

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Direttore Tecnico:
Dot. Ing. Luca Bondanelli

Il Geologo:

N / A

PROGETTAZIONE DI:



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3581

A.T.I.:



Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

N/A

Progettista Responsabile Integratore, redattore e verificatore della
Impresa Pizzarotti & C. S.p.A. e IMPRESA PIZZAROTTI
Ing. Pietro Mazzoli
ISCRITTO ORDINE
INGEGNERI PARMA n.821

Titolo Elaborato:

**Asse Principale
Tombini Scatolari
Tombino Scatolare P2-BP-6-aperto 200x150 cm – cavalcavia P2-SP10 Cremona
Relazione tecnica e di calcolo**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	I	AP	TS	10	G	RE	001	B
B	30/01/2015	ISTRUTTORIA A15 NOVEMBRE 2014 ("I" indica le parti modificate con l'ultima revisione)				FRANCHINI		NIGRELLI		MAZZOLI	
A	06/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO				SILVESTRI		NIGRELLI		MAZZOLI	
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto		Controllato		Approvato	

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1	Conglomerato cementizio per sottofondazioni	6
3.2	Conglomerato cementizio per fondazioni ed elevazioni	6
3.3	Conglomerato cementizio per cordoli	6
3.4	Acciaio per cemento armato	7
3.5	Copriferro minimo e copriferro nominale	7
4	PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE	8
5	CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	9
5.1	Azioni sismiche	9
5.2	Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno.....	9
5.3	Combinazione dell'Azione sismica	9
6	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI	10
6.1	Pro_sap.....	10
7	CALCOLO E VERIFICA DEI MURI AD "U" DI ACCESSO AL TOMBINO.....	11
7.1	Geometria della struttura	11
7.2	Condizioni di carico elementari.....	12
7.2.1	Peso permanente della struttura.....	12
7.2.2	Spinta del terreno.....	12
7.2.3	Spinta del terreno in presenza di sovraccarico sul rilevato	12
7.2.4	Azione sismica.....	12
7.2.5	Condizioni elementari di carico agenti sulla struttura.....	13
7.3	Combinazioni di carico.....	14
7.4	Verifiche di resistenza ed a fessurazione	16
7.5	Calcolo sezione.....	18
7.5.1	Sezione del piedritto all'attacco fondazione	20
7.5.2	Sezione di fondazione all'attacco piedritto	25
8	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE	30
8.1	Sezione muro ad "u"	30
8.1.1	verifica in condizioni non drenate	32
8.1.2	verifica in condizioni drenate	33

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento dello scatolare idraulico e dei muri d'imbocco con sezione trasversale ad U dell'opera denominata "**P2-BP-6-aperto 200x150 cm – cavalcavia P2-SP10 Cremona**", prevista nell'ambito dei lavori per il Progetto Esecutivo del "Raccordo autostradale A15/A22 Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero Raccordo autostradale tra l'Autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto".

L'opera è costituita interamente da un muro ad U di dimensioni nette interne 2.00X1.50.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione del D. M. del 9 Gennaio 1996 sulle opere in cemento armato e del D.M. 4 Maggio 1990 sui ponti stradali.

L'opera ricade in zona sismica, pertanto, saranno applicate le azioni di rito previste dalla O.P.C.M. 3274 del 20 Marzo 2003 e successive integrazioni e modifiche, così come riportato nei capitoli successivi.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Le Normative di riferimento sono:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- Circolare 4 luglio 1996, n. 156AA.GG./STC – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
- D.M. 09.01.96 – “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. 04.05.90 – “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali” ed annesse “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”, di cui alla circolare ministero LL.PP. n. 34233 del 25.02.91
- CNR 10011/97 – Costruzioni in acciaio – Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- CNR 10016/2000 – Strutture composte di acciaio e calcestruzzo – Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni.
- O.P.C.M. 3274 20.03.2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 03 dicembre 1987 – Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- Circ. Min. LL.PP. 16 marzo 1989 n°31104 – Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Norma Italiana UNI EN 1794-1 “Dispositivi per la riduzione del rumore del traffico stradale – Prestazioni non acustiche”.
- Eurocodice 2 / UNI ENV 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici” come previsto dal D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) RIPORTATO NEL d.m. 09.01.96.
- Eurocodice 3 / UNI ENV 1993-1-1 “Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici” come previsto dal D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) riportato nel D.M. 09.01.96
- UNI EN 206-1:2001 “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”. - Istruzioni FF.SS. 2 giugno 1995 (testo aggiornato al 1997) – Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo.
- Istruzioni FF.SS.44/b (testo aggiornato) – Istruzioni tecniche per manufatti sotto binario da costruire in zona sismica.

