

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:

[Signature]

Il Responsabile del Procedimento:

[Signature]

Il Presidente:

[Signature]

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

Il Direttore Tecnico:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Responsabile di Progetto

Il Geologo:

N/A

PROGETTAZIONE *Dott. Ing. Luca Bondanelli*



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 Integrazione Prestazioni Specialistiche:

Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 824

Ing. PIETRO MAZZOLI
IMPRESA PIZZAROTTI
SCENTO ORDINE
INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PARMA n. 824

Titolo Elaborato:

**Viabilità ordinaria e di adduzione all'Autostazione Trecasali - Terre Verdiane
Tombini Scatolari
Tombino Scatolare PV – BP – 10- 200x200cm – viabilità S.P. 10 Viarolo – R3 progr.
2+087.55
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	VO	TS	23	G	RE	001	B

Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE	Redatto	Controllato	Approvato
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

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
3.1	Conglomerato cementizio per sottofondazioni	7
3.2	Conglomerato cementizio per fondazioni ed elevazioni	7
3.3	Conglomerato cementizio per cordoli	7
3.4	Acciaio per cemento armato	8
3.5	Copriferro minimo e copriferro nominale	8
4	PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE	9
5	CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	10
5.1	Azioni sismiche	10
5.2	Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno.....	10
5.3	Combinazione dell'Azione sismica	10
6	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI	11
6.1	Pro_sap.....	11
7	ANALISI DELLO SCATOLARE	12
7.1	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	12
7.2	MODELLAZIONE ADOTTATA	13
7.3	ANALISI DEI CARICHI	15
7.3.1	Peso proprio e carichi permanenti portati	15
7.3.2	Spinta del terreno	17
7.3.3	Spinta falda interna allo scatolare	18
7.3.4	Carichi mobili verticali sulla soletta superiore.....	18
7.3.5	Frenatura	20
7.3.6	Spinta del sovraccarico sul rilevato	20
7.3.7	Azioni termiche.....	22
7.3.8	Ritiro	23
7.3.9	Azione sismica.....	24
8	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	26
8.1	Condizioni e combinazioni di carico.....	26
8.2	Schemi di carico.....	30
9	VERIFICHE DI RESISTENZA ED A FESSURAZIONE SCATOLARE.....	44
9.2	Soletta superiore.....	46
9.2.1	Attacco piedritto (asta 9).....	46
9.2.2	Mezzeria (asta 12).....	53
9.1	Soletta di fondazione	59
9.1.1	Attacco piedritto (asta 11).....	59

9.1.2	Mezzeria (asta 15).....	66
9.2	Piedritti	72
9.2.1	Attacco soletta superiore (asta 6).....	72
9.2.2	Attacco soletta inferiore (asta 2)	79
10	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI	86
11	CALCOLO E VERIFICA DEI MURI AD "U" DI ACCESSO AL TOMBINO.....	87
11.1	Geometria della struttura	87
11.2	Condizioni di carico elementari.....	88
11.2.1	Peso permanente della struttura	88
11.2.2	Spinta del terreno.....	88
11.2.3	Spinta del terreno in presenza di sovraccarico sul rilevato.....	88
11.2.4	Azione sismica	88
11.2.5	Condizioni elementari di carico agenti sulla struttura	89
11.3	Combinazioni di carico.....	90
11.4	Verifiche di resistenza ed a fessurazione	92
11.5	Calcolo sezione.....	94
11.5.1	Sezione del piedritto all'attacco fondazione	96
11.5.2	Sezione di fondazione all'attacco piedritto.....	101
12	VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE	106
12.1	Sezione scatolare	106
12.1.1	verifica in condizioni non drenate.....	108
12.1.2	verifica in condizioni drenate	109
12.2	Muri ad U	110

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento dello scatolare idraulico e dei muri d'imbocco con sezione trasversale ad U dell'opera denominata "**PV – BP – 10- 200x200cm – viabilità S.P. 10 Viarolo – R3 progr. 2+087.55**", 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 da un tombino idraulico di dimensioni nette interne 2.00x2.00 e da muri d'ala con sezione trasversale ad "U" di accesso al tombino.

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 $c_{nom}=50 \text{ mm}$, 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 rinfiacco

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.ta 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.

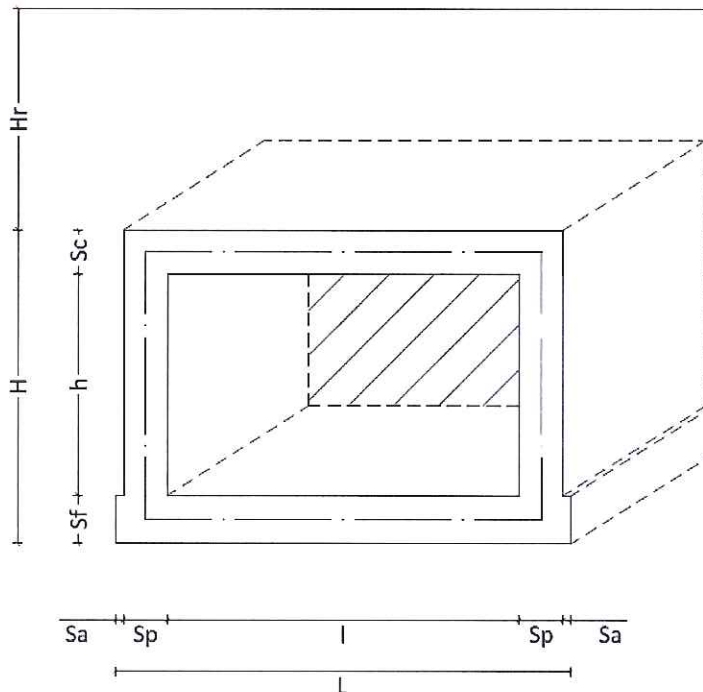
Si sottolinea che il solutore ALGOR SUPERSAP e' stato sottoposto, con esito positivo e relativa certificazione, ai test NAFEMS (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards in Inghilterra).

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 ANALISI DELLO SCATOLARE

7.1 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura:



Dimensioni geometriche (sezione in retto):

L	=	2,00	m
H	=	2,00	m
Hr	=	0,40	m
Sp	=	0,30	m
Ss	=	0,30	m
Sf	=	0,30	m

Cautelativamente si considera, con riferimento alla quota di intradosso fondazione, un'altezza di falda pari a:

Hw	=	1,33	m
----	---	------	---

7.2 MODELLAZIONE ADOTTATA

La struttura viene schematizzata attraverso un modello analitico agli elementi finiti. Si è assunto lo schema statico di telaio chiuso. La mesh è composta da 16 beam elements e da 16 nodi (figure 2a e 2b); l'output di calcolo viene raccolto nell'allegato.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler.

La caratteristica elastica della generica molla viene calcolata nel seguente modo:

- $W_s = K_s / (b t \times b l) =$ caratteristica elastica della generica molla

dove:

- $K_s =$ costante di sottofondo $[F/L^3]$

- $b t =$ interasse trasversale di competenza della generica molla

- $b l =$ interasse longitudinale di competenza della generica molla ($= 1.00$ m)

Nel caso in esame, trattandosi di un'opera che interessa il primo strato superficiale di coltre, a favore di sicurezza si assume il valore della costante di sottofondo pari a:

$$K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$$

Agli effetti delle caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

-una sezione rettangolare $b \times h = 100 \times S_s$ cm per la soletta superiore

-una sezione rettangolare $b \times h = 100 \times S_f$ cm per la soletta di fondazione

-una sezione rettangolare $b \times h = 100 \times S_p$ cm per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

$$E_c = 31220 / 33720 \text{ N/mm}^2 ; \text{ modulo elastico del calcestruzzo } (R_{ck} = 28 / 35 \text{ N/mm}^2)$$

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle figure 2a, 2b.

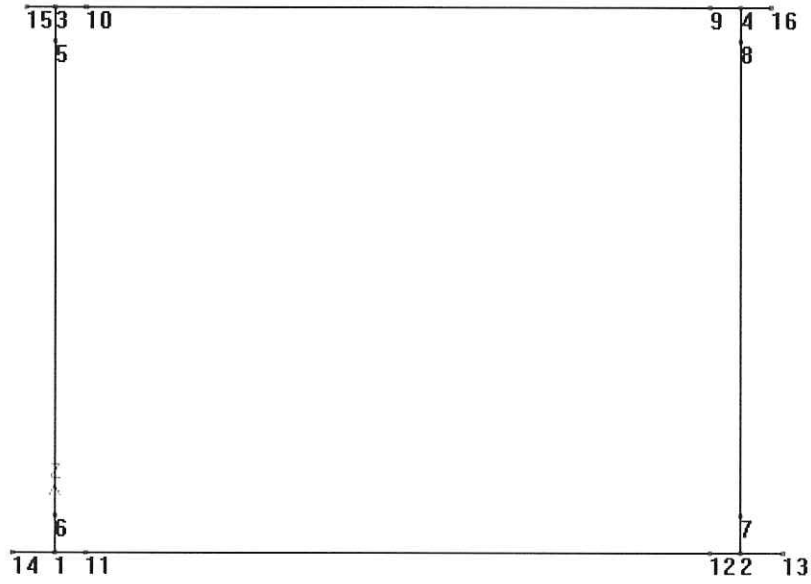


Fig. 2a - Numerazione dei nodi

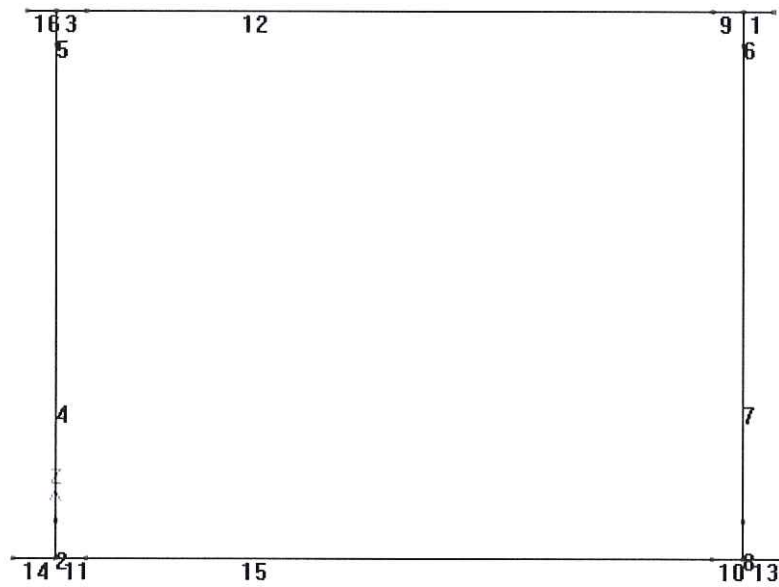


Fig. 2b - Numerazione delle aste

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.

Vengono prese in considerazione n°28 Condizioni Elementari di carico (CDC1÷ CDC 28), di seguito determinate.

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

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:	25 kN/m ³
- rilevato	20 kN/m ³
- sovrastruttura stradale	20 kN/m ³

7.3.1 PESO PROPRIO E CARICHI PERMANENTI PORTATI

Soletta superiore

peso proprio	0,30	*	25,00	=	7,50	kN/m ²
peso sovrastruttura stradale	0,40	*	20,00	=	8,00	kN/m ²
totale					15,50	kN/m ²

Soletta inferiore

peso proprio	0,30	*	25,00	=	7,50	kN/m ²
peso sovrastruttura stradale	0,00	*	20,00	=	0,00	kN/m ²
totale					7,50	kN/m ²

sbalzo soletta inferiore

peso proprio	0,30	*	25,00	=	7,50	kN/m ²
peso terreno	2,70	*	20,00	=	54,00	kN/m ²

su un'estensione di 20 cm esterni

Piedritti

peso proprio	0,30	*	25,00	=	7,50	kN/m ²
--------------	------	---	-------	---	------	-------------------

Tali carichi vengono considerati nelle Condizioni Elementari CDC 1-2: in cui nella CDC1 sono presenti i pesi propri della struttura mentre nella CDC2 i pesi permanenti portati.

7.3.2 SPINTA DEL TERRENO

Il reinterro a ridosso dello scatolare verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche.

Secondo quanto riportato al cap. 4, si assumono, per la tratta di interesse, i seguenti parametri:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{terr}} &= 20,00 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_w &= 10,00 \text{ kN/m}^3 \\ \phi &= 35,00^\circ \\ k_o &= 0,426 \\ k_a &= 0,271 \end{aligned}$$

Vengono presi in considerazione i due coefficienti di spinta: il primo massimizza nelle varie combinazioni di carico il momento in mezzzeria, mentre il secondo all'incastro.

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

$$p_h = \lambda_a \gamma_t z$$

e con il consueto diagramma trapezoidale delle pressioni orizzontali.

1) In assenza di falda esterna allo scatolare

Le pressioni del terreno relative alla spinta a riposo, in corrispondenza dei nodi caratteristici dei piedritti, risultano essere le seguenti:

$$\begin{aligned} p_2 &= [20,00 * 0,40 + 20,00 * 0,15] * 0,426 &= \mathbf{4,69} \text{ kN/m}^2 \\ p_{12} &= p_2 + [20,00 * 0,15] * 0,426 &= \mathbf{5,97} \text{ kN/m}^2 \\ p_w &= p_{12} + [20,00 * 0,67] * 0,426 &= \mathbf{11,66} \text{ kN/m}^2 \\ p_{11} &= p_w + [10,00 * 1,33] * 0,426 + 10,00 * 1,33 &= \mathbf{30,67} \text{ kN/m}^2 \\ p_1 &= p_{11} + [10,00 * 0,15] * 0,426 + 10,00 * 0,15 &= \mathbf{32,81} \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tali spinte vengono considerate nella Condizione Elementare (CDC 3) sul piedritto sx e nella Condizione Elementare (CDC 4) sul piedritto dx.

Le pressioni del terreno relative alla spinta attiva, in corrispondenza dei nodi caratteristici dei piedritti, risultano essere le seguenti:

$$\begin{aligned} p_2 &= [20,00 * 0,40 + 20,00 * 0,15] * 0,271 &= \mathbf{2,98} \text{ kN/m}^2 \\ p_{12} &= p_2 + [20,00 * 0,15] * 0,271 &= \mathbf{3,79} \text{ kN/m}^2 \\ p_w &= p_{12} + [20,00 * 0,67] * 0,271 &= \mathbf{7,41} \text{ kN/m}^2 \\ p_{11} &= p_w + [10,00 * 1,33] * 0,271 + 10,00 * 1,33 &= \mathbf{24,35} \text{ kN/m}^2 \\ p_1 &= p_{11} + [10,00 * 0,15] * 0,271 + 10,00 * 0,15 &= \mathbf{26,26} \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tali spinte vengono considerate nella Condizione Elementare (CDC 5) sul piedritto sx e nella Condizione Elementare (CDC 6) sul piedritto dx.

Nelle combinazioni di carico verranno considerate:

- 1) Spinta a riposo su entrambi i piedritti;
- 2) Spinta attiva su ambo i piedritti;
- 3) Spinta a riposo su piedritto sx e spinta attiva su piedritto dx;

La condizione di spinta 3) serve a mettere in conto possibili situazioni (anche temporanee) di disomogeneità nei costipamenti o altre condizioni che possano generare situazioni di spinte asimmetriche sull'opera. La condizione di spinta attiva, sebbene poco realistica considerando le caratteristiche dell'opera, viene comunque considerata a favore di sicurezza per massimizzare i valori delle sollecitazioni flessionali in corrispondenza delle mezzerie delle solette.

Naturalmente queste spinte saranno opportunamente combinate, utilizzando i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

7.3.3 SPINTA FALDA INTERNA ALLO SCATOLARE

Si considera il contributo della spinta dell'acqua interna al tombino scatolare. Il valore della spinta idrostatica ha il consueto andamento lineare con la profondità nei piedritti, assumendo valore massimo alla base pari a:

$$S_w = 20 \text{ kN/m}^2$$

(Condizione Elementare CDC 7)

7.3.4 CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA SUPERIORE

Come carico accidentale gravante sulla soletta superiore si assume il carico di normativa Q1.a (ossia il mezzo convenzionale da 60t a tre assi da 20t ognuno, interassati di 1.50m lungo il senso di marcia e di larghezza 2.30m, comprese le dimensioni delle impronte) e ove possibile, il carico ripartito $q_{1,b}$ da 30kN/m.

Tale carico viene posizionato ortogonalmente all'asse del sottopasso e considerato ripartito sia in direzione longitudinale che trasversale.

Le larghezze su cui si considera agente il carico sono:

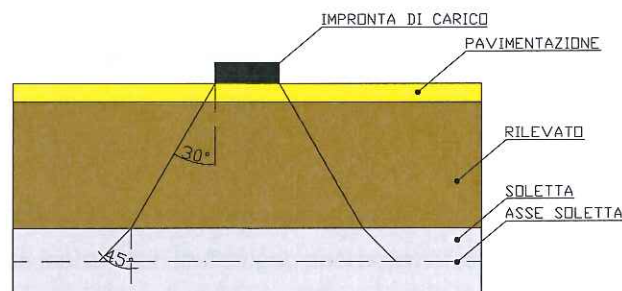
in direzione longitudinale alla strada:

detta L_{dl} la larghezza di diffusione del carico longitudinale dal piano stradale alla quota del piano medio della soletta superiore, assumendo che detta diffusione avvenga con angolo di diffusione di 30° attraverso il rilevato stradale e di 45° sino al piano medio della soletta superiore:

$$L_{dl} = 3.30 + 2 * (0,40 * \text{tg}30^\circ + 0,15) = 4,06 \text{ m}$$

in direzione trasversale alla strada:

detta L_{dt} la larghezza di diffusione del carico trasversale dal piano stradale alla quota del piano medio della soletta superiore, assumendo che detta diffusione avvenga con angolo di diffusione di 30° attraverso il rilevato stradale e di 45° sino al piano medio della soletta superiore



Risulta:

$$L_{dt} = 2.30 + 2 * (0,40 * \operatorname{tg}30^\circ + 0,15) = 3,06 \text{ m}$$

tale valore viene comunque limitato alla larghezza d'ingombro della stesa di carico per cui:

$$b_t = 3.50\text{m}$$

Il valore di L_{dt} viene inoltre limitato conseguentemente alla presenza della seconda colonna di carico: il carico della 1° colonna, in corrispondenza dell'adiacenza alla 2° colonna, può essere diffuso al massimo fino a 0.60m all'esterno dell'impronta del carico.

La pressione dovuta al $Q_{1,a}$ risulta pertanto:

$$Q_{1,a} = 600 * 1,4 / (4,06 * 3,06) = 67,54 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{1,b} = 30 * 1,4 / 3,06 = 13,72 \text{ kN/m}^2$$

essendo il coefficiente di incremento dinamico pari a 1,4

(Condizione Elementare CDC 8-9-10-11)

Come carico accidentale gravante sulla soletta superiore, si ipotizza anche il caso in cui l'intera soletta sia gravata da un carico distribuito di intensità pari a 20 kN/m^2 .

(Condizione Elementare CDC 12)

7.3.5 FRENATURA

Il carico frenante di normativa (q_3) è pari al 20% del carico di normativa $Q_{1,a}$, con impronta pari a 3.5m.

Il valore della frenatura equivalente da applicare alla soletta, si ottiene distribuendo il valore del carico frenante, alla lunghezza della soletta e alla larghezza di diffusione del carico in direzione trasversale ($L \cdot L_{dt}$), con la seguente relazione:

$$q_{3,dis} = (0.20 \cdot 600) / (3,06 \cdot 2,60) = 15,07 \text{ kN/m}^2$$

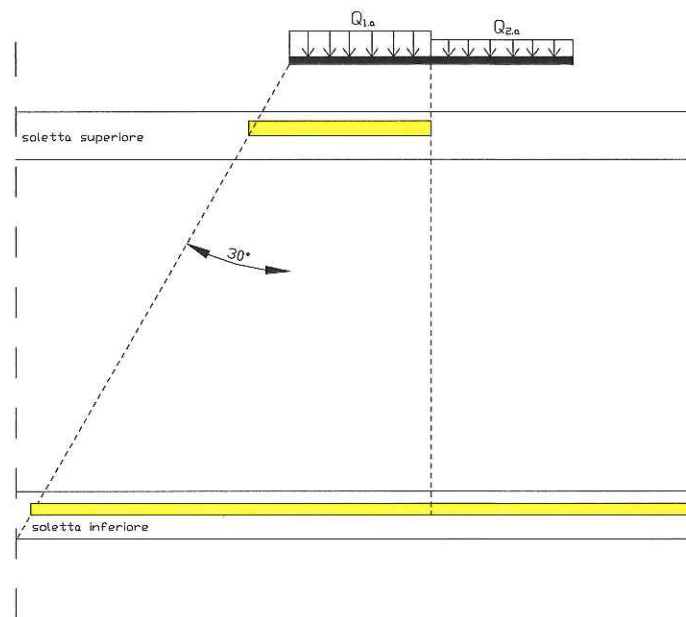
(Condizione Elementare CDC 19)

7.3.6 SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO

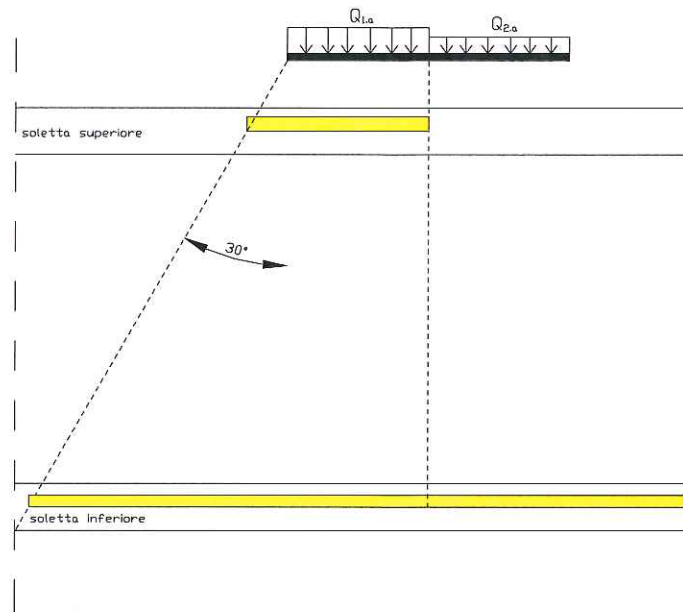
Il calcolo delle spinte generate dal sovraccarico sul rilevato dovuto al $Q_{1,a}$, si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3,53 m e lunga 2,53 m. Anche in questo caso si tiene in conto la diffusione a 30° del carico attraverso il rilevato sia in direzione longitudinale che trasversale, pertanto otterremo un carico che diminuisce secondo l'altezza del piedritto, partendo dalla massima intensità sulla superficie di applicazione (piano viario) fino alla minima intensità in corrispondenza della soletta inferiore.

