

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

FA51 - FABBRICATO SSE SONA - PK 143+974

RELAZIONE DI CALCOLO OPERE IN C.A.

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due	
Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	C L	F A 5 1 0 5	0 0 2	A

PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione	Fiscale	31/08/23	Aletto	31/08/23	Lafranchi	31/08/23	
B								
C								

(Stampa circolare: Provincia di Verona, Albo Provinciale Ingegneri Verona, Sezione n° 1553, Data: 31/08/2023)

CIG. 751447334A

File: IN0R11EE2CLFA5105002A_10.docx



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL FA51 05 002

Rev.
A

Foglio
2 di 61

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	6
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3.	CRITERI DI CALCOLO.....	8
3.1.	CRITERI E DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA	8
3.2.	COMBINAZIONE DI CARICO	9
3.2.1.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLU.....</i>	<i>9</i>
3.2.2.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLE.....</i>	<i>10</i>
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	11
4.1.	CALCESTRUZZO PER MAGRONE	11
4.2.	CALCESTRUZZO.....	11
4.3.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	11
4.4.	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI	12
4.5.	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE	12
5.	PARAMETRI SISMICI	13
6.	PARAMETRI GEOTECNICI.....	14
7.	POZZETTI.....	15
7.1.	CODICE DI CALCOLO – RISPETTO DEL CAPITOLO 10.2 NTC08.....	15
7.2.	GEOMETRIA DELLE STRUTTURE E SCHEMI STRUTTURALI.....	15
7.3.	ANALISI DEI CARICHI	15
7.3.1.	<i>Peso proprio strutture (Load 1).....</i>	<i>15</i>
7.3.2.	<i>Spinta del terreno (Load 2).....</i>	<i>15</i>
7.3.3.	<i>Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load 3).....</i>	<i>16</i>
7.3.4.	<i>Azione sismica (Load 4 – Load 5).....</i>	<i>16</i>
7.3.5.	<i>Riepilogo carichi sollecitanti.....</i>	<i>16</i>
7.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI	17
7.5.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE -TIPO 1	18
7.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – TIPO 1	19

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL FA51 05 002	Rev. A	Foglio 3 di 61
7.6.1.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per flessione</i>				19
7.6.2.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per taglio</i>				20
7.6.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i>				21
7.7.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE -TIPO 2				22
7.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – TIPO 2				23
7.8.1.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per flessione</i>				23
7.8.2.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per taglio</i>				24
7.8.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i>				25
7.9.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE -TIPO 3				26
7.10.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – TIPO 3				27
7.10.1.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per flessione</i>				27
7.10.2.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per taglio</i>				28
7.10.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i>				29
8.	MURO ROMPIFIAMMA				30
8.1.	CODICE DI CALCOLO – RISPETTO DEL CAPITOLO 10.2 NTC08.....				30
8.2.	GEOMETRIA DELLE STRUTTURE E SCHEMI STRUTTURALI.....				30
8.3.	ANALISI DEI CARICHI				30
8.3.1.	<i>Peso proprio strutture (Load 1)</i>				30
8.3.2.	<i>Azione del vento (Load 2)</i>				30
8.3.3.	<i>Azione sismica (Load 3)</i>				31
8.3.4.	<i>Azione sismica (Load 4)</i>				31
8.3.5.	<i>Riepilogo carichi sollecitanti</i>				31
8.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI				31
8.5.	VERIFICHE GLOBALI				32
8.5.1.	<i>Verifica a ribaltamento</i>				32
8.5.2.	<i>Verifica a scorrimento e capacità portante</i>				32
8.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – FONDAZIONE				35
8.6.1.	<i>Caratteristiche geometriche della sezione</i>				35

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL FA51 05 002	Rev. A	Foglio 4 di 61
8.6.2.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per flessione</i>				36
8.6.3.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per taglio</i>				37
8.6.4.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i>				38
8.7.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE - PIEDRITTO				39
8.7.1.	<i>Caratteristiche geometriche della sezione</i>				39
8.7.2.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per flessione</i>				40
8.7.3.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per taglio</i>				41
8.7.4.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i>				42
9.	PLINTO A "BICCHIERE"				43
9.1.	CODICE DI CALCOLO – RISPETTO DEL CAPITOLO 10.2 NTC08.....				43
9.2.	GEOMETRIA DELLE STRUTTURE E SCHEMI STRUTTURALI.....				43
9.3.	ANALISI DEI CARICHI				43
9.3.1.	<i>Peso proprio strutture (Load 1)</i>				43
9.3.2.	<i>Azione del vento (Load 2)</i>				43
9.3.3.	<i>Azione sismica (Load 3)</i>				44
9.3.4.	<i>Riepilogo carichi sollecitanti</i>				44
9.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI				44
9.5.	VERIFICHE GLOBALI				45
9.5.1.	<i>Verifica a ribaltamento</i>				45
9.5.2.	<i>Verifica a scorrimento e capacità portante</i>				45
9.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO				48
9.6.1.	<i>Caratteristiche geometriche della sezione</i>				48
9.6.2.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per flessione</i>				49
9.6.3.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per taglio</i>				50
9.6.4.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i>				51
10.	PLINTO CANCELLO SCORREVOLE.....				52
10.1.	CODICE DI CALCOLO – RISPETTO DEL CAPITOLO 10.2 NTC08.....				52
10.2.	GEOMETRIA DELLE STRUTTURE E SCHEMI STRUTTURALI.....				52

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL FA51 05 002	Rev. A	Foglio 5 di 61
10.3.	ANALISI DEI CARICHI				52
10.3.1.	<i>Peso proprio strutture (Load 1)</i>				52
10.3.2.	<i>Azione del vento (Load 2)</i>				52
10.3.3.	<i>Azione sismica (Load 3)</i>				52
10.3.4.	<i>Riepilogo carichi sollecitanti</i>				53
10.4.	COMBINAZIONE DEI CARICHI				53
10.5.	VERIFICHE GLOBALI				54
10.5.1.	<i>Verifica a ribaltamento</i>				54
10.5.2.	<i>Verifica a scorrimento e capacità portante</i>				54
10.6.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO				57
10.6.1.	<i>Caratteristiche geometriche della sezione</i>				57
10.6.2.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per flessione</i>				58
10.6.3.	<i>Verifica allo stato limite ultimo per taglio</i>				59
10.6.4.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i>				60
11.	RIFERIMENTI				61
11.1.	DOCUMENTI REFERENZIATI				61
11.2.	DOCUMENTI CORRELATI				61
11.3.	DOCUMENTI SUPERATI				61

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa al calcolo delle strutture facenti parte dell'opera denominata "FA19 – FABBRICATO SSE AC CALCINATO PK 113+579,83", previste nell'ambito dei lavori inerenti la linea A.V./A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona.

L'opera in esame è costituita da:

- pozzetto PZ.1 di dimensioni interne in pianta pari a 2.00 × 1.00m, altezza interna 1.90m e spessore 0.20m;
- pozzetto PZ.2 di dimensioni interne in pianta pari a 1.60 × 1.00m, altezza interna 1.70m e spessore 0.20m;
- pozzetto PZ.3 di dimensioni interne in pianta pari a 1.20 × 1.20m, altezza interna 1.70m e spessore 0.20m;
- pozzetto PZ.4 di dimensioni interne in pianta pari a 1.00 × 1.00m, altezza interna 1.70m e spessore 0.20m;
- pozzetto PZ.4 di dimensioni interne in pianta pari a 1.00 × 1.00m, altezza interna 1.35m e spessore 0.20m;
- pozzetto PZ.5 di dimensioni interne in pianta pari a 0.80 × 0.80m, altezza interna 1.10m e spessore 0.20m;
- pozzetto PZ.5 di dimensioni interne in pianta pari a 0.80 × 0.80m, altezza interna 1.35m e spessore 0.20m;
- pozzetto PZ.7 di dimensioni interne in pianta pari a 0.50 × 0.50m, altezza interna 0.80m e spessore 0.15m;
- pozzetto di dimensioni interne in pianta pari a 0.80 × 0.80m, altezza interna 0.53÷2.44m e spessore 0.20m;
- caditoia di dimensioni interne in pianta pari a 0.50 × 0.50m, altezza interna 0.65m e spessore 0.15m;
- muro rompifiamma di lunghezza 6.00m costituito da fondazione di larghezza 1.20m e spessore 0.50m e piedritto di altezza 4.70m e spessore 0.30m;
- fondazione a bicchiere per palina h=9.00m costituita da soletta di dimensioni in pianta pari a 1.20 × 1.20m spessore 0.30m e pareti di altezza 1.10m e spessore 0.20m;
- fondazione a bicchiere per lettori badge costituita da soletta di dimensioni in pianta pari a 1.00 × 1.00m spessore 0.30m e pareti di altezza 0.55m e spessore 0.15m;
- fondazioni per cancelli scorrevoli costituite da plinti di dimensioni 1.20 × 1.20m e spessore 0.80m e cordoli di collegamento di dimensioni 0.40 × 0.50m.

Tutte le opere sono realizzate in cemento armato gettato in opera.

L'analisi delle strutture viene svolta analiticamente valutando l'entità dei carichi sollecitanti e determinando i valori di sollecitazione nelle sezioni di interesse.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle previste dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

Le opere sono ubicate nel Comune di Sona (VR) pertanto, essendo in zona sismica, verranno considerate anche le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/08.

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 197-1 ottobre 2011 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 luglio 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 dicembre 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – aprile 2015: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici”;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

3. CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

3.1. Criteri e definizione dell'azione sismica

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non strutturali, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2., assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la III.

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni}$$

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni vale:

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{Vr})} = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c .

- $a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_0 \rightarrow$ 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;
- S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Wood:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La spinta si considera come un carico uniformemente distribuito su h_{tot} .

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

3.2. Combinazione di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle NTC.

3.2.1. Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche strutturali agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU), collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR), raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche vengono condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1" e le relative combinazioni previste:

- combinazione 1 (A1+M1+R1) STR;
- combinazione 2 (A2+M2+R2) GEO.

Le combinazioni di carico di tipo A1 STR e A2 GEO vengono effettuate adottando i gruppi di azioni e i coefficienti parziali di sicurezza ferroviari o stradali indicati nelle N.T.C.; per quanto riguarda i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, si fa riferimento alla tabella 6.2.II delle N.T.C.

