all'infinito;
- deformazione massima dell'armatura tesa (contata a partire dalla decompressione del calcestruzzo se si tratta di armature di precompressione) +0.01.

Per il calcestruzzo si adotta un diagramma sforzi - deformazioni del tipo Parabola Rettangolo assumendo una σ_{0c} massima pari a :

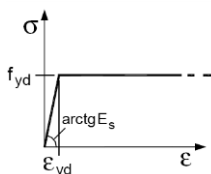


Il diagramma di calcolo tensioni – deformazioni dell'acciaio si deduce dal diagramma caratteristico effettuando un'affinità parallelamente alla tangente all'origine nel rapporto $1/\gamma_s$. In pratica si adotta un diagramma bilatero con tensione di snervamento di calcolo pari a $\sigma_{of} = R_{ak} / \gamma_s$, assumendo un allungamento specifico massimo pari a 1 % e un allungamento allo snervamento pari a σ_{of} / E_a .

Per un acciaio tipo B450C si hanno i seguenti valori:

$$f_{y\text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_{t\text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$$



Modulo elastico acciaio per armatura lenta:

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di progetto (§4.1.2.1.1 – D.M.17.01.2018):

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M = 391 \text{ N/mm}^2$$

In virtù di tali limitazioni indicate per le deformazioni del calcestruzzo e dell'acciaio si possono individuare sei diverse regioni nelle quali potrà trovarsi la retta di deformazione.

Data quindi una sezione di cemento armato, assumendo deformazioni congruenti tra acciaio di armatura e calcestruzzo, si calcola il luogo delle coppie di valori M-N che determinano la rottura della sezione, ovvero la rottura del calcestruzzo o dell'acciaio. Tale regione prende il nome di Dominio di Rottura. Una volta noto il dominio di rottura della sezione, per un assegnato valore di sforzo normale N_{sd} agente sulla sezione ($N_{sd}=0$ nel caso di flessione semplice) si ricava immediatamente il valore di Momento ultimo della sezione (M_{rd}), raggiunto il quale la sezione non sostiene più il carico. Per valori di momento agente inferiori a M_{rd} la coppia M_{sd} - N_{sd} è interna al dominio di rottura.

La costruzione del dominio di rottura deve essere fatta per punti, ipotizzando una posizione dell'asse neutro x e calcolando lo sforzo normale di rottura N_u e il corrispondente momento $M_{rd} = N_u \cdot e$ essendo e la distanza fra il punto di applicazione di N_u e il baricentro delle armature tese. Fissato infatti un valore della distanza dell'asse neutro dal lembo compresso, risulta altresì nota la regione nella quale la sezione viene a trovarsi nelle condizioni di rottura: ciò significa che risulta nota la deformazione specifica massima del calcestruzzo o dell'acciaio teso. Nota una o l'altra delle due deformazioni specifiche, ed avendo fissata una posizione dell'asse neutro, risulta completamente individuato il diagramma delle deformazione e la condizione di congruenza. L'equilibrio alla trazione e quello alla rotazione intorno al baricentro delle armature tese permettono infine di conoscere lo sforzo normale di rottura N_u ed il momento corrispondente, rispetto alle armature tese, $N_u \cdot e$:

$$N_u = \int_0^x b(y)\sigma(y)dy + A'_f \sigma'_f + A_f \sigma_f$$

$$M_{rd} = N_u e = \int_0^x b(y)\sigma(y)(h - x + y)dy + A'_f \sigma'_f (h - c)$$

dove:

- $b(y)$ è la larghezza della sezione a distanza y dal lembo compresso.
- A'_f e A_f sono rispettivamente le aree di armatura compressa e tesa.
- c è il copriferro dell'armatura compressa
- x è la distanza dell'asse neutro dal lembo compresso
- h è l'altezza utile della sezione
- $\sigma(y)$ è fornito dal diagramma parabola rettangolo del calcestruzzo e la σ_f dal diagramma tensioni deformazioni dell'acciaio.

Il calcolo degli integrali può essere eseguito per via numerica e il dominio di rottura calcolato con appositi programmi software che permettono di ricavare N_u - M_{rd} una volta inserite le caratteristiche geometriche e di armatura della sezione, nonché il tipo di calcestruzzo e acciaio impiegati.

2.4.2. Verifica a taglio allo Stato Limite Ultimo (SLU)

Si verifica che la resistenza a taglio del solo calcestruzzo sia maggiore della resistenza agente:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio così verificata è quella dovuta alla sola resistenza del calcestruzzo, se tale valore viene superato si ipotizza la formazione di un meccanismo resistente di rottura a traliccio che coinvolge anche l'armatura a taglio e le armature longitudinali della trave.

Se la verifica $V_{sd} < V_{Rsd}$ non è soddisfatta, si rende necessaria la presenza di una armatura a taglio tale per cui la resistenza a taglio del calcestruzzo più la resistenza prodotta dalle staffe sia maggiore della resistenza agente:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

Inoltre va verificata la resistenza a compressione delle bielle oblique del traliccio:

$$V_{sd} < V_{Rcd}$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

In tali condizioni va prevista nelle zone di appoggio una armatura longitudinale minima tale da riprendere la trazione esercitata dalle bielle del traliccio e pari alla reazione nella sezione di appoggio.

2.4.3. Verifica allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Lo stato limite di esercizio è definito come lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condizione o limita la prestazione dell'opera.

2.5. Materiali - Parametri di calcolo dei materiali da costruzione

2.5.1. Calcestruzzo

L'acqua utilizzata per l'impasto deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva, inoltre non deve provenire da zone di ristagno all'aperto.

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche limose ed argillose, di gesso ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature; devono provenire da impianti di estrazione e lavaggio autorizzati, ed avere granulometrie opportunamente assortita, adeguatamente alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa del conglomerato.

Calcestruzzo per ripristino muro di banchina:

C35/45

| | | | |
|--|--|--------|-----------|
| Resistenza cubica caratteristica a compressione | R_{ck} | \geq | 45 MPa |
| Resistenza cilindrica caratteristica a compressione | f_{ck} | \geq | 35 MPa |
| Valor medio resistenza cilindrica | $f_{cm} = f_{ck} + 8$ | $=$ | 43 MPa |
| Modulo di elasticità secante | $E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ | $=$ | 34077 MPa |
| Resistenza media a trazione semplice | $f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$ | $=$ | 3.2 MPa |
| Resistenza a trazione corrispondente al frattile 5% | $f_{ctk,0.05} = 0.7 f_{ctm}$ | $=$ | 2.2 MPa |
| Resistenza a trazione corrispondente al frattile 95% | $f_{ctk,0.95} = 1.3 f_{ctm}$ | $=$ | 4.2 MPa |
| Fattore sicurezza calcestruzzo | γ_c | $=$ | 1.5 |
| Resistenza unitaria di calcolo a compressione | $f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c$ | $=$ | 19.83 MPa |
| Resistenza unitaria di calcolo a trazione | $f_{ctd} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ | $=$ | 1.46 MPa |

Classe di esposizione (UNI 11104:2016, UNI EN 206-1:2014):

XC4 + XS3 + XF4

2.5.2. Acciaio per cemento armato

Tipo **B450C**

| | | | |
|--|------------------|---------|---------------------------|
| Tensione nominale di snervamento | $f_{y,nom} \geq$ | 450 MPa | |
| Tensione nominale di rottura | $f_{t,nom} \geq$ | 540 MPa | |
| Fattore sicurezza materiale | γ_s | $=$ | 1.15 |
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} \geq$ | 450 MPa | frattile 5% |
| Tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} \geq$ | 540 MPa | frattile 5% |
| $1.15 \leq (f_t / f_y)_k \leq 1.35$ | | | frattile 10% |
| $(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1.25$ | | | frattile 10% |
| Allungamento $(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$ | | | frattile 10% |
| Modulo elastico | E | $=$ | 210.000 N/mm ² |

2.5.3. Copriferro

Le NTC, al §4.1.6.1.3, e la circolare esplicativa introducono una tabella per i valori minimi di copriferro (strato minimo di ricoprimento di calcestruzzo) da adottarsi nelle varie condizioni ambientali:

| C_{min} | C_o | ambiente | barre da c.a. elementi a piastra | | barre da c.a. altri elementi | | cavi da c.a.p. elementi a piastra | | cavi da c.a.p. altri elementi | |
|-----------|--------|------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|
| | | | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C28/35 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

Nel caso specifico si definiscono i copriferri minimi che consistono nei valori in tabella maggiorati di 10mm in considerazione di tolleranze di posa. Nel caso in cui la classe di calcestruzzo utilizzata sia inferiore a C_{min} in tabella, tali valori verranno incrementati ulteriormente di 5mm come previsto nelle stesse norme. Nel caso di elementi sottoposti a controlli di qualità che prevedono anche la verifica dei copriferri, i valori vengono ridotti di 5mm.