Il carico tandem trasformato in carico uniformemente distribuito assume il valore di $600 / (3,53 \cdot 2,53) = 67,14 \text{ kN/m}^2$.

Schema di carico utilizzato a ridosso del rilevato (direzione lungo asse di corsia)



Per il calcolo delle azioni agenti sulle pareti dello scatolare, si considera il carico distribuito dovuto alla colonna di carico 1, limitando la diffusione del carico sul lato della seconda colonna di carico secondo lo schema seguente:



Tale distribuzione di carico fornisce alle pareti una spinta variabile lungo l'altezza, con intensità nei nodi superiore e inferiore pari a (asse solette):

$$q'_{Q1a,sup} = 24,83 \text{ kN/m}^2 \quad [\text{coeff. di spinta a riposo}]$$

$$q'_{Q1a,inf} = 12,39 \text{ kN/m}^2 \quad [\text{coeff. di spinta a riposo}]$$

Il carico uniformemente distribuito fornisce alle pareti una spinta costante sull'altezza di intensità pari a:

$$q'_{q1b} = 13,72 * 0,43 = 5,85 \text{ kN/m}^2 \quad [\text{coeff. di spinta a riposo}]$$

$$q'_{acc20} = 20 * 0,43 = 8,60 \text{ kN/m}^2 \quad [\text{coeff. di spinta a riposo}]$$

Tali spinte vengono considerate nelle seguenti Combinazioni Elementari:

- agenti sul piedritto sinistro
- agenti su ambo i piedritti

(CDC 13+18)

7.3.7 AZIONI TERMICHE

Sono stati considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche. In particolare, è stata considerata una variazione termica uniforme di $\pm 10^{\circ}\text{C}$ sulla soletta superiore (CDC 26) ed un salto termico di 5°C , analizzando i due casi di intradosso più caldo dell'estradosso e viceversa, con andamento lineare nello spessore della soletta superiore (CDC 27).

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 * 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

7.3.8 RITIRO

Si considera soggetta a fenomeni di ritiro la sola soletta superiore.

Si ammetteranno per il ritiro finale ε_{cs} (t_{∞} , t_0) i seguenti valori: ε_{cs}

a) Atmosfera con umidità relativa di circa 75%

t_0	$\alpha \leq 20$ cm	$\alpha \geq 60$ cm
1 ÷ 7 giorni	$0,26 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^{-3}$
8 ÷ 60 giorni	$0,23 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^{-3}$
> 60 giorni	$0,16 \times 10^{-3}$	$0,20 \times 10^{-3}$

dove:

ε_{cs} è la deformazione totale per ritiro

in cui:

t_0 = età conglomerato a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro;

α = dimensione fittizia = $2A_c/U$

A_c = area della sezione del conglomerato;

u = perimetro della sezione di conglomerato a contatto con l'atmosfera.

Per valori intermedi si interpolerà linearmente.

$$\alpha = 1$$

Pertanto:

$$\varepsilon_{cs} = 0,16 \cdot 10^{-3}$$

Trattandosi di un fenomeno lento si considera $E_c/3$.

Nel modello di calcolo viene applicato come un ΔT pari a 5°

(CDC 28)

7.3.9 AZIONE SISMICA

1 - Ai fini delle azioni verticali sulla soletta superiore, non considerando i carichi permanenti si ha:

Soletta	7,50	kN/m ²
Permanente	8,00	kN/m ²
Inerzia (permanente + soletta +0%accidentale (P*k _v))	1,89	kN/m ²
Totale	17,39	kN/m²

Inerzia piedritti:

$$V_{i,pied} = 0,91 \text{ kN/m}$$

(Combinazioni Elementari CDC 24)

2 - 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, mentre sulla soletta superiore si considera l'inerzia della stessa nonché i permanenti portati.

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

$$F_h = P \cdot S \cdot a_g \cdot \gamma_l$$

P = peso proprio;

S = parametro legato al terreno;

a_g = accelerazione di picco al suolo;

γ_l = coefficiente di protezione.

(Combinazioni Elementari CDC 23)

spinta inerziale sulla soletta superiore

$$H_{i,soi} = 3,78 \text{ kN/m}$$

spinta inerziale sui piedritti

$$H_{i,pied} = 1,83 \text{ kN/m}$$

Sovraspinta sismica:

Nel caso di sisma orizzontale vi è da considerare la spinta derivante dall'oscillazione del cuneo di terreno spingente con l'applicazione del diagramma rettangolare di pressioni, tipico dei muri di sostegno, avente la risultante a 0.5 dell'altezza. Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento alla OPCM n° 3274.

L'incremento di spinta sismica ΔF :

$$\Delta F = S \cdot a_g \cdot \gamma \cdot h \cdot \gamma_l$$

$$\Delta F = 14,625 \text{ kN/m}$$

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

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 della soletta superiore ed i gravanti su di essa, l'inerzia dei piedritti ed infine la sovraspinta sismica.

8 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

8.1 CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

CDC	Sigla Id
1	CDC=G _{gk} (peso proprio della struttura)
2	CDC=G _k (permanente)
3	CDC=G _k (Spinta a riposo piedritto sx)
4	CDC=G _k (Spinta riposo piedritto dx)
5	CDC=G _k (Spinta attiva piedritto sx)
6	CDC=G _{1k} (Spinta attiva piedritto dx)
7	CDC=Q _k (Spinta acqua interna)
8	CDC=Q _k (Q1a centrato)
9	CDC=Q _k (Q1a a filo piedritto dx)
10	CDC=Q _k (Q1a a filo piedritto sx)
11	CDC=Q _k (Accidentale Q1a a L/4 su soletta)
12	CDC=Q _k (Accidentale 20kN/mq)
13	CDC=Q _k (Accidentale su piedritto sx (Q1a))
14	CDC=Q _k (Accidentale su piedritto dx(Q1a))
15	CDC=Q _k (Accidentale (q1b) su piedritto sx)
16	CDC=Q _k (Accidentale (q1b) su piedritto dx)
17	CDC=Q _k (Accidentale 20kPa su piedritto sx)
18	CDC=Q _k (Accidentale 20kPa su piedritto dx)
19	CDC=Q _k (frenatura)
20	CDC=Q _k (acc sol inf campata dx)
21	CDC=Q _k (acc sol inf campata sx)
22	CDC=Q _k (acc sol inf campata dx-sx)
23	CDC=Q _k (sisma orizzontale)
24	CDC=Q _k (sisma verticale)
26	CDC=Q _k (Termica uniforme)
27	CDC=Q _k (At farfalla)
28	CDC=Q _k (Ritiro soletta)

Le azioni caratteristiche, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto, per effettuare le successive verifiche di resistenza, vengono desunte combinando fra loro le suddette Condizioni Elementari. Nella tabella di seguito sono riportati le combinazioni base prescritte da norma sulle quali implementare tutti i possibili scenari di carico della struttura:

Azione	gruppo	g1	g2	g3	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_4	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9
<i>METODO TEN. AMMISSIBILI</i>																	
A I	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
A II	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,8*	0	1	1	1
A III	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,2	0	1	1	1
A IV	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,2	0	1	1	1
A V	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>STATI LIMITE DI ESERCIZIO PESSURAZIONE</i>																	
F I	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
F II	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	ψ_1	Ψ_1	0	0	0	0	0	0	0
F III	1	1	1(β_1)	1	1	1	1	1	ψ_2	Ψ_2	0	0	0	0	0	0	0

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

<i>STATI LIMITE ULTIMI</i>																	
U I	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β_2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	0	0	0	0	0	1,5	1,5	1,5	(**)
U II	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β_2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,5	1,5	0	0	0,9	1,5	1,5		
U III	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β_2)	1,2(0,85)	1,2(0)	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(β_2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,5	1,5	0	1,5	0,3	1,5	1,5		

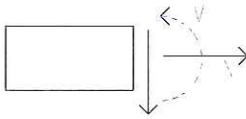
$\beta_1 = 0,7$ per spinta delle terre
 $\beta_2 = 0,5$ per spinta delle terre

Il calcolo della struttura in esame viene condotto con il programma PRO_SAP (prodotto dalla 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l. P.ta 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.

Per un esame più dettagliato dei risultanti del calcolo elettronico si rimanda agli output allegati.

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



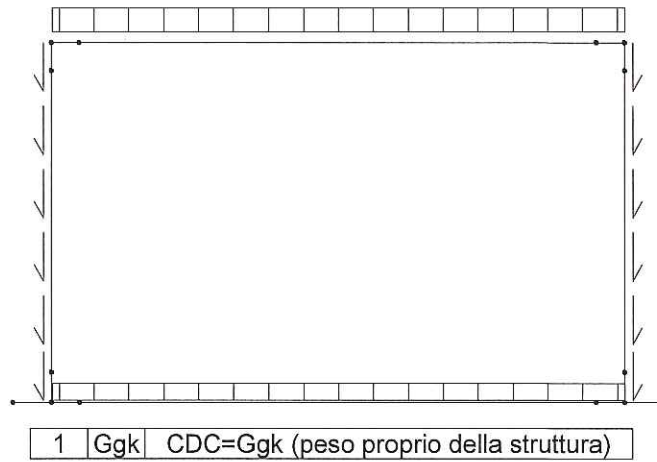
Per determinare le sollecitazioni più gravose nelle varie sezioni dello scatolare si sono composti i risultati ottenuti nel calcolo agli elementi finiti per le Combinazioni considerate.

La tabella seguente, riportata per esteso tutte le combinazioni di carico adottate ai fini del dimensionamento della struttura, rispettivamente per le condizioni di carico allo SLU e SLE , come previsto dal DM90 e dal DM96.

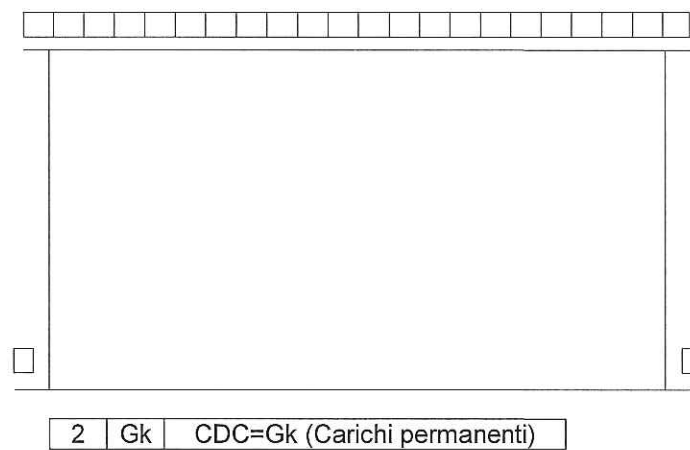
I valori numerici riportati nelle colonne della tabella indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la Condizione Elementare è considerata. Tali valori sono il risultato dei prodotti tra coefficienti parziali operanti sulle azioni, così come precedentemente esposto e riassunto nella seguente tabella:

8.2 SCHEMI DI CARICO

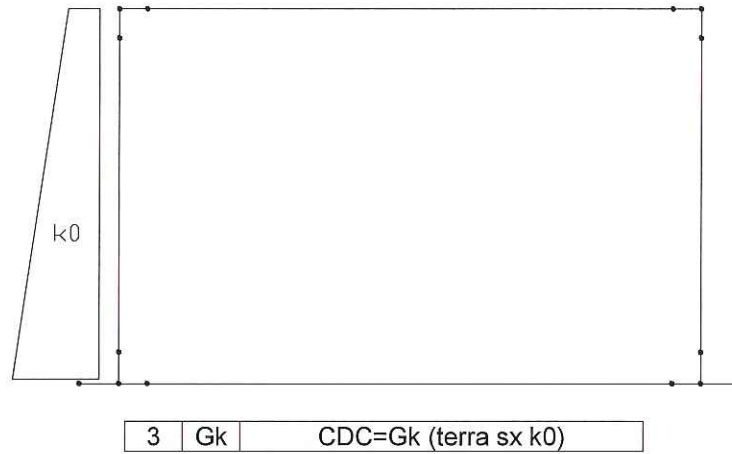
SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC1*



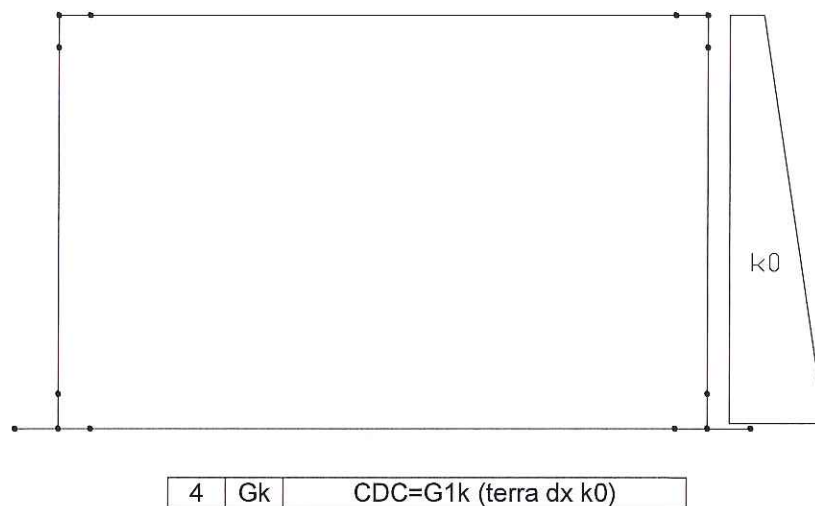
SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC2*



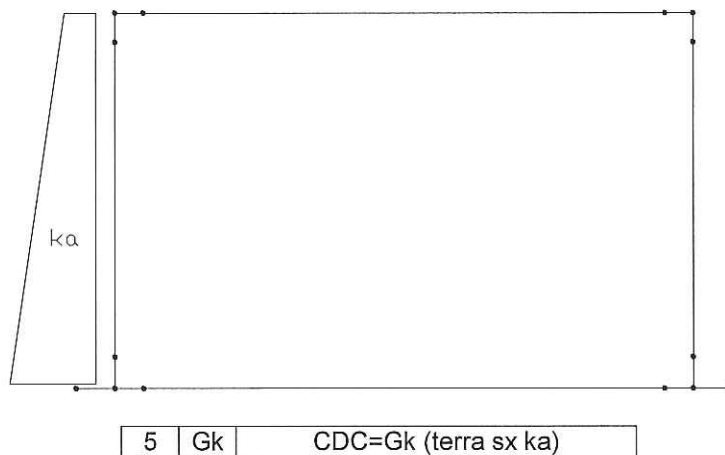
SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC3*



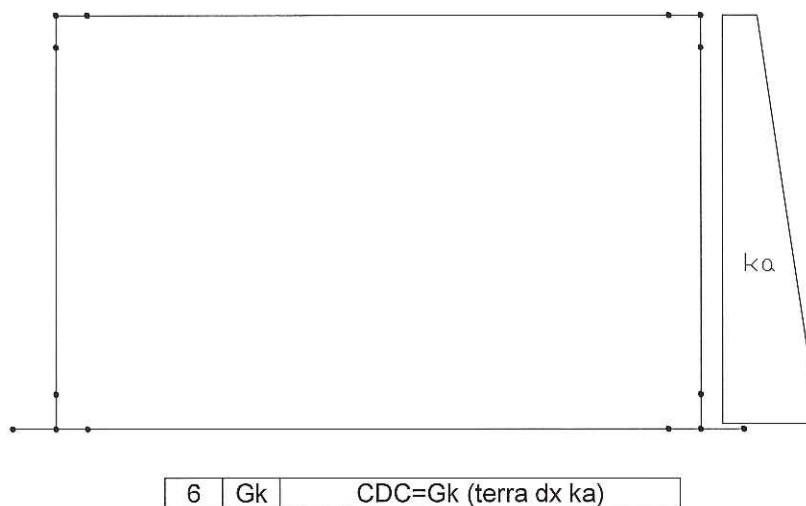
SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC4*



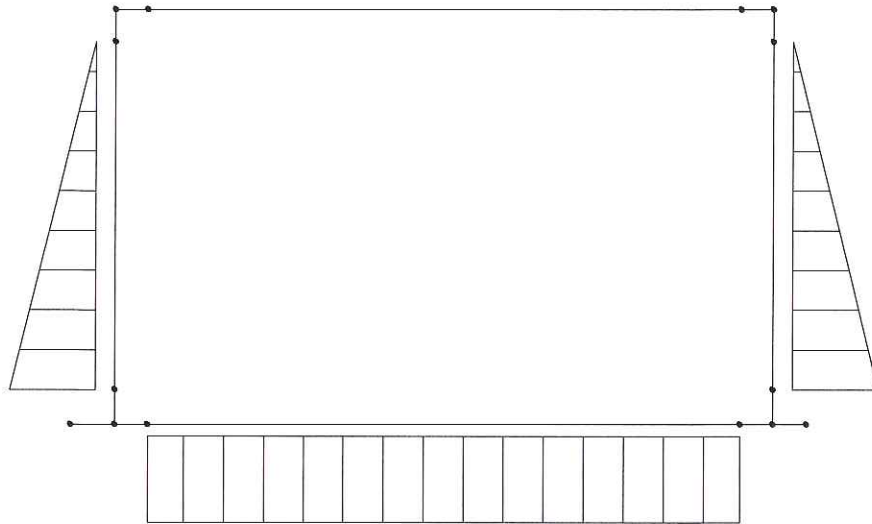
SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC5*



SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC6*

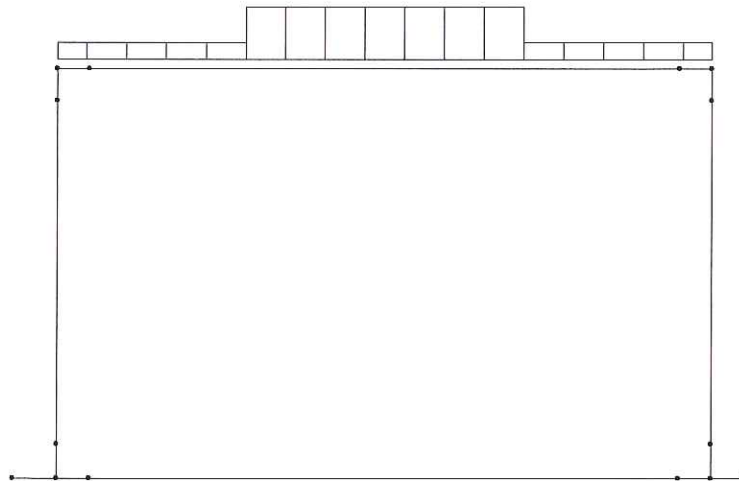


SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC8



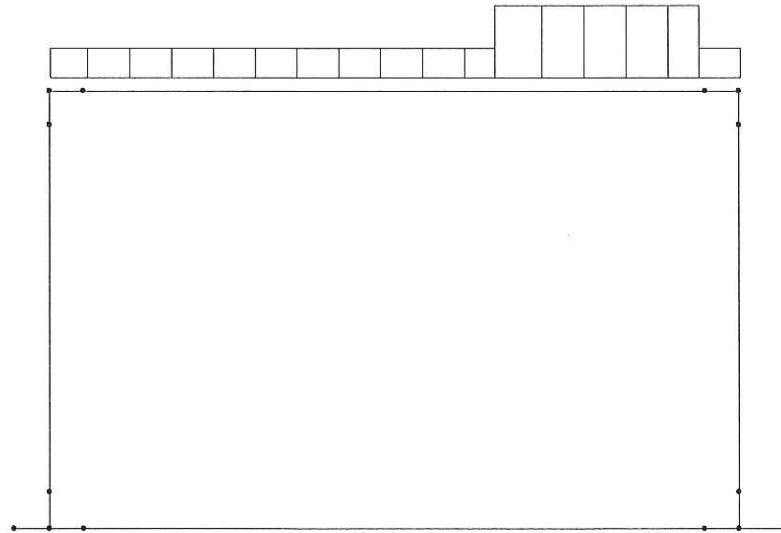
7 | Gk | CDC=Gk (spinta idraulica interna)