Ai fini delle verifiche degli stati limiti ultimi si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limiti ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limiti ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

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

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

L'azione sismica è calcolata come combinazione delle componenti orizzontali con quella verticale come $E = 1.0 \times E_x + 0.3 \times E_y + 0.3 \times E_z$ con rotazione dei coefficienti moltiplicativi.

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 5.2.VI della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere ferroviarie, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0.2$ (condizione cautelativa).

3.2.2. Combinazioni per la verifica allo SLE

Le combinazioni di carico allo SLE vengono effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.2.IV delle N.T.C. con i coefficienti di combinazione dei carichi ferroviari della tabella 5.2.VI delle N.T.C. presenti al capitolo 5.2.3.3.2 della norma.

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Quasi permanente} \quad \Rightarrow \quad G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{Rara} \quad \Rightarrow \quad G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k').$$

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali.

4.1. Calcestruzzo per magrone

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

4.2. Calcestruzzo

Per la realizzazione delle strutture, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ($R_{ck} \geq 30$ N/mm²) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90$ N/mm²
- Resistenza media a compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$ N/mm²
- Modulo elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$ N/mm²
- Resistenza di calcolo a compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 14.11$ N/mm²
- Resistenza a trazione media $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56$ N/mm²
- Resistenza a trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.79$ N/mm²
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 13.69$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 9.96$ N/mm²

4.3. Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/ f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

- Tensione di snervamento caratteristica $\rightarrow f_{yk} \geq 450$ N/mm²
- Tensione caratteristica a rottura $\rightarrow f_{tk} \geq 540$ N/mm²
- Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_s = 0.75 * f_{yk} = 337.50$ N/mm²
- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$ N/mm²

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL FA51 05 002

Rev.
A

Foglio
12 di 61

4.4. Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2016 ed UNI 11104:2016.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Fondazione/ Elevazione CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2

4.5. Copriferro minimo e copriferro nominale

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è la somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$. Considerate le condizioni ambientali dell'opera e le classi di resistenza del calcestruzzo, si adotta un copriferro nominale pari a $c_{nom} = 40$ mm.

5. PARAMETRI SISMICI

Le azioni sismiche impiegate sono rappresentative del territorio Comunale dove è ubica l'opera e risultano maggiori rispetto ai valori calcolati considerando le coordinate geografiche.

L'opera ricade nel comune di Sona in provincia di Verona.

I corrispondenti valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV (TR=1424 anni) sono i seguenti:

$$a_g = 0.237g$$

$$a_{gv} = 0.155g;$$

$$F_0 = 2.432;$$

$$T^*_c = 0.283 s;$$

Per quanto riguarda il sottosuolo su cui insiste, l'opera ricade in categoria sismica "B" e categoria topografica "T1". I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$$S_S = 1.170$$

$$S_T = 1.0$$

L'accelerazione massima orizzontale viene valutata pari a:

$$a_{\max} (\text{SLV}) = S a_g = 1.170 \times 1.00 \times 0.237 g = 0.277 g$$

Per la definizione dei parametri geotecnici e sismici si rimanda allo specifico documento Rif. [1].

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL FA51 05 002

Rev.
A

Foglio
14 di 61

6. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da rinterro, sono:

Materiali da rinterro a tergo dello scatolare:

- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

Il coefficiente di spinta a riposo corrispondente è pari a $k_0 = 0.426$.

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche del terreno in situ, si rimanda allo specifico documento Rif. [1].

La falda è da ritenersi non interferente con le opere in oggetto, sia in fase di costruzione che in esercizio.

7. POZZETTI

7.1. Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 NTC08

L'analisi dei pozzetti è stata condotta attraverso la procedura analitica con riferimento ad una porzione di parete di larghezza unitaria.

7.2. Geometria delle strutture e schemi strutturali

Nella presente relazione si riportano i calcoli e le verifiche per tre casi tipologici che involuppano tutte le tipologie di pozzetto presenti nella WBS in oggetto.

Le sezioni tipologiche di calcolo sono:

1. pozzetto di dimensioni interne in pianta pari a $1,00 \times 2,00\text{m}$, altezza interna $1,90\text{m}$ e spessore $0,20\text{m}$;
2. pozzetto di dimensioni interne in pianta pari a $0,50 \times 0,50\text{m}$, altezza interna $0,80\text{m}$ e spessore $0,15\text{m}$;
3. pozzetto di dimensioni interne in pianta pari a $0,80 \times 0,80\text{m}$, altezza interna $2,44\text{m}$ e spessore $0,20\text{m}$.

L'analisi di ciascun pozzetto è stata condotta attraverso procedura analitica con riferimento ad una porzione di parete di larghezza unitaria, calcolando le sollecitazioni agenti sul manufatto ad una profondità Z da piano campagna e applicandole ad una trave di sezione $S_p \times 1.0\text{m}$ e lunghezza L incastrata alle estremità.

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche di riferimento per ciascuna sezione tipo di calcolo:

	Z [m]	L [m]	Sp [m]
1	2,00	2,20	0,20
2	0,875	0,65	0,15
3	2,54	1,00	0,20

7.3. Analisi dei carichi

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tali carichi elementari saranno opportunamente combinati secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$

- rilevato: $\gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$

7.3.1. Peso proprio strutture (Load 1)

- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.}$

- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.}$

7.3.2. Spinta del terreno (Load 2)

Per il rinterro a ridosso dello scatolare si assumono i seguenti parametri:

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

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 35^\circ$$

$$k_{0,k} = 0.426$$

Pressione in asse soletta inferiore: $p_t(h_1) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t$

7.3.3. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load 3)

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come:

$$p_q = k_0 \times q$$

con q sovraccarico accidentale assunto pari a 20 kN/m^2 .

Il sovraccarico accidentale in condizioni sismiche è assunto nullo.

7.3.4. Azione sismica (Load 4 – Load 5)

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \times a_{gh};$$

P = peso proprio;

$a_{gh} = 0.272 \text{ g}$, accelerazione orizzontale.

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “Analisi semplificata per le strutture di contenimento”, punto 9 – “Forze causate dalla spinta del terreno per strutture rigide”, in cui l'incremento di spinta sismica ΔP per la condizione a riposo viene valutato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La risultante di tale incremento di spinta viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento h_{tot} :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}$$

L'azione sismica orizzontale dovuta all'inerzia degli elementi strutturali è pari a:

Piedritti:

$$\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh}$$

7.3.5. Riepilogo carichi sollecitanti

		SEZIONI TIPO 1	SEZIONI TIPO 2	SEZIONI TIPO 3	
Load 1	Piedritti	5,00	3,75	5,00	kN/m ²
	Soletta inferiore	5,00	3,75	5,00	kN/m ²
Load 2	p_t	17,06	7,46	21,66	kN/m ²
Load 3	p_q	8,53	8,53	8,53	kN/m ²
Load 4	Δp_d	11,42	5,17	14,36	kN/m ²
Load 5	$\Delta p_{p,h}$	1,36	1,02	1,36	kN/m ²

7.4. Combinazione dei carichi

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

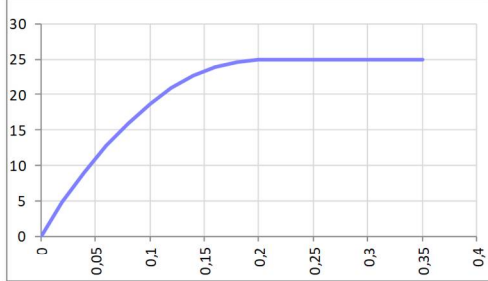
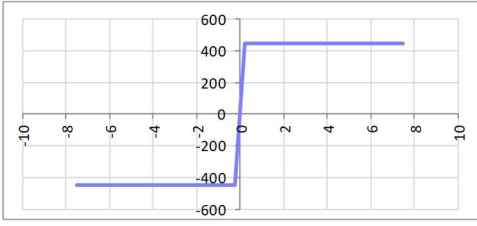
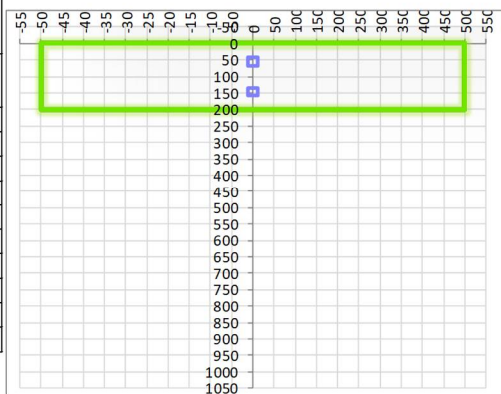
I valori numerici riportati nelle colonne della seguente tabella di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata. Tali valori sono il risultato dei prodotti tra coefficienti parziali operanti sulle azioni.

