

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.

S.O. Corpo Stradale

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI BARI

BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE

GALLERIE ARTIFICIALI

ELABORATI GENERALI

Marciapiede PES - Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

IADR 00 D 29 CL GA0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione PD per AI	M.Botta <i>M. Botta</i>	SETT '23	J. Amato-A. Donnarumma <i>Antonio Donnarumma</i>	SETT '23	G. Dimaggio <i>Giorgio Dimaggio</i>	SETT '23	F. ARDUINI 29/09/2023

File: IADR00D29CLGA0000001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
4	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA	7
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	8
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
7	VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE DIRETTA	11
8	VERIFICHE SLU (GEO/STR).....	11
8.1	VERIFICHE STRUTTURALI	11
8.1.1	<i>Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione</i>	<i>12</i>
8.1.2	<i>Verifica agli stati limite ultimi a taglio</i>	<i>12</i>
8.1.3	<i>Verifica agli stati limite d'esercizio</i>	<i>14</i>
9	MODELLAZIONE ADOTTATA	15
10	ANALISI DEI CARICHI	15
10.1	PESI PROPRI	15
10.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI.....	16
10.3	SPINTA STATICA DEL TERRENO.....	16
10.4	CARICO PER FOLLA COMPATTA.....	17
10.5	AZIONE DEL VENTO	18
10.6	SPINTA ORIZZONTALE DOVUTA AL BALLAST	20
10.7	AZIONE DEL SISMA	21
10.8	SOVRASPINTA SISMICA	22
10.9	RITIRO DEL CALCESTRUZZO	23
10.10	VARIAZIONE TERMICA.....	23
11	COMBINAZIONE DEI CARICHI	24

12	RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE	26
12.1	VERIFICHE PIEDRITTI	29
12.1.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	30
12.1.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	36
12.1.3	<i>Riepilogo verifiche</i>	39
	VERIFICHE SOLETTA INFERIORE	40
12.1.4	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	41
12.1.5	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	47
12.1.6	<i>Riepilogo verifiche</i>	50
12.2	VERIFICA SOLETTA SUPERIORE	51
12.2.1	<i>Verifica in condizioni statiche</i>	52
12.2.2	<i>Verifica in condizioni sismiche</i>	58
12.2.3	<i>Riepilogo verifiche</i>	61
12.3	VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE DIRETTA DELLO SCATOLARE	62
13	RIEPILOGO INCIDENZE	66

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del "Nodo di Bari: Bari Nord - Variante di tracciato tra Santo Spirito e Palese".

Le opere oggetto di analisi sono FFP, marciapiedi adibiti a via di fuga delle gallerie artificiali.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite dei marciapiedi lungo linea.

Si riporta, di seguito, la sezione trasversale tipica della struttura.

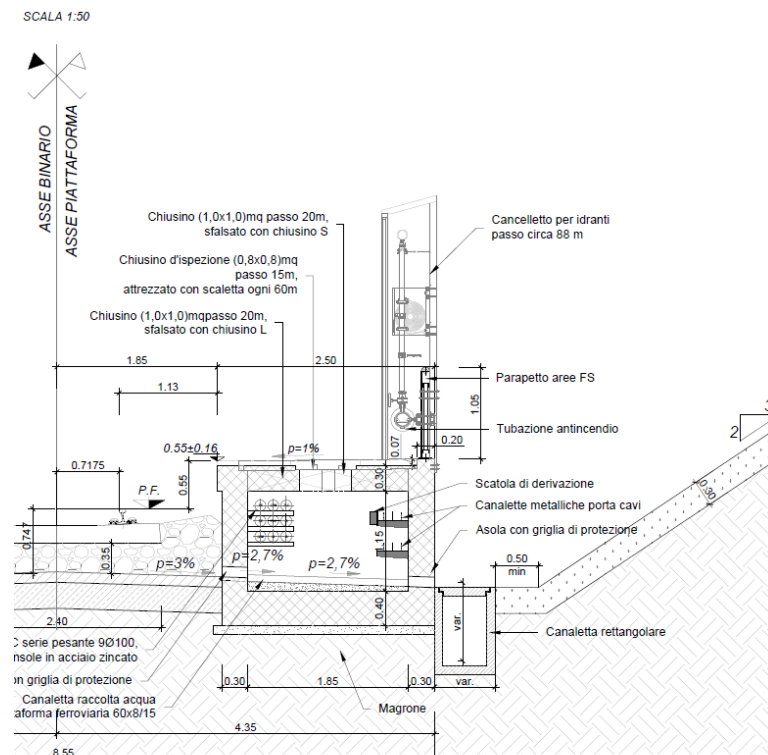


Fig. 1 – Sezione Marciapiede PES



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI
 RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	5 di 66