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC8



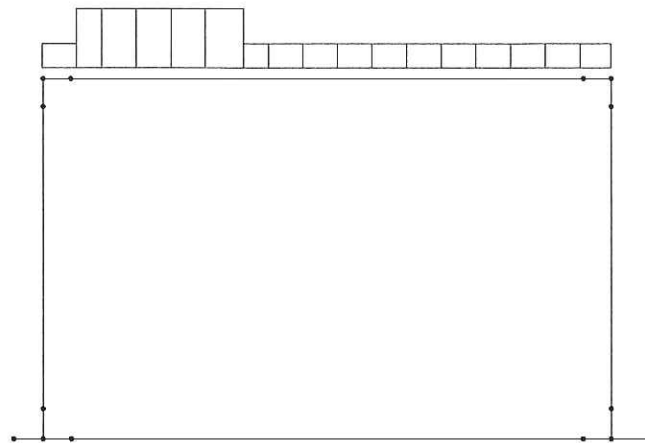
8 | Qk | CDC=Qk (Q1a centrato)

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC9*



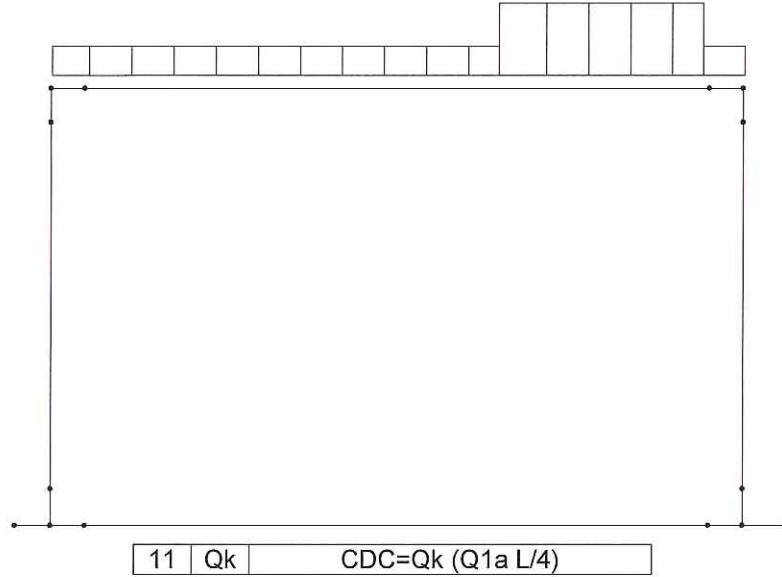
9 | Qk | CDC=Qk (Q1a piedritto dx)

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC10*

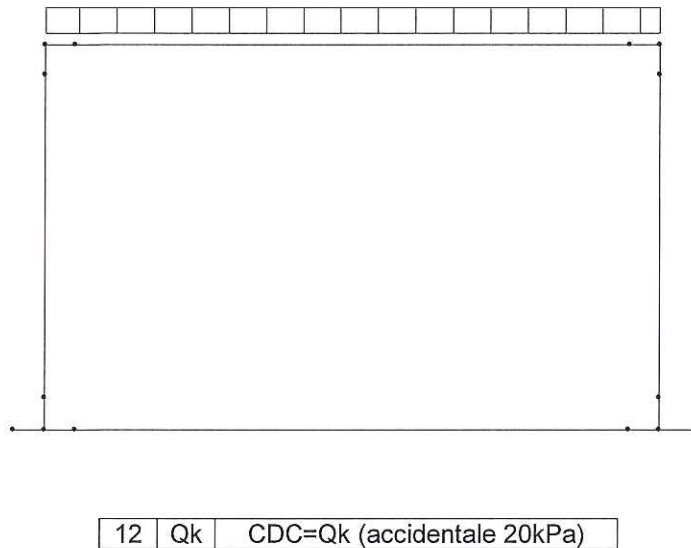


10 | Qk | CDC=Qk (Q1a piedritto sx)

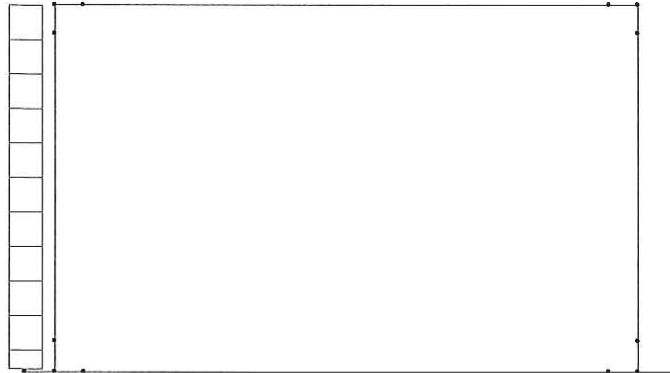
SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC11*



SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC12*

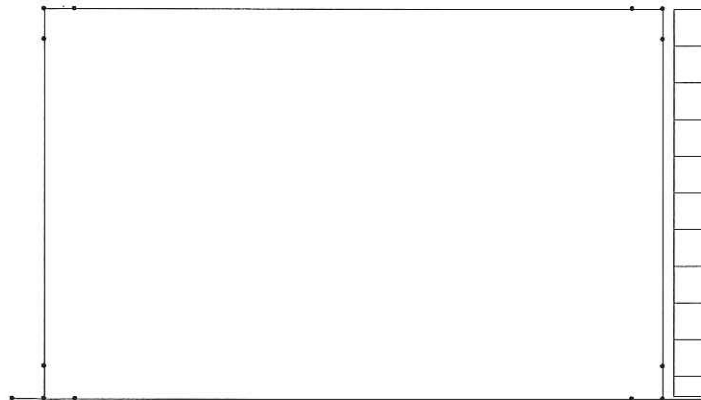


SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC13*



13	Qk	CDC=Qk (Q1k sx)
----	----	-----------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC14*



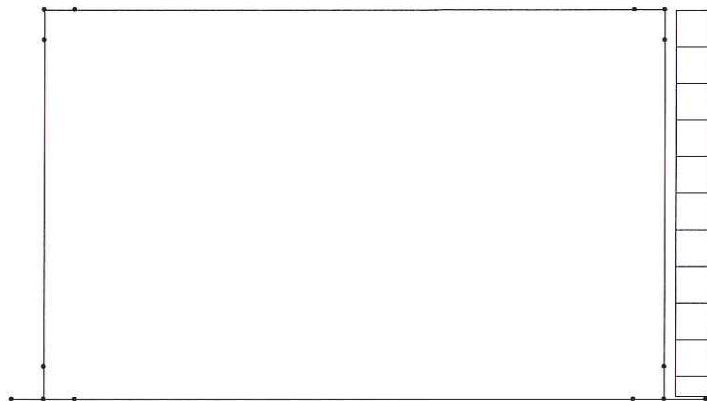
14	Qk	CDC=Qk (Q1k dx)
----	----	-----------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC15*



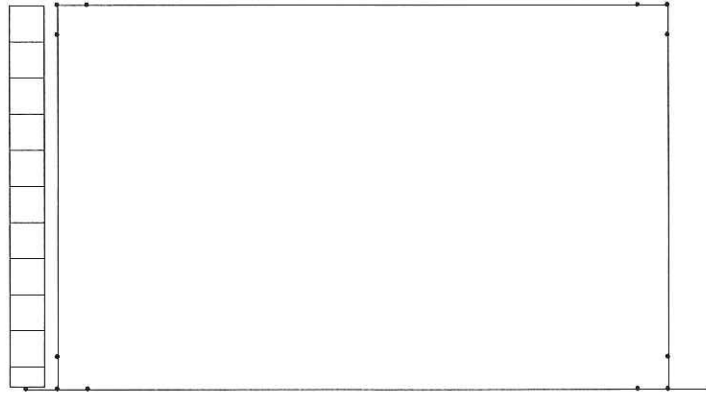
15	Qk	CDC=Qk (q1b a sx)
----	----	-------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC16*



16	Qk	CDC=Qk (q1b a dx)
----	----	-------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC17*



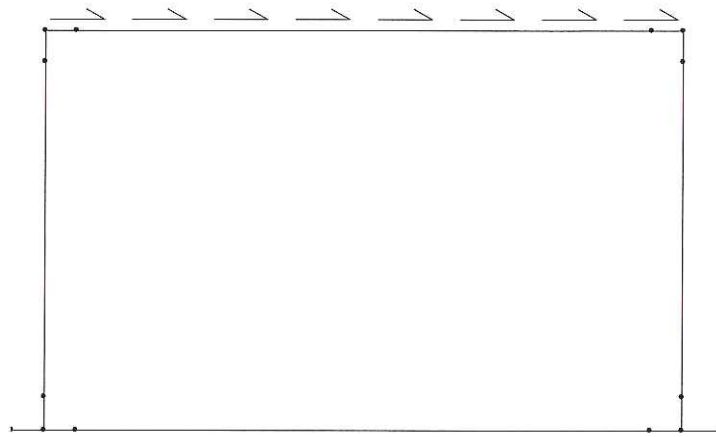
17	Qk	CDC=Qk (20kPa a sx)
----	----	---------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC18*



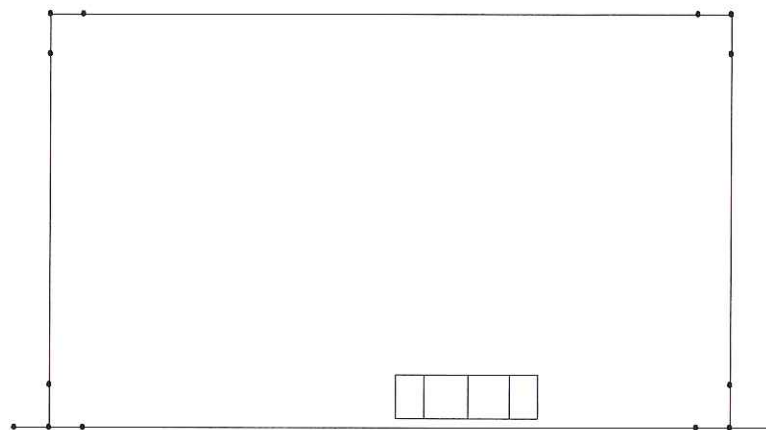
18	Qk	CDC=Qk (20kPa dx)
----	----	-------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC19



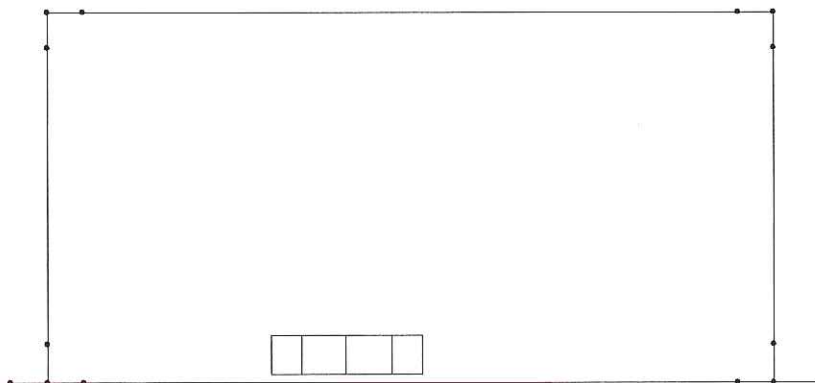
19	Qk	CDC=Qk (Frenatura)
----	----	--------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC20



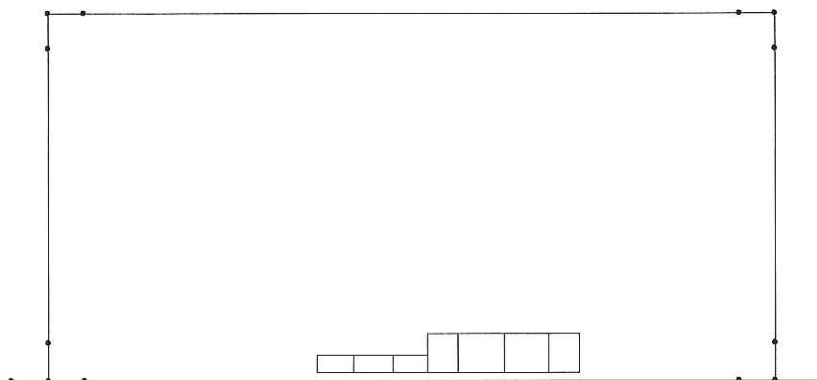
20	Qk	CDC=Qk (Accidentale inferiore dx)
----	----	-----------------------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC21



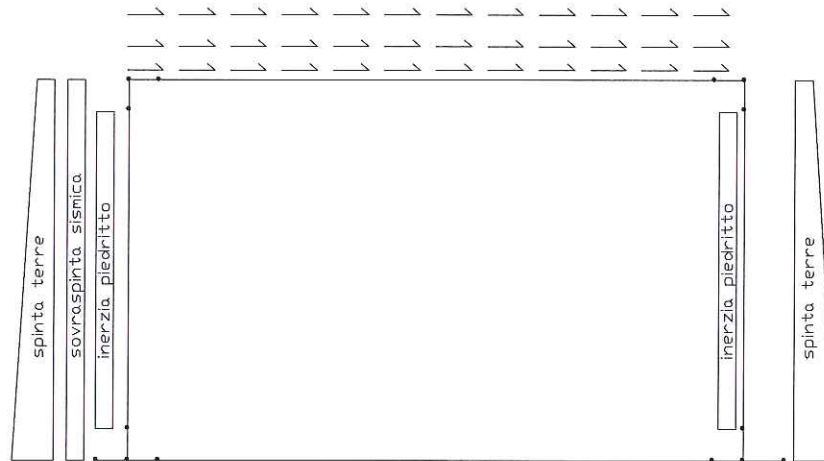
21	Qk	CDC=Qk (Accidentale inferiore sx)
----	----	-----------------------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC22



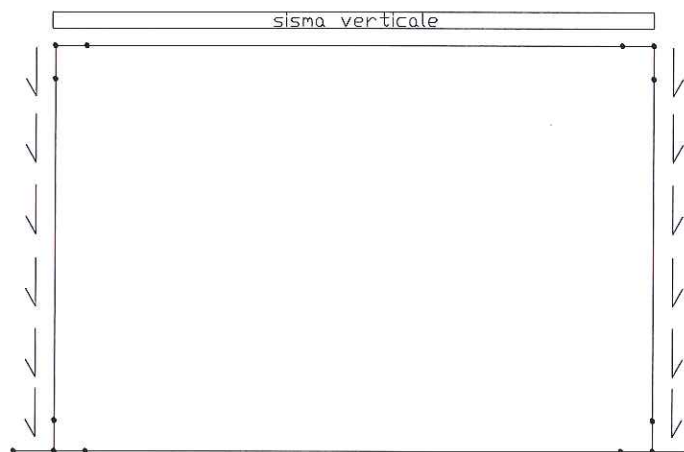
22	Qk	CDC=Qk (Accidentale inferiore dx-sx)
----	----	--------------------------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC23



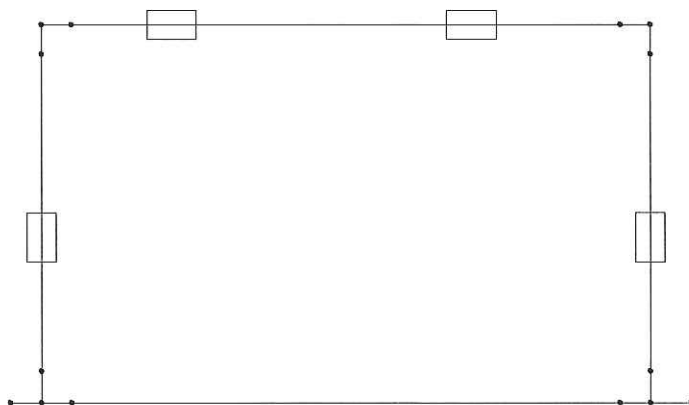
23	Qk	CDC=Qk (Sisma orizzontale)
----	----	----------------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO CDC24



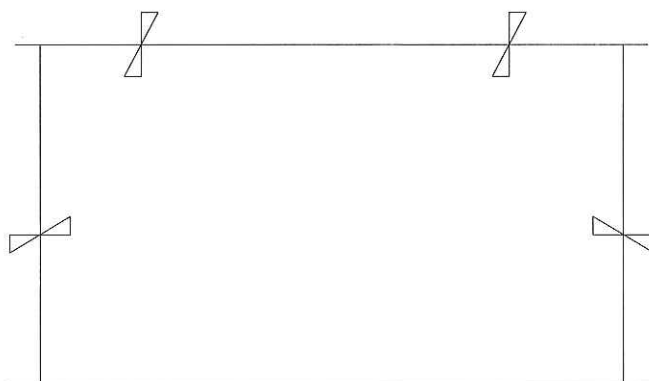
24	Qk	CDC=Qk (Sisma verticale)
----	----	--------------------------

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC26*



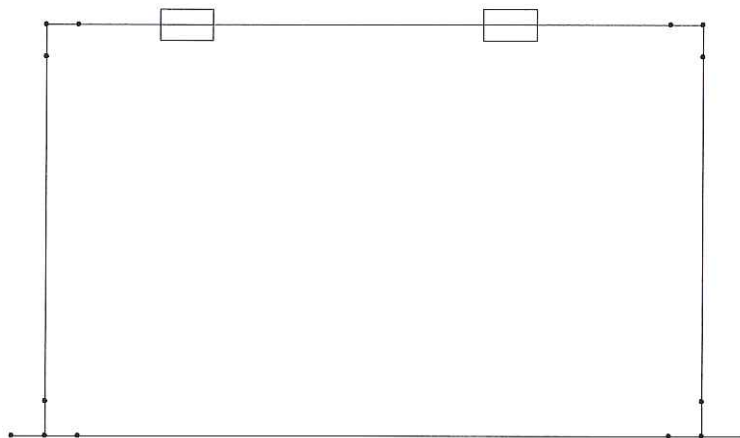
26 | Qk | CDC=Qk (Termica uniforme)

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC27*



27 | Qk | CDC=Qk (Termica farfalla soletta)

SCHEMA DELLA CONDIZIONE DI CARICO *CDC28*



28	Qk	CDC=Qk (Ritiro)
----	----	-----------------

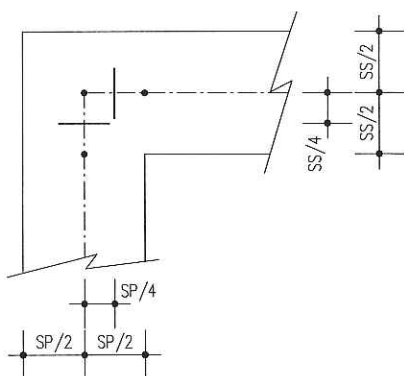
9 VERIFICHE DI RESISTENZA ED A FESSURAZIONE SCATOLARE

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

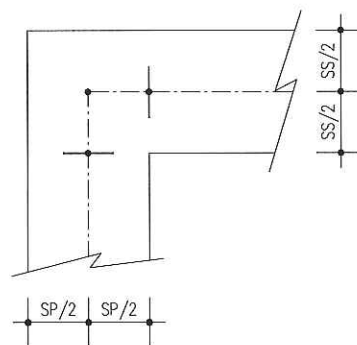
Le verifiche a flessione vengono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- 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 vengono 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. Per la condizione sismica si eseguono verifiche tensionali controllando che i materiali si mantengano in campo elastico così come prescritto dall'Ordinanza n° 3274 e successive revisioni.

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 sui ponti stradali (D.M. 4/05/1990).

In particolare, le verifiche a fessurazione sono state condotte seguendo i due passaggi riportati nel seguito.

a) Combinazione FII

Apertura teorica delle fessure in ambiente aggressivo: $w = 0.2 \text{ mm}$

Apertura teorica delle fessure in ambiente normale: $w = 0.3 \text{ mm}$

b) Combinazione FI, FIII

Apertura teorica delle fessure in ambiente aggressivo: $w = 0.1 \text{ mm}$

Apertura teorica delle fessure in ambiente normale: $w = 0.2 \text{ mm}$

I valori di w sopra riportati costituiscono le aperture ammissibili nel caso in cui il ricoprimento dell'armatura di forza (c) sia uguale al valore minimo di Normativa (c_{\min}). Nel caso in oggetto il ricoprimento minimo effettivo delle armature di forza è almeno $c=6.00\text{cm}$, il ricoprimento minimo di Normativa è $c_{\min}=4.0\text{cm}$, quindi $c/c_{\min}=1.5$.