C.C.	p.p.	STERRE	SOVR. ACC.	INCR. SISMICO	INERZIA ORIZZ.
LOAD	1	2	3	4	5
1_SLU	1.3	1.3	1.5	0	0
2_SLV	1.0	1.0	0	1.0	1.0
3_QP	1.0	1.0	0	0	0
4_CAR	1.0	1.0	1.0	0	0

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime ottenute per ciascuna sezione tipologica:

		V [kN/m]	M mezzeria [kNm/m]	M incastro [kNm/m]
Tipo 1	STR	34,97	10,55	10,61
	SLV	31,55	9,52	9,57
	QP	-	5,15	5,17
	CAR	-	7,72	7,76
Tipo 2	STR	5,62	0,40	0,79
	SLV	3,84	0,27	0,54
	QP	-	0,13	0,26
	CAR	-	0,28	0,56
Tipo 3	STR	16,38	1,71	3,41
	SLV	15,63	1,63	3,26
	QP	-	0,90	1,81
	CAR	-	1,26	2,52

7.5. Caratteristiche geometriche della sezione -Tipo 1

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
Calcestruzzo:																																																								
Classe	C25/30																																																							
R_{ck}	30,00 N/mm ²																																																							
f_{ck}	24,90 N/mm ²																																																							
f_{cm}	32,90 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	2,56 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,07 N/mm ²																																																							
E_{cm}	31447,16 N/mm ²																																																							
ϵ_{c2}	0,200 %																																																							
ϵ_{c3}	0,175 %																																																							
ϵ_{c4}	0,070 %																																																							
ϵ_{cu}	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
Acciaio:																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
f_{yk}	450 N/mm ²																																																							
f_{tk}	540 N/mm ²																																																							
E_s	200000 N/mm ²																																																							
ϵ_{su}	7,500 %																																																							
																																																								
Coefficiente di omogenizzazione:																																																								
n, breve termine	6,06 = E_s/E_c																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	2,33																																																							
n, lungo termine =	14,13 = E_s/E_{cm}																																																							
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm} lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm} breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
Sezione:																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	200 mm																																																							
Armature:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>A_s mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6,67</td> <td>10</td> <td>55</td> <td>523,59878</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6,67</td> <td>10</td> <td>145</td> <td>523,59878</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²	1	6,67	10	55	523,59878	2	6,67	10	145	523,59878	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²																																																				
1	6,67	10	55	523,59878																																																				
2	6,67	10	145	523,59878																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
Armatura di ripartizione:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>A_s mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>6,67</td> <td>10</td> <td>45</td> <td>523,59878</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>6,67</td> <td>10</td> <td>155</td> <td>523,59878</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²	superiore	6,67	10	45	523,59878	inferiore	6,67	10	155	523,59878																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²																																																				
superiore	6,67	10	45	523,59878																																																				
inferiore	6,67	10	155	523,59878																																																				

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

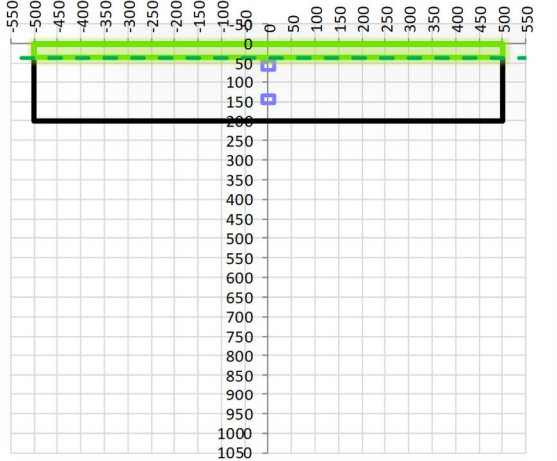
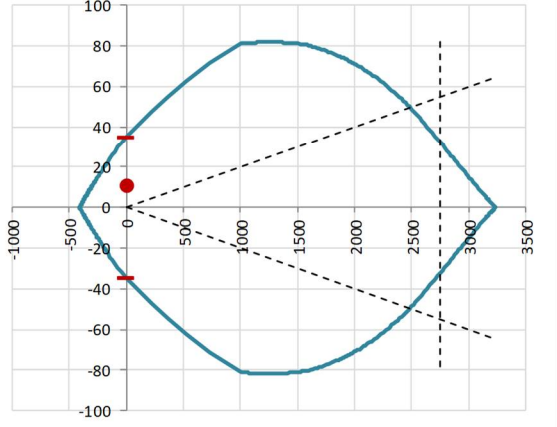
Codifica Documento
E E2 CL FA51 05 002

Rev.
A

Foglio
19 di 61

7.6. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio – Tipo 1

7.6.1. Verifica allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{ck}/γ_c		16,60 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm ²	$=f_{ctm}/1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
ϵ_{yd}		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione		NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
STR		0,0	10,61	3231,77	-409,77	34,76	-34,76	31%																																													
<i>Sezione:</i>																																																					
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																																	
				$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm ²																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-1,08	%																																															
				d	145,00	mm																																															
				x/d	0,25																																																
<i>Dominio M-N</i>																																																					
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">STR</td> <td style="background-color: #d9ead3;">0</td> <td style="background-color: #d9ead3;">0,0</td> <td style="background-color: #d9ead3;">10,6</td> </tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td><td style="background-color: #d9ead3;"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	STR	0	0,0	10,6																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
STR	0	0,0	10,6																																																		

7.6.2. Verifica allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Reisitenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	200 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		7	10	55	524
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A_s	524 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	55 mm			

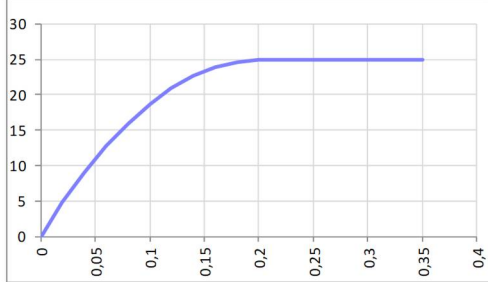
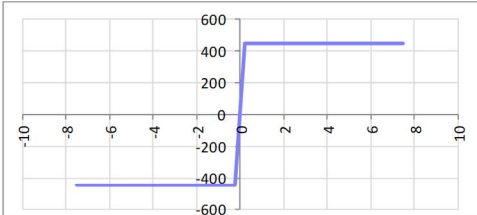
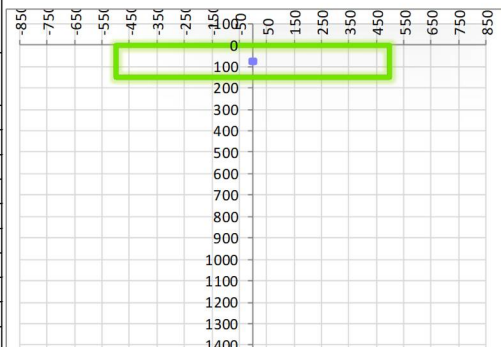
SOLLECITAZIONI		
Load Case		STR
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	34,97 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	145 mm
Coefficiente	k	2,00
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,36%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm ²
	v_{min}	0,49 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	71,63 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	72,36 kN
Verifica		0,48 Verifica soddisfatta

7.6.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE							
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)					
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)					
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)					
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)					
CRITERI DI VERIFICA							
<i>Fessurazione</i>							
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive					
	Aggressive						
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili					
	Poco sensibile						
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	Limite σ_c / f_{ck}	Limite σ_s / f_{yk}	$\sigma_{c,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]			
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50			
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50			
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)							
<i>Fessurazione</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR	0,0	7,76	Msd<Mf	0,200	14,89	-
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]	
Quasi permanente	QP	0,0	5,17	-2,01	72,70	8,87	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR	0,0	7,76	-3,02	109,13	13,31	Sezione parzializzata

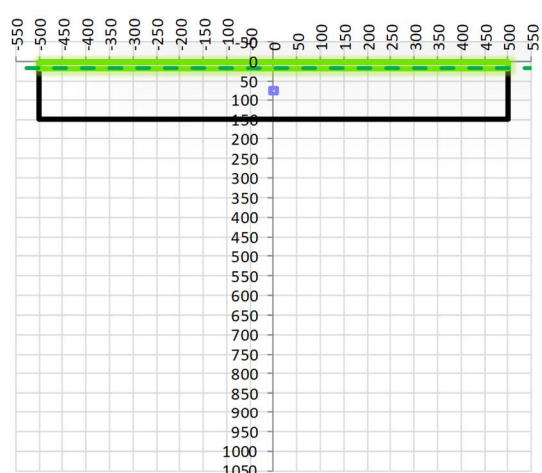
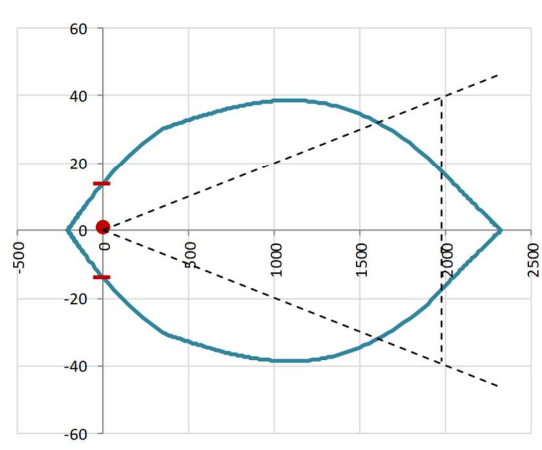
7.7. Caratteristiche geometriche della sezione -Tipo 2

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
Calcestruzzo:																																																								
Classe	C25/30																																																							
R_{ck}	30,00 N/mm ²																																																							
f_{ck}	24,90 N/mm ²																																																							
f_{cm}	32,90 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	2,56 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,07 N/mm ²																																																							
E_{cm}	31447,16 N/mm ²																																																							
ϵ_{c2}	0,200 %																																																							
ϵ_{c3}	0,175 %																																																							
ϵ_{c4}	0,070 %																																																							
ϵ_{cu}	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
Acciaio:																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
f_{yk}	450 N/mm ²																																																							
f_{tk}	540 N/mm ²																																																							
E_s	200000 N/mm ²																																																							
ϵ_{su}	7,500 %																																																							
																																																								
Coefficiente di omogeneizzazione:																																																								
n, breve termine	6,06 = E_s/E_c																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	2,39																																																							
n, lungo termine =	14,50 = E_s/E_{cm}																																																							
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm} lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm} breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
Sezione:																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	150 mm																																																							
Armature:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>yi mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3,33</td> <td>10</td> <td>75</td> <td>261,79939</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3,33</td> <td>10</td> <td>75</td> <td>261,79939</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm ²	1	3,33	10	75	261,79939	2	3,33	10	75	261,79939	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm ²																																																				
1	3,33	10	75	261,79939																																																				
2	3,33	10	75	261,79939																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL FA51 05 002	Rev. A	Foglio 23 di 61
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

7.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio – Tipo 2

7.8.1. Verifica allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}	0,85																																																				
γ_c	1,50																																																				
f_{ck}/γ_c	16,60 N/mm ²																																																				
$f_{ct,eff}$	2,13 N/mm ²	$=f_{ctm} / 1,2$																																																			
Acciaio																																																					
γ_s	1,15																																																				
f_{yd}	391,30 N/mm ²																																																				
ϵ_{yd}	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																														
STR	0,0	0,79	2321,39	-204,89	13,83	-13,85	6%																																														
<i>Sezione:</i>																																																					
		<i>Fibre compresse Superiori</i>																																																			
		$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm ²																																																	
		$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																																	
		$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																	
		$\epsilon_{s,min}$	-1,12	%																																																	
		d	75,40	mm																																																	
		x	17,94	mm																																																	
		x/d	0,24																																																		
<i>Dominio M-N</i>																																																					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e6f2ff;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>STR</td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>0,8</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	STR	0	0,0	0,8																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
STR	0	0,0	0,8																																																		