Si riporta di seguito la tabella con lo sviluppo degli FFP lungo la linea, indicando le progressive corrispondenti e la tipologia:

	pk _{KIN-PES}	pk _{FIN-PES}	pk _{KIN-RAMPA}	pk _{FIN-RAMPA}	L _{PES}	L _{TOT}	NOTE
					[m]	[m]	[-]
1	1+340	1+752	1+752	1+768	412	428	PES in dx e sx Sezione in trincea aperta
2	6+100	6+608	6+608	6+625	508	525	PES in dx e sx Sezione in trincea aperta e sezione con muro ad U
3	9+780	10+220	9+790	9+807	423	430	PES in dx e sx Sezione in trincea aperta e sezione con muro ad U

	NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO					
GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 6 di 66

3 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- 1) Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- 2) Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- 3) RFI DTC SI MA IFS 001 F del 31.12.2022 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- 4) RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2021- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
- 5) UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- 6) UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA

REL

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IADR

00

D 29 CL

GA 01 00 001

A

7 di 66

4 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Unità di misura principali

N (Newton)	unità di forza
m (metro)	unità di lunghezza
kg (kilogrammo-massa)	unità di massa
s (secondo)	unità di tempo

Unità di misura derivate

kN (kiloNewton)	10^3 N
MN (megaNewton)	10^6 N
kgf (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
cm (centimetro)	10^{-2} m
mm (millimetro)	10^{-3} m
Pa (Pascal)	1 N/m ²
kPa (kiloPascal)	10^3 N/m ²
MPa	(megaPascal) 10^6 N/m ²
N/m³	(peso specifico)
g (accelerazione di gravità)	~ 9.81 m/s ²

Corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm ²)
τ (tau)	tensione tangenziale	(N/mm ²)
ε (epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
φ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo classe C30/37

CL	=	C30/37		Classe di resistenza adottata
R_{ck}	=	37	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	30.71	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	38.71	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.94	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	2.06	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	3.53	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	33,019.43		modulo elastico istantaneo

Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

Acciaio	B450C			
f_{tk}	\geq	540.00	MPa	tensione caratteristica di rottura
f_{yk}	\geq	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15		coefficiente del materiale
f_{yd}	\geq	391.30	MPa	tensione caratteristica di snervamento di calcolo
E_s	=	206 000.00	MPa	Modulo elastico

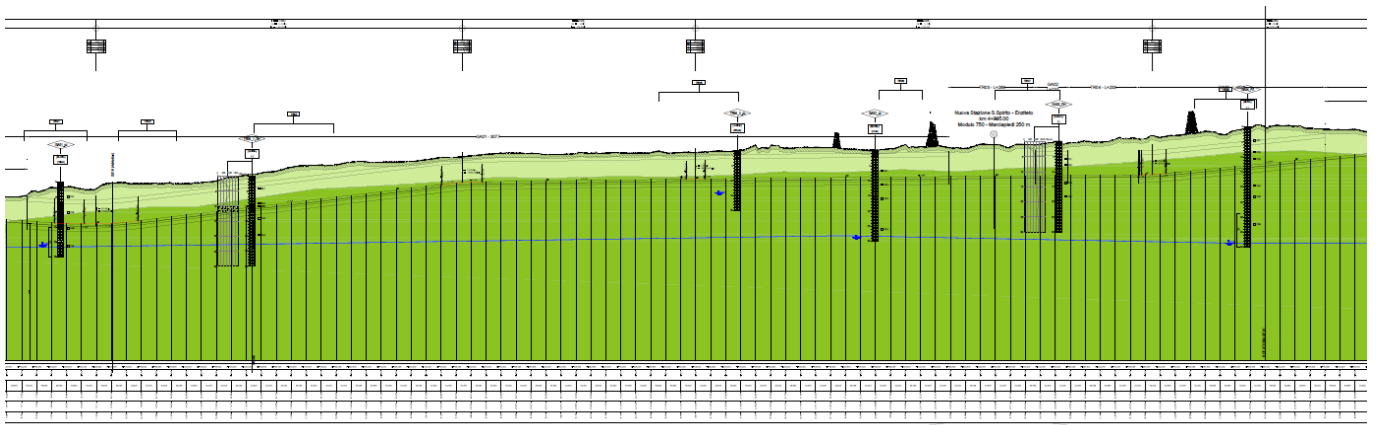
6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico, allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire uno stralcio del citato profilo in cui ricade l'opera qui esaminata e la tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo.