Muro di banchina (ambiente molto aggressivo): $45+10 = 55$ si prevede: **60mm**

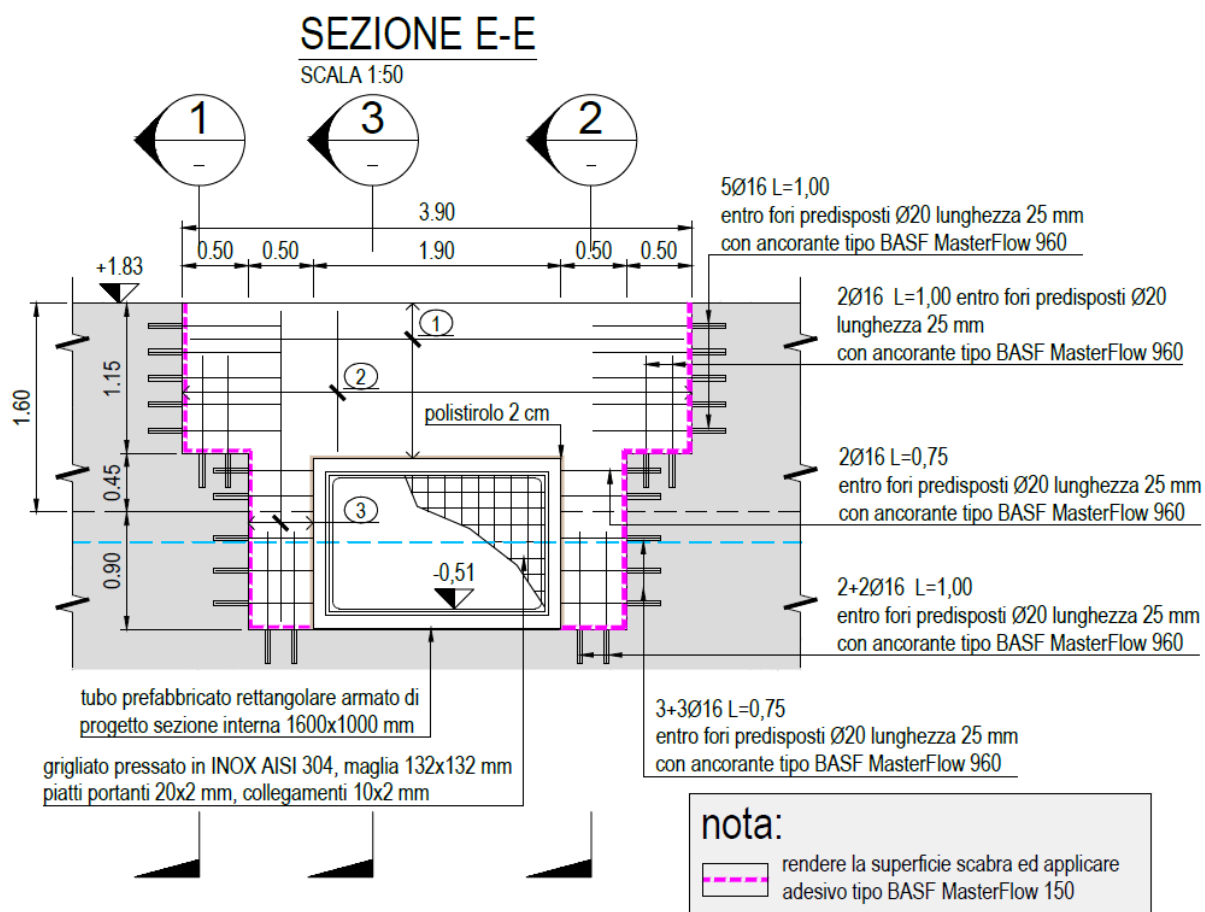
3. NOTE DESCRITTIVE

3.1. Introduzione

L'area oggetto di intervento è ubicata nel comune di Trieste (Ts), nell'area del Porto Vecchio.

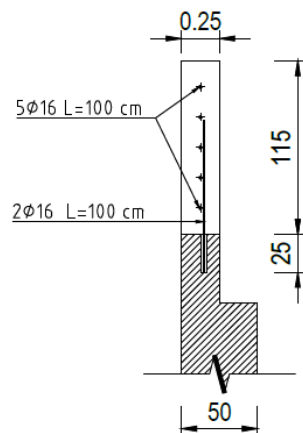
L'intervento prevede la realizzazione di una porzione del muro di banchina in c.a., fiorettando la nuova porzione al muro esistente.

Nella seguente immagine viene evidenziata una vista e delle sezioni tipo dell'intervento:



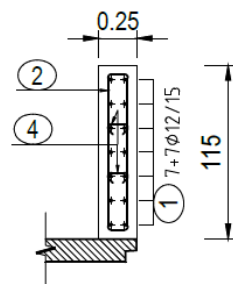
SEZIONE 1

SCALA 1:50



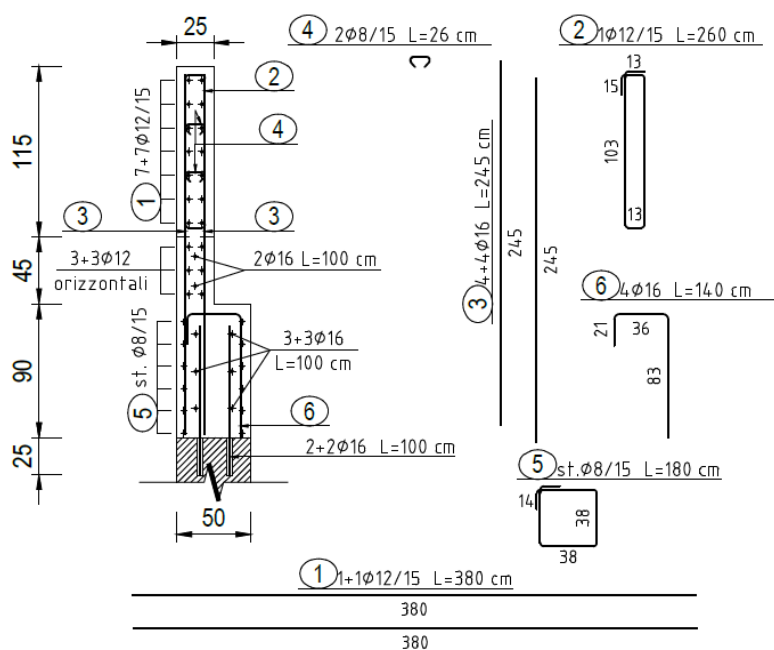
SEZIONE 3

SCALA 1:50



SEZIONE 2

SCALA 1:50



Le verifiche delle opere vengono condotte secondo la teoria degli stati limite, nel rispetto delle "NTC" emanate con DM 17/01/2018 e circolare integrativa del 21/02/2019. Per tutto ciò non espresso specificatamente, si è fatto riferimento agli Eurocodici (si veda paragrafo relativo alla normativa di riferimento).

4. ANALISI DEI CARICHI

4.1. PESI PROPRI

I pesi propri delle strutture e dei materiali considerati sono i seguenti:

- calcestruzzo: 25 kN/m³

4.2. SPINTA TERRENO

La spinta totale esercitata dal terreno sul muro di banchina vale:

$$S_t = 1/2 \cdot K_0 \cdot \gamma \cdot H^2$$

con (terreno di riporto):

$$\phi = 30^\circ$$

$$K_0 = 1 - \sin\phi = 0.50$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

4.3. SPINTA DEL SOVRACCARICO SULLA BANCHINA (σ_q)

In condizioni statiche si considera un sovraccarico sul terreno a lato del muro di banchina pari a $q = 10 \text{ kN/m}^2$.