Pertanto le aperture ammissibili risulteranno rispettivamente:

a) Combinazione FII

Apertura teorica delle fessure in ambiente aggressivo: $w_{\text{amm}} = 1.5 \cdot 0.2 = 0.3 \text{ mm}$

Apertura teorica delle fessure in ambiente normale: $w_{\text{amm}} = 1.5 \cdot 0.3 = 0.45 \text{ mm}$

b) Combinazione FI,FIII

Apertura teorica delle fessure in ambiente aggressivo: $w_{\text{amm}} = 1.5 \cdot 0.1 = 0.15 \text{ mm}$

Apertura teorica delle fessure in ambiente normale: $w_{\text{amm}} = 1.5 \cdot 0.2 = 0.3 \text{ mm}$

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:

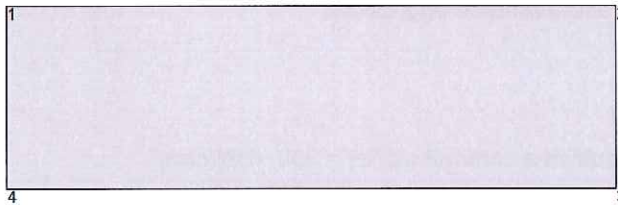
per la condizione QP si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$;

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 $\sigma_s < 0.70 f_{yk}$

9.2 SOLETTA SUPERIORE

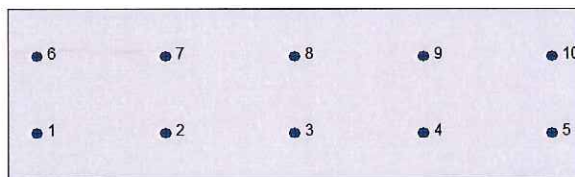
9.2.1 ATTACCO PIEDRITTO (ASTA 9)

9.2.1.1 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	8,3	2,5	no
2	27,5	8,3	2,5	no
3	50,0	8,3	2,5	no
4	72,5	8,3	2,5	no
5	95,0	8,3	2,5	no
6	5,0	21,7	2,5	no
7	27,5	21,7	2,5	no

8	50,0	21,7	2,5	no
9	72,5	21,7	2,5	no
10	95,0	21,7	2,5	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'

Note:

Verifiche SLE per ambiente moderatamente aggressivo

Materiali:

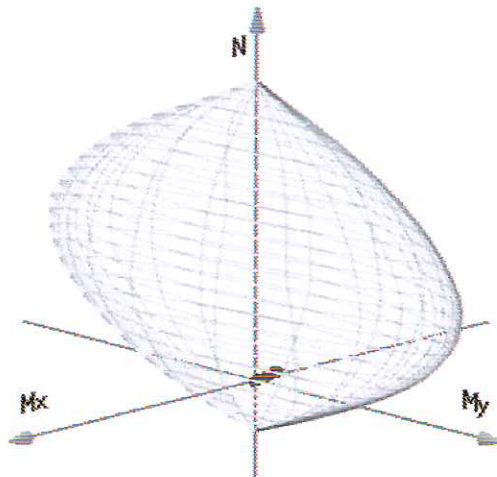
Calcestruzzo classe: C28/35

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) = 770000 daN/cm²
 E (modulo elastico) = 2000000 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	
-995,7	0,0	0,0	Completamente tesa
5925,7	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	113,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-113,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	425,8	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-425,8	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		
1-7,8	1,1	0,0	P	-481,4	68,5	0,0	0,020	OK
			M	-988,5	1,1	0,0	0,010	
			N	-7,8	113,0	0,0	0,010	
2-9,8	12,0	0,0	P	-87,0	106,6	0,0	0,110	OK
			M	-912,6	12,0	0,0	0,010	
			N	-9,8	112,8	0,0	0,110	
3-7,8	1,1	0,0	P	-481,4	68,5	0,0	0,020	OK
			M	-988,5	1,1	0,0	0,010	
			N	-7,8	113,0	0,0	0,010	
4-9,8	12,0	0,0	P	-87,0	106,6	0,0	0,110	OK
			M	-912,6	12,0	0,0	0,010	
			N	-9,8	112,8	0,0	0,110	
550,0	-79,5	0,0	P	75,3	-119,6	0,0	0,660	OK
			M	5109,5	-79,4	0,0	0,010	
			N	50,0	-117,6	0,0	0,680	
650,3	-70,9	0,0	P	85,5	-120,4	0,0	0,590	OK
			M	5194,6	-70,8	0,0	0,010	
			N	50,3	-117,6	0,0	0,600	
763,0	-92,6	0,0	P	81,7	-120,1	0,0	0,770	OK
			M	4980,1	-92,5	0,0	0,010	
			N	63,0	-118,6	0,0	0,780	
825,7	-47,7	0,0	P	64,0	-118,7	0,0	0,400	OK
			M	5424,8	-47,7	0,0	0,000	
			N	25,7	-115,6	0,0	0,410	
926,0	-39,2	0,0	P	79,7	-119,9	0,0	0,330	OK
			M	5511,3	-39,1	0,0	0,000	
			N	26,0	-115,7	0,0	0,340	
1038,7	-60,9	0,0	P	76,0	-119,6	0,0	0,510	OK
			M	5293,7	-60,8	0,0	0,010	
			N	38,7	-116,7	0,0	0,520	
116,3	-7,5	0,0	P	102,8	-121,8	0,0	0,060	OK
			M	5840,2	-7,4	0,0	0,000	
			N	6,3	-114,1	0,0	0,070	
124,3	3,5	0,0	P	155,8	126,0	0,0	0,030	OK
			M	5885,6	3,4	0,0	0,000	
			N	4,3	113,9	0,0	0,030	
136,3	-7,5	0,0	P	102,8	-121,8	0,0	0,060	OK

			M	5840,2	-7,4	0,0	0,000	
			N	6,3	-114,1	0,0	0,070	
144,3	3,5	0,0	P	155,8	126,0	0,0	0,030	OK
			M	5885,6	3,4	0,0	0,000	
			N	4,3	113,9	0,0	0,030	
1544,7	-73,2	0,0	P	72,9	-119,4	0,0	0,610	OK
			M	5171,9	-73,1	0,0	0,010	
			N	44,7	-117,1	0,0	0,620	
1644,9	-64,6	0,0	P	83,7	-120,3	0,0	0,540	OK
			M	5257,1	-64,5	0,0	0,010	
			N	44,9	-117,2	0,0	0,550	
1757,6	-86,3	0,0	P	80,1	-120,0	0,0	0,720	OK
			M	5041,7	-86,2	0,0	0,010	
			N	57,6	-118,2	0,0	0,730	
1820,4	-41,4	0,0	P	58,1	-118,2	0,0	0,350	OK
			M	5488,2	-41,4	0,0	0,000	
			N	20,4	-115,2	0,0	0,360	
1920,6	-32,8	0,0	P	75,1	-119,6	0,0	0,270	OK
			M	5575,3	-32,8	0,0	0,000	
			N	20,6	-115,2	0,0	0,280	
2033,3	-54,6	0,0	P	72,8	-119,4	0,0	0,460	OK
			M	5356,5	-54,5	0,0	0,010	
			N	33,3	-116,2	0,0	0,470	
2144,7	-73,2	0,0	P	72,9	-119,4	0,0	0,610	OK
			M	5171,9	-73,1	0,0	0,010	
			N	44,7	-117,1	0,0	0,620	
2220,4	-41,4	0,0	P	58,1	-118,2	0,0	0,350	OK
			M	5488,2	-41,4	0,0	0,000	
			N	20,4	-115,2	0,0	0,360	
2347,4	-40,6	0,0	P	146,3	-125,2	0,0	0,320	OK
			M	5497,2	-40,5	0,0	0,010	
			N	47,4	-117,4	0,0	0,340	
2423,1	-8,8	0,0	P	373,6	-143,1	0,0	0,060	OK
			M	5825,5	-8,7	0,0	0,000	
			N	23,1	-115,4	0,0	0,080	
2543,6	-62,1	0,0	P	84,3	-120,3	0,0	0,520	OK
			M	5281,3	-62,0	0,0	0,010	
			N	43,6	-117,1	0,0	0,530	
2643,8	-53,5	0,0	P	99,5	-121,5	0,0	0,440	OK
			M	5366,8	-53,5	0,0	0,010	
			N	43,8	-117,1	0,0	0,460	
2720,4	-41,4	0,0	P	58,1	-118,2	0,0	0,350	OK
			M	5488,2	-41,4	0,0	0,000	
			N	20,4	-115,2	0,0	0,360	
2820,6	-32,8	0,0	P	75,1	-119,6	0,0	0,270	OK
			M	5575,3	-32,8	0,0	0,000	
			N	20,6	-115,2	0,0	0,280	
2946,0	-41,1	0,0	P	139,4	-124,7	0,0	0,330	OK
			M	5491,3	-41,1	0,0	0,010	
			N	46,0	-117,2	0,0	0,350	
3062,2	-72,9	0,0	P	104,0	-121,9	0,0	0,600	OK
			M	5174,6	-72,8	0,0	0,010	
			N	62,2	-118,5	0,0	0,610	
3164,8	-62,8	0,0	P	127,6	-123,7	0,0	0,510	OK
			M	5274,0	-62,8	0,0	0,010	
			N	64,8	-118,7	0,0	0,530	
3288,0	-77,3	0,0	P	142,2	-124,9	0,0	0,620	OK

			M	5130,6	-77,2	0,0	0,020	
			N	88,0	-120,6	0,0	0,640	
3346,0	-41,1	0,0	P	139,4	-124,7	0,0	0,330	OK
			M	5491,3	-41,1	0,0	0,010	
			N	46,0	-117,2	0,0	0,350	
7511,8	-1,6	0,0	P	1609,6	-223,5	0,0	0,010	OK
			M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
			N	11,8	-114,5	0,0	0,010	
7624,9	-34,4	0,0	P	87,2	-120,5	0,0	0,290	OK
			M	5559,3	-34,3	0,0	0,000	
			N	24,9	-115,6	0,0	0,300	
777,8	1,9	0,0	P	709,1	168,5	0,0	0,010	OK
			M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
			N	7,8	114,2	0,0	0,020	
7820,4	-29,2	0,0	P	84,2	-120,3	0,0	0,240	OK
			M	5612,8	-29,1	0,0	0,000	
			N	20,4	-115,2	0,0	0,250	
7913,2	-4,4	0,0	P	452,9	-149,2	0,0	0,030	OK
			M	5874,9	-4,3	0,0	0,000	
			N	13,2	-114,6	0,0	0,040	

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		
763,0	-92,6	0,0	P	81,7	-120,1	0,0	0,770	OK
3288,0	-77,3	0,0	M	5130,6	-77,2	0,0	0,020	OK
763,0	-92,6	0,0	N	63,0	-118,6	0,0	0,780	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	
46 OK	3,0	0,0	-3,2	-437,2	0,03	13542,1	0,04
47 OK	10,3	0,0	-4,6	-1483,7	0,09	43505,3	0,14
48 OK	3,0	0,0	-3,2	-437,2	0,03	13542,1	0,04
49 OK	10,3	0,0	-4,6	-1483,7	0,09	43505,3	0,14
50 OK	-55,1	0,0	36,1	-7821,0	0,45	206609,6	0,66
51 OK	-49,4	0,0	36,3	-6999,3	0,40	183438,3	0,58
52 OK	-63,9	0,0	44,7	-9058,3	0,52	238223,0	0,76
53 OK	-34,0	0,0	19,9	-4825,3	0,28	128352,8	0,41
54 OK	-28,2	0,0	20,1	-4003,7	0,23	105180,2	0,33
55 OK	-42,7	0,0	28,5	-6062,7	0,35	159965,3	0,51
56 OK	-1,2	0,0	0,4	-169,4	0,01	4617,9	0,01
57 OK	6,1	0,0	-1,0	-875,3	0,05	25004,9	0,08
58 OK	-1,2	0,0	0,4	-169,4	0,01	4617,9	0,01
59 OK	6,1	0,0	-1,0	-875,3	0,05	25004,9	0,08
60 OK	-49,9	0,0	31,6	-7078,0	0,41	187375,3	0,59
61 OK	-44,1	0,0	31,8	-6256,4	0,36	164203,5	0,52
62 OK	-58,6	0,0	40,2	-8313,9	0,48	218948,1	0,70
63 OK	-28,7	0,0	15,4	-4082,3	0,23	109119,2	0,35

64	OK	-23,0	0,0	15,6	-3260,7	0,19	85945,6	0,27
65	OK	-37,5	0,0	24,0	-5318,3	0,31	140690,6	0,45
66	OK	-49,9	0,0	31,6	-7078,0	0,41	187375,3	0,59
67	OK	-28,7	0,0	15,4	-4082,3	0,23	109119,2	0,35
68	OK	-23,6	0,0	31,0	-3310,7	0,19	81731,4	0,26
69	OK	-2,4	0,0	14,8	-304,9	0,02	3839,9	0,01

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

Valori limite:

Fessure: $WkL = 0,30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm		
34	OK	1,5	0,0	2,6	0,01	0,02
35	OK	3,8	0,0	6,2	0,01	0,05
36	OK	-34,0	0,0	19,9	0,15	0,50
37	OK	-28,2	0,0	20,1	0,12	0,41
38	OK	-42,7	0,0	28,5	0,19	0,62
44	OK	-40,9	0,0	27,4	0,18	0,59
45	OK	-2,4	0,0	14,8	0,00	0,01

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: $WkL = 0,15$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
39	OK	-0,7	0,0	6,5	-73,4	0,01	0,00	0,00
40	OK	4,4	0,0	5,6	-625,0	0,05	0,02	0,12
41	OK	-24,6	0,0	13,8	-3495,2	0,27	0,11	0,72
42	OK	-20,6	0,0	13,9	-2920,2	0,22	0,09	0,59
43	OK	-30,7	0,0	19,8	-4359,7	0,33	0,13	0,89
70	OK	11,8	0,0	0,7	-1694,8	0,13	0,05	0,37
71	OK	-20,2	0,0	14,6	-2867,3	0,22	0,09	0,58
72	OK	6,6	0,0	5,2	-933,7	0,07	0,03	0,19
73	OK	-15,0	0,0	10,1	-2124,3	0,16	0,06	0,43
74	OK	9,7	0,0	2,8	-1385,9	0,11	0,04	0,29

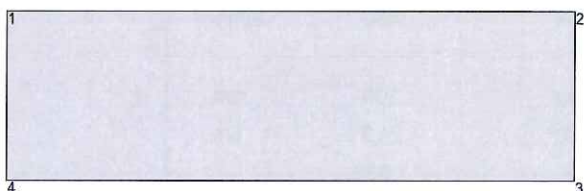
9.2.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

V_{sdu}	171,9	kN
M_{sdu}	79,34	kNm
N_{sdu}	61,275	kN
M_0	2,990	kNm
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
bw	100	cm
d	21,7	cm
δ	1,038	
r	1,383	m
A_{sl}	12,72	cm ²
c	8,3	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
A_{sw}	2,82	cm ²
passo staffe	20	cm
f_{cd}	18,156	N/mm ²
f_{ctd}	1,263	N/mm ²
f_{yd}	391,304	N/mm ²
ρ	0,0059	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
VR_{d1}	127,109	kN
VR_{d2}	1181,972	kN
$A_{sw,min}$	3,90	cm ²
passo staffe, max	30,0	cm
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
VR_{d2}	1181,972	kN
V_{cd}	170,584	kN
$V_{wd,min}$	1,316	kN
V_{wd}	107,755	kN
VR_{d3}	278,339	kN

La verifica è soddisfatta considerando armatura a taglio $\Phi 12/(20 \times 40)$.

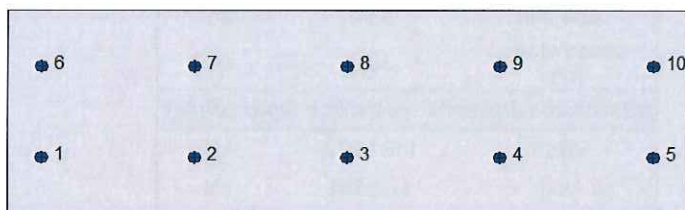
9.2.2 MEZZERIA (ASTA 12)

9.2.2.1 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	8,3	2,5	no
2	27,5	8,3	2,5	no
3	50,0	8,3	2,5	no
4	72,5	8,3	2,5	no
5	95,0	8,3	2,5	no
6	5,0	21,7	2,5	no
7	27,5	21,7	2,5	no

8	50,0	21,7	2,5	no
9	72,5	21,7	2,5	no
10	95,0	21,7	2,5	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'

Note:

Verifiche SLE per ambiente poco aggressivo

Materiali:
Calcestruzzo classe: C28/35

R_{ck} (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 350 daN/cm²

f_{ck} (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 290 daN/cm²

f_{ctm} (resistenza a trazione media) = 29 daN/cm²

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

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

ν (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) = 770000 daN/cm²

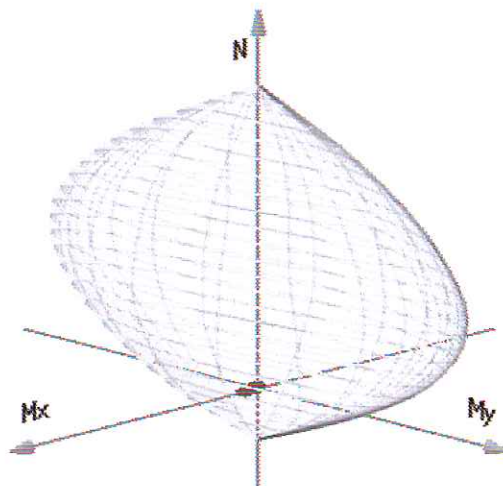
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

ν (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	
-995,7	0,0	0,0	Completamente tesa
5925,7	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	113,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-113,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	425,8	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-425,8	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		
1-7,8	73,1	0,0	P	-12,0	112,6	0,0	0,650	OK
			M	-442,9	73,1	0,0	0,020	
			N	-7,8	113,0	0,0	0,650	
2-9,8	42,8	0,0	P	-25,6	111,5	0,0	0,380	OK
			M	-687,0	42,8	0,0	0,010	
			N	-9,8	112,8	0,0	0,380	
3-7,8	73,1	0,0	P	-12,0	112,6	0,0	0,650	OK
			M	-442,9	73,1	0,0	0,020	
			N	-7,8	113,0	0,0	0,650	
4-9,8	42,8	0,0	P	-25,6	111,5	0,0	0,380	OK
			M	-687,0	42,8	0,0	0,010	
			N	-9,8	112,8	0,0	0,380	
525,7	32,6	0,0	P	95,9	121,2	0,0	0,270	OK
			M	5578,3	32,5	0,0	0,000	
			N	25,7	115,6	0,0	0,280	
626,0	1,8	0,0	P	3080,1	216,3	0,0	0,010	OK
			M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
			N	26,0	115,7	0,0	0,020	
738,7	30,3	0,0	P	161,2	126,4	0,0	0,240	OK
			M	5600,9	30,2	0,0	0,010	
			N	38,7	116,7	0,0	0,260	
825,7	32,6	0,0	P	95,9	121,2	0,0	0,270	OK
			M	5578,3	32,5	0,0	0,000	
			N	25,7	115,6	0,0	0,280	
926,0	1,8	0,0	P	3080,1	216,3	0,0	0,010	OK
			M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
			N	26,0	115,7	0,0	0,020	
1038,7	30,3	0,0	P	161,2	126,4	0,0	0,240	OK
			M	5600,9	30,2	0,0	0,010	
			N	38,7	116,7	0,0	0,260	
116,3	64,5	0,0	P	11,2	114,5	0,0	0,560	OK
			M	5257,7	64,4	0,0	0,000	
			N	6,3	114,1	0,0	0,560	
124,3	34,2	0,0	P	14,3	114,7	0,0	0,300	OK
			M	5561,4	34,1	0,0	0,000	
			N	4,3	113,9	0,0	0,300	
136,3	64,5	0,0	P	11,2	114,5	0,0	0,560	OK

			M	5257,7	64,4	0,0	0,000	
			N	6,3	114,1	0,0	0,560	
144,3	34,2	0,0	P	14,3	114,7	0,0	0,300	OK
			M	5561,4	34,1	0,0	0,000	
			N	4,3	113,9	0,0	0,300	
1520,4	38,9	0,0	P	62,1	118,5	0,0	0,330	OK
			M	5514,3	38,8	0,0	0,000	
			N	20,4	115,2	0,0	0,340	
1620,6	8,1	0,0	P	360,6	142,1	0,0	0,060	OK
			M	5833,2	8,0	0,0	0,000	
			N	20,6	115,2	0,0	0,070	
1733,3	36,6	0,0	P	111,3	122,4	0,0	0,300	OK
			M	5536,7	36,6	0,0	0,010	
			N	33,3	116,2	0,0	0,310	
1820,4	38,9	0,0	P	62,1	118,5	0,0	0,330	OK
			M	5514,3	38,8	0,0	0,000	
			N	20,4	115,2	0,0	0,340	
1920,6	8,1	0,0	P	360,6	142,1	0,0	0,060	OK
			M	5833,2	8,0	0,0	0,000	
			N	20,6	115,2	0,0	0,070	
2033,3	36,6	0,0	P	111,3	122,4	0,0	0,300	OK
			M	5536,7	36,6	0,0	0,010	
			N	33,3	116,2	0,0	0,310	
2120,4	38,9	0,0	P	62,1	118,5	0,0	0,330	OK
			M	5514,3	38,8	0,0	0,000	
			N	20,4	115,2	0,0	0,340	
2220,4	38,9	0,0	P	62,1	118,5	0,0	0,330	OK
			M	5514,3	38,8	0,0	0,000	
			N	20,4	115,2	0,0	0,340	
2323,1	19,3	0,0	P	149,7	125,5	0,0	0,150	OK
			M	5713,9	19,3	0,0	0,000	
			N	23,1	115,4	0,0	0,170	
2423,1	19,3	0,0	P	149,7	125,5	0,0	0,150	OK
			M	5713,9	19,3	0,0	0,000	
			N	23,1	115,4	0,0	0,170	
2519,3	49,9	0,0	P	45,2	117,2	0,0	0,430	OK
			M	5403,3	49,8	0,0	0,000	
			N	19,3	115,1	0,0	0,430	
2619,5	19,2	0,0	P	126,0	123,6	0,0	0,150	OK
			M	5715,8	19,1	0,0	0,000	
			N	19,5	115,1	0,0	0,170	
2720,4	38,9	0,0	P	62,1	118,5	0,0	0,330	OK
			M	5514,3	38,8	0,0	0,000	
			N	20,4	115,2	0,0	0,340	
2820,6	8,1	0,0	P	360,6	142,1	0,0	0,060	OK
			M	5833,2	8,0	0,0	0,000	
			N	20,6	115,2	0,0	0,070	
2921,7	23,2	0,0	P	114,5	122,7	0,0	0,190	OK
			M	5673,8	23,1	0,0	0,000	
			N	21,7	115,3	0,0	0,200	
3037,9	26,3	0,0	P	184,5	128,3	0,0	0,200	OK
			M	5642,0	26,2	0,0	0,010	
			N	37,9	116,6	0,0	0,230	
3140,5	-4,8	0,0	P	1908,4	-228,2	0,0	0,020	OK
			M	5869,7	-4,7	0,0	0,010	
			N	40,5	-116,8	0,0	0,040	
3263,7	21,9	0,0	P	429,4	147,4	0,0	0,150	OK