- Eurocodice 2 EN 1992-i – Progettazione delle strutture di calcestruzzo e relativi DAN.
- Eurocodice 3 EN 1193-i – Progettazione delle strutture di acciaio e relativi DAN.
- Eurocodice 7 EN 1997-i – Progettazione geotecnica e successivi e relativi DAN.
- Eurocodice 8 EN 1998-i – Progetto delle strutture resistenti al sisma e relativi DAN.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

3.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER SOTTOFONDAZIONI

Classe	C12/15
Contenuto minimo di cemento	150 kg/mc

3.2 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER FONDAZIONI ED ELEVAZIONI

Classe	C28/35
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 35 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = f_{ck}/1,5 = 18,66 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,27 * \sqrt[3]{R_{ck}^2} = 2,89 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm} = 2,02 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 16.80 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 12.60 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XC3+XF2
Classe di consistenza	S4

3.3 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER CORDOLI

Classe	C32/40
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = f_{ck}/1,5 = 21.33 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,27 * \sqrt[3]{R_{ck}^2} = 3.15 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm} = 2,21 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 19.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 14.40 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XC4+XD1+XF2
Classe di consistenza	S4/S5

3.4 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

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

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450/1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$
Deformazione caratteristica al carico massimo	$\epsilon_{uk} = 7,5 \%$
Deformazione di progetto	$\epsilon_{ud} = 6,75 \%$

3.5 COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE

Ai fini 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 somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari ad almeno 10 mm. Considerata la Classe di esposizione ambientale dell'opera, si adotta un copriferro minimo pari a 40mm, pertanto $c_{nom}=50$ mm, valore valido per tutte le parti di struttura.

4 PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche dei terreni presenti in corrispondenza dell'opera.

I parametri necessari a definire le caratteristiche del terreno ai fini del calcolo delle strutture sono di seguito riportati:

Strato di ricoprimento e di rinfianco

Descrizione	Terreno di ricoprimento	
Spessore dello strato	1.20	[m]
Peso di volume	20.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	35.00	[°]
Coesione	0.000	[N/mm ²]

5 CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

In ottemperanza all'Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 e successive integrazioni e modifiche (**Ordinanze n. 3316, 3431, 3519**), **le verifiche vengono condotte secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite.**

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti, sono calcolate in regime di spinta a riposo; per il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni così come riportato nel § 4.4.3 dell'ordinanza ministeriale, l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato come:

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

Il punto di applicazione è posto $h_{tot} / 2$, con "h_{tot}" altezza del paramento su cui agisce la spinta delle terre.

La struttura a realizzarsi deve conservare sotto l'azione sismica il suo comportamento elastico, quindi senza innesco di sistemi dissipativi (cerniere plastiche stabili).

Il punto di applicazione è posto $h_{tot} / 2$, con "h_{tot}" altezza del paramento su cui agisce la spinta delle terre.

5.1 AZIONI SISMICHE

Come si evince dal documento "Relazione Sismica" tutti i comuni interessati dal tracciato della nuova infrastruttura sono stati attribuiti alla zona sismica 3, per cui l'accelerazione di progetto è pari a $a_g = 0,15$ g.

5.2 CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEL TERRENO

I terreni interessati dal tracciato della nuova infrastruttura sono classificabili come terreni di tipo C a partire dal piano campagna, talora come tipo B. Il parametro S può essere assunto pari a 1.25

5.3 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_1 \times E + G_k + P_k$$

dove $\gamma_1 = 1.30$

6 PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI

6.1 PRO_SAP

Il calcolo dello scatolare viene condotto con il programma PRO_SAP (prodotto dalla 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l. P.tta Schiatti 8/b 44100 Ferrara).

L'analisi strutturale e' condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo BEAM (trave)
- Elemento tipo BOUNDARY (molla)
- Elemento tipo STIFFNESS (matrice di rigidezza)

Il codice di calcolo adottato e' ALGOR SUPERSAP prodotto dalla ALGOR INTERACTIVE SYSTEMS, Inc. Pittsburgh, PA, USA.

Il programma SUPERSAP applica il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare delle stesse.

Si sottolinea che il solutore ALGOR SUPERSAP e' stato sottoposto, con esito positivo e relativa certificazione, ai test NAFEMS (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards in Inghilterra).

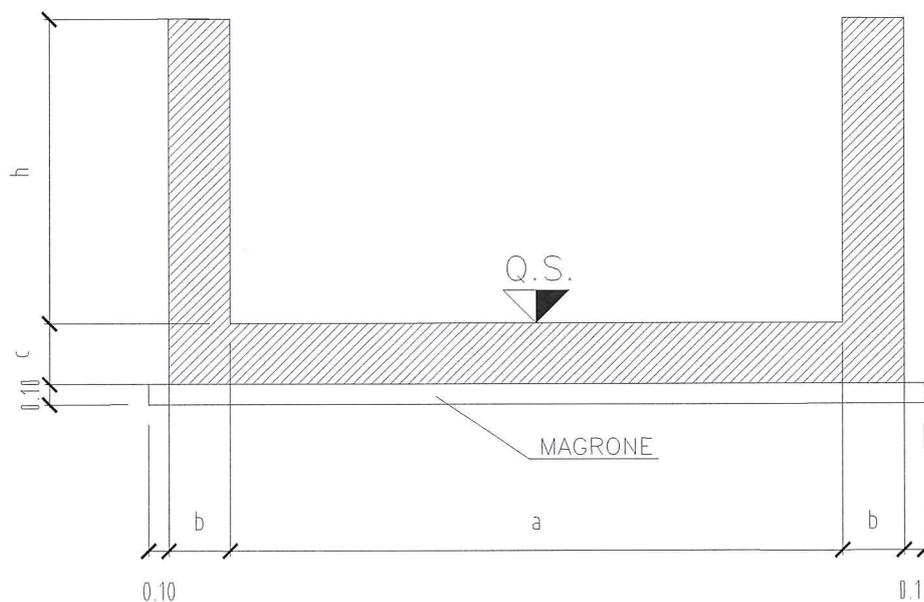
Si sottolinea inoltre che solutore ALGOR SUPERSAP e' soggetto ad attivita' di controllo ai sensi della QA (quality assurance), condizione essenziale per l'utilizzo dei codici di calcolo nell'ambito della progettazione nucleare ed off-shore.