La spinta totale esercitata da tale sovraccarico sul muro vale:

$$S_q = K_0 \cdot q \cdot H$$

con (terreno di riporto):

$$\phi = 30^\circ$$

$$K_0 = 1 - \sin\phi = 0.50$$

$$q = 10 \text{ kN/m}^2$$

4.4. AZIONI SISMICHE

4.4.1. Parametri per il calcolo degli spettri

Per la definizione degli spettri di risposta i parametri di riferimento sono i seguenti:

| | |
|---|-----------------------------------|
| Comune: | Trieste (Ts); |
| Coordinate geografiche: | LON 13.7644; LAT 45.6642 |
| Vita nominale: | $V_N = 50$ anni; |
| Classe d'uso: | II ($C_u = 1.0$); |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica : | $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni; |
| Categoria topografica: | $T_1 \Rightarrow S_T = 1$ |
| Categoria sottosuolo : | C (cautelativo) |
| Fattore di struttura: | $q = 1$ |

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

13.76440

LATITUDINE

45.66420

☐ Ricerca per comune

REGIONE

Friuli-Venezia Giulia

PROVINCIA

Trieste

COMUNE

Trieste

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☐ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N

50

info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U

1

info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R

50

info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R

info

Stati limite di esercizio - SLE

{

SLO - $P_{VR} = 81\%$

SLD - $P_{VR} = 63\%$

30

{

SLV - $P_{VR} = 10\%$

SLC - $P_{VR} = 5\%$

475

Stati limite ultimi - SLU

975

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

| Stato Limite | Strategia per costruzioni ordinarie (T_R [anni]) | Strategia scelta (T_R [anni]) |
|--------------|---|----------------------------------|
| SLO | 30 | 30 |
| SLD | 50 | 50 |
| SLV | 475 | 475 |
| SLC | 975 | 975 |

LEGENDA GRAFICO

-----□----- Strategia per costruzioni ordinarie

-----■----- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno S

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 30 | 0.034 | 2.544 | 0.211 |
| SLD | 50 | 0.044 | 2.577 | 0.234 |
| SLV | 475 | 0.119 | 2.489 | 0.322 |
| SLC | 975 | 0.151 | 2.564 | 0.334 |

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C** info $S_s = 1.500$ $C_c = 1.526$ infoCategoria topografica **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☐ Spettro di progetto elastico (SLE)Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info☒ Spettro di progetto inelastico (SLU)Fattore q_0 **1**Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

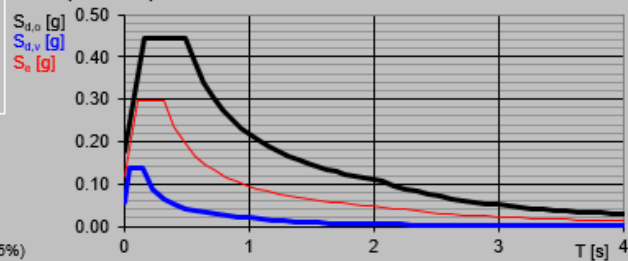
Parametri e punti spettri di risposta

Spettro di progetto - componente orizzontale

Spettro di progetto - componente verticale

 Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Spettri di risposta



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.119 g |
| F_o | 2.489 |
| T_c | 0.322 s |
| S_s | 1.500 |
| C_c | 1.526 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.164 s |
| T_C | 0.492 s |
| T_D | 2.075 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.178 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.164 | 0.443 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.492 | 0.443 |
| | 0.567 | 0.385 |
| | 0.643 | 0.339 |
| | 0.718 | 0.304 |
| | 0.793 | 0.275 |
| | 0.869 | 0.251 |
| | 0.944 | 0.231 |
| | 1.020 | 0.214 |
| | 1.095 | 0.199 |
| | 1.170 | 0.186 |
| | 1.246 | 0.175 |
| | 1.321 | 0.165 |
| | 1.397 | 0.156 |
| | 1.472 | 0.148 |
| | 1.547 | 0.141 |
| | 1.623 | 0.134 |
| | 1.698 | 0.128 |
| | 1.774 | 0.123 |
| | 1.849 | 0.118 |
| | 1.924 | 0.113 |
| | 2.000 | 0.109 |
| $T_D \leftarrow$ | 2.075 | 0.105 |
| | 2.167 | 0.096 |
| | 2.258 | 0.089 |
| | 2.350 | 0.082 |
| | 2.442 | 0.076 |
| | 2.533 | 0.071 |
| | 2.625 | 0.066 |
| | 2.717 | 0.061 |
| | 2.808 | 0.057 |
| | 2.900 | 0.054 |
| | 2.992 | 0.051 |
| | 3.083 | 0.048 |
| | 3.175 | 0.045 |
| | 3.267 | 0.042 |
| | 3.358 | 0.040 |
| | 3.450 | 0.038 |
| | 3.542 | 0.036 |
| | 3.633 | 0.034 |
| | 3.725 | 0.033 |
| | 3.817 | 0.031 |
| | 3.908 | 0.030 |
| | 4.000 | 0.028 |

4.4.2. Incremento dinamico spinta delle terre

In accordo alle NTC18 - § 7.11.6.2.1, l'incremento sismico della spinta orizzontale delle terre e dei sovraccarichi, da sommare alla relativa componente statica, vale:

$$\Delta P = k_h * (1/2 * \gamma * H^2 + \psi_{2,0} * q * H)$$

Nel caso in esame:

$$k_h = \beta_m * a_{max} / g = 0.178 \quad (\text{SLV})$$

$$\psi_{2,0} = 0.80$$

$$S = 1.500$$

$$\beta_m = 1 \text{ (assumendo che l'opera non possa subire spostamenti relativi rispetto al terreno).}$$

$$a_{max} = S * a_g = 0.178g$$

4.4.3. Inerzia sismica del muro

$$I_s = k_h * W_{s+t}$$

Dove:

$$k_h = 0.178$$

$$W_{s+t} = \text{peso totale nuovo muro.}$$

4.5. COMBINAZIONI DI CARICO

Combinazioni allo stato limite ultimo

Per le verifiche allo stato limite ultimo si utilizza la seguente combinazione di carico:

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G1} G_2 + \gamma_P P + \sum \gamma_{Qi} Q_i$$

dove:

G_1 = pesi propri della struttura, pesi e spinta delle terre e spinta idrostatica

G_2 = pesi propri portati

P = pretensione e precompressione

Q_i = azioni accidentali dovute a carichi variabili

Combinazioni allo stato limite di esercizio

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Rare

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Frequenti

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Quasi permanenti

Combinazione sismica - SLV

Per le verifiche allo stato limite ultimo connesse alle azioni sismiche si utilizza la seguente combinazione di carico:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

E = effetti dell'azione sismica sulla struttura

G_1 = pesi propri della struttura, pesi e spinta delle terre e spinta idrostatica

G_2 = pesi propri portati

Q_i = azioni accidentali dovute a carichi variabili

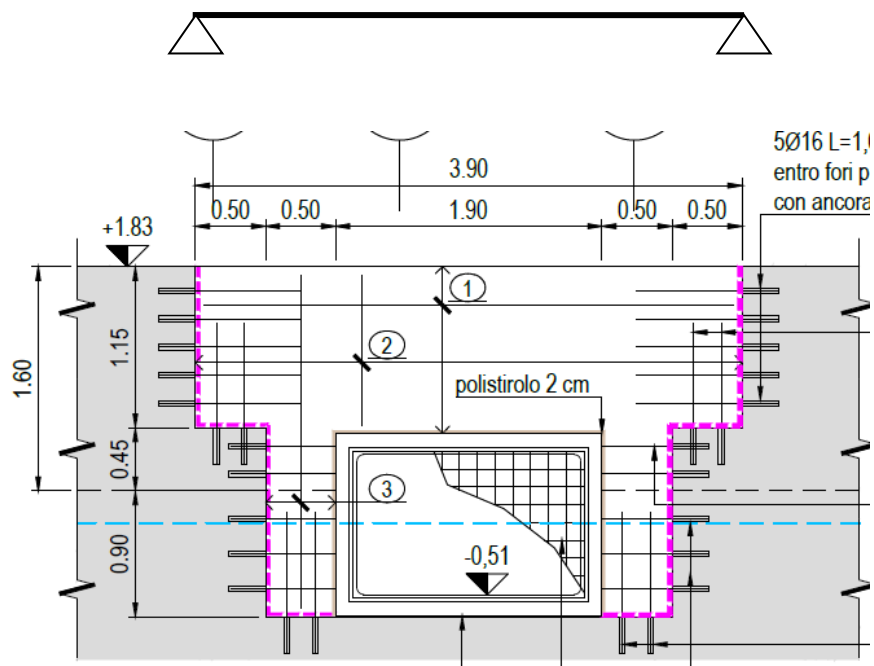
I coefficienti di combinazione per le azioni variabili valgono:

variabili $\psi_{2i} = 0.8$

5. VERIFICHE STRUTTURALI MURO

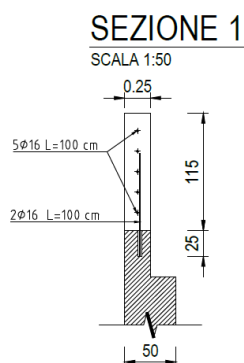
5.1. DESCRIZIONE

Si considera uno schema statico di trave in semplice appoggio:



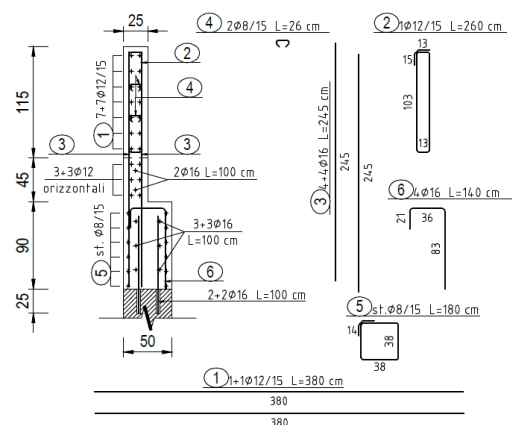
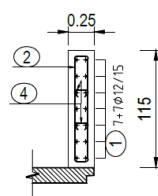
SEZIONE 2

SCALA 1:50



SEZIONE 3

SCALA 1:50



5.2. SOLLECITAZIONI

$$L = 3.90\text{m}$$

$$q_{\text{SLU}} = 1.3 \cdot (0.5 \cdot 0.5 \cdot 20 \cdot 1.15^2) + 1.50 \cdot (0.5 \cdot 10 \cdot 1.15) = 17.22 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{SLV}} = (0.5 \cdot 0.5 \cdot 20 \cdot 1.15^2) + (0.5 \cdot 10 \cdot 1.15) + 0.178 \cdot (25 \cdot 1.15 \cdot 0.25) + 0.178 \cdot 31.62 = 19.27 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{RARA}} = (0.5 \cdot 0.5 \cdot 20 \cdot 1.15^2) + (0.5 \cdot 10 \cdot 1.15) = 12.36 \text{ kN/m}$$

SLU/SLV

$$M_{\text{Sd}} = 19.27 \cdot 3.90^2 / 8 = 36.7 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{Sd}} = 19.27 \cdot 3.90 / 2 = 37.6 \text{ kN}$$

RARA

$$M_{\text{Sd}} = 12.36 \cdot 3.90^2 / 8 = 23.5 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{Sd}} = 12.36 \cdot 3.90 / 2 = 24.1 \text{ kN}$$

5.3. VERIFICHE SLU/SLV MURO

Verifica a flessione SLU/SLV

Armature:

$$A_{s,int} = 7\phi 12$$

$$A_{s,ext} = 7\phi 12$$

La verifica a flessione allo SLU viene effettuata tramite il software di calcolo gratuito "Verifica C.A. - Gelfi".

Titolo :

N° strati barre **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 115 | 25 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 7.92 | 8 |
| 2 | 7.92 | 17 |

Tipo Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N Ed kN
M xEd kNm
M yEd

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

Materiali

B450C **C35/45**

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M xRd kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

N° rett.

Calcola MRd **Dominio M-N**

L₀ cm **Col. modello**

☐ Precompresso

$$M_{Rd} = 68.8 \text{ kNm} > 36.7 \text{ kNm}$$

OK

Verifica a taglio SLU/SLV

Verifica a taglio DM 17/01/18 - elementi non armati a taglio

Sollecitazioni

$V_{Ed} = 37.6$ kN

Materiali

Calcestruzzo

$R_{ck} = 45$ N/mm²

$f_{ck} = 35$ N/mm²

$\gamma_c = 1.5$

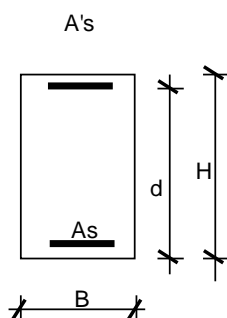
Sezione resistente

$B = 1150$ mm

$H = 250$ mm

$d = 170$ mm

$A'_s = 791.7$ mm²



| Armatura 1 | | | Armatura 2 | | |
|------------|-------|-----------------|------------|---|-----------------|
| N'_s | 7 | | N'_s | 0 | |
| ϕ'_s | 12 | mm | ϕ'_s | 0 | mm |
| $A'_{1=}$ | 791.7 | mm ² | $A'_{2=}$ | 0 | mm ² |

opzione barre filettate [S/N] n

$$\rho_1 = A'_s / (B \cdot d) = 0.4050\%$$

$$k = 1 + (200/d)^{0.5} \leq 2 = 2.000$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.586$$

Resistenza a taglio per elementi privi di armatura a taglio $V_{Rd} = 114.5$ kN

Tensione resistente (riferita a $B \cdot h$) $\tau_{Rd} = 0.40$ N/mm² = 398.25 kN/m²

Verifica a taglio $V_{Ed} < V_{Rd}$ Verifica soddisfatta

Fattore di sicurezza $FS = V_{Rd} / V_{Ed} = 3.045$

Verifiche tensionali

Il calcolo dell tensioni in esercizio con il metodo n viene effettuato tramite il software di calcolo gratuito "Verifica C.A. - Gelfi".

Titolo :

N° strati barre **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 115 | 25 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 7.92 | 8 |
| 2 | 7.92 | 17 |

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni
S.L.U. ☒ **Metodo n** ☒

N kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Materiali
B450C **C35/45**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} N/mm²
 τ_{c1} N/mm²

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

Verifica
N° iterazioni:

☐ Precompresso

Limiti condizione Rara

$$\sigma_c < 0.60f_{ck} = 21.00 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Limiti condizione quasi permanente

$$\sigma_c < 0.45f_{ck} = 15.75 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Per la tensione sull'acciaio

$$\sigma_s < 0.80f_{yk} = 360 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

I valori ottenuti considerando il momento flettente in condizione SLE RARA rispettano tali limiti. Si ritengono quindi soddisfatte le verifiche tensionali.

Verifiche a fessurazione

Armature:

$A_{s,int} = 7\phi 12$

$A_{s,ext} = 7\phi 12$

| VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|---|-------------------|---|---|---|-----------|-----|--------|-----------------|
| C4.1.2.2.4.5 - Circolare NTC18 | | | | | | | | | |
| Sollecitazioni | | Materiali | | | | | | | |
| M_{Ed} | 0 | kNm | cls | | | | | | |
| | | | C35/45 | | f_{ck} | 35.00 | Mpa | | |
| | | | | | f_{cd} | 19.83 | " | | |
| | | | | | f_{ctm} | 3.21 | " | | |
| | | | | | E_{cm} | 34077 | " | | |
| | | | acciaio | | f_{yd} | 391.30 | Mpa | | |
| | | | | | E_s | 210000 | " | | |
| Geometria | | Armature | | | | | | | |
| base | b= | 115 | cm | A_s | 7 | $\phi 12$ | = | 791.68 | mm ² |
| altezza | h= | 25 | cm | A_s | 7 | $\phi 12$ | = | 791.68 | mm ² |
| cf.netto | c= | 6 | cm | + | 0 | ϕ | | | |
| alt. utile | d= | 18.4 | cm | ϕ_{eq} | | 12.00 | mm | | |
| | d= | 6.6 | cm | | | | | | |
| alt. eff | $h_{c,eff}$ | 6.53 | cm | | | | | | |
| | x= | 5.41 | cm | | | | | | |
| $\phi_{eq} = \frac{n\phi_1^2 + n\phi_2^2}{n\phi_1 + n\phi_2}$ | | | | | | | | | |
| Parametri di calcolo | | | | | | | | | |
| σ_s | 0.0 | N/mm ² | $\sigma_s = n \cdot \frac{M}{J_{ci}} \cdot (d - x)$ | | | | | | |
| J_{d1} | 2.628E+08 | mm ⁴ | $J_{d1} = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s (d - x_c)^2 + n \cdot A_s (x_c - d')^2$ | | | | | | |
| n | 15 | | | | | | | | |
| α_e | 6.162 | | | | | | | | |
| $A_{c,eff}$ | 75091 | mm ² | | | | | | | |
| ρ_{eff} | 0.0105 | | k_i | è un fattore dipendente dalla durata del carico e vale: | | | | | |
| k_1 | 0.6 | | | $k_i = 0.6$ per carichi di breve durata, | | | | | |
| | | | | $k_i = 0.4$ per carichi di lunga durata. | | | | | |
| k_1 | 0.8 | | | | | | | | |
| k_2 | 0.5 | | | | | | | | |
| k_3 | 3.4 | | | | | | | | |
| k_4 | 0.425 | | | | | | | | |
| Deformazione media unitaria delle barre (C.4.1.6) | | | | | Distanza media tra le fessure (C.4.1.7) | | | | |
| ϵ_{sm} | $\epsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$ | | | | $\Delta_{sm} = (k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}) / 1,7$ | | | | |
| ϵ_{sm} | 0.0000000 | | | | Δ_{sm} | 233.82 | mm | | |
| Valore di calcolo apertura delle fessure (C4.1.5) | | | | | | | | | |
| w_d | no fess | mm | $i \psi_k = 1,7 \epsilon_{sm} \Delta_{sm}$ | | | | | | |

| | | |
|------------|-----------|-------------------|
| σ_1 | 2.675 | N/mm ² |
| y_G | 125.0 | mm |
| $J_{d1,L}$ | 1.580E+09 | mm ⁴ |
| $W_{d1,L}$ | 1.264E+07 | mm ³ |
| M_{fess} | 33.8 | kNm |

$J_{d1,L} = \frac{b \cdot h^3}{12} + n \cdot A_s \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)^2 + n \cdot A_s' \cdot \left(\frac{h}{2} - d'\right)^2$ Mom.inerzia sezione lorda

Il momento di prima fessurazione (33.8 kNm) è sensibilmente superiore al momento flettente in combinazione SLE RARA (23.5 kNm). Si ritiene quindi soddisfatta la verifica di fessurazione.