			M	5687,5	21,8	0,0	0,010	
			N	63,7	118,7	0,0	0,180	
3321,7	23,2	0,0	P	114,5	122,7	0,0	0,190	OK
			M	5673,8	23,1	0,0	0,000	
			N	21,7	115,3	0,0	0,200	
7510,6	12,9	0,0	P	99,4	121,5	0,0	0,110	OK
			M	5781,2	12,9	0,0	0,000	
			N	10,6	114,4	0,0	0,110	
7620,8	-10,1	0,0	P	281,7	-135,9	0,0	0,070	OK
			M	5811,9	-10,0	0,0	0,000	
			N	20,8	-115,2	0,0	0,090	
776,6	16,4	0,0	P	46,9	117,3	0,0	0,140	OK
			M	5744,4	16,4	0,0	0,000	
			N	6,6	114,1	0,0	0,140	
7816,4	-4,8	0,0	P	526,9	-154,9	0,0	0,030	OK
			M	5870,0	-4,7	0,0	0,000	
			N	16,4	-114,9	0,0	0,040	
799,2	19,4	0,0	P	56,0	118,0	0,0	0,160	OK
			M	5713,8	19,3	0,0	0,000	
			N	9,2	114,3	0,0	0,170	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su Verif.
kN	kN m	kN m			kN	kN m		
1-7,8	73,1	0,0	P	-12,0	112,6	0,0	0,650	OK
1-7,8	73,1	0,0	M	-442,9	73,1	0,0	0,020	OK
1-7,8	73,1	0,0	N	-7,8	113,0	0,0	0,650	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	
46 OK	51,0	0,0	-3,2	-7311,7	0,42	207001,6	0,66
47 OK	30,8	0,0	-4,6	-4422,0	0,25	126192,9	0,40
48 OK	51,0	0,0	-3,2	-7311,7	0,42	207001,6	0,66
49 OK	30,8	0,0	-4,6	-4422,0	0,25	126192,9	0,40
50 OK	18,4	0,0	19,9	-2594,6	0,15	65649,3	0,21
51 OK	-2,1	0,0	20,1	-234,7	0,01	-1741,8	0,01
52 OK	16,9	0,0	28,5	-2361,5	0,14	56041,3	0,18
53 OK	18,4	0,0	19,9	-2594,6	0,15	65649,3	0,21
54 OK	-2,1	0,0	20,1	-234,7	0,01	-1741,8	0,01
55 OK	16,9	0,0	28,5	-2361,5	0,14	56041,3	0,18
56 OK	46,8	0,0	0,4	-6701,9	0,39	188473,2	0,60
57 OK	26,6	0,0	-1,0	-3813,7	0,22	107703,7	0,34
58 OK	46,8	0,0	0,4	-6701,9	0,39	188473,2	0,60
59 OK	26,6	0,0	-1,0	-3813,7	0,22	107703,7	0,34
60 OK	23,7	0,0	15,4	-3357,1	0,19	88723,8	0,28
61 OK	3,2	0,0	15,6	-411,3	0,02	6378,2	0,02
62 OK	22,2	0,0	24,0	-3126,1	0,18	79078,2	0,25
63 OK	23,7	0,0	15,4	-3357,1	0,19	88723,8	0,28

64	OK	3,2	0,0	15,6	-411,3	0,02	6378,2	0,02
65	OK	22,2	0,0	24,0	-3126,1	0,18	79078,2	0,25
66	OK	23,7	0,0	15,4	-3357,1	0,19	88723,8	0,28
67	OK	23,7	0,0	15,4	-3357,1	0,19	88723,8	0,28
68	OK	18,2	0,0	14,8	-2572,8	0,15	66880,5	0,21
69	OK	18,2	0,0	14,8	-2572,8	0,15	66880,5	0,21

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

Valori limite:

Fessure: $WkL = 0,45$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm		
34	OK	49,5	0,0	2,6	0,23	0,51
35	OK	28,3	0,0	6,2	0,13	0,29
36	OK	18,4	0,0	19,9	0,08	0,17
37	OK	-2,1	0,0	20,1	0,00	0,00
38	OK	16,9	0,0	28,5	0,06	0,14
44	OK	21,5	0,0	27,4	0,09	0,19
45	OK	18,2	0,0	14,8	0,08	0,17

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

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 13050,0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

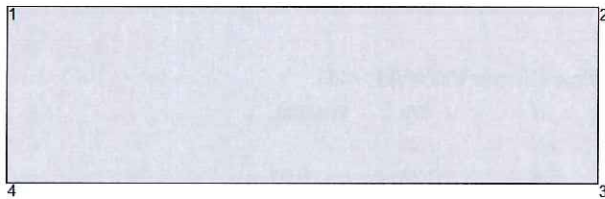
Fessure: $WkL = 0,30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
39	OK	35,6	0,0	6,5	-5090,1	0,39	0,16	0,54
40	OK	21,5	0,0	5,6	-3067,7	0,24	0,10	0,33
41	OK	15,3	0,0	13,8	-2156,4	0,17	0,06	0,21
42	OK	0,9	0,0	13,9	-100,4	0,01	0,00	0,00
43	OK	14,2	0,0	19,8	-1993,3	0,15	0,06	0,19
70	OK	20,8	0,0	0,7	-2978,3	0,23	0,10	0,32
71	OK	-9,6	0,0	14,6	-1347,2	0,10	0,04	0,13
72	OK	15,6	0,0	5,2	-2217,5	0,17	0,07	0,23
73	OK	-4,4	0,0	10,1	-603,0	0,05	0,02	0,05
74	OK	20,3	0,0	2,8	-2904,0	0,22	0,09	0,31

9.1 SOLETTA DI FONDAZIONE

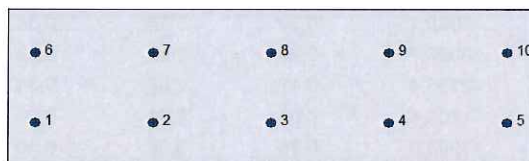
9.1.1 ATTACCO PIEDRITTO (ASTA 11)

9.1.1.1 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	8,3	2,5	no
2	27,5	8,3	2,5	no
3	50,0	8,3	2,5	no
4	72,5	8,3	2,5	no
5	95,0	8,3	2,5	no
6	5,0	21,7	2,5	no
7	27,5	21,7	2,5	no
8	50,0	21,7	2,5	no

9	72,5	21,7	2,5	no
10	95,0	21,7	2,5	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'

Note:

Verifiche SLE per ambiente moderatamente aggressivo

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) = 770000 daN/cm²

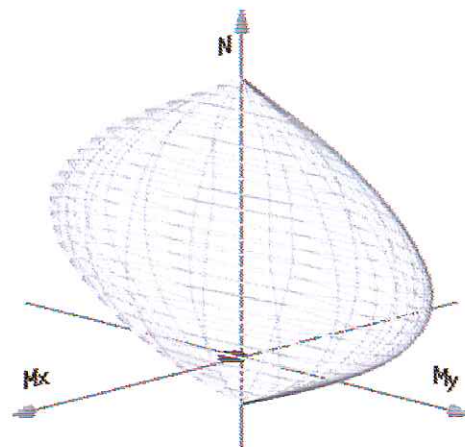
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

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	
-995,7	0,0	0,0	Completamente tesa
5925,7	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	113,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-113,6	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	425,8	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-425,8	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		
16,9	9,1	0,0	P	92,6	121,0	0,0	0,070	OK
			M	5823,0	9,0	0,0	0,000	
			N	6,9	114,1	0,0	0,080	
29,0	3,8	0,0	P	328,5	139,6	0,0	0,030	OK
			M	5880,9	3,8	0,0	0,000	
			N	9,0	114,3	0,0	0,030	
36,9	9,1	0,0	P	92,6	121,0	0,0	0,070	OK
			M	5823,0	9,0	0,0	0,000	
			N	6,9	114,1	0,0	0,080	
49,0	3,8	0,0	P	328,5	139,6	0,0	0,030	OK
			M	5880,9	3,8	0,0	0,000	
			N	9,0	114,3	0,0	0,030	
567,7	60,7	0,0	P	139,2	124,7	0,0	0,490	OK
			M	5295,8	60,6	0,0	0,010	
			N	67,7	119,0	0,0	0,510	
675,4	58,6	0,0	P	162,8	126,5	0,0	0,460	OK
			M	5316,1	58,5	0,0	0,010	
			N	75,4	119,6	0,0	0,490	
792,6	77,5	0,0	P	150,0	125,5	0,0	0,620	OK
			M	5128,9	77,4	0,0	0,020	
			N	92,6	121,0	0,0	0,640	
846,7	32,6	0,0	P	183,4	128,2	0,0	0,250	OK
			M	5577,6	32,5	0,0	0,010	
			N	46,7	117,3	0,0	0,280	
954,3	30,6	0,0	P	235,2	132,3	0,0	0,230	OK
			M	5598,7	30,5	0,0	0,010	
			N	54,3	117,9	0,0	0,260	
1071,5	49,4	0,0	P	185,7	128,4	0,0	0,380	OK
			M	5407,7	49,4	0,0	0,010	
			N	71,5	119,3	0,0	0,410	
1122,8	7,3	0,0	P	473,9	150,8	0,0	0,050	OK
			M	5842,5	7,2	0,0	0,000	
			N	22,8	115,4	0,0	0,060	
1224,9	2,0	0,0	P	2757,6	223,5	0,0	0,010	OK
			M	5901,5	2,0	0,0	0,000	
			N	24,9	115,6	0,0	0,020	
1322,8	7,3	0,0	P	473,9	150,8	0,0	0,050	OK
			M	5842,5	7,2	0,0	0,000	
			N	22,8	115,4	0,0	0,060	

1424,9	2,0	0,0	P	2757,6	223,5	0,0	0,010	OK
			M	5901,5	2,0	0,0	0,000	
			N	24,9	115,6	0,0	0,020	
1573,1	66,7	0,0	P	136,4	124,4	0,0	0,540	OK
			M	5235,5	66,6	0,0	0,010	
			N	73,1	119,4	0,0	0,560	
1680,8	64,7	0,0	P	157,5	126,1	0,0	0,510	OK
			M	5255,8	64,6	0,0	0,010	
			N	80,8	120,0	0,0	0,540	
1798,0	83,6	0,0	P	146,9	125,3	0,0	0,670	OK
			M	5068,8	83,5	0,0	0,020	
			N	98,0	121,4	0,0	0,690	
1852,1	38,7	0,0	P	171,2	127,2	0,0	0,300	OK
			M	5516,0	38,6	0,0	0,010	
			N	52,1	117,7	0,0	0,330	
1959,7	36,6	0,0	P	212,8	130,5	0,0	0,280	OK
			M	5536,7	36,6	0,0	0,010	
			N	59,7	118,3	0,0	0,310	
2076,9	55,5	0,0	P	176,9	127,7	0,0	0,430	OK
			M	5347,1	55,4	0,0	0,010	
			N	76,9	119,7	0,0	0,460	
2173,1	66,7	0,0	P	136,4	124,4	0,0	0,540	OK
			M	5235,5	66,6	0,0	0,010	
			N	73,1	119,4	0,0	0,560	
2252,1	38,7	0,0	P	171,2	127,2	0,0	0,300	OK
			M	5516,0	38,6	0,0	0,010	
			N	52,1	117,7	0,0	0,330	
23108,2	65,1	0,0	P	217,5	130,9	0,0	0,500	OK
			M	5251,6	65,0	0,0	0,020	
			N	108,2	122,2	0,0	0,530	
2487,1	37,1	0,0	P	328,1	139,6	0,0	0,260	OK
			M	5532,5	37,0	0,0	0,020	
			N	87,1	120,5	0,0	0,310	
2574,2	58,3	0,0	P	161,0	126,4	0,0	0,460	OK
			M	5319,5	58,2	0,0	0,010	
			N	74,2	119,5	0,0	0,490	
2681,9	56,2	0,0	P	187,0	128,5	0,0	0,440	OK
			M	5339,7	56,2	0,0	0,010	
			N	81,9	120,1	0,0	0,470	
2752,1	38,7	0,0	P	171,2	127,2	0,0	0,300	OK
			M	5516,0	38,6	0,0	0,010	
			N	52,1	117,7	0,0	0,330	
2859,7	36,6	0,0	P	212,8	130,5	0,0	0,280	OK
			M	5536,7	36,6	0,0	0,010	
			N	59,7	118,3	0,0	0,310	
29109,6	66,5	0,0	P	215,4	130,7	0,0	0,510	OK
			M	5237,8	66,4	0,0	0,020	
			N	109,6	122,3	0,0	0,540	
3062,7	48,3	0,0	P	164,6	126,7	0,0	0,380	OK
			M	5419,4	48,2	0,0	0,010	
			N	62,7	118,6	0,0	0,410	
3169,4	43,9	0,0	P	205,4	129,9	0,0	0,340	OK
			M	5463,7	43,8	0,0	0,010	
			N	69,4	119,1	0,0	0,370	
3280,9	52,1	0,0	P	201,1	129,6	0,0	0,400	OK
			M	5381,0	52,0	0,0	0,010	
			N	80,9	120,0	0,0	0,430	

33109,6	66,5	0,0	P	215,4	130,7	0,0	0,510	OK
			M	5237,8	66,4	0,0	0,020	
			N	109,6	122,3	0,0	0,540	
7540,7	13,1	0,0	P	468,2	150,4	0,0	0,090	OK
			M	5779,9	13,0	0,0	0,010	
			N	40,7	116,8	0,0	0,110	
7637,6	26,2	0,0	P	184,5	128,3	0,0	0,200	OK
			M	5643,5	26,1	0,0	0,010	
			N	37,6	116,6	0,0	0,220	
7724,7	4,2	0,0	P	1186,1	200,7	0,0	0,020	OK
			M	5877,0	4,1	0,0	0,000	
			N	24,7	115,5	0,0	0,040	
7842,1	31,2	0,0	P	171,7	127,2	0,0	0,240	OK
			M	5591,9	31,1	0,0	0,010	
			N	42,1	116,9	0,0	0,270	
7949,3	23,0	0,0	P	292,8	136,8	0,0	0,170	OK
			M	5676,0	22,9	0,0	0,010	
			N	49,3	117,5	0,0	0,200	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su Verif.
kN	kN m	kN m			kN m	kN m		
1798,0	83,6	0,0	P	146,9	125,3	0,0	0,670	OK
792,6	77,5	0,0	M	5128,9	77,4	0,0	0,020	OK
1798,0	83,6	0,0	N	98,0	121,4	0,0	0,690	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	
46 OK	6,8	0,0	12,4	-945,9	0,05	22116,2	0,07
47 OK	3,3	0,0	13,7	-435,6	0,03	7566,3	0,02
48 OK	6,8	0,0	12,4	-945,9	0,05	22116,2	0,07
49 OK	3,3	0,0	13,7	-435,6	0,03	7566,3	0,02
50 OK	39,2	0,0	43,8	-5518,4	0,32	139069,2	0,44
51 OK	37,8	0,0	48,9	-5310,0	0,31	131382,1	0,42
52 OK	50,4	0,0	60,4	-7090,3	0,41	177208,8	0,56
53 OK	20,5	0,0	29,8	-2867,1	0,16	69735,1	0,22
54 OK	19,1	0,0	34,9	-2657,5	0,15	62071,6	0,20
55 OK	31,7	0,0	46,4	-4438,8	0,26	107878,8	0,34
56 OK	2,8	0,0	8,8	-372,5	0,02	7397,8	0,02
57 OK	-0,7	0,0	10,1	-81,4	0,00	-768,4	0,00
58 OK	2,8	0,0	8,8	-372,5	0,02	7397,8	0,02
59 OK	-0,7	0,0	10,1	-81,4	0,00	-768,4	0,00
60 OK	44,2	0,0	48,3	-6232,8	0,36	157499,5	0,50
61 OK	42,8	0,0	53,4	-6024,4	0,35	149810,6	0,48
62 OK	55,4	0,0	64,9	-7804,7	0,45	195638,4	0,62
63 OK	25,5	0,0	34,3	-3581,6	0,21	88161,5	0,28
64 OK	24,1	0,0	39,4	-3372,4	0,19	80489,1	0,26
65 OK	36,7	0,0	50,8	-5153,3	0,30	126304,7	0,40

66	OK	44,2	0,0	48,3	-6232,8	0,36	157499,5	0,50
67	OK	25,5	0,0	34,3	-3581,6	0,21	88161,5	0,28
68	OK	42,5	0,0	74,0	-5919,8	0,34	139557,7	0,44
69	OK	23,8	0,0	60,0	-3263,3	0,19	70342,2	0,22

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

Valori limite:

Fessure: $WkL = 0,30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
34 OK	9,6	0,0	26,5	0.03	0,11
35 OK	12,9	0,0	39,8	0.04	0,14
36 OK	20,5	0,0	29,8	0.08	0,27
37 OK	19,1	0,0	34,9	0.07	0,24
38 OK	31,7	0,0	46,4	0.13	0,42
44 OK	41,4	0,0	59,0	0.16	0,55
45 OK	23,8	0,0	60,0	0.08	0,27

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: $WkL = 0,15$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
39 OK	3,1	0,0	22,6	-372,5	0,03	0.00	0,03
40 OK	0,6	0,0	23,6	-109,3	0,01	0.00	0,00
41 OK	22,6	0,0	32,4	-3171,0	0,24	0.09	0,60
42 OK	21,7	0,0	36,0	-3024,3	0,23	0.08	0,56
43 OK	30,5	0,0	44,0	-4272,1	0,33	0.12	0,80
70 OK	4,7	0,0	28,5	-583,6	0,04	0.01	0,05
71 OK	10,8	0,0	23,6	-1497,8	0,11	0.04	0,26
72 OK	-0,4	0,0	24,0	-95,3	0,01	0.00	0,00
73 OK	15,9	0,0	28,0	-2214,6	0,17	0.06	0,40
74 OK	7,9	0,0	35,3	-1035,6	0,08	0.02	0,13

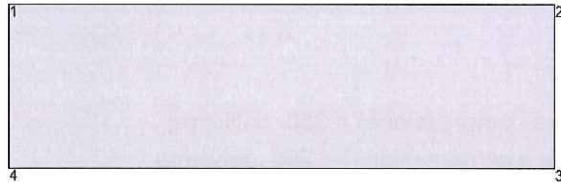
9.1.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

V_{sdu}	156,1	kN
M_{sdu}	83,56	kNm
N_{sdu}	97,968	kN
M_0	4,781	kNm
Rck	35	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
bw	100	cm
d	21,7	cm
δ	1,057	
r	1,383	m
Asl	12,72	cm ²
c	8,3	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
Asw	2,82	cm ²
passo staffe	20	cm
fcd	18,156	N/mm ²
fctd	1,263	N/mm ²
f_{yd}	391,304	N/mm ²
ρ	0,0059	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
VRd1	129,501	kN
VRd2	1181,972	kN
Asw,min	3,90	cm ²
passo staffe, max	30,0	cm
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
VRd2	1181,972	kN
Vcd	173,794	kN
Vwd,min	-17,694	kN
Vwd	107,755	kN
VRd3	281,549	kN

La verifica è soddisfatta considerando armatura a taglio $\Phi 12/(20 \times 40)$.