Unità Geotecnica	γ	φ'	c'	GSI	σ_{ci}	m_i	E_{op}	k
	(kN/m ³)	(°)	(kPa)					
TC	19.0	28-30	0-5				10	
CAL Calt	20.0	35-37	0-10				50	1E-03 ÷ 1E-05
C1a (da inizio a 5+000 da 8+000 a fine)	24.0	43	40	30	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
C1b (da 5+500 a 8+000)	24.0	41	20	20	40	9	500	1E-04 ÷ 1E-6
C2	24.0	43	100	35	70	9	1000	1E-04 ÷ 1E-6

La falda si trova ad una quota di circa 0 m s.l.m. e non interferisce con le opere in progetto.

Il terreno di fondazione di tutte le gallerie è costituito dall'unità C2.



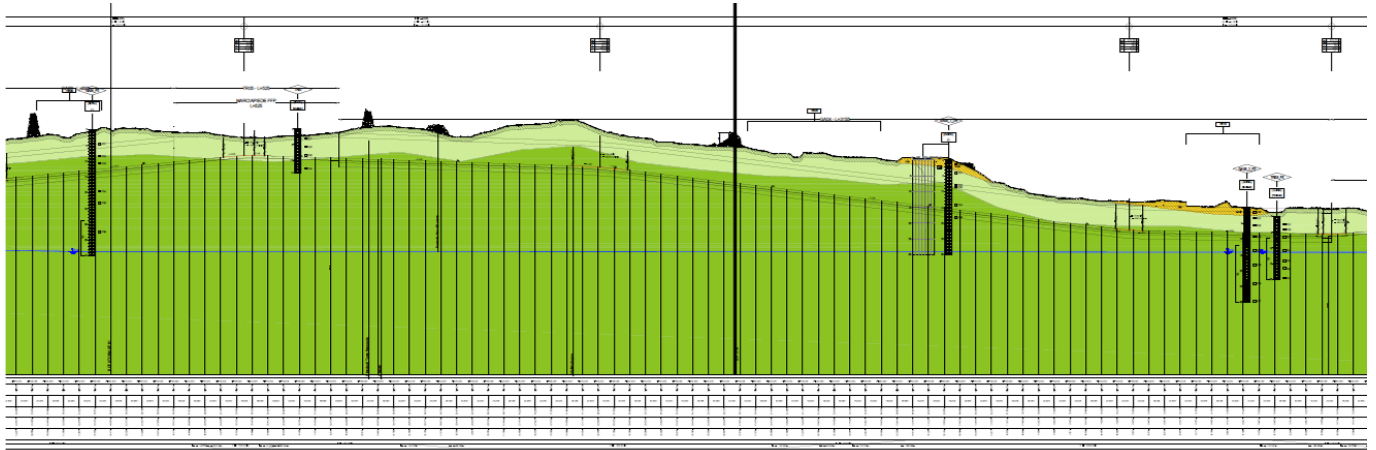


Figura 6-1: profilo geotecnico

Si considerano a favore di sicurezza i parametri geotecnici dell'unità TC come terreno di fondazione.:

	NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO					
GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 11 di 66

7 VERIFICHE GEOTECNICHE FONDAZIONE DIRETTA

Per le fondazioni dirette si considerano i seguenti Stati Limite Ultimi:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- Scorrimento sul piano di posa;
- Collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2 con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18.

La verifica dell'equilibrio allo stato limite di scorrimento viene condotta confrontando l'azione resistente R_h , pari al prodotto della risultante delle forze verticali per il coefficiente d'attrito con l'azione instabilizzante, pari alla risultante di tutte le componenti orizzontali delle forze agenti sull'opera.