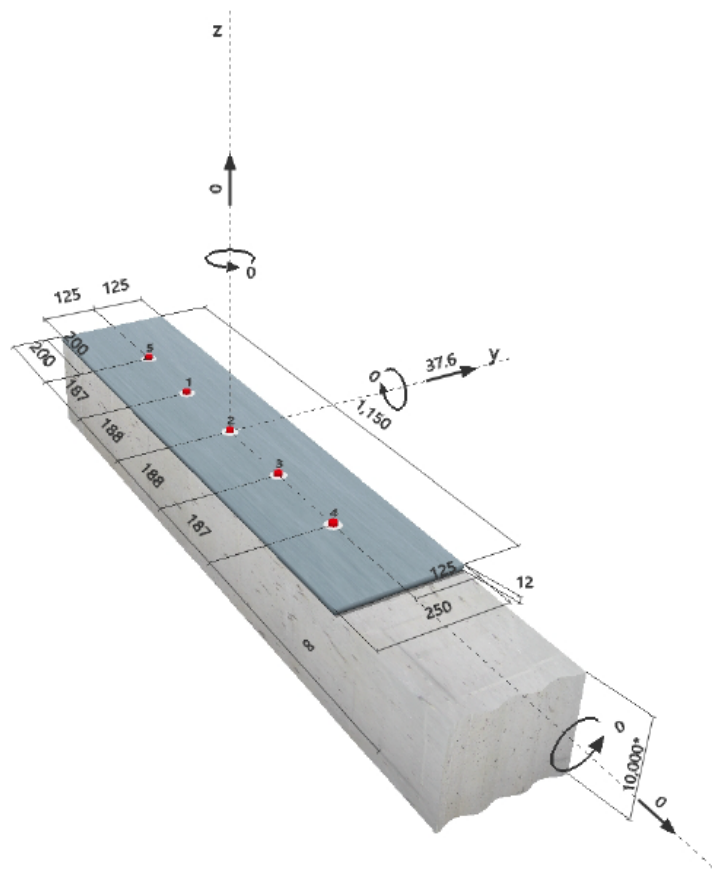
5.4. VERIFICHE ANCORAGGIO

Il calcolo e la verifica allo SLU delle fiorettature viene effettuato tramite il software "Profis anchor" della Hilti.

Sono previste 5 fiorettature $\Phi 16$ con acciaio B450C ciascun lato.

| | |
|-------------------------------|---|
| Profondità di posa effettiva: | $h_{ef,act} = 250 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$) |
| Materiale: | B450C |
| Certificazione No.: | Dati Tecnici Hilti |
| Emesso l Validato: | - - |
| Prova: | Valutazione ingegneristica SOFA BOND dopo la campagna di test ETAG BOND |
| Fissaggio distanziato: | $e_o = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 12 \text{ mm}$ |
| Piastra d'ancoraggio: | $l_x \times l_y \times t = 1,150 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato) |
| Profilo: | nessun profilo |
| Materiale base: | fessurato calcestruzzo, C20/25, $f_{c,cube} = 25.00 \text{ N/mm}^2$; $h = 10,000 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C |
| Installazione: | Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto |
| Armatura: | nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque Φ) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\Phi \leq 10 \text{ mm}$) senza armatura di bordo longitudinale |

Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



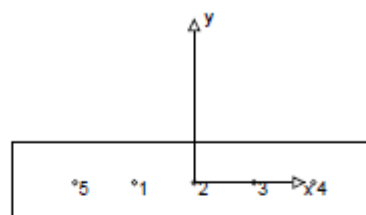
2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

| Ancorante | Trazione | Taglio | Taglio in dir. x | Taglio in dir. y |
|-----------|----------|--------|------------------|------------------|
| 1 | 0.000 | 7.520 | 0.000 | 7.520 |
| 2 | 0.000 | 7.520 | 0.000 | 7.520 |
| 3 | 0.000 | 7.520 | 0.000 | 7.520 |
| 4 | 0.000 | 7.520 | 0.000 | 7.520 |
| 5 | 0.000 | 7.520 | 0.000 | 7.520 |



Compressione max. nel calcestruzzo: - [%]

Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: - [N/mm²]

risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

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

| | Carico [kN] | Resistenza [kN] | Utilizzo p_{Rk} [%] | Stato |
|--|-------------|-----------------|-----------------------|-------|
| Rottura dell'acciaio* | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento** | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura conica del calcestruzzo** | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Fessurazione** | N/A | N/A | N/A | N/A |

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

4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3)

| | Carico [kN] | Resistenza [kN] | Utilizzo β_v [%] | Stato |
|--|-------------|-----------------|------------------------|-------|
| Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)* | 7.520 | 34.667 | 22 | OK |
| Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)* | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura per pryout** | 37.600 | 117.849 | 32 | OK |
| Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+** | 37.600 | 47.467 | 80 | OK |

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

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

| $V_{Rd,s}$ [kN] | $\gamma_{M,s}$ | $V_{Rd,s}$ [kN] | V_{Ed} [kN] |
|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| 52.000 | 1.500 | 34.667 | 7.520 |

4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

| $A_{s,N}$ [mm ²] | $A_{c,N}^0$ [mm ²] | $c_{cr,N}$ [mm] | $s_{cr,N}$ [mm] | k-factor | |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|--------------|---------------|
| 287,500 | 160,000 | 375 | 750 | 2.000 | |
| h_w [mm] | $c_{cr,N}^1$ [mm] | $s_{cr,N}^1$ [mm] | | | |
| 133 | 200 | 400 | | | |
| $e_{ed,v}$ [mm] | $\Psi_{ed1,N}$ | $e_{ed,v}$ [mm] | $\Psi_{ed2,N}$ | $\Psi_{s,N}$ | $\Psi_{cr,N}$ |
| 0 | 1.000 | 0 | 1.000 | 0.888 | 1.000 |
| $N_{Rd,c}^0$ [kN] | $\gamma_{M,c,p}$ | $V_{Rd,cr}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | | |
| 55,426 | 1.500 | 117,849 | 37,600 | | |

4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y+

| l_f [mm] | d_{rem} [mm] | k_1 | α | β | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 192 | 16.0 | 1.700 | 0.124 | 0.066 | |
| c_1 [mm] | $A_{c,v}$ [mm ²] | $A_{c,v}^0$ [mm ²] | | | |
| 125 | 210,938 | 70,313 | | | |
| $\Psi_{s,v}$ | $\Psi_{h,v}$ | $\Psi_{a,v}$ | $e_{s,v}$ [mm] | $\Psi_{ed,v}$ | $\Psi_{cr,v}$ |
| 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0 | 1.000 | 1.000 |
| $V_{Rd,c}^0$ [kN] | $\gamma_{M,c}$ | $V_{Rd,c}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | | |
| 23.734 | 1.500 | 47.467 | 37.600 | | |

L'ancoraggio risulta verificato.

5.5. PRESCRIZIONI RIPRESA NUOVO GETTO

Si prescrive il seguente adesivo epossidico per la ripresa di getto (o prodotto similare):

MasterFlow 150

Adesivo epossidico fluido, non a solvente, bicomponente, per incollaggi, riprese di getto ed ancoraggi.

DEFINIZIONE DEL MATERIALE

MasterFlow 150 è un adesivo epossidico bicomponente fluido, leggermente tixotropico, non a solvente, che garantisce elevata resistenza meccanica e chimica ed ottima adesione ai più diversi materiali da costruzione.



PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

MasterFlow 150 è stato progettato per eseguire mediante colaggio:

- l'ancoraggio di barre di armatura, tirafondi, connettori e profilati metallici in elementi in calcestruzzo, muratura, pietra naturale e legno;
- l'incollaggio tra i più utilizzati materiali da costruzione quali calcestruzzo, acciaio, laterizi, pietre naturali e legno;
- riprese di getto tra calcestruzzo fresco ed indurito.

CARATTERISTICHE

MasterFlow 150 risponde ai limiti di accettazione indicati nella UNI EN1504.

| | |
|---|-------------|
| <div>CE</div> <div>1305</div> | |
| BASF Construction Chemicals España, S.L. Carretera del Mig, 219 08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) 13 0099/CPD/B15/0045 | |
| UNI EN 1504 - 6 Malta epossidica fluida per ancoraggi. | |
| Resistenza allo spostamento per allungamento sotto carico di 75 kN | ≤ 0,6 mm |
| Contenuto di cloruri | ≤ 0,05 % |
| Temperatura di transizione vetrosa | ≥ 45° C |
| Allungamento graduale sotto carico costante di 50 kN nel corso di 3 mesi | ≤ 0,6 mm |
| Reazione al fuoco | Classe F |
| Sostanze pericolose | Secondo 5.4 |

Le caratteristiche peculiari di MasterFlow 150 sono:

- eccellente adesione: tale requisito, grazie alla specifica formulazione del prodotto non a solvente, consente di ottenere la monoliticità con il supporto anche nel caso di fori umidi o nel caso di riprese di getto;
- elevate prestazioni meccaniche sia a compressione che a trazione;
- dielettricità: (c.a. $10^{12} \Omega m$) proprietà indispensabile per l'isolamento da correnti vaganti o dalle dispersioni;
- resistenza ai più comuni acidi, alcali, solventi ed idrocarburi;
- impermeabilità: il materiale è idoneo anche per il contatto permanente con l'acqua.

MasterFlow 150

Adesivo epossidico fluido, non a solvente, bicomponente, per incollaggi, riprese di getto ed ancoraggi.

PRESTAZIONI

Le prestazioni sotto riportate sono ottenute a T=20°C; Ur > 90%

| Descrizione | Prestazione |
|---|---|
| Caratteristiche di adesione a 7 gg: | |
| - resina-calcestruzzo (tipo C 0,40), UNI EN 1542 (trazione diretta) | > 3,5 MPa |
| - calcestruzzo-resina-calcestruzzo, UNI EN 12615 (taglio) | > 10 MPa |
| - resina-acciaio, ASTM D4541 (trazione diretta) | > 10 MPa |
| - calcestruzzo-resina-acciaio, UNI EN 12615 (taglio) | > 20 MPa |
| - acciaio-resina-acciaio, UNI EN 12615 (taglio) | > 30 MPa |
| Caratteristiche a compressione, ASTM D695 | |
| - Resistenza | |
| 8 ore | > 15 MPa |
| 24 ore | > 40 MPa |
| 7 gg | > 70 MPa |
| - Modulo elastico a 7 gg | 8.000 MPa |
| Caratteristiche a trazione diretta a 7 gg, ASTM D638: | |
| - Resistenza | > 15 MPa |
| - Modulo elastico | 8.000 MPa |
| Resistenza a trazione per flessione, ASTM D790 | |
| - 8 ore | > 10 MPa |
| - 24 ore | > 25 MPa |
| - 7 gg | > 40 MPa |
| Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg, ASTM D696 | $2,93 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ |
| Temperatura di deflessione termica, ASTM D648 | 57°C |

CONSUMO E CONFEZIONE

- Riprese di getto ed incollaggi: $0,9 \div 1,1$ kg/litro in funzione della scabrezza del supporto.
- Inghisaggi: 1,4 kg/litro di vuoto da riempire.

Confezione da 5 kg composta da:

- comp. A: secchio da 4,68 kg,
- comp. B: secchio da 0,32 kg.

(Il consumo è indicativo e dipende dalla finitura del supporto.)

SCHEDA APPLICATIVA

STOCCAGGIO

Conservare il prodotto in luogo coperto, fresco ed asciutto ($10 \div 30 \text{ } ^\circ\text{C}$) lontano dal contatto diretto con il sole, fuoco o fiamme libere. Qualora la temperatura scendesse al di sotto dei $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ la resina potrebbe presentare un aumento della viscosità e la formazione di grumi. In questi casi prima di utilizzarla, scaldare le confezioni immergendo (a confezione chiusa) parte della latta in acqua calda fino alla scomparsa dei grumi.

DATI SPECIFICI

| Descrizione | Prestazione |
|---|-------------------------------------|
| Rapporti di miscelazione in peso | A:100 B: 6,837 |
| Densità, ASTM D1505-85 | $1,4 \pm 0,05$ kg/litro |
| Vita utile in vaso aperto, ASTM C881/C881M: | |
| - $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 90 min |
| - $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 60 min |
| - $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ | 45 min |
| Temperatura d'applicazione | $5 \div 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ |

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Nel caso di ancoraggi di barre ecc. il foro deve essere di diametro maggiore, rispetto all'elemento da ancorare, di almeno 4 mm. Prima del collaggio della resina il foro dovrà essere perfettamente pulito e depolverato.

Nel caso di incollaggi e di riprese di getto le superfici su cui andrà colata la resina dovranno essere preparate mediante sabbiatura o scarifica e successivamente pulite con aria compressa. I sottofondi possono essere anche leggermente umidi ma devono essere privi di acqua.

MasterFlow 150

Adesivo epossidico fluido, non a solvente, bicomponente, per incollaggi, riprese di getto ed ancoraggi.

MISCELAZIONE

Omogeneizzare il componente B mediante efficace agitazione manuale del barattolo con cui viene fornito.

Aggiungere il componente B al componente A e miscelare il tutto con trapano a frusta a bassa velocità (200 giri/minuto circa) per circa 1 minuto sino ad ottenere un composto di tonalità grigia uniforme.

Per applicazioni in spessore superiore ad 1 cm circa aggiungere a MasterFlow 150, in ragione non superiore al 20%, una sabbia perfettamente asciutta e ben pulita, avente diametro minimo e massimo rispettivamente pari 0,1 – 0,3 mm, o in alternativa utilizzare il prodotto MasterFlow 648.

APPLICAZIONE

MasterFlow 150 può essere applicato per collaggio. Non applicare il prodotto a temperature inferiori a 5°C in quanto il tempo di polimerizzazione risulterebbe estremamente allungato.

Nel caso di riprese di getto, ed in particolare per temperature comprese tra 5 e 20°C, il prodotto può essere diluito con diluente per epossidiche E100 in ragione massima del 5%. In questi casi il prodotto può essere applicato a pennello a setole dure, a rullo, a spruzzo mediante serbatoio a pressione.



La ripresa di getto dovrà avvenire necessariamente sulla resina non ancora indurita rispettando i seguenti tempi di ricopertura:

- 10°C entro 3 ore
- 20°C entro 90 minuti
- 30°C entro 60 minuti

PULIZIA DEGLI ATTREZZI

Utilizzare diluente per epossidiche (diluente E100) o Nitro.

Dal 16/12/1992 BASF Construction Chemicals Italia Spa opera in regime di Sistema Qualità Certificato conforme alla Norma UNI-EN ISO 9001. Il Sistema di Gestione Ambientale è inoltre certificato secondo la Norma UNI EN ISO 14001.

BASF Construction Chemicals Italia Spa

Via Viduale delle Corti, 21 – 31100 Treviso – Italy

T +39 0422 429200 F +39 0422 421802

<http://www.master-builders-solutions.basf.it> e-mail: infomac@basf.com

Per maggiori informazioni si consulti il Tecnico di zona della BASF Construction Chemicals Italia Spa.

I consigli tecnici eventualmente forniti, verbalmente o per iscritto, circa le modalità d'uso o di impiego dei nostri prodotti, corrispondono allo stato attuale delle nostre conoscenze scientifiche e pratiche e non comportano l'assunzione di alcuna nostra garanzia e/o responsabilità sul risultato finale delle lavorazioni con impiego dei nostri prodotti. Non dispensano, quindi, il cliente dall'onere e responsabilità esclusivi di verificare l'idoneità dei nostri prodotti per l'uso e gli scopi che si prefigge.

La presente edizione annulla e sostituisce ogni altra precedente.

Marzo 2019

5.6. PRESCRIZIONI ANCORAGGIO

Si prescrive la seguente malta cementizia per l'ancoraggio delle barre (o prodotto similare):

MasterFlow 960 - MasterFlow 960 TIX

Speciale malta cementizia a granulometria finissima, monocomponente, indicata per l'ancoraggio ad elevata funzione strutturale di barre filettate e barre ad aderenza migliorata, anche su fori di grande diametro ed in presenza di umidità. Permette di effettuare applicazioni fino a temperature di -5°C.