7.8.2. Verifica allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	150 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		3	10	75	262
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A_s	262 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	74,5 mm			

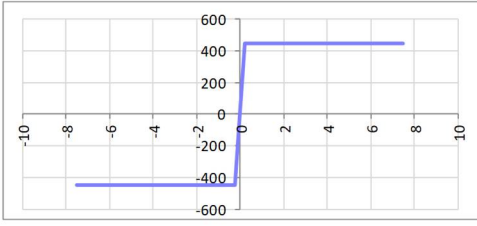
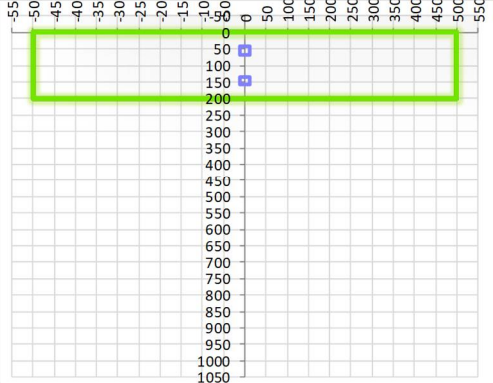
SOLLECITAZIONI		
Load Case		STR
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	5,62 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	75,5 mm
Coefficiente	k	2,00
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,35%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm ²
	v_{min}	0,49 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	37,30 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	37,30 kN
Verifica		0,15 <i>Verifica soddisfatta</i>

7.8.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

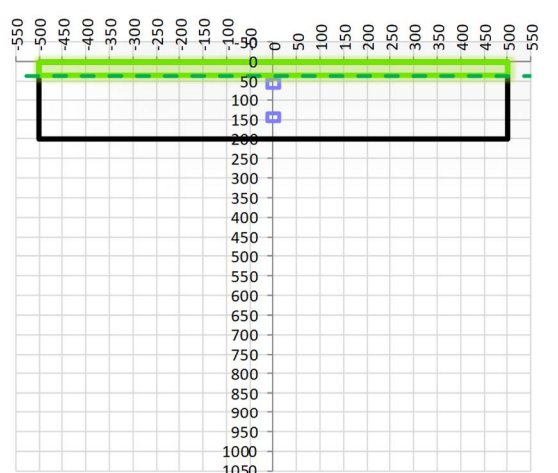
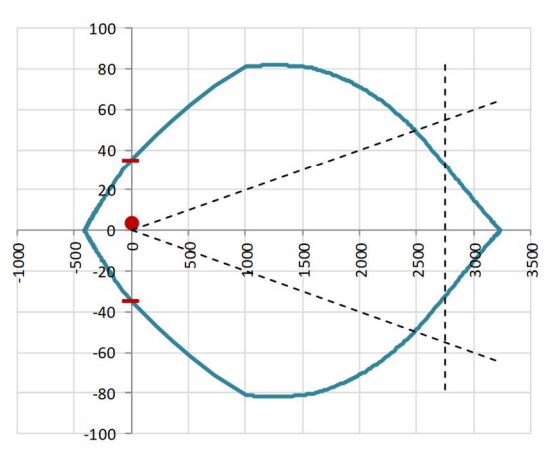
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)						
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	Aggressive							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	Poco sensibile							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
Combinazione	n. combinazione		N	M	w_d	w_{lim}	MO - Mf	
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]	
Caratteristica	CAR		0,0	0,56	Msd<Mf	0,200	7,99	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
Combinazione	n. combinazione		N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$	
			[kN]	[kNm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
Quasi permanente	QP		0,0	0,26	-0,29	7,61	7,47	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR		0,0	0,56	-0,62	16,40	16,09	Sezione parzializzata

7.9. Caratteristiche geometriche della sezione -Tipo 3

CARATTERISTICHE MATERIALI				
Calcestruzzo:				
Classe	C25/30			
R_{ck}	30,00 N/mm ²			
f_{ck}	24,90 N/mm ²			
f_{cm}	32,90 N/mm ²			
f_{ctm}	2,56 N/mm ²			
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm ²			
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm ²			
f_{ctm}	3,07 N/mm ²			
E_{cm}	31447,16 N/mm ²			
ϵ_{c2}	0,200 %			
ϵ_{c3}	0,175 %			
ϵ_{c4}	0,070 %			
ϵ_{cu}	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
Acciaio:				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
f_{yk}	450 N/mm ²			
f_{tk}	540 N/mm ²			
E_s	200000 N/mm ²			
ϵ_{su}	7,500 %			
				
Coefficiente di omogenizzazione:				
n, breve termine	6,06 = E_s/E_c			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,33			
n, lungo termine =	14,13 = E_s/E_{cm}			
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm} lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm} breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
Sezione:				
B=	1000 mm			
H=	200 mm			
Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²
1	6,67	10	55	523,59878
2	6,67	10	145	523,59878
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
				
Armatura di ripartizione:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²
superiore	6,67	10	45	523,59878
inferiore	6,67	10	155	523,59878

7.10. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio – Tipo 3

7.10.1. Verifica allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{ck}/γ_c		16,60 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm ²	$=f_{ctm}/1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
ϵ_{yd}		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione		NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
STR		0,0	3,41	3231,77	-409,77	34,76	-34,76	10%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<u>Fibre compresse Superiori</u>																																																	
				$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm ²																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-1,08	%																																															
				d	145,00	mm																																															
				x/d	0,25																																																
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e6ffe6;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #e6ffe6;"> <td>STR</td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>3,4</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	STR	0	0,0	3,4																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
STR	0	0,0	3,4																																																		

7.10.2. Verifica allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	200 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		7	10	55	524
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A_s	524 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	55 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		STR
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	16,38 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	145 mm
Coefficiente	k	2,00
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,36%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm ²
	v_{min}	0,49 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	71,63 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	72,36 kN
Verifica		0,23 Verifica soddisfatta

7.10.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE							
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)					
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)					
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)					
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)					
CRITERI DI VERIFICA							
<i>Fessurazione</i>							
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive					
	Aggressive						
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili					
	Poco sensibile						
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	Limite σ_c / f_{ck}	Limite σ_s / f_{yk}	$\sigma_{c,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]			
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50			
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50			
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)							
<i>Fessurazione</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR	0,0	2,52	Msd<Mf	0,200	14,89	-
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]	
Quasi permanente	QP	0,0	1,81	-0,70	25,45	3,10	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR	0,0	2,52	-0,98	35,44	4,32	Sezione parzializzata

8. MURO ROMPIFIAMMA

8.1. Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 NTC08

L'analisi del muro è stata condotta attraverso la procedura analitica con riferimento ad una porzione di parete di larghezza unitaria.

8.2. Geometria delle strutture e schemi strutturali

Il muro è costituito da un concio avente le seguenti caratteristiche geometriche:

	B [m]	L [m]	h [m]	Sp [m]	Ss [m]
Concio 1	1.20	6.00	4.70	0.30	0.50

(B = larghezza fondazione, L = lunghezza concio, h = altezza parete, Sp = spessore parete, Ss = spessore fondazione)

Le analisi strutturali vengono effettuate sulla struttura secondo i criteri di calcolo di seguito descritti, ed individuando le sezioni di calcolo maggiormente significative.

8.3. Analisi dei carichi

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tali carichi elementari saranno opportunamente combinati secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$

8.3.1. Peso proprio strutture (Load 1)

- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.}$

- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.}$

8.3.2. Azione del vento (Load 2)

Per quanto riguarda l'azione del vento, in riferimento al paragrafo 3.3 delle NTC, per una Zona 1, categoria di esposizione del sito IV e coefficiente di rugosità B, si ottiene:

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s} \quad (a_s < a_0 = 1000 \text{ m per la Zona 1})$$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 0.5 \times 1.25 \text{ kg/m}^3 \times 25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 390.62 \text{ N/m}^2$$

$$c_e (z_{\min} = 8\text{m}) = 1.634 \quad (k_r = 0.22; c_t = 1; z = 4.50\text{m} < z_{\min} = 8\text{m})$$

$$c_p = 1.2$$

$$c_d = 1.0$$

$$p_{\text{vento}} = 390.62 \times 1.634 \times 1.20 \times 1.00 = 765.93 \text{ N/m}^2 = \mathbf{0.77 \text{ kPa}}$$

8.3.3. Azione sismica (Load 3)

Secondo quanto previsto dalla UNI EN 1992-1-2 le pareti non portanti di compartimentazione soggette a carico di incendio devono avere spessore non inferiore a quanto indicato nel prospetto di seguito riportato

prospetto 5.3 Spessore minimo della parete non portante (partizioni)

Resistenza al fuoco normalizzata	Spessore minimo della parete (mm)
1	2
EI 30	60
EI 60	80
EI 90	100
EI 120	120
EI 180	150
EI 240	175

Si ritiene pertanto che per il muro in oggetto sia garantita la resistenza al fuoco normalizzata EI60 richiesta.

8.3.4. Azione sismica (Load 4)

Si trascurano le azioni sismiche in quanto non dimensionante ai fini strutturali.

8.3.5. Riepilogo carichi sollecitanti

Load 1	Piedritti	7,50	kN/m ²
	Soletta inferiore	12,50	kN/m ²
Load 2	p _v	0,77	kN/m ²

8.4. Combinazione dei carichi

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

I valori numerici riportati nelle colonne della seguente tabella di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata.

C.C.	p.p.	VENTO
LOAD	1	3
1_SLU	1.3	1.5
3_QP	1.0	0
4_CAR	1.0	1.0

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime ottenute per ciascuna sezione tipologica:

	V piedritto [kN/m]	M piedritto [kNm/m]	V fondazione [kN/m]	M fondazione [kNm/m]
STR	5,18	12,67	89,12	49,73
QP	-	5,07	-	38,25
CAR	-	-	-	30,04

8.5. Verifiche globali

8.5.1. Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta del vento per il braccio. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione.