Per il calcolo della capacità portante della fondazione si è fatto riferimento alla formula di Brinch-Hansen (1970) integrata dai coefficienti sismici di Paolucci e Pecker (1995), di seguito riportata:

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma B N_s \gamma_s d_s i_s b_s g_s z_s$$

$$F_s = q_{lim} / q_{es}$$

con $q_{es} = N / (B \cdot L')$ la pressione dovuta al carico verticale.

8 VERIFICHE SLU (GEO/STR)

8.1 Verifiche strutturali

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nell'istruzioni RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

8.1.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

8.1.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2008, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \text{ resistenza di}$$

calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere}$$

sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di}$$

taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$ è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 14 di 66
---	------------------	-----------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

8.1.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Rara. I valori nominali di riferimento sono:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

	NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO					
GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 15 di 66

9 MODELLAZIONE ADOTTATA

Per l'analisi della struttura è stato sviluppato un modello di calcolo nel quale l'interazione struttura-terreno è stata simulata attraverso molle reagenti solo a compressione; la costante di sottofondo è stata assunta pari a 9733 kN/m^3 nell'ipotesi più cautelativa di struttura su trincea aperta.

L'analisi delle strutture è stata condotta mediante il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000, prodotto dalla Computer and Structures inc. di Berkeley, California, USA.

Lo schema statico impiegato è quello di telaio costituito da elementi frame; in corrispondenza della intersezione tra tali elementi il programma genera in automatico dei nodi per garantire la continuità strutturale. Ad ogni elemento è assegnata la corrispondente sezione rettangolare in calcestruzzo, la cui geometria è definita dallo spessore dell'elemento stesso per una larghezza unitaria, dal momento che la struttura è risolta come piana.

Per le verifiche delle sezioni si è adottato il programma RC-SEC – Autore GEOSTRU.

10 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto.

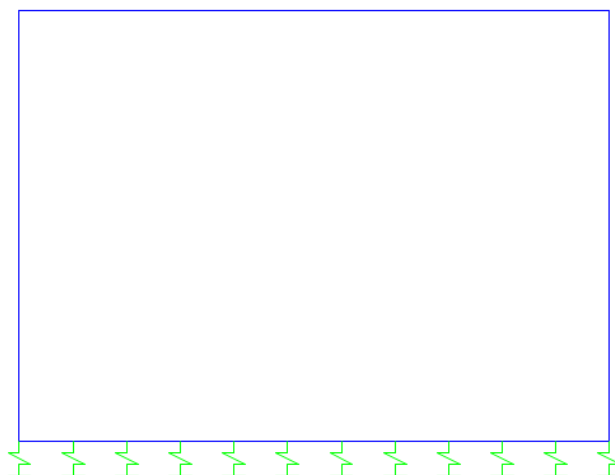


Fig. 2 – Modello adottato.

10.1 Pesi propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di fondazione;
- Piedritti;
- Soletta di copertura.

10.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- Pavimentazione in conglomerato bituminoso del marciapiede 2,5 kN/m²;
- Peso proprio della barriera del parapetto 1 kN/m.

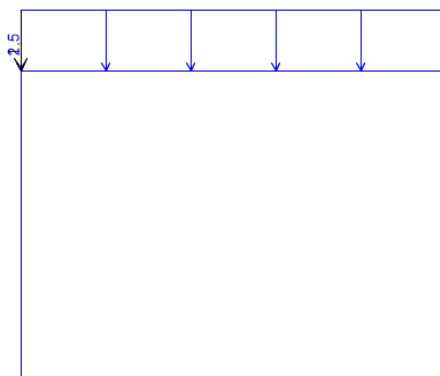


Fig. 3 – Carichi permanenti su soletta superiore.

10.3 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali dello scatolare sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.

Per la valutazione della spinta esercitata dal terreno quest'ultimo è stato considerato in condizioni di riposo pertanto il coefficiente di spinta è dato dalla relazione $k_0 = 1 - \text{sen } \varphi'$.