E' utilizzata in sostituzione delle tradizionali resine strutturali negli ancoraggi.

Disponibile nella versione fluida (per colaggio) e tixotropica (per pistola).

DEFINIZIONE DEL MATERIALE

MasterFlow 960 e MasterFlow 960 TIX sono ancoranti cementizi monocomponenti, a granulometria finissima, che miscelati con acqua permettono di ottenere una miscela di ottima lavorabilità, per applicazioni di ancoraggi di barre filettate ed a aderenza migliorata soggette a carichi pesanti, in particolare per fissaggi sui più diffusi materiali da costruzione. Non essendo a base resina, garantiscono una migliore compatibilità con i supporti, una migliore durabilità ed una più semplice applicazione anche dal punto di vista della salute degli operatori.

PRINCIPALI CAMPI DI APPLICAZIONE

MasterFlow 960 e MasterFlow 960 TIX sono ancoranti per applicazioni dove siano richieste elevate prestazioni, quali:

- ancoraggi di barre ad aderenza migliorata e di barre filettate su supporti in calcestruzzo per inghisaggi in generale, quali barriere di sicurezza, barriere fonoassorbenti, barre di ripresa per getti integrativi, ancoraggio di perni e connettori, ancoraggio di tirafondi ecc.

MasterFlow 960 e MasterFlow 960 TIX possono essere utilizzati anche in presenza di supporto umido o bagnato.

Sono disponibili le seguenti versioni:

- MasterFlow 960 (versione fluida-colabile): per applicazioni in cui sia possibile il colaggio all'interno dei fori (applicazioni a terra e fino al sub-orizzontale);
- MasterFlow 960 TIX (versione tixotropica): per applicazioni in orizzontale mediante utilizzo di pistola.

CARATTERISTICHE

- MasterFlow 960 e MasterFlow 960 TIX rispondono ai limiti di accettazione indicati nella normativa UNI EN 1504 parte 6 e sono marcati CE;

| | |
|--|--|
|  1305 BASF Construction Chemicals Italia spa Via Vicinale delle Corti, 21 Treviso 14 IT0065/01 | |
| EN 1504-3, EN 1504-6 Malta CC per ripristini ed ancoraggi strutturali di strutture in calcestruzzo. EN 1504-3 metodi 3.1/3.2/3.3/4.4/7.1/7.2 e EN1504-6 tab. 3 | |
| Resistenza a compressione: | Classe R4 |
| Prova di estrazione: | Spostamento < 0,5 mm con carico di 75 kN |
| Contenuto di cloruri: | ≤ 0,05% |
| Adesione al supporto: | ≥ 2,0 MPa |
| Resistenza a carbonatazione | Specificata superata |
| Modulo elastico: | ≥ 20 GPa |
| Compatibilità termica: Gelo-disgelo, temporali, cicli a secco | ≥ 2,0 MPa (adesione dopo i cicli) |
| Absorbimento capillare: | ≤ 0,5 Kg/m ² h ^{0,5} |
| Reazione al fuoco: | Classe A1 |
| Sostanze pericolose: | Vedi SDS |

- L'applicazione è semplice e molto meno vincolata alle temperature ambientali, problema che spesso limita l'impiego delle tradizionali resine strutturali in particolare sotto i +10°C; è infatti possibile l'applicazione fino a -5°C;
- Elevata compatibilità chimica e "monoliticità" con il supporto (quindi simili moduli elastici, simili coefficienti di dilatazione termica), problema che spesso limita l'impiego delle tradizionali resine strutturali e che comunque non garantisce l'ottenimento di un'insieme supporto-ancorante di tipo monolitico;
- Elevata durabilità, elevata adesione ed in generale elevate prestazioni meccaniche;
- Semplice da usare, privi di odori fastidiosi tipici delle resine tradizionali;

MasterFlow 960 - MasterFlow 960 TIX

Speciale malta cementizia a granulometria finissima, monocomponente, indicata per l'ancoraggio ad elevata funzione strutturale di barre filettate e barre ad aderenza migliorata, anche su fori di grande diametro ed in presenza di umidità. Permette di effettuare applicazioni fino a temperature di -5°C.

E' utilizzata in sostituzione delle tradizionali resine strutturali negli ancoraggi.

Disponibile nella versione fluida (per colaggio) e tixotropica (per pistola).

- Rapido sviluppo di resistenze, permette di risparmiare tempo; i tempi di utilizzo e di indurimento sono riportati nella seguente tabella:

| Temperatura del supporto | Tempo di utilizzo | Tempo di indurimento |
|--------------------------|-------------------|----------------------|
| -5°C | 18 minuti | 3 ore |
| 0°C | 13 minuti | 2 ore |
| 5°C | 11 minuti | 2 ore |
| 10°C | 9 minuti | 1 ora |
| 20°C | 7 minuti | 1 ora |

- Possono essere utilizzati sia in applicazioni con barre ad elevato diametro e con fori di elevato diametro, sia in condizioni di fori con diametri di poco maggiori delle barre da ancorare (vedasi nelle pagine seguenti le caratteristiche geometriche raccomandate degli inghisaggi);
- Possono essere applicati anche su supporti umidi problema che spesso limita l'impiego delle tradizionali resine strutturali;
- Elevata resistenza alle alte temperature (ad esempio in caso di urto ed incendio) grazie alla natura dell'ancorante;
- Resistenti agli aggressivi chimici, come indicato nella seguente tabella:

| Sostanza chimica | Immersione permanente | Immersione temporanea | non consigliata |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| Acqua | X | | |
| Acqua di mare | X | | |
| Acqua calda < 60°C | X | | |
| Petrolio | X | | |
| Kerosene | X | | |
| Gasolio | X | | |
| Metanoio | | X | |
| Acetone | | X | |
| Ipossido di calcio (50 %) | | X | |
| Acido cloridrico (10 % a 20°C) | | X | |
| Acido solforico (50 % a 30°C) | | | X |
| Acido citrico | | X | |

PRESTAZIONI

(Ci si riferisce ad una consistenza S5, UNI EN 12350/2 In assenza di bleeding; T = 20 °C, Ur > 90 %)

| Metodo di prova | Prestazione |
|--|---|
| Adesione calcestruzzo, UNI EN 1542 | > 2,0 MPa |
| Tensione di adesione al calcestruzzo, UNI EN 12615 | > 14,0 MPa |
| Resistenza agli agenti atmosferici artificiali (2000 ore di raggi UV e condensa), UNI EN 1062/11 | No rigonfiamenti, fessurazioni o scagliature |
| Resistenza ai cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti misurata come adesione UNI EN 1542 dopo i cicli UNI EN 13687/1 su supporto di tipo MC 0,40 | ≥ 2 MPa dopo 50 cicli |
| Modulo elastico, UNI EN 13412 | 24.000 (± 2.000) MPa |
| Resistenza a compressione, UNI EN 12390/3 (a 20°C) | 1 h > 13 MPa 2 h > 15 MPa 3 h > 20 MPa 1 g > 25 MPa 7 g > 50 MPa 28 g > 70 MPa |

CONFEZIONE

MasterFlow 960 (versione fluida) disponibile in sacchi da 10 kg.

MasterFlow 960 TIX (versione tixotropica) disponibile in secchielli da 2 kg.

Consumo 2,0 kg/lt di miscela.

MasterFlow 960 - MasterFlow 960 TIX

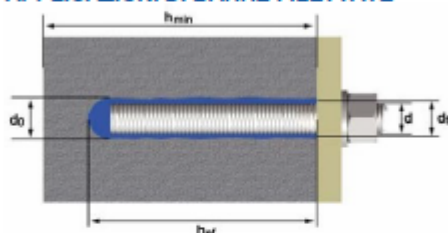
Speciale malta cementizia a granulometria finissima, monocomponente, indicata per l'ancoraggio ad elevata funzione strutturale di barre filettate e barre ad aderenza migliorata, anche su fori di grande diametro ed in presenza di umidità. Permette di effettuare applicazioni fino a temperature di -5°C.

E' utilizzata in sostituzione delle tradizionali resine strutturali negli ancoraggi.

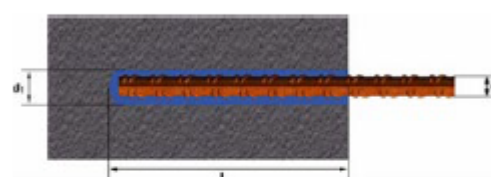
Disponibile nella versione fluida (per colaggio) e tixotropica (per pistola).