Con la condizione più gravosa dell'Approccio 1 – Comb. 2, si ha:

$M_{r,d} = 91.60$ kNm (momento ribaltante)

$M_{s,d} = 173.50$ kNm (momento stabilizzante)

$\eta_R = M_{r,d} / M_{s,d} = 1.89 > 1.0$

La verifica risulta soddisfatta.

8.5.2. Verifica a scorrimento e capacità portante

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_s}{F_r} \geq \eta_s$$

La forza che interviene nella F_s è la componente parallela al piano di fondazione della spinta del vento.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \times \text{tg}\delta_f + c_a B_r$$

Si esclude, a favore di sicurezza, il contributo nelle forze resistenti dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro, ed il contributo stabilizzante dovuta ad una eventuale porzione di sovraccarico accidentale che insiste sullo sbalzo di monte della fondazione.

Parametri caratteristici del terreno

Angolo di attrito	ϕ'_k	30 °
Coesione drenata	c'_k	0 kN/m ²
Peso specifico terreno asciutto	γ'_k	20 kN/m ³
Peso specifico terreno sotto falda	γ_k	20 kN/m ³

Geometria fondazione

Profondità del piano di fondazione da p.c.	D	0,7 m
Profondità della falda da p.c.	D _w	10 m
Inclinazione del piano di fondazione	α	0 °
Larghezza della fondazione	B _x	1,20 m
Lunghezza della fondazione	B _y	6,00 m (zero: analisi per unità di lunghezza)
Area fondazione	A	7,20 m ²
Sottospinta idraulica	N _w	0 kN

Sollecitazioni sul piano di posa

Sollecitazioni A1 - STR	N _{Ed,STR}	321,30 kN
	V _{x,Ed,STR}	31,05 kN
	V _{y,Ed,STR}	0,00 kN (Valido solo per B _y ≠ 0)
	M _{yy,Ed,STR}	91,60 kNm
	M _{xx,Ed,STR}	0,00 kNm (Valido solo per B _y ≠ 0)
Sollecitazioni A2 - GEO	N _{Ed,GEO}	321,30 kN
	V _{x,Ed,GEO}	31,05 kN
	V _{y,Ed,GEO}	0,00 kN (Valido solo per B _y ≠ 0)
	M _{yy,Ed,GEO}	79,39 kNm
	M _{xx,Ed,GEO}	0,00 kNm (Valido solo per B _y ≠ 0)

Coefficienti materiale

		M1	M2
Coefficiente parziale tangente angolo di attrito	$\gamma_{\phi'}$	1	1,25
Coefficiente parziale coesione drenata	$\gamma_{c'}$	1	1,25
Coefficiente parziale peso specifico terreno	γ_{γ}	1	1

Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite

		R1	R2	R3
Capacità portante	γ_R	1	1	1,4
Scorrimento	γ_R	1	1	1,1

Dimensioni equivalenti della fondazione

Larghezza equivalente della fondazione - A1	B _x *,A1	0,63 m
Lunghezza equivalente della fondazione - A1	B _y *,A1	6,00 m
Area equivalente fondazione	A*,A1	3,78 m ²
Larghezza equivalente della fondazione - A2	B _x *,A2	0,71 m
Lunghezza equivalente della fondazione - A2	B _y *,A2	6,00 m
Area equivalente fondazione	A*,A2	4,24 m ²

Parametri per verifica di capacità portante

Parametri capacità portante		A1+M1	A2+M2
Fattori geometrici	m_B	1,91	1,89
	m_L	1,09	1,11
	θ	90,00	90,00
	m	1,91	1,89
Fattori di resistenza	N_q	18,40	10,43
	N_c	30,14	20,42
	N_y	20,09	8,71
Fattori di forma	S_q	1,05	1,05
	S_c	1,06	1,05
	S_y	0,97	0,96
Fattori di inclinazione del carico	i_q	0,82	0,82
	i_c	0,81	0,81
	i_y	0,74	0,75
Fattori di inclinazione del piano di fondazione	b_q	1,00	1,00
	b_c	1,00	1,00
	b_y	1,00	1,00
Sovraccarico lato fondazione	q'	14,00	14,00

Verifica allo scorrimento (si trascura l'effetto stabilizzante della spinta passiva)

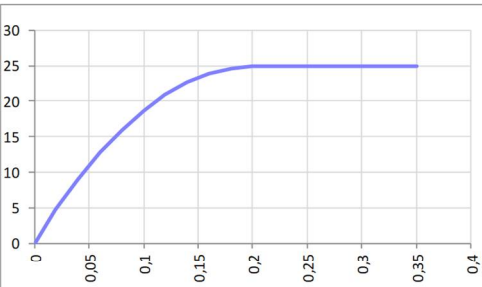
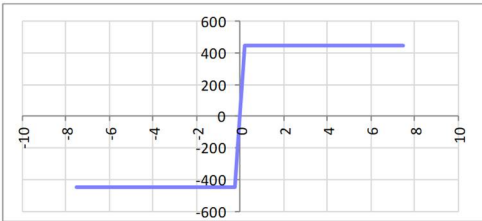
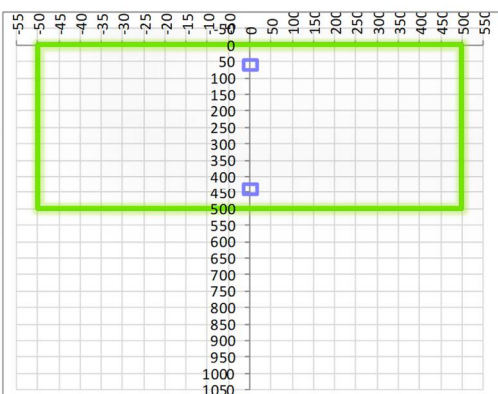
Approccio 1 - Combinazione 1	$V_{Rd, A1+M1+R1}$	185,50 kN	
Verifica	$V_{Ed,STR}/V_{Rd}$	0,17	Verifica soddisfatta
Approccio 1 - Combinazione 2	$V_{Rd, A2+M2+R2}$	148,40 kN	
Verifica	$V_{Ed,GEO}/V_{Rd}$	0,21	Verifica soddisfatta
Approccio 2	$V_{Rd, A1+M1+R3}$	168,64 kN	
Verifica	$V_{Ed,STR}/V_{Rd}$	0,18	Verifica soddisfatta

Verifica di capacità portante

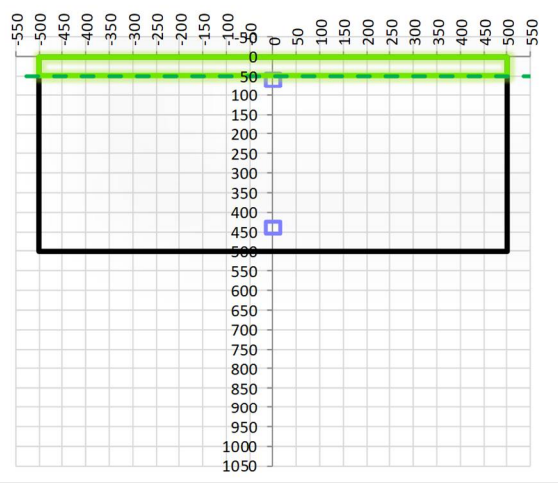
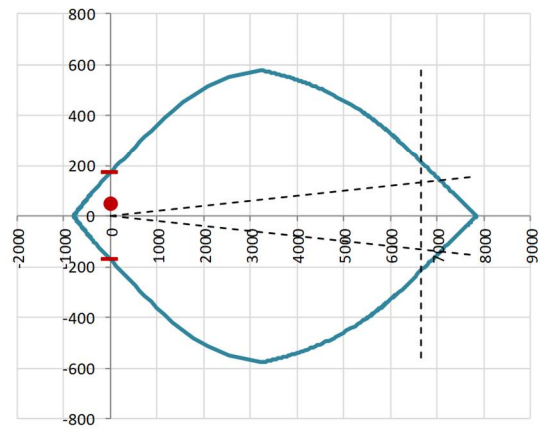
Approccio 1 - Combinazione 1	Rk/A'	314,64 kN	
	$NRd, A1+M1+R1$	1189,02	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,27	Verifica soddisfatta
Approccio 1 - Combinazione 2	Rk/A'	170,60 kN	
	$NRd, A2+M2+R2$	722,49	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,44	Verifica soddisfatta
Approccio 2	Rk/A'	314,64 kN	
	$NRd, A1+M1+R3$	849,30	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,38	Verifica soddisfatta

8.6. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio – Fondazione

8.6.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI				
Calcestruzzo:				
Classe	C25/30			
R_{ck}	30,00 N/mm ²			
f_{ck}	24,90 N/mm ²			
f_{cm}	32,90 N/mm ²			
f_{ctm}	2,56 N/mm ²			
$f_{ctk,0,05}$	1,79 N/mm ²			
$f_{ctk,0,95}$	3,33 N/mm ²			
f_{ctm}	3,07 N/mm ²			
E_{cm}	31447,16 N/mm ²			
E_{c2}	0,200 %			
E_{c3}	0,175 %			
E_{c4}	0,070 %			
E_{cu}	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
Acciaio:				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
f_{yk}	450 N/mm ²			
f_{tk}	540 N/mm ²			
E_s	200000 N/mm ²			
ϵ_{su}	7,500 %			
				
Coefficiente di omogenizzazione:				
n, breve termine	6,06 = E_s/E_c			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,18			
n, lungo termine =	13,22 = E_s/E_{cm}			
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm}			
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm}			
	lungo termine			
	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
Sezione:				
B=	1000 mm			
H=	500 mm			
Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²
1	5,0	16	60	1005,3096
2	5,0	16	440	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
				
Armatura di ripartizione:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²
superiore	5,0	12	46	565,48668
inferiore	5,0	12	454	565,48668

8.6.2. Verifica allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{ck}/γ_c		16,60 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
ϵ_{yd}		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione		NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
STR		0,0	49,73	7841,76	-786,76	171,60	-171,60	29%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				Fibre compresse		Superiori																																															
				$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm ²																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-2,81	%																																															
				d=	440,00	mm																																															
				x=	48,71	mm																																															
				x/d=	0,11																																																
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90ee90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90ee90;"> <td>STR</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0,0</td> <td style="text-align: center;">49,7</td> </tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #90ee90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	STR	0	0,0	49,7																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
STR	0	0,0	49,7																																																		