7 CALCOLO E VERIFICA DEI MURI AD “U” DI ACCESSO AL TOMBINO

Nel presente capitolo, viene sviluppato il calcolo e la verifica degli elementi ad U di imbocco al tombino scatolare.

7.1 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La figura seguente mostra la geometria della sezione trasversale dei muri ad U oggetto della presente relazione.



Le sezioni significative ai fini del calcolo delle sollecitazioni sono elencate in tabella:

ALTEZZA MASSIMA MURO	ALTEZZA DI CALCOLO MURO	SPESSORE FONDAZIONE	SPESSORE PIEDRITTO
H = 1.50 m	h = 1.50 m	c = 0.30 m	b = 0.30 m

. Il canale ha altezza costante e dunque il calcolo verrà eseguito con riferimento all'altezza effettiva dei piedritti.

7.2 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

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

Vengono prese in considerazione n°5 Condizioni Elementari di carico (CDC1÷ CDC5), di seguito determinate.

Tali Condizioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

7.2.1 PESO PERMANENTE DELLA STRUTTURA

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: 25 kN/m³

(Condizione Elementare CDC 1)

7.2.2 SPINTA DEL TERRENO

Le caratteristiche del terreno a ridosso del paramento:

$\gamma=20.00$ kN/m³ (peso di volume del terreno);

$c'=0.00$ Kpa;

$\varphi =35^\circ$

da cui risulta un coefficiente di spinta a riposo $\lambda_o = 0.426$.

Si applicano, di conseguenza, i valori delle spinte secondo la profondità con

$$p_h = \lambda_o \gamma_t Z$$

e con il consueto diagramma trapezoidale delle pressioni orizzontali.

Si considera inoltre una spinta dell'acqua (falda esterna) sui piedritti fino ad una quota assunta a favore di sicurezza pari a 2/3 dell'altezza di calcolo del piedritto.

(Condizioni Elementari CDC 2)

7.2.3 SPINTA DEL TERRENO IN PRESENZA DI SOVRACCARICO SUL RILEVATO

Il sovraccarico accidentale che verrà considerato sul terreno ai fini del calcolo delle spinte si assume pari a 10 kN/m² per la condizione allo SLE e 20 kN/m² per la condizione allo SLU.

(Condizione Elementare CDC 3-4)

7.2.4 AZIONE SISMICA

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

$$F_h = P \cdot k_h$$

P = peso proprio;

k_h = coefficienti sismici, già definiti nel capitolo "Criteri di calcolo".

Nel caso di sisma orizzontale si considera la spinta derivante dall'oscillazione del cuneo di terreno spingente con l'applicazione del diagramma triangolare di pressioni, tipico dei muri di sostegno, avente la risultante

a 2/3 dell'altezza dalla base del piedritto. Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento alla ord. 3274 e s.m., in cui l'incremento di spinta sismica ΔP per la condizione a riposo viene valutato:

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

La risultante di tale incremento di spinta viene applicata ad $h/2$ del piedritto.

Ai fini delle azioni orizzontali, sui piedritti si considera il contributo della sovraspinta sismica dovuto al sisma oscillatorio e le spinte inerziali agenti sui piedritti.

La Spinta inerziale sui piedritti, variabile lungo l'altezza secondo lo spessore del paramento, sono date dell'espressione seguente:

$$k_h \cdot S_s \cdot \gamma_{cls} \cdot \gamma_i$$

$$k_h \cdot S_b \cdot \gamma_{cls} \cdot \gamma_i$$

dove S_s e S_b sono rispettivamente lo spessore di sommità e di base del piedritto e γ_{cls} il peso specifico del calcestruzzo assunto pari a 25 kN/m³.

La Sovraspinta sismica è uguale a $S \cdot a_g / g \cdot \gamma_{cls} \cdot h_{tot} \cdot \gamma_i$.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, si implementa un'apposita condizione di carico; tale condizione di carico che mette in conto i pesi permanenti, l'inerzia dei muri ed infine la sovraspinta sismica.

(Condizione Elementare CDC 5)

7.2.5 CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO AGENTI SULLA STRUTTURA

Si individuano tre condizioni di carico elementari, poi opportunamente combinate con i coefficienti parziali delle azioni, per la determinazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura:

a.1) Condizione per lo SLU (significativa per le verifiche del paramento e della fondazione nella sezione di attacco reciproco con trazione nelle fibre inferiori).

Azioni agenti: peso proprio del paramento, spinta del terreno, spinta della falda (dove presente), spinta del sovraccarico accidentale in esercizio.

a.2) Condizione per lo SLE (significativa per le verifiche del paramento e della fondazione nella sezione di attacco reciproco con trazione nelle fibre inferiori).

Azioni agenti: peso proprio del paramento, spinta del terreno, spinta della falda (dove presente), spinta del sovraccarico accidentale in fessurazione.

a.3) Condizione in fase di costruzione per lo SLU (significativa per le verifiche nella mezzera della fondazione con trazione nelle fibre superiori).

Azioni agenti: peso proprio della struttura (l'azione sollecitante è il peso proprio dell'elevazione).

Il calcolo delle citate azioni è riportata in apposite Tabelle riepilogative, di seguito riprodotte.