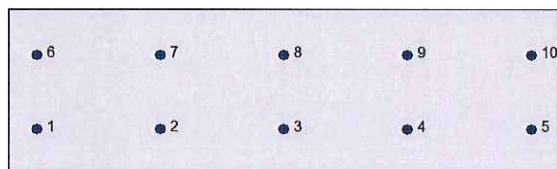
9.1.2 MEZZERIA (ASTA 15)

9.1.2.1 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	8,3	2,5	no
2	27,5	8,3	2,5	no
3	50,0	8,3	2,5	no
4	72,5	8,3	2,5	no
5	95,0	8,3	2,5	no
6	5,0	21,7	2,5	no
7	27,5	21,7	2,5	no
8	50,0	21,7	2,5	no
9	72,5	21,7	2,5	no
10	95,0	21,7	2,5	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'

Note:

Verifiche SLE per ambiente moderatamente aggressivo

Materiali:

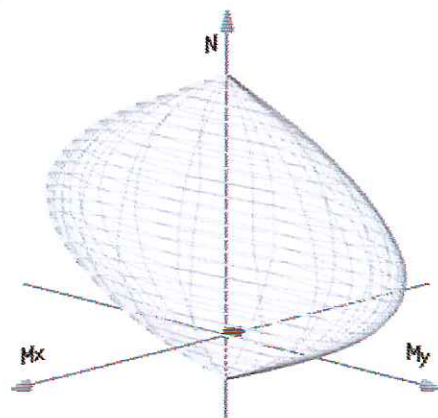
Calcestruzzo classe: C28/35

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) = 770000 daN/cm²
 E (modulo elastico) = 2000000 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	
-995,7	0,0	0,0	Completamente tesa
5925,7	0,0	0,0	Completamente compressa
0,0	113,6	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-113,6	0,0	Fibre superiori tese

0,0	0,0	425,8	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-425,8	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		
16,9	-53,6	0,0	P	14,9	-114,8	0,0	0,470	OK
			M	5366,6	-53,5	0,0	0,000	
			N	6,9	-114,1	0,0	0,470	
29,0	-28,1	0,0	P	37,3	-116,6	0,0	0,240	OK
			M	5623,7	-28,0	0,0	0,000	
			N	9,0	-114,3	0,0	0,250	
36,9	-53,6	0,0	P	14,9	-114,8	0,0	0,470	OK
			M	5366,6	-53,5	0,0	0,000	
			N	6,9	-114,1	0,0	0,470	
49,0	-28,1	0,0	P	37,3	-116,6	0,0	0,240	OK
			M	5623,7	-28,0	0,0	0,000	
			N	9,0	-114,3	0,0	0,250	
528,6	-48,4	0,0	P	70,4	-119,2	0,0	0,410	OK
			M	5417,9	-48,4	0,0	0,000	
			N	28,6	-115,9	0,0	0,420	
632,9	-22,6	0,0	P	187,7	-128,5	0,0	0,170	OK
			M	5680,9	-22,5	0,0	0,010	
			N	32,9	-116,2	0,0	0,190	
737,7	-46,5	0,0	P	98,3	-121,4	0,0	0,380	OK
			M	5437,0	-46,5	0,0	0,010	
			N	37,7	-116,6	0,0	0,400	
828,6	-48,4	0,0	P	70,4	-119,2	0,0	0,410	OK
			M	5417,9	-48,4	0,0	0,000	
			N	28,6	-115,9	0,0	0,420	
932,9	-22,6	0,0	P	187,7	-128,5	0,0	0,170	OK
			M	5680,9	-22,5	0,0	0,010	
			N	32,9	-116,2	0,0	0,190	
1037,7	-46,5	0,0	P	98,3	-121,4	0,0	0,380	OK
			M	5437,0	-46,5	0,0	0,010	
			N	37,7	-116,6	0,0	0,400	
1122,8	-60,3	0,0	P	44,3	-117,1	0,0	0,510	OK
			M	5299,4	-60,2	0,0	0,000	
			N	22,8	-115,4	0,0	0,520	
1224,9	-34,8	0,0	P	86,0	-120,4	0,0	0,290	OK
			M	5555,3	-34,7	0,0	0,000	
			N	24,9	-115,6	0,0	0,300	
1322,8	-60,3	0,0	P	44,3	-117,1	0,0	0,510	OK
			M	5299,4	-60,2	0,0	0,000	
			N	22,8	-115,4	0,0	0,520	
1424,9	-34,8	0,0	P	86,0	-120,4	0,0	0,290	OK
			M	5555,3	-34,7	0,0	0,000	
			N	24,9	-115,6	0,0	0,300	
1534,0	-42,4	0,0	P	97,1	-121,3	0,0	0,350	OK
			M	5478,3	-42,4	0,0	0,010	

			N	34,0	-116,3	0,0	0,360	
1638,3	-16,5	0,0	P	322,2	-139,1	0,0	0,120	OK
			M	5743,2	-16,5	0,0	0,010	
			N	38,3	-116,6	0,0	0,140	
1743,0	-40,5	0,0	P	131,8	-124,1	0,0	0,330	OK
			M	5497,4	-40,5	0,0	0,010	
			N	43,0	-117,0	0,0	0,350	
1834,0	-42,4	0,0	P	97,1	-121,3	0,0	0,350	OK
			M	5478,3	-42,4	0,0	0,010	
			N	34,0	-116,3	0,0	0,360	
1938,3	-16,5	0,0	P	322,2	-139,1	0,0	0,120	OK
			M	5743,2	-16,5	0,0	0,010	
			N	38,3	-116,6	0,0	0,140	
2043,0	-40,5	0,0	P	131,8	-124,1	0,0	0,330	OK
			M	5497,4	-40,5	0,0	0,010	
			N	43,0	-117,0	0,0	0,350	
2134,0	-42,4	0,0	P	97,1	-121,3	0,0	0,350	OK
			M	5478,3	-42,4	0,0	0,010	
			N	34,0	-116,3	0,0	0,360	
2234,0	-42,4	0,0	P	97,1	-121,3	0,0	0,350	OK
			M	5478,3	-42,4	0,0	0,010	
			N	34,0	-116,3	0,0	0,360	
2353,2	-7,3	0,0	P	1653,1	-225,4	0,0	0,030	OK
			M	5842,6	-7,2	0,0	0,010	
			N	53,2	-117,8	0,0	0,060	
2453,2	-7,3	0,0	P	1653,1	-225,4	0,0	0,030	OK
			M	5842,6	-7,2	0,0	0,010	
			N	53,2	-117,8	0,0	0,060	
2535,1	-50,8	0,0	P	83,0	-120,2	0,0	0,420	OK
			M	5394,6	-50,7	0,0	0,010	
			N	35,1	-116,4	0,0	0,440	
2639,4	-24,9	0,0	P	205,8	-129,9	0,0	0,190	OK
			M	5656,5	-24,8	0,0	0,010	
			N	39,4	-116,7	0,0	0,210	
2734,0	-42,4	0,0	P	97,1	-121,3	0,0	0,350	OK
			M	5478,3	-42,4	0,0	0,010	
			N	34,0	-116,3	0,0	0,360	
2838,3	-16,5	0,0	P	322,2	-139,1	0,0	0,120	OK
			M	5743,2	-16,5	0,0	0,010	
			N	38,3	-116,6	0,0	0,140	
2954,6	-13,8	0,0	P	646,6	-163,9	0,0	0,080	OK
			M	5771,7	-13,8	0,0	0,010	
			N	54,6	-117,9	0,0	0,120	
3041,6	-39,5	0,0	P	130,8	-124,0	0,0	0,320	OK
			M	5508,0	-39,4	0,0	0,010	
			N	41,6	-116,9	0,0	0,340	
3148,3	-13,2	0,0	P	582,9	-159,1	0,0	0,080	OK
			M	5778,6	-13,1	0,0	0,010	
			N	48,3	-117,4	0,0	0,110	
3259,8	-35,7	0,0	P	219,6	-131,0	0,0	0,270	OK
			M	5546,3	-35,6	0,0	0,010	
			N	59,8	-118,3	0,0	0,300	
3354,6	-13,8	0,0	P	646,6	-163,9	0,0	0,080	OK
			M	5771,7	-13,8	0,0	0,010	
			N	54,6	-117,9	0,0	0,120	
7534,7	-10,0	0,0	P	543,4	-156,1	0,0	0,060	OK
			M	5812,9	-9,9	0,0	0,010	

7617,8	-5,6	0,0	N	34,7	-116,3	0,0	0,090	OK
			P	479,3	-151,3	0,0	0,040	
			M	5860,6	-5,6	0,0	0,000	
7718,7	-15,5	0,0	N	17,8	-115,0	0,0	0,050	OK
			P	152,4	-125,7	0,0	0,120	
			M	5754,7	-15,4	0,0	0,000	
7822,3	-0,6	0,0	N	18,7	-115,1	0,0	0,130	OK
			P	4625,9	-127,6	0,0	0,000	
			M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
7929,4	-7,9	0,0	N	22,3	-115,4	0,0	0,000	OK
			P	600,8	-160,5	0,0	0,050	
			M	5836,0	-7,8	0,0	0,000	
			N	29,4	-115,9	0,0	0,070	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su Verif.
kN	kN m	kN m			kN m	kN m		
1122,8	-60,3	0,0	P	44,3	-117,1	0,0	0,510	OK
632,9	-22,6	0,0	M	5680,9	-22,5	0,0	0,010	OK
1122,8	-60,3	0,0	N	22,8	-115,4	0,0	0,520	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	
46 OK	-35,0	0,0	12,3	-4984,0	0,29	135620,4	0,43
47 OK	-18,0	0,0	13,7	-2548,0	0,15	66589,4	0,21
48 OK	-35,0	0,0	12,3	-4984,0	0,29	135620,4	0,43
49 OK	-18,0	0,0	13,7	-2548,0	0,15	66589,4	0,21
50 OK	-31,4	0,0	21,2	-4459,9	0,26	117583,4	0,37
51 OK	-14,2	0,0	24,1	-1977,1	0,11	46829,9	0,15
52 OK	-30,2	0,0	27,3	-4264,7	0,25	109877,4	0,35
53 OK	-31,4	0,0	21,2	-4459,9	0,26	117583,4	0,37
54 OK	-14,2	0,0	24,1	-1977,1	0,11	46829,9	0,15
55 OK	-30,2	0,0	27,3	-4264,7	0,25	109877,4	0,35
56 OK	-39,0	0,0	8,8	-5564,2	0,32	153291,9	0,49
57 OK	-22,0	0,0	10,1	-3128,8	0,18	84250,7	0,27
58 OK	-39,0	0,0	8,8	-5564,2	0,32	153291,9	0,49
59 OK	-22,0	0,0	10,1	-3128,8	0,18	84250,7	0,27
60 OK	-26,4	0,0	25,7	-3733,3	0,21	95517,8	0,30
61 OK	-9,2	0,0	28,6	-1243,9	0,07	24929,5	0,08
62 OK	-25,2	0,0	31,7	-3537,3	0,20	87828,1	0,28
63 OK	-26,4	0,0	25,7	-3733,3	0,21	95517,8	0,30
64 OK	-9,2	0,0	28,6	-1243,9	0,07	24929,5	0,08
65 OK	-25,2	0,0	31,7	-3537,3	0,20	87828,1	0,28
66 OK	-26,4	0,0	25,7	-3733,3	0,21	95517,8	0,30
67 OK	-26,4	0,0	25,7	-3733,3	0,21	95517,8	0,30
68 OK	-9,0	0,0	40,9	-1172,0	0,07	19177,8	0,06
69 OK	-9,0	0,0	40,9	-1172,0	0,07	19177,8	0,06

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

Valori limite:

Fessure: $WkL = 0,45$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm	
34 OK	-35,5	0,0	26,5	0.15	0,34
35 OK	-17,6	0,0	32,8	0.07	0,15
36 OK	-31,4	0,0	21,2	0.14	0,30
37 OK	-14,2	0,0	24,1	0.05	0,12
38 OK	-30,2	0,0	27,3	0.13	0,28
44 OK	-24,6	0,0	35,1	0.10	0,22
45 OK	-9,0	0,0	40,9	0.02	0,05

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

Valori limite:

CLS: $\sigma_{cL} = 13050,0$ kN/mq (verifica Ok per $\sigma_c/\sigma_{cL} < 1$)

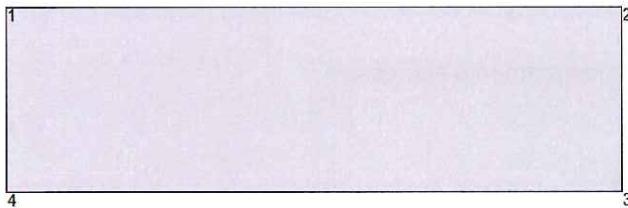
Fessure: $WkL = 0,30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
39 OK	-33,2	0,0	22,6	-4713,5	0,36	0.14	0,48
40 OK	-21,3	0,0	23,6	-3007,9	0,23	0.09	0,29
41 OK	-19,4	0,0	25,3	-2721,3	0,21	0.08	0,26
42 OK	-7,3	0,0	27,3	-975,1	0,07	0.02	0,07
43 OK	-18,5	0,0	29,5	-2584,7	0,20	0.07	0,24
70 OK	-11,3	0,0	28,5	-1556,5	0,12	0.04	0,13
71 OK	-7,9	0,0	19,8	-1088,2	0,08	0.03	0,09
72 OK	-16,3	0,0	24,0	-2289,3	0,18	0.06	0,21
73 OK	-2,9	0,0	24,3	-341,0	0,03	0.00	0,01
74 OK	-10,8	0,0	31,5	-1475,5	0,11	0.04	0,12

9.2 PIEDRITTI

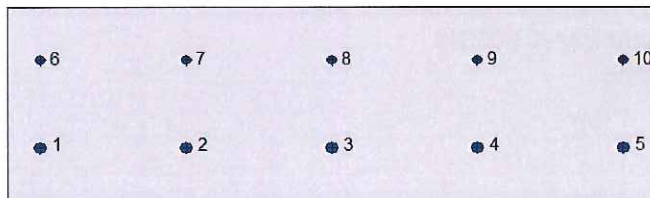
9.2.1 ATTACCO SOLETTA SUPERIORE (ASTA 6)

9.2.1.1 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	8,3	2,5	no
2	27,5	8,3	2,5	no
3	50,0	8,3	2,5	no
4	72,5	8,3	2,5	no

5	95,0	8,3	2,5	no
6	5,0	21,9	1,5	no
7	27,5	21,9	1,5	no
8	50,0	21,9	1,5	no
9	72,5	21,9	1,5	no
10	95,0	21,9	1,5	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'

Note:

Verifiche SLE per ambiente moderatamente aggressivo

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) = 770000 daN/cm²

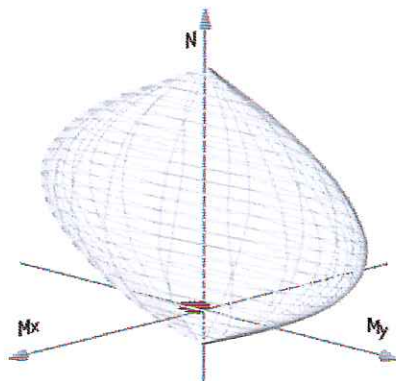
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

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	
-799,1	12,6	0,0	Completamente tesa
5729,1	-12,6	0,0	Completamente compressa
0,0	110,5	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-84,9	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	346,6	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-346,6	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		
1162,8	11,7	0,0	P	2843,2	204,9	0,0	0,060	OK
			M	5466,1	11,6	0,0	0,030	
			N	162,8	124,5	0,0	0,090	
270,1	-8,8	0,0	P	1579,9	-199,5	0,0	0,040	OK
			M	5685,3	-8,9	0,0	0,010	
			N	70,1	-90,9	0,0	0,100	
3162,8	11,7	0,0	P	2843,2	204,9	0,0	0,060	OK
			M	5466,1	11,6	0,0	0,030	
			N	162,8	124,5	0,0	0,090	
470,1	-8,8	0,0	P	1579,9	-199,5	0,0	0,040	OK
			M	5685,3	-8,9	0,0	0,010	
			N	70,1	-90,9	0,0	0,100	
5200,0	91,1	0,0	P	298,3	135,9	0,0	0,670	OK
			M	4674,2	91,0	0,0	0,040	
			N	200,0	127,6	0,0	0,710	
6109,1	75,7	0,0	P	181,9	126,1	0,0	0,600	OK
			M	4826,0	75,6	0,0	0,020	
			N	109,1	119,9	0,0	0,630	
7210,2	104,2	0,0	P	269,3	133,5	0,0	0,780	OK
			M	4545,9	104,1	0,0	0,050	
			N	210,2	128,5	0,0	0,810	
8170,5	58,8	0,0	P	424,1	146,3	0,0	0,400	OK
			M	4992,8	58,7	0,0	0,030	
			N	170,5	125,1	0,0	0,470	
979,6	43,4	0,0	P	240,5	131,1	0,0	0,330	OK
			M	5146,2	43,3	0,0	0,010	
			N	79,6	117,4	0,0	0,370	
10180,7	71,9	0,0	P	352,8	140,4	0,0	0,510	OK
			M	4862,5	71,9	0,0	0,040	
			N	180,7	126,0	0,0	0,570	
11162,8	19,3	0,0	P	1847,4	218,6	0,0	0,090	OK
			M	5388,9	19,2	0,0	0,030	
			N	162,8	124,5	0,0	0,150	
1270,1	1,5	0,0	P	4609,6	97,6	0,0	0,010	OK
			M	5572,6	1,4	0,0	0,010	
			N	70,1	116,6	0,0	0,010	
13162,8	19,3	0,0	P	1847,4	218,6	0,0	0,090	OK

			M	5388,9	19,2	0,0	0,030	
			N	162,8	124,5	0,0	0,150	
1470,1	1,5	0,0	P	4609,6	97,6	0,0	0,010	OK
			M	5572,6	1,4	0,0	0,010	
			N	70,1	116,6	0,0	0,010	
15200,0	85,2	0,0	P	324,0	138,0	0,0	0,620	OK
			M	4732,2	85,1	0,0	0,040	
			N	200,0	127,6	0,0	0,670	
16109,1	69,8	0,0	P	199,6	127,6	0,0	0,550	OK
			M	4884,4	69,7	0,0	0,020	
			N	109,1	119,9	0,0	0,580	
17210,2	98,3	0,0	P	288,8	135,1	0,0	0,730	OK
			M	4603,5	98,3	0,0	0,050	
			N	210,2	128,5	0,0	0,760	
18170,5	52,9	0,0	P	488,1	151,4	0,0	0,350	OK
			M	5051,3	52,8	0,0	0,030	
			N	170,5	125,1	0,0	0,420	
1979,6	37,5	0,0	P	286,7	134,9	0,0	0,280	OK
			M	5205,3	37,4	0,0	0,010	
			N	79,6	117,4	0,0	0,320	
20180,7	66,0	0,0	P	393,4	143,8	0,0	0,460	OK
			M	4921,3	65,9	0,0	0,040	
			N	180,7	126,0	0,0	0,520	
21200,0	85,2	0,0	P	324,0	138,0	0,0	0,620	OK
			M	4732,2	85,1	0,0	0,040	
			N	200,0	127,6	0,0	0,670	
22170,5	52,9	0,0	P	488,1	151,4	0,0	0,350	OK
			M	5051,3	52,8	0,0	0,030	
			N	170,5	125,1	0,0	0,420	
2368,1	42,7	0,0	P	204,3	128,0	0,0	0,330	OK
			M	5152,7	42,6	0,0	0,010	
			N	68,1	116,4	0,0	0,370	
2438,6	10,4	0,0	P	596,7	160,0	0,0	0,060	OK
			M	5480,1	10,3	0,0	0,010	
			N	38,6	113,9	0,0	0,090	
25200,0	74,3	0,0	P	385,4	143,1	0,0	0,520	OK
			M	4839,8	74,2	0,0	0,040	
			N	200,0	127,6	0,0	0,580	
26109,1	58,8	0,0	P	243,6	131,3	0,0	0,450	OK
			M	4992,6	58,7	0,0	0,020	
			N	109,1	119,9	0,0	0,490	
27170,5	52,9	0,0	P	488,1	151,4	0,0	0,350	OK
			M	5051,3	52,8	0,0	0,030	
			N	170,5	125,1	0,0	0,420	
2879,6	37,5	0,0	P	286,7	134,9	0,0	0,280	OK
			M	5205,3	37,4	0,0	0,010	
			N	79,6	117,4	0,0	0,320	
2978,5	44,1	0,0	P	231,7	130,3	0,0	0,340	OK
			M	5138,5	44,1	0,0	0,010	
			N	78,5	117,3	0,0	0,380	
30181,9	82,2	0,0	P	301,5	136,2	0,0	0,600	OK
			M	4762,1	82,1	0,0	0,040	
			N	181,9	126,1	0,0	0,650	
3189,2	64,9	0,0	P	172,1	125,3	0,0	0,520	OK
			M	4931,8	64,9	0,0	0,020	
			N	89,2	118,2	0,0	0,550	
32181,9	84,8	0,0	P	290,2	135,2	0,0	0,630	OK

			M	4736,7	84,7	0,0	0,040	
			N	181,9	126,1	0,0	0,670	
3378,5	44,1	0,0	P	231,7	130,3	0,0	0,340	OK
			M	5138,5	44,1	0,0	0,010	
			N	78,5	117,3	0,0	0,380	
7527,4	2,9	0,0	P	2074,7	217,2	0,0	0,010	OK
			M	5558,0	2,8	0,0	0,000	
			N	27,4	112,9	0,0	0,020	
7635,5	35,4	0,0	P	121,1	121,0	0,0	0,290	OK
			M	5225,6	35,3	0,0	0,010	
			N	35,5	113,6	0,0	0,310	
7727,4	-1,4	0,0	P	3708,5	-191,8	0,0	0,010	OK
			M	5603,4	-1,5	0,0	0,000	
			N	27,4	-87,3	0,0	0,020	
7835,5	30,5	0,0	P	142,8	122,8	0,0	0,250	OK
			M	5274,8	30,4	0,0	0,010	
			N	35,5	113,6	0,0	0,270	
7934,0	6,1	0,0	P	1074,4	193,7	0,0	0,030	OK
			M	5523,8	6,1	0,0	0,010	
			N	34,0	113,5	0,0	0,050	