SPINTA RIPOSO E SPINTA H₂O

γ_t	20.00	kN/m ³	peso specifico terreno
Φ'_k	38	°	angolo attrito caratteristico
Φ'_d	38	°	angolo attrito di progetto
k_0	0.38	-	

z da p.c. (m)	$\sigma_{h,tot}$ (kN/m ²)	σ_w (kN/m ²)
0	0.00	0.00
1.6	11.14	0.00
1.85	12.68	0.00
Spinta su metà soletta inferiore		
ΔP	2.38	kN/m

	NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO					
GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 17 di 66



Fig. 4 – Spinta statica del terreno.

10.4 Carico per folla compatta

Dalle prescrizioni normative della NTC2018 si tiene conto del carico associato allo schema 5 (folla compatta), con un valore pari a 10 kN/m^2 .

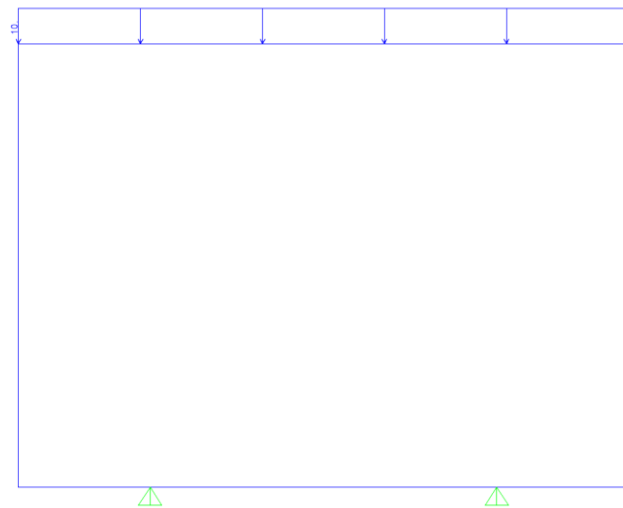


Fig. 5 – Carico per folla compatta.

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	18 di 66

10.5 Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni p (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- q_b - Pressione cinetica di riferimento
- c_e - Coefficiente di esposizione
- c_p - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- c_d - Coefficiente dinamico

La pressione cinetica di riferimento q_b in (N/m²) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

dove ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³.

Il coefficiente d'esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione (k_r , z_0 , z_{min}).

Il valore di c_e può essere ricavato mediante la relazione:

- $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]$ per $z > z_{min}$
- $c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

Nel caso in esame abbiamo con riferimento ad una altezza z dal suolo valutata cautelativamente pari a 20m si ha:

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
4	28	500	0.02

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	100
---	-----

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

v_b (velocità di riferimento [m/s])	28
---------------------------------------	----

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	490.00
--------------	--------

Coefficiente di esposizione

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autotelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Classe di rugosità del terreno

A) Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
1	4	A	100

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
II	0.19	0.05	4	1

c_e	1.80
-------	------

Tabella G.X – Coefficienti di pressione complessiva per muri e parapetti.

φ	Chiusura laterale	l/h	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

$$c_p = 2.3$$

$$c_d = 1$$

Nel caso in esame si ha quindi:

$$p = q_b c_e c_p = 2028.6 \text{ N/m}^2 = 2 \text{ kN/m}^2$$

10.6 Spinta orizzontale dovuta al ballast

Il ballast produce una spinta orizzontale sul piedritto sinistro, valutata a partire dal peso del ballast calcolato in precedenza.

Spinta statica aggiuntiva	
	Ballast
K_0	0.38
p_b	16 kN/m ²
Δp_d	6.15 kN/m ²



Fig. 6 – Spinta orizzontale del ballast.

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 21 di 66
---	------------------	-----------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------------

10.7 Azione del sisma

Considerando la zona sismica di pertinenza quella di Taormina.

Per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori: $V_N=75$ anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1.50$.

La vita di riferimento V_R è quindi pari a 112.5 anni.

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$
- Vita nominale $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: E
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura $q = 1$

A seguito di tale assunzione si ha allo stato limite ultimo SLV, in funzione del sito in esame (Longitudine=16.767927°; Latitudine= 41.144079°), un valore dell'accelerazione pari a $a_g=0.121$ g.

a_g	0.121	g
S_S	1.2	
S_T	1	
a_{max}	0.145	g
b_m	1	
k_h	0.145	
k_v	0.073	

INERZIA ORIZZONTALE			
Piedritti			
$k_h \cdot W_{P1}$	1.08	kN/m ²	peso proprio s. 0.3m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NODO DI BARI BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE PROGETTO DEFINITIVO					
	GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	COMMESSA IADR	REL 00	CODIFICA D 29 CL	DOCUMENTO GA 01 00 001	REV. A



Fig. 7 – Spinta sismica.