7.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le tipologie delle condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

CDC	Tipo	Sigla Id
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
2	Gk	CDC=Gk (spinta terre a riposo+spinta idraulica)
3	Qk	CDC=Qk (Sovraccarico su rilevato per SLE 10kN/m ²)
4	Qk	CDC=Qk (Sovraccarico su rilevato per SLU 20kN/m ²)
5	Qk	CDC=Qk (sisma)

I carichi caratteristici sopra elencati (CDC), al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro secondo i coefficienti di le combinazione definiti in tabella.

Azione	gruppo	g1	g2	g3	s1	s2	s3	s4	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9
<i>METODO TEN. AMMISSIBILI</i>																	
A I	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
A II	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	1	1	0	0	0,8*	0	1	1	1
A III	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	1	1	1	0	0,2	0	1	1	1
A IV	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	1	1	0	1	0,2	0	1	1	1
A V	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>STATI LIMITE DI ESERCIZIO FESSURAZIONE</i>																	
F I	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
F II	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	ψ1	Ψ1	0	0	0	0	0	0	0
F III	1	1	1	1(β1)	1	1	1	1	ψ2	Ψ2	0	0	0	0	0	0	0

Per ulteriori stati limite di esercizio valgono A I, A II, A III, A IV

STATI LIMITE ULTIMI

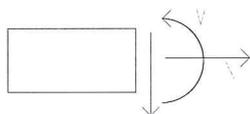
U I	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	0	0	0	0	0	0	1,5	1,5	1,5	(**)
U II	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,5	1,5	0	0	0	0	0,9	1,5	1,5	
U III	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,5	1,5	1,5	0	0,3	1,5	1,5			
U IV	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,5	1,5	0	1,5	0,3	1,5	1,5			

Le combinazioni utilizzate sono riassunte di seguito..

Cmb	Tipo	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5
1	SLU	1.5/1.00	1.5/1.00	0	1.5/1.00	0.0
2	SLE(A-FII)	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0
3	SLE(FI)	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0
4	SLE(FIII)	1.00	1.00	0.70	0.0	0.0
5	SISMA	1.00	1.00	0	0	1.00

I valori numerici riportati nelle colonne della tabella precedente indicano il coefficienti moltiplicativi con i quali le Condizioni Elementari sono considerate.

Le convenzioni adottate per le sollecitazioni di segno positivo sono le seguenti.



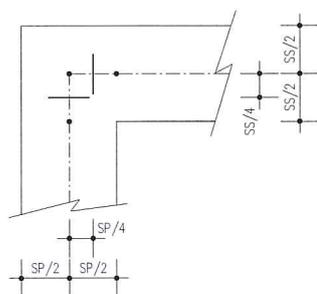
7.4 VERIFICHE DI RESISTENZA ED A FESSURAZIONE

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni per le aste più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

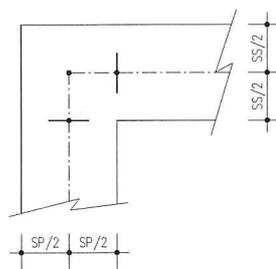
Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta di fondazione;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione ed a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.



VERIFICHE A FLESSIONE



VERIFICHE A FESSURAZIONE E TAGLIO

I calcoli di verifica per la condizione in esercizio sono effettuati con il metodo degli Stati Limite.

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

- a) Verifica di formazione delle fessure: in sezione interamente reagente e per le sollecitazioni di esercizio si determina la massima trazione nel calcestruzzo σ_{ct} confrontandola con la resistenza caratteristica a trazione per flessione f_{ctk} : se risulta $\sigma_{ct} < f_{ctk}$ la verifica è soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.
- b) Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure viene calcolata con le modalità indicate nel vigente D.M. LL.PP. relativo alle "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso, e per le strutture metalliche" (D.M. 9/01/1996), e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FI, FII ed FIII della normativa vigente sui ponti stradali (D.M. 4/05/1990). La massima apertura ammissibile risulta rispettivamente:

b.1) strutture poste a permanente contatto con il terreno:

Combinazione FI, FIII

$$w_k = c/c_{min} * w_1 \leq 1.5 * w_1 = 1.5 * 0.10 = 0.15 \text{ mm}$$

Combinazione FII

$$w_k = c/c_{min} * w_1 \leq 1.5 * w_1 = 1.5 * 0.20 = 0.30 \text{ mm}$$

(superfici esterne al muro ed intradosso soletta inferiore)

Verifica delle tensioni di esercizio: si eseguono per la condizione di carico Quasi Permanente e Rara, verificando rispettivamente che le tensioni di lavoro siano inferiori ai seguenti limiti:

per la condizione QP si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$;

per la condizione rara si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$, mentre quelle dell'acciaio $\sigma_s < 0.70 f_{yk}$

7.5 CALCOLO SEZIONE

Nella tabella seguente sono riportate le dimensioni significative e il calcolo delle azioni alla base del piedritto utilizzate per le verifiche strutturali del muro, ricavate utilizzando lo schema statico di mensola incastrata alla base. Paramento verticale all'attacco fondazione