8.6.3. Verifica allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	500 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	16	60	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A_s	1005 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	60 mm			

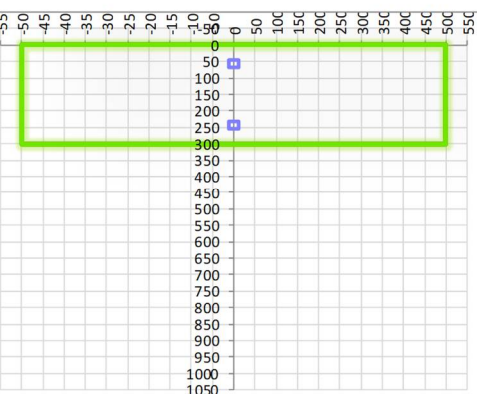
SOLLECITAZIONI		
Load Case		STR
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	89,12 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	440 mm
Coefficiente	k	1,67
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,23%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm ²
	v_{min}	0,38 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	166,47 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	166,47 kN
Verifica		0,54 <i>Verifica soddisfatta</i>

8.6.4. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE							
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)					
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)					
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)					
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)					
CRITERI DI VERIFICA							
<i>Fessurazione</i>							
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive					
	Aggressive						
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili					
	Poco sensibile						
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	Limite σ_c / f_{ck}	Limite σ_s / f_{yk}	$\sigma_{c,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]			
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50			
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50			
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)							
<i>Fessurazione</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR	0,0	30,04	Msd<Mf	0,200	98,11	-
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]	
Quasi permanente	QP	0,0	38,25	-1,75	93,96	-9,92	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR	0,0	30,04	-1,38	73,79	-7,79	Sezione parzializzata

8.7. Caratteristiche geometriche della sezione - Piedritto**8.7.1. Caratteristiche geometriche della sezione**

CARATTERISTICHE MATERIALI					
Calcestruzzo:					
Classe	C25/30				
R_{ck}	30,00 N/mm ²				
f_{ck}	24,90 N/mm ²				
f_{cm}	32,90 N/mm ²				
f_{ctm}	2,56 N/mm ²				
$f_{ctk,0,05}$	1,79 N/mm ²				
$f_{ctk,0,95}$	3,33 N/mm ²				
f_{ctm}	3,07 N/mm ²				
E_{cm}	31447,16 N/mm ²				
ϵ_{c2}	0,200 %				
ϵ_{c3}	0,175 %				
ϵ_{c4}	0,070 %				
ϵ_{cu}	0,350 %				
n	2,000				
tipo cemento	N				
Acciaio:					
Classe	B450C				
Tipologia comportament	EL-PL				
$k = (f_t/f_y)_k$	1				
f_{yk}	450 N/mm ²				
f_{tk}	540 N/mm ²				
E_s	200000 N/mm ²				
ϵ_{su}	7,500 %				
Coefficiente di omogenizzazione:					
n, breve termine	6,06 = E_s/E_c				
umidità relativa	75 %				
giorno app. carico	15 giorni				
periodo lungo termine	50 anni				
coefficiente di viscosità	2,26				
n, lungo termine =	13,67 = E_s/E_{cm}				
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm}	lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm}	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE					
Sezione:					
B=	1000 mm				
H=	300 mm				
Armature:					
Pos.	n° barre	ϕ mm	y_i mm		A_s mm ²
1	5,0	12	56		565,48668
2	5,0	12	244		565,48668
3					0
4					0
5					0
6					0
7				0	
8				0	
9				0	
10				0	
Armatura di ripartizione:					
Pos.	n° barre	ϕ mm	y_i mm	A_s mm ²	
superiore	5,0	10	45	392,69908	
inferiore	5,0	10	255	392,69908	

Doc. N.

Progetto
INOR

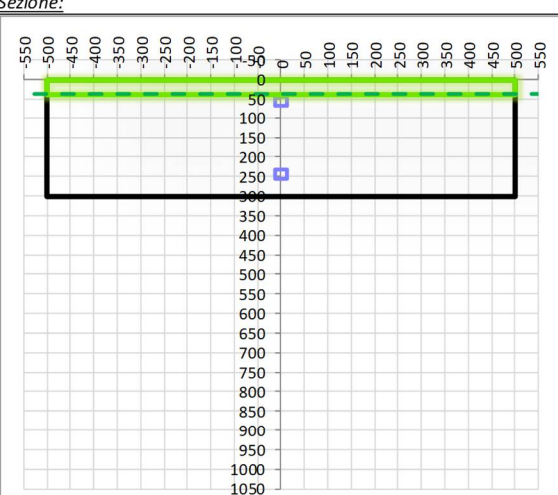
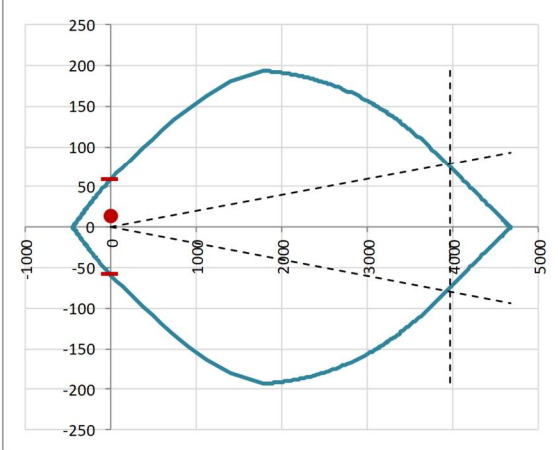
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL FA51 05 002

Rev.
A

Foglio
40 di 61

8.7.2. Verifica allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}	0,85																																																				
γ_c	1,50																																																				
f_{ck}/γ_c	16,60 N/mm ²																																																				
$f_{ct,eff}$	2,13 N/mm ²	$=f_{ctm} / 1,2$																																																			
Acciaio																																																					
γ_s	1,15																																																				
f_{yd}	391,30 N/mm ²																																																				
ϵ_{yd}	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione		<i>NSd</i> [kN]	<i>MSd</i> [kNm]	<i>NRd+</i> [kN]	<i>NRd-</i> [kN]	<i>MRd+</i> [kNm]	<i>MRd-</i> [kNm]	<i>MSd/MRd</i>																																													
STR		0,0	12,68	4675,55	-442,55	58,78	-58,78	22%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				Fibre compresse $\sigma_{c,max}$ = 14,11 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,95 % <i>d</i> = 244,00 mm <i>x</i> = 37,07 mm <i>x/d</i> = 0,15																																																	
				Superiori																																																	
				$\sigma_{c,max}$ = 14,11 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,95 % <i>d</i> = 244,00 mm <i>x</i> = 37,07 mm <i>x/d</i> = 0,15																																																	
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th><i>NSd</i> [kN]</th> <th><i>MSd</i> [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STR</td> <td>0</td> <td>0,0</td> <td>12,7</td> </tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	<i>NSd</i> [kN]	<i>MSd</i> [kNm]	STR	0	0,0	12,7																																				
Combinazione	fram/nodo	<i>NSd</i> [kN]	<i>MSd</i> [kNm]																																																		
STR	0	0,0	12,7																																																		

8.7.3. Verifica allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	300 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	12	56	565
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A_s	565 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	56 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		STR
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	5,18 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	244 mm
Coefficiente	k	1,91
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,23%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm ²
	v_{min}	0,46 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	112,08 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	112,08 kN
Verifica		0,05 <i>Verifica soddisfatta</i>

8.7.4. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE							
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)					
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)					
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)					
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)					
CRITERI DI VERIFICA							
<u>Fessurazione</u>							
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive					
	Aggressive						
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili					
	Poco sensibile						
<u>Tensioni in esercizio</u>							
Combinazione	Limite σ _c / fck	Limite σ _s / fyk	σ _{c,max} [N/mm ²]	σ _{s,max} [N/mm ²]			
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50			
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50			
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)							
<u>Fessurazione</u>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR	0,0	5,07	Msd<Mf	0,200	34,11	-
<u>Tensioni in esercizio</u>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	σ _{c,min} [N/mm ²]	σ _{s,max} [N/mm ²]	σ _{s,min} [N/mm ²]	
Quasi permanente	QP	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	Sezione interamente tesa
Caratteristica	CAR	0,0	5,07	-0,80	39,82	-0,08	Sezione parzializzata

9. PLINTO A “BICCHIERE”

9.1. Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 NTC08

L'analisi dei plinti è stata condotta attraverso la procedura analitica con riferimento ad una porzione di parete di larghezza unitaria.

9.2. Geometria delle strutture e schemi strutturali

Il plinto per la palina H=9.00m è costituito da una fondazione di dimensioni in pianta 1.30 x 1.30m di spessore 0.30m e pareti di altezze 1.10m e spessore 0.20m; nel plinto sarà collocato un palo di altezza 9.00m.

Il plinto per lettori badge è costituito da una fondazione di dimensioni in pianta 1.00 x 1.00m di spessore 0.30m e pareti di altezze 0.55m e spessore 0.15m.

Le analisi strutturali vengono effettuate secondo i criteri di calcolo di seguito descritti, ed individuando le sezioni di calcolo maggiormente significative.

Si riportano solo i calcoli relativi al plinto per la palina H=9.00m che involuppano anche quelli per il plinto per lettori badge.

9.3. Analisi dei carichi

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tali carichi elementari saranno opportunamente combinati secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$

9.3.1. Peso proprio strutture (Load 1)

- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.}$

- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.}$

9.3.2. Azione del vento (Load 2)

Per quanto riguarda l'azione del vento, in riferimento al paragrafo 3.3 delle NTC, per una Zona 1, categoria di esposizione del sito IV e coefficiente di rugosità B, si ottiene:

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s} \quad (a_s < a_0 = 1000 \text{ m per la Zona 1})$$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 0.5 \times 1.25 \text{ kg/m}^3 \times 25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 390.62 \text{ N/m}^2$$

$$c_e (z_{\min} = 8\text{m}) = 1.634 \quad (k_r = 0.22; c_t = 1; z = 4.50\text{m} < z_{\min} = 8\text{m})$$

$$c_e (z_{\max} = 9\text{m}) = 1.71$$

$$c_p = 2.4$$

$$c_d = 1.0$$

$$p_{\text{vento,max}} = 390.62 \times 1.71 \times 2.4 \times 1.00 = 1603.10 \text{ N/m}^2 = \mathbf{1.60 \text{ kPa}}$$

9.3.3. Azione sismica (Load 3)

Si trascurano le azioni sismiche in quanto non dimensionante ai fini strutturali.