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		
7210,2	104,2	0,0	P	269,3	133,5	0,0	0,780	OK
7210,2	104,2	0,0	M	4545,9	104,1	0,0	0,050	OK
7210,2	104,2	0,0	N	210,2	128,5	0,0	0,810	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	
46 OK	3,2	0,0	108,5	-542,8	0,03	-6420,3	0,02
47 OK	-7,4	0,0	46,7	-1020,1	0,06	15985,0	0,05
48 OK	3,2	0,0	108,5	-542,8	0,03	-6420,3	0,02
49 OK	-7,4	0,0	46,7	-1020,1	0,06	15985,0	0,05
50 OK	59,9	0,0	132,3	-8286,8	0,48	185168,9	0,59
51 OK	50,8	0,0	71,6	-7111,7	0,41	174664,0	0,55
52 OK	68,5	0,0	139,0	-9503,8	0,55	217059,6	0,69
53 OK	38,8	0,0	112,6	-5298,9	0,30	108364,8	0,34
54 OK	29,7	0,0	52,0	-4133,8	0,24	97592,3	0,31
55 OK	47,4	0,0	119,4	-6520,8	0,37	140153,9	0,44
56 OK	7,2	0,0	108,5	-818,1	0,05	-8220,6	0,03
57 OK	-3,5	0,0	46,7	-374,5	0,02	-3543,3	0,01
58 OK	7,2	0,0	108,5	-818,1	0,05	-8220,6	0,03
59 OK	-3,5	0,0	46,7	-374,5	0,02	-3543,3	0,01
60 OK	55,0	0,0	132,3	-7582,1	0,44	165324,1	0,52
61 OK	45,9	0,0	71,6	-6410,5	0,37	154737,6	0,49
62 OK	63,6	0,0	139,0	-8801,6	0,51	197230,5	0,63
63 OK	33,9	0,0	112,6	-4591,1	0,26	88699,3	0,28

64	OK	24,8	0,0	52,0	-3432,4	0,20	77743,0	0,25
65	OK	42,5	0,0	119,4	-5814,3	0,33	120362,5	0,38
66	OK	55,0	0,0	132,3	-7582,1	0,44	165324,1	0,52
67	OK	33,9	0,0	112,6	-4591,1	0,26	88699,3	0,28
68	OK	24,4	0,0	51,2	-3381,1	0,19	76567,1	0,24
69	OK	3,3	0,0	31,6	-376,1	0,02	-2909,1	0,01

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

Valori limite:

Fessure: $WkL = 0,30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm		
34	OK	4,3	0,0	108,5	0,00	0,00
35	OK	-1,4	0,0	50,4	0,00	0,00
36	OK	38,8	0,0	112,6	0,13	0,42
37	OK	29,7	0,0	52,0	0,11	0,38
38	OK	47,4	0,0	119,4	0,16	0,54
44	OK	45,8	0,0	121,9	0,15	0,51
45	OK	3,3	0,0	31,6	0,00	0,01

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: $WkL = 0,15$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
39	OK	4,7	0,0	82,2	-559,8	0,04	0,00	0,00
40	OK	-2,7	0,0	38,9	-296,5	0,02	0,00	0,00
41	OK	28,3	0,0	85,5	-3864,3	0,30	0,09	0,60
42	OK	22,0	0,0	43,0	-3051,0	0,23	0,08	0,54
43	OK	34,4	0,0	90,2	-4719,7	0,36	0,12	0,77
70	OK	-10,8	0,0	20,7	-1786,4	0,14	0,07	0,43
71	OK	20,4	0,0	22,2	-2860,9	0,22	0,08	0,55
72	OK	-5,9	0,0	20,7	-916,5	0,07	0,03	0,18
73	OK	15,5	0,0	22,2	-2160,4	0,17	0,06	0,41
74	OK	-8,7	0,0	22,2	-1410,1	0,11	0,05	0,32

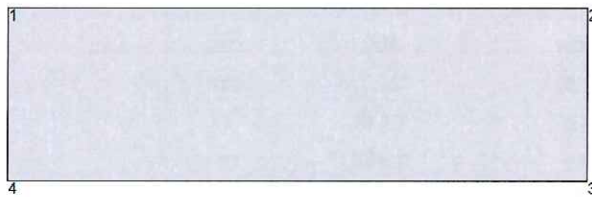
9.2.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

V_{sdu}	86.418	kN
M_{sdu}	78.15	kNm
N_{sdu}	182.5	kN
M_0	8.906	kNm
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	21.7	cm
δ	1.114	
r	1.383	m
A_{sl}	12.72	cm ²
c	8.3	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
A_{sw}	1.96	cm ²
passo staffe	40	cm
f_{cd}	18.156	N/mm ²
f_{ctd}	1.263	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0059	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
VRd1	136.452	kN
VRd2	1181.972	kN

La verifica è soddisfatta senza necessità di armatura a taglio.

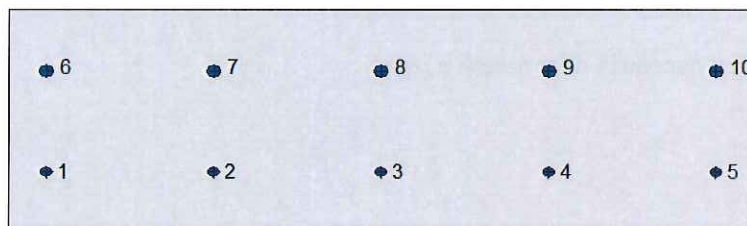
9.2.2 ATTACCO SOLETTA INFERIORE (ASTA 2)

9.2.2.1 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	8,1	1,5	no
2	27,5	8,1	1,5	no
3	50,0	8,1	1,5	no
4	72,5	8,1	1,5	no
5	95,0	8,1	1,5	no

6	5,0	21,7	2,5	no
7	27,5	21,7	2,5	no
8	50,0	21,7	2,5	no
9	72,5	21,7	2,5	no
10	95,0	21,7	2,5	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'

Note:

Verifiche SLE per ambiente moderatamente aggressivo

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) = 770000 daN/cm²

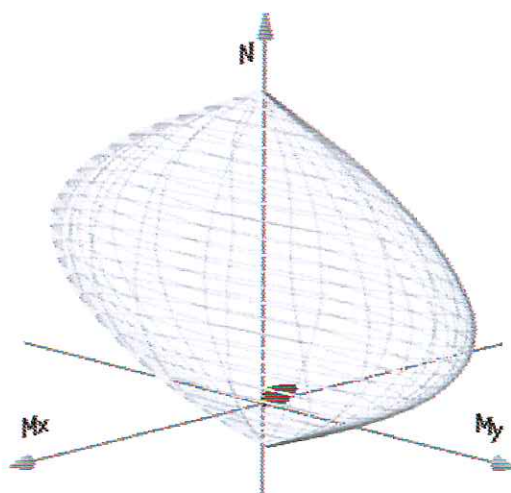
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cm²

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	
-799,1	-12,6	0,0	Completamente tesa
5729,1	12,6	0,0	Completamente compressa
0,0	84,9	0,0	Fibre inferiori tese
0,0	-110,5	0,0	Fibre superiori tese
0,0	0,0	346,6	Fibre di sinistra tese
0,0	0,0	-346,6	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 m	kN m		
1187,0	-27,4	0,0	P	1468,0	-214,8	0,0	0,130	OK
			M	5306,7	-27,3	0,0	0,030	
			N	187,0	-126,5	0,0	0,220	
294,3	-14,0	0,0	P	1437,8	-213,4	0,0	0,060	OK
			M	5442,0	-14,0	0,0	0,020	
			N	94,3	-118,7	0,0	0,120	
3187,0	-27,4	0,0	P	1468,0	-214,8	0,0	0,130	OK
			M	5306,7	-27,3	0,0	0,030	
			N	187,0	-126,5	0,0	0,220	
494,3	-14,0	0,0	P	1437,8	-213,4	0,0	0,060	OK
			M	5442,0	-14,0	0,0	0,020	
			N	94,3	-118,7	0,0	0,120	
5149,7	-83,3	0,0	P	234,8	-130,6	0,0	0,640	OK
			M	4751,4	-83,2	0,0	0,030	
			N	149,7	-123,4	0,0	0,670	
655,3	-73,1	0,0	P	89,5	-118,3	0,0	0,620	OK
			M	4851,8	-73,0	0,0	0,010	
			N	55,3	-115,3	0,0	0,630	
7139,6	-100,4	0,0	P	174,5	-125,5	0,0	0,800	OK
			M	4582,7	-100,4	0,0	0,030	

			N	139,6	-122,5	0,0	0,820	
8179,2	-52,4	0,0	P	529,5	-154,7	0,0	0,340	OK
			M	5056,5	-52,3	0,0	0,030	
			N	179,2	-125,9	0,0	0,420	
984,8	-42,2	0,0	P	268,0	-133,4	0,0	0,320	OK
			M	5157,3	-42,2	0,0	0,020	
			N	84,8	-117,9	0,0	0,360	
10169,1	-69,6	0,0	P	338,5	-139,2	0,0	0,500	OK
			M	4886,5	-69,5	0,0	0,030	
			N	169,1	-125,0	0,0	0,560	
11187,0	-26,8	0,0	P	1508,9	-216,6	0,0	0,120	OK
			M	5311,9	-26,8	0,0	0,030	
			N	187,0	-126,5	0,0	0,210	
1294,3	-13,5	0,0	P	1518,2	-217,0	0,0	0,060	OK
			M	5448,0	-13,4	0,0	0,020	
			N	94,3	-118,7	0,0	0,110	
13187,0	-26,8	0,0	P	1508,9	-216,6	0,0	0,120	OK
			M	5311,9	-26,8	0,0	0,030	
			N	187,0	-126,5	0,0	0,210	
1494,3	-13,5	0,0	P	1518,2	-217,0	0,0	0,060	OK
			M	5448,0	-13,4	0,0	0,020	
			N	94,3	-118,7	0,0	0,110	
15149,7	-88,9	0,0	P	217,3	-129,1	0,0	0,690	OK
			M	4695,6	-88,9	0,0	0,030	
			N	149,7	-123,4	0,0	0,720	
1655,3	-78,7	0,0	P	82,6	-117,7	0,0	0,670	OK
			M	4796,0	-78,6	0,0	0,010	
			N	55,3	-115,3	0,0	0,680	
17139,6	-106,1	0,0	P	163,9	-124,6	0,0	0,850	OK
			M	4526,7	-106,0	0,0	0,030	
			N	139,6	-122,5	0,0	0,870	
18179,2	-58,1	0,0	P	460,6	-149,2	0,0	0,390	OK
			M	5000,1	-58,0	0,0	0,040	
			N	179,2	-125,9	0,0	0,460	
1984,8	-47,9	0,0	P	230,6	-130,2	0,0	0,370	OK
			M	5101,4	-47,8	0,0	0,020	
			N	84,8	-117,9	0,0	0,410	
20169,1	-75,2	0,0	P	307,1	-136,6	0,0	0,550	OK
			M	4830,4	-75,1	0,0	0,030	
			N	169,1	-125,0	0,0	0,600	
21149,7	-88,9	0,0	P	217,3	-129,1	0,0	0,690	OK
			M	4695,6	-88,9	0,0	0,030	
			N	149,7	-123,4	0,0	0,720	
22179,2	-58,1	0,0	P	460,6	-149,2	0,0	0,390	OK
			M	5000,1	-58,0	0,0	0,040	
			N	179,2	-125,9	0,0	0,460	
23-10,5	-72,4	0,0	P	-15,9	-109,0	0,0	0,660	OK
			M	-356,3	-72,4	0,0	0,030	
			N	-10,5	-109,5	0,0	0,660	
2419,0	-41,4	0,0	P	52,8	-115,1	0,0	0,360	OK
			M	5166,4	-41,3	0,0	0,000	
			N	19,0	-112,2	0,0	0,370	
25149,7	-80,4	0,0	P	244,8	-131,4	0,0	0,610	OK
			M	4779,6	-80,3	0,0	0,030	
			N	149,7	-123,4	0,0	0,650	
2655,3	-70,2	0,0	P	93,4	-118,6	0,0	0,590	OK
			M	4879,9	-70,1	0,0	0,010	

27179,2	-58,1	0,0	N	55,3	-115,3	0,0	0,610	
			P	460,6	-149,2	0,0	0,390	OK
			M	5000,1	-58,0	0,0	0,040	
2884,8	-47,9	0,0	N	179,2	-125,9	0,0	0,460	
			P	230,6	-130,2	0,0	0,370	OK
			M	5101,4	-47,8	0,0	0,020	
297,9	-76,8	0,0	N	84,8	-117,9	0,0	0,410	
			P	11,4	-111,6	0,0	0,690	OK
			M	4814,6	-76,8	0,0	0,000	
30139,0	-66,1	0,0	N	7,9	-111,2	0,0	0,690	
			P	283,0	-134,6	0,0	0,490	OK
			M	4920,4	-66,0	0,0	0,030	
3146,3	-53,3	0,0	N	139,0	-122,5	0,0	0,540	
			P	104,0	-119,5	0,0	0,450	OK
			M	5047,7	-53,2	0,0	0,010	
32139,0	-68,6	0,0	N	46,3	-114,6	0,0	0,460	
			P	270,5	-133,6	0,0	0,510	OK
			M	4895,5	-68,6	0,0	0,030	
337,9	-76,8	0,0	N	139,0	-122,5	0,0	0,560	
			P	11,4	-111,6	0,0	0,690	OK
			M	4814,6	-76,8	0,0	0,000	
7536,9	-17,9	0,0	N	7,9	-111,2	0,0	0,690	
			P	275,9	-134,0	0,0	0,130	OK
			M	5402,3	-17,9	0,0	0,010	
7624,1	-31,3	0,0	N	36,9	-113,8	0,0	0,160	
			P	91,2	-118,4	0,0	0,260	OK
			M	5267,3	-31,2	0,0	0,000	
7736,9	-8,5	0,0	N	24,1	-112,7	0,0	0,280	
			P	736,6	-170,6	0,0	0,050	OK
			M	5499,0	-8,5	0,0	0,010	
7824,1	-36,0	0,0	N	36,9	-113,8	0,0	0,070	
			P	78,5	-117,3	0,0	0,310	OK
			M	5219,9	-35,9	0,0	0,000	
7921,5	-27,0	0,0	N	24,1	-112,7	0,0	0,320	
			P	94,4	-118,7	0,0	0,230	OK
			M	5309,9	-27,0	0,0	0,000	
			N	21,5	-112,4	0,0	0,240	

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		
17139,6	-106,1	0,0	P	163,9	-124,6	0,0	0,850	OK
18179,2	-58,1	0,0	M	5000,1	-58,0	0,0	0,040	OK
17139,6	-106,1	0,0	N	139,6	-122,5	0,0	0,870	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	
46 OK	-15,9	0,0	124,6	-1925,0	0,11	15730,1	0,05

47	OK	-8,3	0,0	62,8	-1003,6	0,06	8668,6	0,03
48	OK	-15,9	0,0	124,6	-1925,0	0,11	15730,1	0,05
49	OK	-8,3	0,0	62,8	-1003,6	0,06	8668,6	0,03
50	OK	-52,0	0,0	100,9	-7222,8	0,42	166724,3	0,53
51	OK	-46,5	0,0	37,9	-6548,8	0,38	171796,6	0,55
52	OK	-63,6	0,0	94,1	-8889,7	0,51	216561,8	0,69
53	OK	-31,0	0,0	120,6	-4159,0	0,24	74159,0	0,24
54	OK	-25,5	0,0	57,6	-3524,6	0,20	78272,5	0,25
55	OK	-42,6	0,0	113,8	-5849,4	0,34	123329,5	0,39
56	OK	-12,2	0,0	124,6	-1385,9	0,08	-11230,8	0,04
57	OK	-4,5	0,0	62,8	-504,2	0,03	-4919,9	0,02
58	OK	-12,2	0,0	124,6	-1385,9	0,08	-11230,8	0,04
59	OK	-4,5	0,0	62,8	-504,2	0,03	-4919,9	0,02
60	OK	-56,8	0,0	100,9	-7899,7	0,45	185892,0	0,59
61	OK	-51,2	0,0	37,9	-7222,6	0,42	191027,4	0,61
62	OK	-68,4	0,0	94,1	-9565,1	0,55	235762,8	0,75
63	OK	-35,8	0,0	120,6	-4845,6	0,28	93018,6	0,30
64	OK	-30,3	0,0	57,6	-4202,3	0,24	97418,4	0,31
65	OK	-47,4	0,0	113,8	-6529,4	0,38	142416,8	0,45
66	OK	-56,8	0,0	100,9	-7899,7	0,45	185892,0	0,59
67	OK	-35,8	0,0	120,6	-4845,6	0,28	93018,6	0,30
68	OK	-48,9	0,0	6,3	-6933,0	0,40	195549,3	0,62
69	OK	-27,9	0,0	26,0	-3924,4	0,23	101654,2	0,32

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

Valori limite:

Fessure: $WkL = 0,30$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	mm		
34	OK	-19,4	0,0	124,6	0,03	0,10
35	OK	-18,5	0,0	59,1	0,06	0,19
36	OK	-31,0	0,0	120,6	0,08	0,28
37	OK	-25,5	0,0	57,6	0,09	0,30
38	OK	-42,6	0,0	113,8	0,14	0,48
44	OK	-52,1	0,0	111,2	0,19	0,63
45	OK	-27,9	0,0	26,0	0,12	0,38

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: $WkL = 0,15$ mm (verifica Ok per $Wk/WkL < 1$)

Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL	
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm		
39	OK	-11,4	0,0	98,3	-1344,2	0,10	0,01	0,06
40	OK	-6,0	0,0	55,0	-699,5	0,05	0,00	0,02
41	OK	-31,1	0,0	95,0	-4239,1	0,32	0,10	0,65
42	OK	-27,2	0,0	50,9	-3784,7	0,29	0,10	0,68
43	OK	-39,2	0,0	90,3	-5415,0	0,41	0,14	0,92

70	OK	-8,5	0,0	36,8	-1124,3	0,09	0,02	0,14
71	OK	-15,5	0,0	35,3	-2135,1	0,16	0,05	0,37
72	OK	-3,7	0,0	36,8	-429,6	0,03	0,00	0,01
73	OK	-20,2	0,0	35,3	-2811,1	0,22	0,08	0,51
74	OK	-11,6	0,0	35,3	-1583,8	0,12	0,04	0,24

9.2.2.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

V_{sdu}	121.3	kN
M_{sdu}	67.53	kNm
N_{sdu}	7.031	kN
M_0	0.343	kNm
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	21.7	cm
δ	1.005	
r	1.383	m
A_{sl}	12.72	cm ²
c	8.3	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
A_{sw}	1.96	cm ²
passo staffe	40	cm
f_{cd}	18.156	N/mm ²
f_{ctd}	1.263	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0059	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
VRd1	123.115	kN
VRd2	1181.972	kN

La verifica è soddisfatta senza necessità di armatura a taglio.

10 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

In questo capitolo viene riportato un calcolo esemplificativo manuale, eseguito tramite criteri tradizionali, attraverso il quale è possibile stimare con semplici calcoli i valori di sollecitazione flettente agenti all'interno dello scatolare. In particolare si è deciso di operare il confronto tra il valore ottenuto da codice di calcolo e manuale di momento flettente presente nella sezione di mezzeria della soletta superiore dello scatolare.

Il confronto è stato condotto analizzando la combinazione di carico 46 in combinazione rara, visibile nella tabella di paragrafo 8.1.

Si riporta nel seguito il calcolo manuale semplificato eseguito per i differenti casi di carico del momento flettente nella sezione di mezzeria della soletta superiore:

- DC 1-Peso Proprio (paragrafo 7.3.1): $M = q l^2 / 14 = 8.75 \cdot 2.3^2 / 14 = 2.83 \text{ kNm}$
- CDC 2-Peso Sovrastruttura Stradale (paragrafo 7.3.1): $M = q l^2 / 14 = 20 \cdot 2.3^2 / 14 = 7.56 \text{ kNm}$
- CDC5-Spinta attiva piedritto sinistro (paragrafo 7.3.2): $M =$ trascurabile nella sezione in oggetto
- CDC6-Spinta attiva piedritto destro (paragrafo 7.3.2): $M =$ trascurabile nella sezione in oggetto
- CDC7-Spinta acqua interna (paragrafo 7.3.2): $M =$ trascurabile nella sezione in oggetto
- CDC8-Q1k centrato (paragrafo 7.3.4): $M = q l^2 / 14 = 67,54 \cdot 2.3^2 / 14 = 25.52 \text{ kNm}$
- CDC26-Termica uniforme (paragrafo 7.3.7): $M =$ trascurabile nella sezione in oggetto
- CDC27-Termica farfalla+ (paragrafo 7.3.7): $M = E I \alpha \Delta T / h = 33720000 \cdot 3.57 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5} \cdot 5 / 0.35 = 12.65 \text{ kNm}$
- CDC28-Ritiro (paragrafo 7.3.8): trascurabile nella sezione in oggetto

Si ottiene in definitiva un momento complessivo pari a $M_{rara} = 48.56 \text{ kNm}$, che risulta di poco inferiore a quello calcolato tramite software e pari a $M_{rara} = 51 \text{ kNm}$, valore riscontrabile nella tabella riassuntiva riferita a Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare di paragrafo 9.1.2.1.