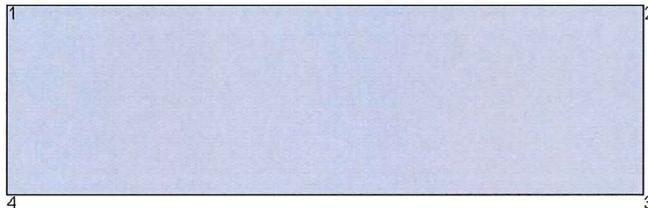
GEOMETRIA DEL MURO		(kN - m)
Altezza elevazione		1.500
Altezza terreno spingente da estradosso fondazione		1.380
Altezza battente d'acqua da estradosso fondazione di progetto		1.000
Spessore in sommità		0.300
Spessore alla base		0.300
Scarpa esterna		0.000
Semilarghezza netta interna		variabile
Sbalzo fondazione		0.200
Semilarghezza fondazione		1.500
Spessore fondazione		0.300
Spessore medio sovrastruttura stradale		0.000
Peso di volume sovrastruttura stradale		22.000
Quota della sezione di verifica		0.000
Spessore della sezione di verifica		0.300
Altezza al di sopra della sezione senza armatura integrativa		1.500
Quota terreno spingente al di sopra della sezione senza armatura integrativa		1.380
Altezza battente dell'acqua all'interno		0.000
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL TERRENO		
Angolo di attrito del terreno		35.000
Peso di volume terreno		20.000
Peso di volume terreno immerso		10.000
coefficiente di spinta a riposo		0.426
AZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO		
Sovraccarico sul terreno:		
	condizioni Slu	20.000
	condizioni Sle	10.000
Peso elevazione		11.250
Peso del terreno gravante su elevazione:		
	parte non immersa	1.520
	parte immersa	2.000
Spinta del terreno:		
	spinta del terreno	5.989
	spinta da sovraccarico Qe	11.769
	spinta da sovraccarico Qa	5.885
Spinta dell'acqua		5.000
Spinta dell'acqua interna		0.000
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO		
Pesi permanenti in costruzione		22.500
Pressione sul terreno in costruzione		15.000
Totale pesi permanenti in esercizio		26.020
Pressione sul terreno da permanenti in esercizio		17.347

Peso acqua interna all'opera		0.000
Totali pesi in esercizio		26.020
Pressione sul terreno totale in esercizio		17.347
SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO		
Sforzo normale		14.770
	Sforzo assiale fattorizzato slu	14.770
	Sforzo assiale fattorizzato sle freq.	14.770
	Sforzo assiale fattorizzato sle quasi perm.	14.770
	Sforzo assiale fattorizzato sle rara	14.770
Momento flettente		
	per eccentricità pesi elevazione	-0.300
	spinta terreno ed acqua	4.692
	totale azioni permanenti	4.392
	azioni permanenti e sovraccarico Qe	12.512
	azioni permanenti e sovraccarico Qe fattorizzato slu	18.769
	azioni permanenti e sovraccarico Qa fattorizzato sle freq.	7.234
	azioni permanenti e sovraccarico Qa fattorizzati sle quasi perm.	4.392
	azioni permanenti e sovraccarico Qa fattorizzati sle rara	8.452
Momento flettente con trasporto a sf/4 a base dell'elevazione:		
	condizione di esercizio	14.219
	condizione di esercizio fattorizzato slu	21.329
	condizione di esercizio fattorizzato sle freq.	8.367
	condizione di esercizio fattorizzato sle quasi perm	5.216
	condizione di esercizio fattorizzato sle rara	9.717
Taglio dovuto alle spinte		
	condizione di esercizio fattorizzato slu	33.239
	condizione di esercizio sle freq.	15.108
	condizione di esercizio sle quasi perm.	10.989
	condizione di esercizio sle rara	16.873
SISMA		
	Accelerazione orizzontale di picco al suolo ag	0.150
	Coefficiente amplific strat. Ss	1.250
	Fattore d'importanza	1.300
	Accelerazione massima a max	0.244
	Coefficiente β_m	1.000
	Coefficiente sismico orizzontale	0.244
	Coefficiente sismico verticale	
AZIONI SISMICHE ALLA BASE PIEDRITTO		
	Incremento di spinta sismica	9.284
	Incremento di spinta sismica distribuito	6.728
	Inerzia del terreno imbarcato	0.858
	Inerzia piedritto in sommità	1.828
	Inerzia del piedritto alla base	1.828
SOLLECITAZIONI SULLA BASE DEL PIEDRITTO IN SISMA		
	Momento dovuto all'inerzia piedritto alla base	2.057
	Momento dovuto all'inerzia terreno imbarcato alla base del piedritto	0.789
	Momento dovuto alla spinta terreno ed acqua	4.692

	Momento dovuto al sisma alla base del piedritto	6.406
	Totale dei momenti in sisma alla base piedritto	13.943
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto all'inerzia del piedritto	2.262
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto all'inerzia del terreno imbarcato	0.854
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto alla spinta del terreno ed acqua	5.246
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto al sisma	7.102
	Totale dei momenti in sisma ad sf/4	15.464
	Sforzo normale a base dell'elevazione comb. Sismica	14.770
	Momento alla base dell'elevazione comb sismica	13.943
	Momento con trasporto a sf/4 comb. Sismica	15.464
	Taglio comb. Sismica	23.015

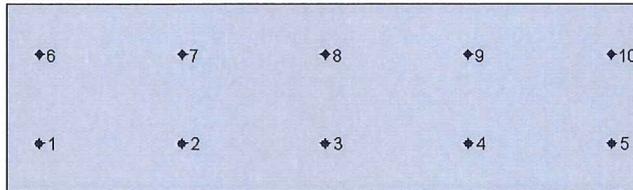
7.5.1 SEZIONE DEL PIEDRITTO ALL'ATTACCO FONDAZIONE

Verifiche a presso flessione



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0.0	30.0
2	100.0	30.0
3	100.0	0.0
4	0.0	0.0


Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	5.0	7.9	1.1	no
2	27.5	7.9	1.1	no
3	50.0	7.9	1.1	no
4	72.5	7.9	1.1	no
5	95.0	7.9	1.1	no
6	5.0	22.1	0.8	no
7	27.5	22.1	0.8	no
8	50.0	22.1	0.8	no
9	72.5	22.1	0.8	no
10	95.0	22.1	0.8	no

Normativa di riferimento:

D.M. 09/01/1996 - 'Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche'

Materiali:
Calcestruzzo classe: C28/35

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 350 daN/cm²

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 290 daN/cm²

fctm (resistenza a trazione media) = 29 daN/cm²

G (modulo di elasticità tangenziale) = 150545 daN/cm²

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 337220 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050

Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

f_{yk} (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²

f_{kt} (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²

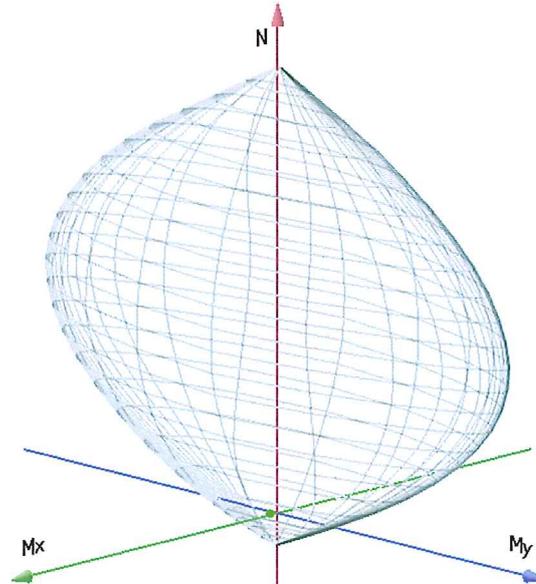
ε_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm²

E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm²

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
 Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
 Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:



Caratteristiche limite della sezione:

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-374.9	4.8	0.0	Completamente tesa
5304.9	-4.8	0.0	Completamente compressa
0.0	56.1	0.0	Fibre inferiori tese
0.0	-46.5	0.0	Fibre superiori tese
0.0	0.0	171.3	Fibre di sinistra tese
0.0	0.0	-171.3	Fibre di destra tese

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
 Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)
 Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)
 Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su Verif.
kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
114.8	21.3	0.0	P	42.6	61.5	0.0	0.350	OK
			M	5043.9	21.3	0.0	0.000	
			N	14.8	58.0	0.0	0.370	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su Verif.
kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
114.8	21.3	0.0	P	42.6	61.5	0.0	0.350	OK

114.8	21.3	0.0	M	5043.9	21.3	0.0	0.000	OK
114.8	21.3	0.0	N	14.8	58.0	0.0	0.370	OK

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 17400.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 315000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	9.7	0.0	14.8	-1779.6	0.10	67535.9	0.21

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.30$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	8.5	0.0	14.8	0.07	0.22

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.15$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
4 OK	7.2	0.0	14.8	0.05	0.37

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 13050.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Fessure: $W_{kL} = 0.15$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

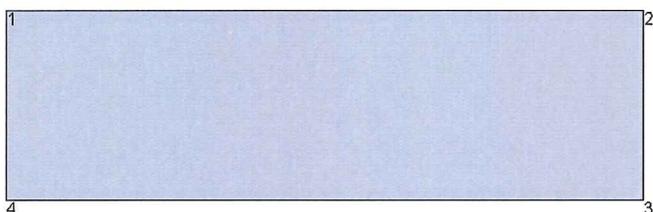
Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
5 OK	5.2	0.0	14.8	-918.5	0.07	0.03	0.23

Verifiche a taglio

V_{sdu}	33.24	kN
M_{sdu}	0	kNm
N_{sdu}	0	kN
M_0	0.000	kNm
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
bw	100	cm
d	22.1	cm
δ	1.000	
r	1.379	m
Asl	0	cm ²
c	10	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
Asw	0	cm ²
passo staffe	0	cm
f_{cd}	18.156	N/mm ²
f_{ctd}	1.263	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0000	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$VRd1$	96.196	kN

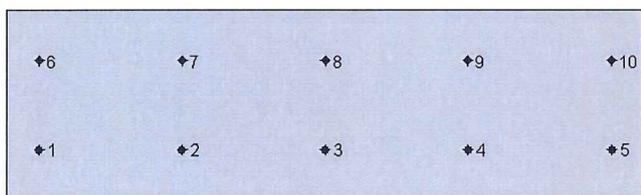
7.5.2 SEZIONE DI FONDAZIONE ALL'ATTACCO PIEDRITTO

Verifiche a presso flessione



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0.0	30.0
2	100.0	30.0
3	100.0	0.0
4	0.0	0.0



Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	5.0	7.9	1.1	no
2	27.5	7.9	1.1	no
3	50.0	7.9	1.1	no

4	72.5	7.9	1.1	no
5	95.0	7.9	1.1	no
6	5.0	22.1	0.8	no
7	27.5	22.1	0.8	no
8	50.0	22.1	0.8	no
9	72.5	22.1	0.8	no
10	95.0	22.1	0.8	no

Normativa di riferimento:

D.M. 09/01/1996 - 'Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche'

Materiali:

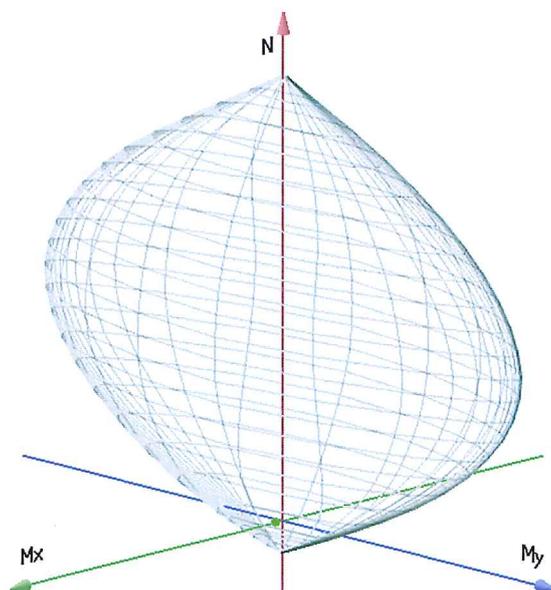
Calcestruzzo classe: C28/35

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 350 daN/cm²
fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 290 daN/cm²
fctm (resistenza a trazione media) = 29 daN/cm²
G (modulo di elasticità tangenziale) = 150545 daN/cm²
E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 337220 daN/cm²
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cm²
fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cm²
εuk (deformazione di rottura) = 0.075
G (modulo di elasticità tangenziale) = 793100 daN/cm²
E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm²
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
Peso specifico = 7850 daN/mc

Dominio SLU:


Caratteristiche limite della sezione:

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-374.9	4.8	0.0	Completamente tesa
5304.9	-4.8	0.0	Completamente compressa
0.0	56.1	0.0	Fibre inferiori tese
0.0	-46.5	0.0	Fibre superiori tese
0.0	0.0	171.3	Fibre di sinistra tese
0.0	0.0	-171.3	Fibre di destra tese

Verifiche stato limite ultimo:

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su Verif.
kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
111.0	21.3	0.0	P	30.9	60.1	0.0	0.350	OK
			M	5043.9	21.3	0.0	0.000	
			N	11.0	57.5	0.0	0.370	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su Verif.
kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
111.0	21.3	0.0	P	30.9	60.1	0.0	0.350	OK
111.0	21.3	0.0	M	5043.9	21.3	0.0	0.000	OK
111.0	21.3	0.0	N	11.0	57.5	0.0	0.370	OK

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS: $\sigma_{cL} = 17400.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Acciaio: $\sigma_{aL} = 315000.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_a/\sigma_{aL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	σ_a	σ_a/σ_{aL}
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
2 OK	9.7	0.0	11.0	-1797.7	0.10	71298.4	0.23

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.30$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
3 OK	8.5	0.0	11.0	0.07	0.24

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: $W_{kL} = 0.15$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
4 OK	7.2	0.0	11.0	0.06	0.40

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 13050.0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

Fessure: $W_{kL} = 0.15$ mm (verifica Ok per $W_k/W_{kL} < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
5 OK	5.2	0.0	11.0	-940.7	0.07	0.04	0.26

Verifiche a taglio

V_{sdu}	22.16	kN
M_{sdu}	0	kNm
N_{sdu}	0	kN
M_0	0.000	kNm
Rck	35	N/mm ²

fyk	450	N/mm ²
bw	100	cm
d	22.1	cm
δ	1.000	
r	1.379	m
Asl	0	cm ²
c	10	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
Asw	0	cm ²
passo staffe	0	cm
fcd	18.156	N/mm ²
fctd	1.263	N/mm ²
fyd	391.304	N/mm ²
ρ	0.0000	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
VRd1	96.196	kN

8 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

8.1 SEZIONE MURO AD "U"

Ai fini della verifica della portanza del terreno di fondazione non si ritengono significativi gli squilibri dovuti a spinte orizzontali non simmetriche quale l'eventuale sisma.

La valutazione della pressione trasmessa dall'opera al terreno di fondazione viene condotta con riferimento ad una porzione di muro di larghezza unitaria.

La verifica relativa alla portanza del terreno di fondazione viene condotta sia in condizione di costruzione dell'opera (in assenza di rinterri), sia in condizione di esercizio (dopo l'esecuzione dei rinterri) considerando i soli carichi permanenti.

Si riporta di seguito una tabella nella quale sono evidenziati gli sviluppi di calcolo che portano alla valutazione della pressione sul terreno sotto le ipotesi prima riportate.

a) Peso struttura	=	$((b+2*s_p)*s_f+2*s_p*h)*\gamma_{cls}$	=	42,0	kN
b) Peso acqua interna	=	$b*h*\gamma_w$	=	30,0	kN
peso permanente in esercizio	=	P_e	=	72,0	kN
pressione totale media sul terreno in esercizio	=	$P_e/(b+2*s_p)$	=	27,7	kPa

La verifica di capacità portante verrà eseguita considerando la caratterizzazione del terreno fornita dal progettista geotecnico.