10.8 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$.

SOVRASPINTA SISMICA (WOOD)			
h_{tot}	2.00	m	altezza complessiva
Δp_d	5.76	kN/m ²	incremento di spinta

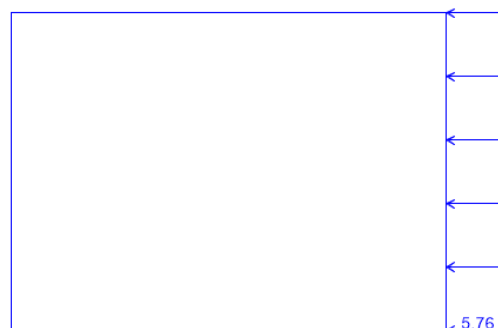


Fig. 8 – Sovrappinta sismica.

10.9 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 13°, ed un umidità relativa del 75% a 100 gg.

RFI DTC INC CS SP IFS 001 A			
Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie			
Calcolo dell'azione prodotta da ritiro			
	Rck	37	
	f _{ck}	30.71 N/mm ²	
resistenza a compressione media	f _{cm}	38.71 N/mm ²	
modulo elastico secante	E _{cm}	33019.43 N/mm ²	
coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	t _s	2 gg	
età del cls al momento del carico	t ₀	2 gg	
età del cls	t	25550 gg	
larghezza sezione	B	100 cm	
altezza sezione	H	30.00 cm	
sezione dell'elemento	A _c	300000 mm ²	
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	1000 mm	
dimensione elemento di cls	h ₀ =2A _c /u	600 mm	
umidità relativa percentuale	RH	75 %	
Calcolo del modulo elastico			
coeff. del tipo di cemento	α	1	
tempo t ₀ corretto in funz del tipo di cem	t ₀	6.189 gg	> 0.5
coeff. della resistenza del cls	β _c (f _{cm})	2.70	
coeff. della viscosità nel tempo	β _c (t ₀)	0.649	
coeff. della resistenza del cls	α ₁	0.932	
coeff. della resistenza del cls	α ₂	0.980	
coeff. della resistenza del cls	α ₃	0.951	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β _H	1273	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	β _c (t, t ₀)	0.986	
coeff. che tiene conto dell'umidità	φ _{RH}	1.271	
coeff. nominale della viscosità	φ ₀	2.228	
coeff. di viscosità	φ(t, t ₀)	2.20	
Modulo elastico al tempo t	E _{cm} (t, t ₀)	10331.5 N/mm ²	
Calcolo della deformazione di ritiro			
parametro fusione di h ₀	k _h	0.7	
coeff. variabilità deformazione nel tempo	β _{cs} (t, t _s)	0.978	
def. di ritiro per essiccamento	ε _{cd} (t)	0.0002996	
deformazione di base	ε _{cd,0}	0.00043785	
coeff. per il tipo di cemento	α _{ds1}	6	
coeff. per il tipo di cemento	α _{ds2}	0.11	
	β _{RH}	0.89609375	
	β _{as} (t)	1	
	ε _{ca,∞}	5.1775E-05	
deformazione dovuta al ritiro autogeno	ε _{ca}	5.1775E-05	
deformazione di ritiro	ε _s (t, t ₀)	0.00035138	
Variazione termica uniforme	ΔT _{ritiro}	-10.99 °C	
NOTA : I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura			

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura.

10.10 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a ΔT= +15°C, con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a ΔT= +5°C applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

11 COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 1 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

⁽¹⁾ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 2 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

12 RISULTATI E VERIFICHE SCATOLARE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del programma di calcolo Sap2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Convenzione assi

x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

Nelle immagini a seguire si riportano i digrammi di involuppo delle sollecitazioni per gli stati limite ultimi statici e sismici e per gli stati limite d'esercizio.