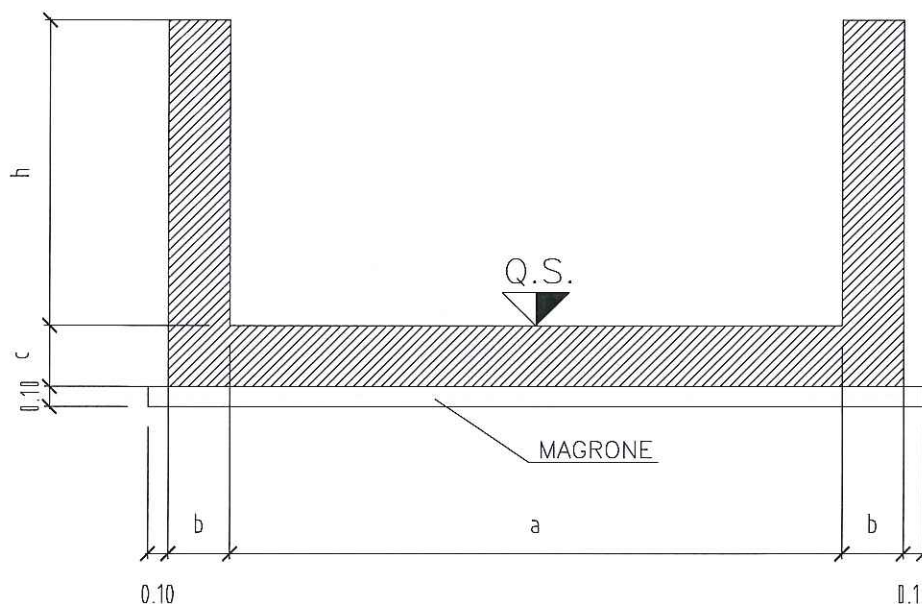
Il confronto tra i valori di sollecitazione ottenuti con codice di calcolo e ricavati manualmente ha fornito esito positivo e di conseguenza si ritengono accettabili i risultati ottenuti tramite codice di calcolo automatico.

11 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.

11.1 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
$H = 2.60 \text{ m}$	$h = 2.23 \text{ m}$	$c = 0.30 \text{ m}$	$b = 0.30 \text{ m}$

La sezione di calcolo si ritiene valida per i muri d'ala di accesso al tombino; data la variabilità dell'altezza del muro il calcolo è stato eseguito con riferimento ad una altezza intermedia misurata in corrispondenza della sezione posta a distanza dalla fine della soletta dello scatolare pari ad $1/3$ della lunghezza complessiva del tratto ad altezza variabile del muro.

11.2 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.

11.2.1 PESO PERMANENTE DELLA STRUTTURA

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: 25 kN/m³

(Condizione Elementare CDC 1)

11.2.2 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 $\lambda_0 = 0.426$.

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

$$p_h = \lambda_0 \gamma_t z$$

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)

11.2.3 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)

11.2.4 AZIONE SISMICA

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

$$F_h = P^* k_h$$

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:

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

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/m^3 .

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)

11.2.5 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 mezzeria 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.

11.3 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

METODO TEN. AMMISSIBILI

A I	1	1	1(β1)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
A II	1	1	1(β1)	1	1	1	1	1	1	0	0	0,6*	0	1	1	1
A III	1	1	1(β1)	1	1	1	1	1	1	0	0,2	0	1	1	1	1
A IV	1	1	1(β1)	1	1	1	1	1	1	0	1	0,2	0	1	1	1
A V	1	1	1(β1)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

STATI LIMITE DI ESERCIZIO FESSURAZIONE

F I	1	1	1(β1)	1	1	1	1	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
F II	1	1	1(β1)	1	1	1	1	ψ1	Ψ1	0	0	0	0	0	0	0
F III	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

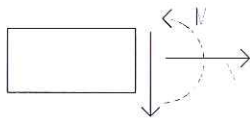
U I	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	0	0	0	0	0	1,5	1,5	1,5	(**)
U II	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,5	1,5	0	0	0,9	1,5	1,5		
U III	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)	1,2(0)	1,2(0)	1,2(0)	1,5	1,5	1,5	0	0,3	1,5	1,5		
U IV	1,5(1,0)	1,5(1,0)	1,5(β2)	1,2(0,85)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



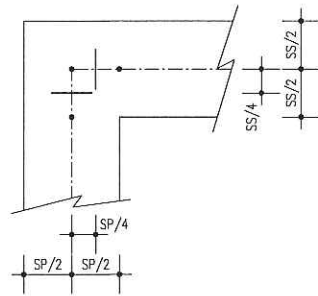
11.4 VERIFICHE DI RESISTENZA ED A FESSURAZIONE

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

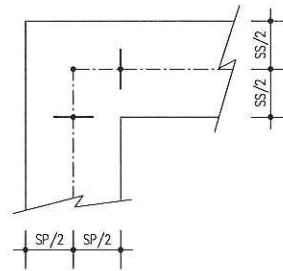
Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- 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:

- c) 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.
- d) 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 $\sigma_s < 0.70 f_{yk}$

11.5 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

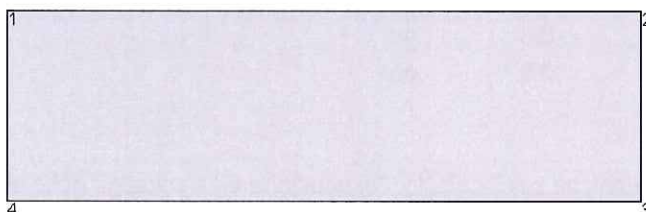
GEOMETRIA DEL MURO		(kN - m)
Altezza elevazione		3.250
Altezza terreno spingente da estradosso fondazione		3.130
Altezza battente d'acqua da estradosso fondazione di progetto		0.000
Spessore in sommità		0.300
Spessore alla base		0.300
Scarpa esterna		0.000
Semilarghezza netta interna		1.000
Sbalzo fondazione		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		3.250
Quota terreno spingente al di sopra della sezione senza armatura integrativa		3.130
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		24.375
Peso del terreno gravante su elevazione:		
	parte non immersa	12.520
	parte immersa	0.000
Spinta del terreno:		
	spinta del terreno	41.776
	spinta da sovraccarico Qe	26.694
	spinta da sovraccarico Qa	13.347
Spinta dell'acqua		0.000
Spinta dell'acqua interna		0.000
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO		
Pesi permanenti in costruzione		35.625
Pressione sul terreno in costruzione		23.750
Totale pesi permanenti in esercizio		48.145
Pressione sul terreno da permanenti in		32.097

esercizio		
Peso acqua interna all'opera		0.000
Totali pesi in esercizio		48.145
Pressione sul terreno totale in esercizio		32.097
SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO		
Sforzo normale		36.895
	Sforzo assiale fattorizzato slu	36.895
	Sforzo assiale fattorizzato sle freq.	36.895
	Sforzo assiale fattorizzato sle quasi perm.	36.895
	Sforzo assiale fattorizzato sle rara	36.895
Momento flettente		
	per eccentricità pesi elevazione	0.000
	spinta terreno ed acqua	43.587
	totale azioni permanenti	43.587
	azioni permanenti e sovraccarico Qe	85.363
	azioni permanenti e sovraccarico Qe fattorizzato slu	128.044
	azioni permanenti e sovraccarico Qa fattorizzato sle freq.	58.208
	azioni permanenti e sovraccarico Qa fattorizzati sle quasi perm.	43.587
	azioni permanenti e sovraccarico Qa fattorizzati sle rara	64.475
Momento flettente con trasporto a sf/4 a base dell'elevazione:		
	condizione di esercizio	90.498
	condizione di esercizio fattorizzato slu	135.747
	condizione di esercizio fattorizzato sle freq.	62.042
	condizione di esercizio fattorizzato sle quasi perm	46.720
	condizione di esercizio fattorizzato sle rara	68.609
Taglio dovuto alle spinte		
	condizione di esercizio fattorizzato slu	102.706
	condizione di esercizio sle freq.	51.119
	condizione di esercizio sle quasi perm.	41.776
	condizione di esercizio sle rara	55.123
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	47.760
	Incremento di spinta sismica distribuito	15.259
	Inerzia del terreno imbarcato	3.052
	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	9.655
	Momento dovuto all'inerzia terreno imbarcato alla base del piedritto	6.368

	Momento dovuto alla spinta terreno ed acqua	43.587
	Momento dovuto al sima alla base del piedritto	74.744
	Totale dei momenti in sisma alla base piedritto	134.354
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto all'inerzia del piedritto	10.100
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto all'inerzia del terreno imbarcato	6.597
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto alla spinta del terreno ed acqua	46.720
	Momento con trasporto ad sf/4 dovuto al sima	78.326
	Totale dei momenti in sisma ad sf/4	141.743
	Sforzo normale a base dell'elevazione comb. Sismica	36.895
	Momento alla base dell'elevazione comb sismica	134.354
	Momento con trasporto a sf/4 comb. Sismica	141.743
	Taglio comb. Sismica	95.478

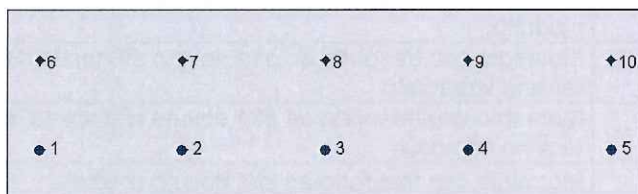
11.5.1 SEZIONE DEL PIEDRITTO ALL'ATTACCO FONDAZIONE

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	2.0	no
2	27.5	7.9	2.0	no
3	50.0	7.9	2.0	no
4	72.5	7.9	2.0	no
5	95.0	7.9	2.0	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/m³

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

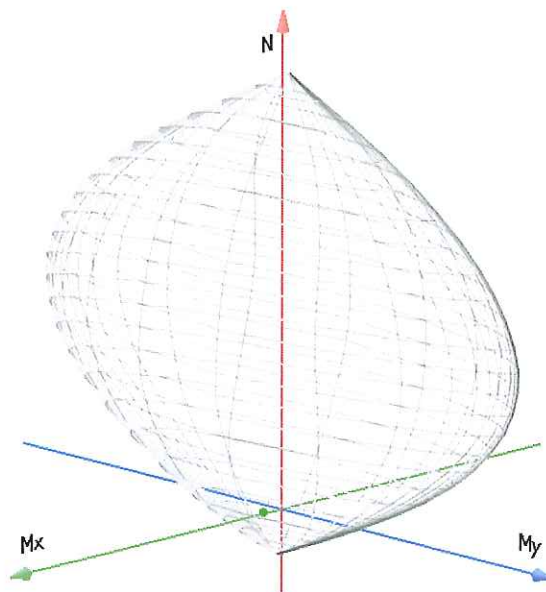
ε_{uk} (deformazione di rottura) = 0.075

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	
-547.0	17.0	0.0	Completamente tesa
5477.0	-17.0	0.0	Completamente compressa
0.0	89.3	0.0	Fibre inferiori tese
0.0	-55.2	0.0	Fibre superiori tese
0.0	0.0	242.3	Fibre di sinistra tese
0.0	0.0	-242.3	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		
117.3	57.4	0.0	P	27.8	92.3	0.0	0.620	OK
			M	4728.1	57.3	0.0	0.000	
			N	17.3	91.2	0.0	0.630	

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		
117.3	57.4	0.0	P	27.8	92.3	0.0	0.620	OK

117.3	57.4	0.0	M	4728.1	57.3	0.0	0.000	OK
117.3	57.4	0.0	N	17.3	91.2	0.0	0.630	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	28.1	0.0	17.3	-4189.2	0.24	130254.5	0.41

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	25.5	0.0	17.3	0.13	0.44

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	22.7	0.0	17.3	0.12	0.77

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 $W_k/W_{kL} < 1$)

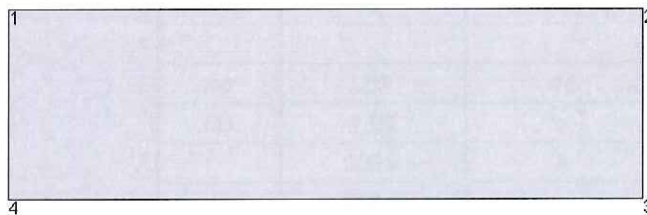
Cmb	Mx	My	N	σ_c	σ_c/σ_{cL}	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm	
5 OK	18.0	0.0	17.3	-2665.5	0.20	0.09	0.59

Verifiche a taglio

V_{sdu}	62.84	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
b_w	100	cm
d	22.1	cm
δ	1.000	
r	1.379	m
A_{sl}	0	cm ²
c	10	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
A_{sw}	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>		
VR_{d1}	96.196	kN

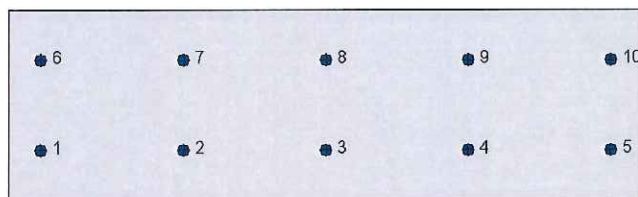
11.5.2 SEZIONE DI FONDAZIONE ALL'ATTACCO PIEDRITTO

Verifiche a presso flessione



Geometria della sezione:

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



Armature:

Pos. n.	X cm	Y cm	Area cmq	Pretens. (s/n)
1	5.0	7.9	2.5	no
2	27.5	7.9	2.5	no
3	50.0	7.9	2.5	no
4	72.5	7.9	2.5	no
5	95.0	7.9	2.5	no
6	5.0	22.1	2.5	no
7	27.5	22.1	2.5	no

8	50.0	22.1	2.5	no
9	72.5	22.1	2.5	no
10	95.0	22.1	2.5	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

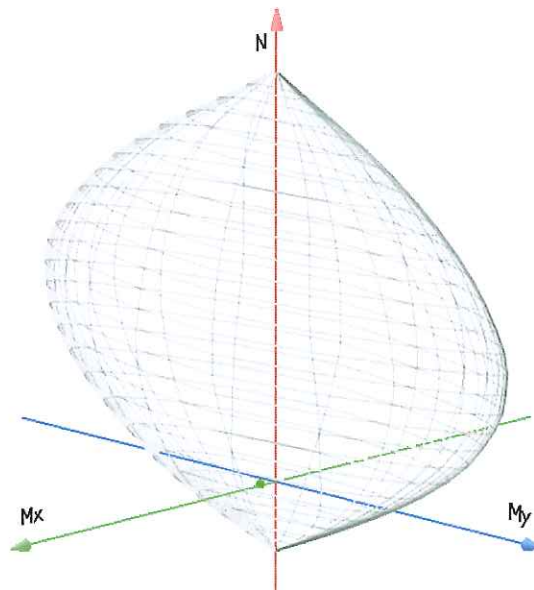
E (modulo elastico) = 2060000 daN/cm²

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	
-995.7	0.0	0.0	Completamente tesa
5925.7	0.0	0.0	Completamente compressa
0.0	113.6	0.0	Fibre inferiori tese
0.0	-113.6	0.0	Fibre superiori tese
0.0	0.0	425.8	Fibre di sinistra tese
0.0	0.0	-425.8	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		
125.3	58.0	0.0	P	51.4	117.9	0.0	0.490	OK
			M	5326.1	58.0	0.0	0.000	
			N	25.3	115.7	0.0	0.500	

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		
125.3	58.0	0.0	P	51.4	117.9	0.0	0.490	OK
125.3	58.0	0.0	M	5326.1	58.0	0.0	0.000	OK
125.3	58.0	0.0	N	25.3	115.7	0.0	0.500	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	28.5	0.0	25.3	-3886.9	0.22	102886.1	0.33

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	25.9	0.0	25.3	0.10	0.35

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	23.1	0.0	25.3	0.09	0.61

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	18.4	0.0	25.3	-2483.8	0.19	0.07	0.47

Verifiche a taglio

V_{sdu}	36.56	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

12 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

12.1 SEZIONE SCATOLARE

Ai fini della verifica della portanza del terreno di fondazione non si ritengono significativi gli squilibri dovuti a spinte orizzontali non simmetriche o ad azioni orizzontali applicate alla sommità dello scatolare quali, frenatura ed eventuale sisma.

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

Si noti che in questo modo si procede a favore di sicurezza, infatti per quanto riguarda le pressioni sul terreno di fondazione i carichi mobili in realtà si ripartiscono su una larghezza molto maggiore grazie alla notevole rigidità che presenta l'opera nel suo complesso (soletta superiore, soletta inferiore, pareti laterali).

La verifica relativa alla portanza del terreno di fondazione viene condotta sia in condizione di costruzione dell'opera (in assenza di sovrastrutture e rinterrì), sia in condizione di esercizio (dopo l'esecuzione dei rinterrì e delle sovrastrutture) considerando o i soli carichi permanenti, o anche i sovraccarichi accidentali.

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.

Relativamente ai carichi mobili sulla soletta superiore si fa riferimento ai seguenti carichi:

Carico completo $q_{1.a} = 600$ kN

Colonna di carico $q_{1.b} = 30$ kN/m

a) Peso struttura	=	$((L+2*s_p)*s_s+(b+2*s_p+2*s)*s_r+2*s_p*h)*\gamma_{cls}$	=	72,00	kN
b) Peso sovrastruttura stradale	=	$(b+2*s_p+2*s)*H_r*\gamma_{fil}$	=	24,00	kN
c) Peso terreno sbalzi	=	$2*s*(h+s_s)*\gamma_t$	=	18,40	kN
d) Risultante sovraccarico mezzi	=	Q_{1k}/L_{dtmax}	=	206,80	kN

peso in fase di costruzione	=	$P_c = P_s$	=	72,00	kN
pressione media sul terreno in fase di costruzione	=	$P_c/(L+2*s_p+2*s)$	=	24,00	kPa

peso permanente in esercizio	=	P_e	=	114,40	kN
------------------------------	---	-------	---	--------	----

pressione media sul terreno da carichi permanenti in esercizio = $P_e / (L + 2 \cdot s_p + 2 \cdot s)$ = 38,13 kPa

risultante permanenti ed accidentali $P = P_e + Q_s + Q_i$ = 321,20 kN

pressione totale media sul terreno in esercizio $P / (L + 2 \cdot s_p + 2 \cdot s)$ = 107,07 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 kN/m ³	c' kPa	φ °	Cu kPa	E _s MPa	E _{op} (E _s /10) MPa
	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	85-110
L _{sx}	-		19,0÷20,5	0÷5	26÷30	30÷80 (50)	100÷200	10-20
A _{sx}	-		19,5÷20,5	5÷20	25÷30	80÷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 (80)		
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 (80)	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				250÷500	25-50
	18	25	18,5÷20,0					
	25	→	20,0					
A2 _{dx}	-		19,5÷20,0	15÷25	22÷26	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.

12.1.1 VERIFICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

DATI DI INPUT	
Larghezza della fondazione	3,00 m
Lunghezza della fondazione	1,00 m
Rapporto tra le lunghezze	0,33
Inclinazione della base	0,00 °
Sforzo normale	321,20 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	3,00 m
Pressione al piano di posa delle fondazioni	60,00 kPa
Eccentricità in direzione larghezza	0,00 m
Eccentricità in direzione lunghezza	0,00 m
Larghezza ridotta	3,00 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
$q_{lim} = c_u N_c s_c i_c b_c g_c + q$		$c_u = 50,00$	$q = 60,00$
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		60,00	
Pressione media (N/A)' =	107,0667	kPa	
Pressione limite=	317,080	kPa	
Pressione ammissibile: P_{lim} / FS =	126,832	kPa	

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

12.1.2 VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE
DATI DI INPUT

Larghezza della fondazione	B	3,00 m
Lunghezza della fondazione	L	1,00 m
Rapporto tra le lunghezze	B/L	0,33
Approfondimento della fondazione	D	3,00 m
Inclinazione della base		0,00 °
Sforzo normale		321,20 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		1,27 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 latistante γ_{lat}		20,00 kN/m ³
Pressione al piano di posa delle fondazioni		60,00 kPa
Eccentricità in direzione larghezza		0,00 m
Eccentricità in direzione lunghezza		0,00 m
Larghezza ridotta		3,00 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	
$0.5 \cdot \gamma' \cdot B'$	15,00	c'	2,50	q'	60,00

Fattori di :

capacità portante
forma
approfondimento

N_y =	16,72	N_c =	25,80	N_q =	14,72
s_y =	1,00	s_c =	1,00	s_q =	1,00
d_y =	/	d_c =	1,32	d_q =	1,30

Fattori correttivi di :

incl. del carico
incl. della base
incl. piano campagna

i_y =	1,00	i_c =	1,00	i_q =	1,00
b_y =	1,00	b_c =	1,00	b_q =	1,00
g_y =	1,00	g_c =	1,00	g_q =	1,00

Termini complessivi di :

Superficie
Coesione
Profondità

250,75
85,22
1147,54

Pressione media (N/A) =	107,07	kPa
Pressione ammissibile $P_{lim} / FS =$	593,41	kPa

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

12.2 MURI AD U

Per la verifica di portanza dei muri ad U si rimanda ai calcoli svolti per il tombino compreso nella stessa opera e che è caratterizzato da carichi gravanti sul terreno circostante molto più gravosi rispetto quelli relativi ai muri ad U stessi