Lungo lo sviluppo del tracciato si incontrano diverse tipologie di terreno, elencate di seguito:

Unità	eventuale discretizzazione nell'unità (con la profondità del banco)		Peso naturale di volume	c'	φ	Cu	E _s	E _{op} (E _{of} 10)
	prof. da p.c.	prof. da p.c.						
	m	m						
G1 _{sx}	0	15	19.0±20.5	0	40-46 (41)	-	500±850	50-85
	15	-->		0	38-43 (40)	-	850±1100	65-110
L _{sx}	-		19.0±20.5	0±5	28±30	30±80 (50)	100-200	10-20
A _{sx}	-		19.5±20.5	5±20	25±30	60±140 (110)	800±1200	80-100
G2 _{sx/dx}	-		19.0±19.8	0	38-43 (41)	-	1400±2000	120-150
L _{dx}	0	10	19.5±20.5	5±15	25±30	40±140 (70)	100±150	10-15
	10	-->				40±100 (60)		
A1 _{dx}	1	6	18.5±20.0	10±25	18±28	40±120 (80)	100±200	10-20
	6	10				60±150 (100)	250±400	25-40
	10	-->				40±100 (60)	200±250	20-25
G1 _{dx}	-		19.5±20.0	0	39-44 (42)	-	600±900	60-90
S _{dx}	15	18	18.5±20.0		31-38 (34)		250±500	25-50
	18	25	18.5±20.0					
	25	-->	20.0					
A2 _{dx}	-		19.5±20.0	15±25	22±28	60±160 (110)	800±1200	80-100

Il calcolo verrà eseguito a favore di sicurezza considerando il terreno avente le caratteristiche di portanza più scadenti tra quelle elencate, definito dalla tipologia L_{sx}.

La verifica viene condotta, conformemente a quanto prescritto dalla normativa, sia in condizioni non drenate che in condizioni drenate.

Di seguito si riportano le verifiche eseguite.

8.1.1 VERIFICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

DATI DI INPUT	
Larghezza della fondazione	2,60 m
Lunghezza della fondazione	1,00 m
Rapporto tra le lunghezze	0,38
Inclinazione della base	0,00 °
Sforzo normale	72,00 kN
Taglio in direzione larghezza	0,00 kN
Taglio in direzione lunghezza	0,00 kN
Mom. flett. in direzione larghezza	0,00 kNm
Mom. flett. in direzione lunghezza	0,00 kNm
Coesione non drenata	50,00 kPa
Pressione in superficie	0,00 kPa
Peso specifico totale del terreno latistante la fondazione	20,00 kN/mc
Approfondimento della fondazione	1,80 m
Pressione al piano di posa delle fondazioni	36,00 kPa
Eccentricità in direzione larghezza	0,00 m
Eccentricità in direzione lunghezza	0,00 m
Larghezza ridotta	2,60 m
Lunghezza ridotta	1,00 m
Coefficiente di sicurezza	2,50
Inclinazione fondazione	0,00 °
Inclinazione piano campagna	0,00 °

RISULTATI		
	Termine di coesione	Termine di profondità
$q_{lim} = c_u N_c s_c i_c b_c g_c + q$	$c_u = 50,00$	$q = 36,00$
Fattori di :		
capacità portante	Nc =	5,14
Fattori correttivi:		
forma	sc =	1,00
incl. del carico	ic =	1,00
incl. della fondazione	bc =	1,00
incl. piano campagna	gc =	1,00
Termini complessivi di :		
Coesione		257,08
Profondità		36,00
Pressione media (N/A') =	27,69	kPa
Pressione limite =	293,080	kPa
Pressione ammissibile: $P_{lim} / FS =$	117,232	kPa

Essendo la pressione ammissibile maggiore della pressione media, la verifica risulta soddisfatta.

8.1.2 VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE

DATI DI INPUT		
Larghezza della fondazione	B	2,60 m
Lunghezza della fondazione	L	1,00 m
Rapporto tra le lunghezze	B/L	0,38
Approfondimento della fondazione	D	1,80 m
Inclinazione della base		0,00 °
Sforzo normale		72,00 kN
Taglio in direzione larghezza		0,00 kN
Taglio in direzione lunghezza		0,00 kN
Mom. flett. in direzione larghezza		0,00 kNm
Mom. flett. in direzione lunghezza		0,00 kNm
Angolo di attrito del terreno		28,00 °
Coesione drenata		2,50 kPa
Peso specifico totale del terreno γ		20,00 kN/m ³
Profondità della falda da p.c. z_f		0,80 m
Distanza quota di falda - piano di imposta fondazione z_w		0,00 m
Peso specifico di calcolo γ'_c		10,00 kN/m ³
Pressione in superficie		0,00 kPa
Peso specifico del terreno latitante γ_{lat}		20,00 kN/m ³
Pressione al piano di posa delle fondazioni		36,00 kPa
Eccentricità in direzione larghezza		0,00 m
Eccentricità in direzione lunghezza		0,00 m
Larghezza ridotta		2,60 m
Lunghezza ridotta		1,00 m
Coefficiente di sicurezza		2,50
Inclinazione piano campagna		0,00 °

RISULTATI

	Termine di superficie	Termine di coesione	Termine di profondità
	$0.5 \cdot \gamma' \cdot B' = 13,00$	$c' = 2,50$	$q' = 36,00$
Fattori di :			
capacità portante	$N_\gamma = 16,72$	$N_c = 25,80$	$N_q = 14,72$
forma	$s_\gamma = 1,00$	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$
approfondimento	$d_\gamma = /$	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,21$
Fattori correttivi di :			
incl. del carico	$i_\gamma = 1,00$	$i_c = 1,00$	$i_q = 1,00$
incl. della base	$b_\gamma = 1,00$	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$
incl. piano campagna	$g_\gamma = 1,00$	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$
Termini complessivi di :			
Superficie	217,32		
Coesione	78,85		
Profondità	639,72		

Pressione media (N/A') =	27,69	kPa
Pressione ammissibile P_{lim} /FS=	374,36	kPa

Essendo la pressione ammissibile maggiore della pressione media, la verifica risulta soddisfatta