9.3.4. Riepilogo carichi sollecitanti

Load 1	Piedritti	5,00	kN/m ²
	Soletta inferiore	7,50	kN/m ²
Load 2	p _v	0,77	kN/m ²

9.4. Combinazione dei carichi

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

I valori numerici riportati nelle colonne della seguente tabella di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata.

CC	P.P.	VENTO
LOAD	1	3
1_SLU	1.3	1.5
3_QP	1.0	0
4_CAR	1.0	1.0

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime ottenute:

	V fondazione [kN/m]	M fondazione [kNm/m]
STR	64,53	41,94
QP	-	32,27
CAR	-	21,53

9.5. Verifiche globali

9.5.1. Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta del vento per il braccio. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione.

Con la condizione più gravosa dell'Approccio 1 – Comb. 2, si ha:

$M_{r,d} = 24,62$ kNm (momento ribaltante)

$M_{s,d} = 29,82$ kNm (momento stabilizzante)

$\eta_R = M_{r,d} / M_{s,d} = 1.21 > 1.0$

La verifica risulta soddisfatta.

9.5.2. Verifica a scorrimento e capacità portante

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_s}{F_r} \geq \eta_s$$

La forza che interviene nella F_s è la componente parallela al piano di fondazione della spinta del vento.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \times \text{tg}\delta_f + c_a B_r$$

Si esclude, a favore di sicurezza, il contributo nelle forze resistenti dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro, ed il contributo stabilizzante dovuta ad una eventuale porzione di sovraccarico accidentale che insiste sullo sbalzo di monte della fondazione.

Parametri caratteristici del terreno

Angolo di attrito	ϕ'_k	30 °
Coesione drenata	c'_k	0 kN/m ²
Peso specifico terreno asciutto	γ'_k	20 kN/m ³
Peso specifico terreno sotto falda	γ_k	20 kN/m ³

Geometria fondazione

Profondità del piano di fondazione da p.c.	D	1,4 m
Profondità della falda da p.c.	D _w	10 m
Inclinazione del piano di fondazione	α	0 °
Larghezza della fondazione	B _x	1,30 m
Lunghezza della fondazione	B _y	1,30 m (zero: analisi per unità di lunghezza)
Area fondazione	A	1,69 m ²
Sottospinta idraulica	N _w	0 kN

Sollecitazioni sul piano di posa

Sollecitazioni A1 - STR	N _{Ed,STR}	51,86 kN
	V _{x,Ed,STR}	4,15 kN
	V _{y,Ed,STR}	0,00 kN (Valido solo per B _y ≠ 0)
	M _{yy,Ed,STR}	24,61 kNm
	M _{xx,Ed,STR}	0,00 kNm (Valido solo per B _y ≠ 0)
Sollecitazioni A2 - GEO	N _{Ed,GEO}	51,86 kN
	V _{x,Ed,GEO}	3,60 kN
	V _{y,Ed,GEO}	0,00 kN (Valido solo per B _y ≠ 0)
	M _{yy,Ed,GEO}	21,33 kNm
	M _{xx,Ed,GEO}	0,00 kNm (Valido solo per B _y ≠ 0)

Coefficienti materiale

		M1	M2
Coefficiente parziale tangente angolo di attrito	$\gamma_{\phi'}$	1	1,25
Coefficiente parziale coesione drenata	$\gamma_{c'}$	1	1,25
Coefficiente parziale peso specifico terreno	γ_{γ}	1	1

Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite

		R1	R2	R3
Capacità portante	γ_R	1	1,8	2,3
Scorrimento	γ_R	1	1,1	1,1

Dimensioni equivalenti della fondazione

Larghezza equivalente della fondazione - A1	B _x [*] ,A1	0,35 m
Lunghezza equivalente della fondazione - A1	B _y [*] ,A1	1,30 m
Area equivalente fondazione	A [*] ,A1	0,46 m ²
Larghezza equivalente della fondazione - A2	B _x [*] ,A2	0,48 m
Lunghezza equivalente della fondazione - A2	B _y [*] ,A2	1,30 m
Area equivalente fondazione	A [*] ,A2	0,62 m ²

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL FA51 05 002Rev.
AFoglio
47 di 61**Parametri per verifica di capacità portante**

Parametri capacità portante		A1+M1	A2+M2
Fattori geometrici	m_B	1,79	1,73
	m_L	1,21	1,27
	θ	90,00	90,00
	m	1,79	1,73
Fattori di resistenza	N_q	18,40	10,43
	N_c	30,14	20,42
	N_y	20,09	8,71
Fattori di forma	S_q	1,13	1,15
	S_c	1,14	1,17
	S_y	0,92	0,89
Fattori di inclinazione del carico	i_q	0,86	0,88
	i_c	0,85	0,87
	i_y	0,79	0,82
Fattori di inclinazione del piano di fondazione	b_q	1,00	1,00
	b_c	1,00	1,00
	b_y	1,00	1,00
Sovraccarico lato fondazione	q'	28,00	28,00

Verifica allo scorrimento (si trascura l'effetto stabilizzante della spinta passiva)

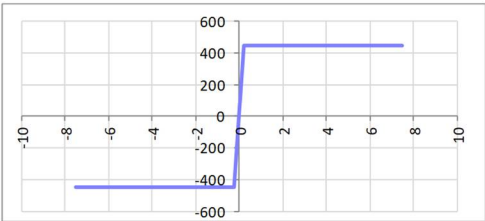
Approccio 1 - Combinazione 1	$V_{Rd} A1+M1+R1$	29,94 kN	
Verifica	$V_{Ed,STR}/V_{Rd}$	0,14	Verifica soddisfatta
Approccio 1 - Combinazione 2	$V_{Rd} A2+M2+R2$	21,77 kN	
Verifica	$V_{Ed,GEO}/V_{Rd}$	0,17	Verifica soddisfatta
Approccio 2	$V_{Rd} A1+M1+R3$	27,22 kN	
Verifica	$V_{Ed,STR}/V_{Rd}$	0,15	Verifica soddisfatta

Verifica di capacità portante

Approccio 1 - Combinazione 1	Rk/A'	555,07 kN	
	$NRd A1+M1+R1$	253,13	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,20	Verifica soddisfatta
Approccio 1 - Combinazione 2	Rk/A'	327,99 kN	
	$NRd A2+M2+R2$	113,08	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,46	Verifica soddisfatta
Approccio 2	Rk/A'	555,07 kN	
	$NRd A1+M1+R3$	110,06	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,47	Verifica soddisfatta

9.6. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

9.6.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI				
Calcestruzzo:				
Classe	C25/30			
R_{ck}	30,00 N/mm ²			
f_{ck}	24,90 N/mm ²			
f_{cm}	32,90 N/mm ²			
f_{ctm}	2,56 N/mm ²			
$f_{ctk,0,05}$	1,79 N/mm ²			
$f_{ctk,0,95}$	3,33 N/mm ²			
f_{ctm}	3,07 N/mm ²			
E_{cm}	31447,16 N/mm ²			
E_{c2}	0,200 %			
E_{c3}	0,175 %			
E_{c4}	0,070 %			
E_{cu}	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
Acciaio:				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
f_{yk}	450 N/mm ²			
f_{tk}	540 N/mm ²			
E_s	200000 N/mm ²			
ϵ_{su}	7,500 %			
				
Coefficiente di omogenizzazione:				
n, breve termine	6,06 = E_s/E_c			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,26			
n, lungo termine =	13,67 = E_s/E_{cm}			
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm}			
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm}			
	lungo termine			
	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
Sezione:				
B=	1000 mm			
H=	300 mm			
Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y_i mm	As mm²
1	5,0	16	64	1005,3096
2	5,0	16	236	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Armatura di ripartizione:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y_i mm	As mm²
superiore	5,0	16	48	1005,3096
inferiore	5,0	16	252	1005,3096
				

9.6.3. Verifica allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b	1000 mm		
Altezza	h	300 mm		
Barre tese	numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1	5	16	64	1005
strato2	0	0	0	0
strato3	0	0	0	0
strato4	0	0	0	0
strato5	0	0	0	0
Area barre tese	A_s	1005 mm ²		
Posizione della barra equivalente	c^*	64 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		STR
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	64,53 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	236 mm
Coefficiente	k	1,92
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,43%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm ²
	v_{min}	0,46 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	109,71 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	119,51 kN
Verifica		0,54 Verifica soddisfatta

9.6.4. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)						
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<i>Fessurazione</i>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	Aggressive							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	Poco sensibile							
<i>Tensioni in esercizio</i>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<i>Fessurazione</i>								
Combinazione	n. combinazione		N	M	w_d	w_{lim}	MO - Mf	
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]	
Caratteristica	CAR		0,0	21,53	Msd<Mf	0,200	35,15	-
<i>Tensioni in esercizio</i>								
Combinazione	n. combinazione		N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$	
			[kN]	[kNm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
Quasi permanente	QP		0,0	32,27	-4,24	151,83	-5,14	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR		0,0	21,53	-2,83	101,30	-3,43	Sezione parzializzata

10. PLINTO CANCELLO SCORREVOLE

10.1. Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 NTC08

L'analisi dei plinti e dei pilastri di sostegno dei cancelli scorrevoli è stata condotta attraverso la procedura analitica con riferimento ad una porzione di parete di larghezza unitaria.

10.2. Geometria delle strutture e schemi strutturali

I pilastri in c.a. hanno sezione di dimensione 0.40 x 0.40m e altezza 2.25m e plinto di dimensioni 1.20x1.20m e spessore 0.80m, sono tra loro collegati da cordoli aventi sezione 0.40 x 0.50m.

Le analisi strutturali vengono effettuate secondo i criteri di calcolo di seguito descritti, ed individuando le sezioni di calcolo maggiormente significative.