PRESTAZIONI:

APPLICAZIONI DI BARRE FILETTATE



APPLICAZIONI DI BARRE ADERENZA MIGLIORATA



d diametro della barra filettata
 d_o punta da trapano / diametro del foro
 d_r diametro del foro nella eventuale piastra di ancoraggio
 h_{eff} profondità di foratura
 h_{min} spessore minimo del supporto
 h_{nom} profondità di ancoraggio

DATI DI INSTALLAZIONE

| materiale | diámetro barra | spessore min. del supporto | diámetro foro | profondità del foro | profondità di ancoraggio | interasse caratteristico | distanza dal bordo caratteristica | interasse min. | distanza min. dal bordo | spess. fissabile max | diámetro foro spess. fissabile |
|--|----------------|----------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| | d (mm) | h _{min} (mm) | d _o (mm) | h _{eff} (mm) | h _{nom} (mm) | S _{cr} (mm) | C _{cr} (mm) | S _{min} (mm) | C _{min} (mm) | t _{fix} (mm) | d _f (mm) |
| CLS C20/25 barre filettate classe > 5.8 | M8 | 115 | 10 | 90 | 85 | 170 | 85 | 43 | 43 | 15 | 9 |
| | M12 | 140 | 14 | 120 | 110 | 220 | 110 | 55 | 55 | 30 | 14 |
| | M16 | 180 | 20 | 150 | 140 | 360 | 180 | 70 | 70 | 40 | 18 |
| | M20 | 220 | 24 | 190 | 170 | 340 | 170 | 85 | 85 | 50 | 22 |
| | M24 | 300 | 30 | 250 | 230 | 400 | 200 | 125 | 120 | 50 | 22 |
| | M30 | 400 | 38 | 350 | 320 | 500 | 250 | 170 | 150 | 50 | 22 |
| CLS C20/25 barre ad aderenza migliorata (FeB44k, B450C, B0T500) | Ø 12 | 175 | 16 | 150 | 145 | 290 | 145 | 73 | 73 | - | - |
| | Ø 16 | 313 | 20 | 190 | 180 | 445 | 223 | 90 | 90 | - | - |
| | Ø 20 | 270 | 26 | 230 | 220 | 440 | 220 | 110 | 110 | - | - |
| | Ø 24 | 350 | 32 | 290 | 270 | 500 | 260 | 135 | 135 | - | - |
| | Ø 30 | 450 | 40 | 380 | 360 | 600 | 300 | 155 | 155 | - | - |

MasterFlow 960 - MasterFlow 960 TIX

Speciale malta cementizia a granulometria finissima, monocomponente, indicata per l'ancoraggio ad elevata funzione strutturale di barre filettate e barre ad aderenza migliorata, anche su fori di grande diametro ed in presenza di umidità. Permette di effettuare applicazioni fino a temperature di -5°C.

E' utilizzata in sostituzione delle tradizionali resine strutturali negli ancoraggi. Disponibile nella versione fluida (per colaggio) e tixotropica (per pistola).

DATI DI CARICO

| materiale | tipologia di barra | Diametro barra | carico medio sperimentale a trazione** | carico medio sperimentale a taglio |
|---------------------|-----------------------|----------------|--|------------------------------------|
| | | | N _{um} (KN) | V _{um} (KN) |
| CLS C20/25 3 ore | ≥ 6,8 | M8 | 15,7 | 9,5 |
| | ≥ 6,8 | M12 | 32,0 | 23,5 |
| | ≥ 6,8 | M16 | 46,0 | 40,0 |
| | ≥ 6,8 | M20 | 63,8 | 61,0 |
| | ≥ 6,8 | M24 | 93,0 | 91,0 |
| | ≥ 6,8 | M30 | 102,0 | 100,0 |
| CLS C20/25 28 gg | ≥ 6,8 | M8 | 31,4 | 11,0 |
| | ≥ 6,8 | M12 | 65,0 | 26,0 |
| | ≥ 6,8 | M16 | 125,0 | 49,0 |
| | ≥ 6,8 | M20 | 180,0 | 76,0 |
| | ≥ 6,8 | M24 | 210,0 | 97,0 |
| | ≥ 6,8 | M30 | 245,0 | 115,0 |
| CLS C20/25 3 ore | barre ad. Migliorata* | Ø12 | 33,0 | 31,0 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø16 | 48,0 | 69,0 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø20 | 67,0 | 96,4 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø24 | 46,5 | 44,8 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø30 | 63,8 | 71,5 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø12 | 66,0 | 36,0 |
| CLS C20/25 28 gg | barre ad. Migliorata* | Ø16 | 98,5 | 76,0 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø20 | 134,1 | 101,0 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø24 | 169,0 | 110,0 |
| | barre ad. Migliorata* | Ø30 | 205,0 | 122,0 |

*FeB44k, B450C, BST500

**prove condotte con martinetto contrastato nell'area di cls nel contorno della barra, la resistenza di calcolo in situ si ottiene da t'_{yk} , si consiglia di adottare un fattore di sicurezza 3.

Note:

- Per ottenere le massime prestazioni il calcestruzzo o le malte in cui le barre devono essere fissate devono avere almeno 28 giorni di stagionatura ed essere privi di fessurazioni.
- I carichi indicati nella tabella DATI DI CARICO, sono validi per singolo ancorato, con distanza dal bordo ed interasse tali da non avere sovrapposizioni tra le aree di influenza determinate dagli ancoranti stessi.

MasterFlow 960 - MasterFlow 960 TIX

Speciale malta cementizia a granulometria finissima, monocomponente, indicata per l'ancoraggio ad elevata funzione strutturale di barre filettate e barre ad aderenza migliorata, anche su fori di grande diametro ed in presenza di umidità. Permette di effettuare applicazioni fino a temperature di -5°C.

E' utilizzata in sostituzione delle tradizionali resine strutturali negli ancoraggi.

Disponibile nella versione fluida (per colaggio) e tixotropica (per pistola).

SCHEDA APPLICATIVA

STOCCAGGIO

Conservare in luogo asciutto e fresco tra +5°C e +30°C.

TEMPERATURA

MasterFlow 960 e MasterFlow 960 TIX possono essere impiegati quando la temperatura dell'ambiente è compresa tra - 5°C e +35°C. Qualora la temperatura, al momento dell'applicazione, sia compresa tra - 5 e +5 °C lo sviluppo delle resistenze meccaniche risulterà più lento. Si consiglia di utilizzare acqua di impasto tra (+18 ÷ +25°C). Qualora la temperatura, al momento dell'applicazione, sia compresa tra +30 e +35°C, si consiglia di utilizzare acqua d'impasto a bassa temperatura (+5 ÷ +10°C) e di applicare il prodotto nelle ore meno calde della giornata.

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il sottofondo deve essere pulito, strutturalmente sano, e privo di sostanze che possano avere un effetto negativo sull'adesione.

FORATURA

Forare il supporto con trapano e punta di diametro corretto, alla giusta profondità. Le superfici devono essere pulite, prive di parti incoerenti e polveri derivanti dalla perforazione. Per la pulizia si consiglia l'utilizzo di aria compressa o dell'apposita pompa soffiante disponibile a listino.

MISCELAZIONE

Miscelare per 3-4 minuti, con frusta montata su trapano a bassa velocità, l'intero contenuto dei sacchi con il quantitativo minimo d'acqua previsto (pari al 15% sia per MasterFlow 960 che per MasterFlow 960 TIX) fino ad ottenere un impasto omogeneo e privo di grumi. Aggiungere poi eventualmente altra acqua (senza superare il quantitativo massimo previsto pari a pari al 17%).

APPLICAZIONE

Si prevede:

- MasterFlow 960 (versione fluida): colare il prodotto sul foro e poi inserire la barra da ancorare;
- MasterFlow 960 TIX (versione tixotropica): riempire l'apposita pistola con il materiale e poi procedere ad estrarre il prodotto attraverso il beccuccio della pistola; inserire poi la barra da ancorare.

Riempire il foro per colaggio fino a circa 3/5 della profondità. Una volta che il foro è stato sufficientemente riempito, inserire lentamente la barra con un leggero movimento di torsione.

Il materiale che eventualmente potesse fuoriuscire va rimosso.

PULIZIA DEGLI ATTREZZI

Residui di materiale devono essere meccanicamente rimossi dopo l'indurimento, o con un pennello e con abbondante acqua.

Palmanova, 02/08/2021

IL DIRETTORE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

D. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte utilizzando schemi statici semplificati.

Viste le considerazioni effettuate, l'analisi si ritiene validata.

Palmanova, 02/08/2021

IL DIRETTORE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA STRUTTURALE