10.3. Analisi dei carichi

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Tali carichi elementari saranno opportunamente combinati secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$

10.3.1. Peso proprio strutture (Load 1)

- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.}$

- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.}$

10.3.2. Azione del vento (Load 2)

Per quanto riguarda l'azione del vento, in riferimento al paragrafo 3.3 delle NTC, per una Zona 1, categoria di esposizione del sito IV e coefficiente di rugosità B, si ottiene:

$$v_b = v_{b,0} = 25 \text{ m/s} \quad (a_s < a_0 = 1000 \text{ m per la Zona 1})$$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 0.5 \times 1.25 \text{ kg/m}^3 \times 25^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 390.62 \text{ N/m}^2$$

$$c_e (z_{\min} = 8\text{m}) = 1.634 \quad (k_r = 0.22; c_t = 1; z = 4.50\text{m} < z_{\min} = 8\text{m})$$

$$c_p = 1.2$$

$$c_d = 1.0$$

$$p_{\text{vento}} = 390.62 \times 1.634 \times 1.20 \times 1.00 = 765.93 \text{ N/m}^2 = \mathbf{0.77 \text{ kPa}}$$

10.3.3. Azione sismica (Load 3)

Si trascurano le azioni sismiche in quanto non dimensionante ai fini strutturali.

10.3.4. Riepilogo carichi sollecitanti

Load 1	Piedritti	4,00	kN/m
	Soletta inferiore	20,00	kN/m ²
Load 2	p _v	0,77	kN/m ²

10.4. Combinazione dei carichi

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

I valori numerici riportati nelle colonne della seguente tabella di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata.

C.C.	p.p.	VENTO
LOAD	1	3
1_SLU	1.3	1.5
3_QP	1.0	0
4_CAR	1.0	1.0

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime ottenute per ciascuna sezione tipologica:

	V fondazione [kN/m]	M fondazione [kNm/m]
STR	72,15	43,29
QP	-	29,52
CAR	-	30,04

10.5. Verifiche globali

10.5.1. Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta del vento per il braccio. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione.

Con la condizione più gravosa dell'Approccio 1 – Comb. 2, si ha:

$M_{r,d} = 4.60$ kNm (momento ribaltante)

$M_{s,d} = 42.89$ kNm (momento stabilizzante)

$\eta_R = M_{r,d} / M_{s,d} = 9.31 > 1.0$

La verifica risulta soddisfatta.

10.5.2. Verifica a scorrimento e capacità portante

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_s}{F_r} \geq \eta_s$$

La forza che interviene nella F_s è la componente parallela al piano di fondazione della spinta del vento.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \times \text{tg}\delta_f + c_a B_r$$

Si esclude, a favore di sicurezza, il contributo nelle forze resistenti dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro, ed il contributo stabilizzante dovuta ad una eventuale porzione di sovraccarico accidentale che insiste sullo sbalzo di monte della fondazione.

Parametri caratteristici del terreno

Angolo di attrito	ϕ'_k	30 °
Coesione drenata	c'_k	0 kN/m ²
Peso specifico terreno asciutto	γ'_k	20 kN/m ³
Peso specifico terreno sotto falda	γ_k	20 kN/m ³

Geometria fondazione

Profondità del piano di fondazione da p.c.	D	0,8 m
Profondità della falda da p.c.	D _w	10 m
Inclinazione del piano di fondazione	α	0 °
Larghezza della fondazione	B _x	1,20 m
Lunghezza della fondazione	B _y	1,20 m (zero: analisi per unità di lunghezza)
Area fondazione	A	1,44 m ²
Sottospinta idraulica	N _w	0 kN

Sollecitazioni sul piano di posa

Sollecitazioni A1 - STR	N _{Ed,STR}	37,80 kN
	V _{x,Ed,STR}	2,39 kN
	V _{y,Ed,STR}	0,00 kN (Valido solo per B _y ≠ 0)
	M _{yy,Ed,STR}	4,60 kNm
	M _{xx,Ed,STR}	0,00 kNm (Valido solo per B _y ≠ 0)
Sollecitazioni A2 - GEO	N _{Ed,GEO}	37,80 kN
	V _{x,Ed,GEO}	2,39 kN
	V _{y,Ed,GEO}	0,00 kN (Valido solo per B _y ≠ 0)
	M _{yy,Ed,GEO}	3,99 kNm
	M _{xx,Ed,GEO}	0,00 kNm (Valido solo per B _y ≠ 0)

Coefficienti materiale

		M1	M2
Coefficiente parziale tangente angolo di attrito	$\gamma_{\phi'}$	1	1,25
Coefficiente parziale coesione drenata	$\gamma_{c'}$	1	1,25
Coefficiente parziale peso specifico terreno	γ_{γ}	1	1

Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite

		R1	R2	R3
Capacità portante	γ_R	1	1,8	2,3
Scorrimento	γ_R	1	1,1	1,1

Dimensioni equivalenti della fondazione

Larghezza equivalente della fondazione - A1	B _x [*] ,A1	0,96 m
Lunghezza equivalente della fondazione - A1	B _y [*] ,A1	1,20 m
Area equivalente fondazione	A [*] ,A1	1,15 m ²
Larghezza equivalente della fondazione - A2	B _x [*] ,A2	0,99 m
Lunghezza equivalente della fondazione - A2	B _y [*] ,A2	1,20 m
Area equivalente fondazione	A [*] ,A2	1,19 m ²

Parametri per verifica di capacità portante

Parametri capacità portante		A1+M1	A2+M2
Fattori geometrici	m_B	1,56	1,55
	m_L	1,44	1,45
	θ	90,00	90,00
	m	1,56	1,55
Fattori di resistenza	N_q	18,40	10,43
	N_c	30,14	20,42
	N_y	20,09	8,71
Fattori di forma	S_q	1,40	1,35
	S_c	1,42	1,38
	S_y	0,76	0,75
Fattori di inclinazione del carico	i_q	0,90	0,90
	i_c	0,90	0,89
	i_y	0,85	0,85
Fattori di inclinazione del piano di fondazione	b_q	1,00	1,00
	b_c	1,00	1,00
	b_y	1,00	1,00
Sovraccarico lato fondazione	q'	16,00	16,00

Verifica allo scorrimento (si trascura l'effetto stabilizzante della spinta passiva)

Approccio 1 - Combinazione 1	$V_{Rd} A1+M1+R1$	21,82 kN	
Verifica	$V_{Ed,STR}/V_{Rd}$	0,11	Verifica soddisfatta
Approccio 1 - Combinazione 2	$V_{Rd} A2+M2+R2$	15,87 kN	
Verifica	$V_{Ed,GEO}/V_{Rd}$	0,15	Verifica soddisfatta
Approccio 2	$V_{Rd} A1+M1+R3$	19,84 kN	
Verifica	$V_{Ed,STR}/V_{Rd}$	0,12	Verifica soddisfatta

Verifica di capacità portante

Approccio 1 - Combinazione 1	Rk/A'	495,62 kN	
	$NRd A1+M1+R1$	568,80	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,07	Verifica soddisfatta
Approccio 1 - Combinazione 2	Rk/A'	257,84 kN	
	$NRd A2+M2+R2$	169,98	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,22	Verifica soddisfatta
Approccio 2	Rk/A'	495,62 kN	
	$NRd A1+M1+R3$	247,30	
Verifica	$N_{Ed,STR}/N_{Rd}$	0,15	Verifica soddisfatta

10.6. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

10.6.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI					
Calcestruzzo:					
Classe	C25/30				
R_{ck}	30,00 N/mm ²				
f_{ck}	24,90 N/mm ²				
f_{cm}	32,90 N/mm ²				
f_{ctm}	2,56 N/mm ²				
$f_{ctk,0.05}$	1,79 N/mm ²				
$f_{ctk,0.95}$	3,33 N/mm ²				
f_{ctm}	3,07 N/mm ²				
E_{cm}	31447,16 N/mm ²				
E_{c2}	0,200 %				
E_{c3}	0,175 %				
E_{c4}	0,070 %				
E_{cu}	0,350 %				
n	2,000				
tipo cemento	N				
Acciaio:					
Classe	B450C				
Tipologia comportament	EL-PL				
$k = (f_t/f_y)_k$	1				
f_{yk}	450 N/mm ²				
f_{tk}	540 N/mm ²				
E_s	200000 N/mm ²				
ϵ_{su}	7,500 %				
Coefficiente di omogenizzazione:					
n, breve termine	6,06 = E_s/E_c				
umidità relativa	75 %				
giorno app. carico	15 giorni				
periodo lungo termine	50 anni				
coefficiente di viscosità	2,13				
n, lungo termine =	12,90 = E_s/E_{cm}				
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm}	lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm}	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE					
Sezione:					
B=	1000 mm				
H=	800 mm				
Armature:					
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm		As mm ²
1	5,0	16	64		1005,3096
2	5,0	16	736		1005,3096
3					0
4					0
5					0
6					0
7				0	
8				0	
9				0	
10				0	
Armatura di ripartizione:					
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²	
superiore	5,0	16	48	1005,3096	
inferiore	5,0	16	752	1005,3096	

10.6.3. Verifica allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	16	64	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A_s	1005 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	64 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		STR
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	72,15 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	736 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,14%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm ²
	v_{min}	0,33 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	241,19 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	241,19 kN
Verifica		0,30 Verifica soddisfatta

10.6.4. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE							
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)					
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)					
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)					
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)					
CRITERI DI VERIFICA							
<i>Fessurazione</i>							
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive					
	Aggressive						
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili					
	Poco sensibile						
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	Limite σ_c / f_{ck}	Limite σ_s / f_{yk}	$\sigma_{c,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]			
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50			
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50			
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)							
<i>Fessurazione</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR	0,0	29,52	Msd<Mf	0,200	245,53	-
<i>Tensioni in esercizio</i>							
Combinazione	n. combinazione	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]	
Quasi permanente	QP	0,0	33,30	-0,67	47,93	-5,05	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR	0,0	29,52	-0,60	42,49	-4,48	Sezione parzializzata

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL FA51 05 002

Rev.
A

Foglio
61 di 61

11. RIFERIMENTI

11.1. Documenti referenziati

Rif. [1] Cepav due, documento n° INOR 12 E E2 RB RI58 00 001, intitolato "RI58 - RILEVATO LINEA AV/AC DA PK 143+829,891 A PK 144+899,891 - RELAZIONE GEOTECNICA".

11.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

11.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.