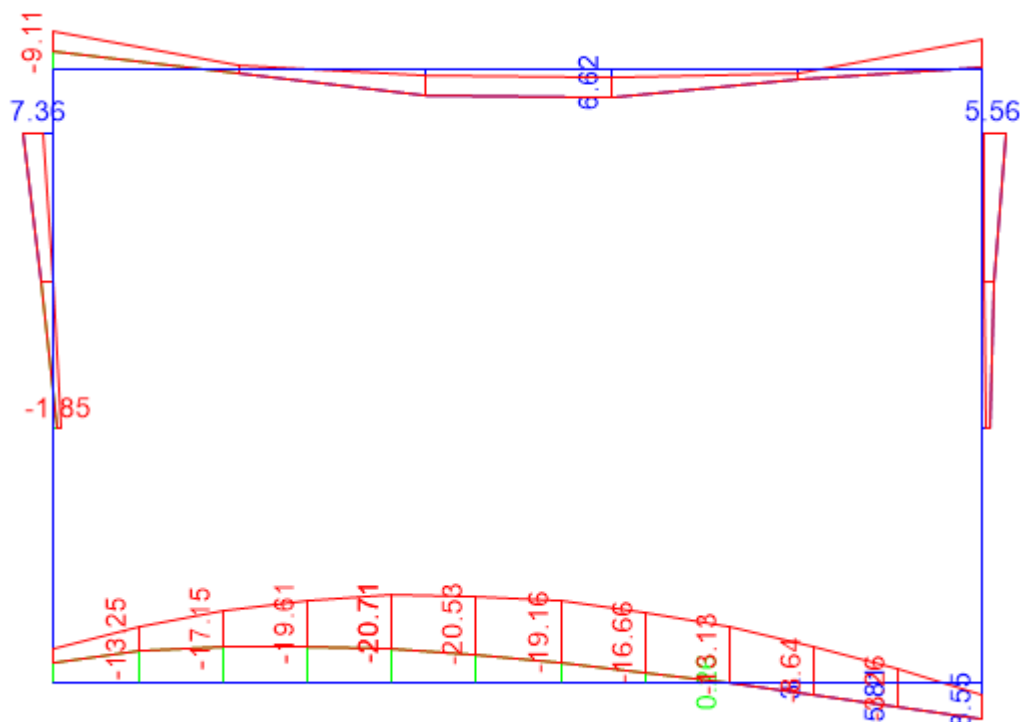


Fig. 9 – Momento flettente enve-SLU.

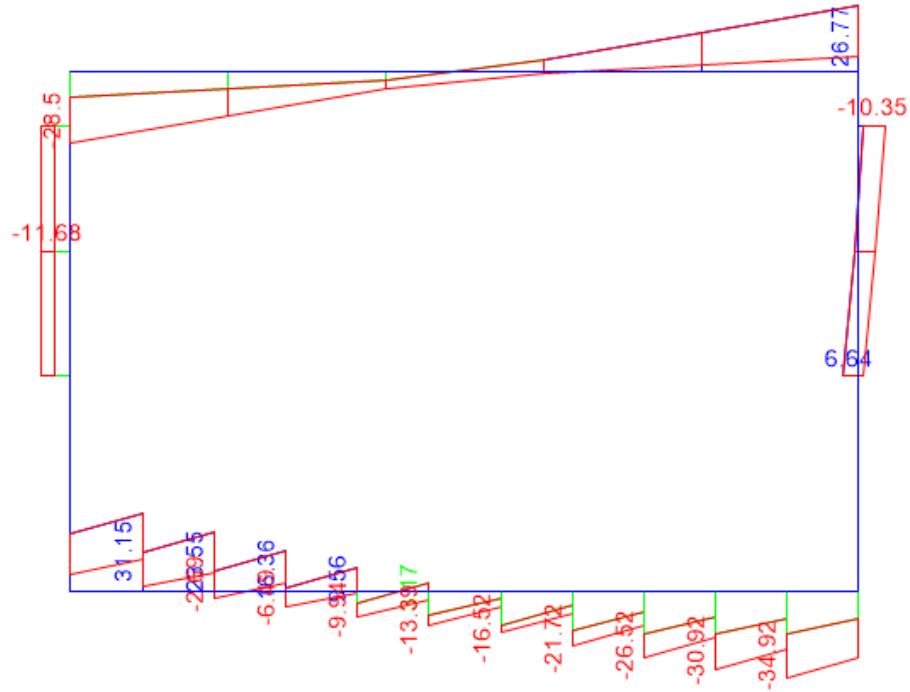


Fig. 10 – Taglio enve-SLU.

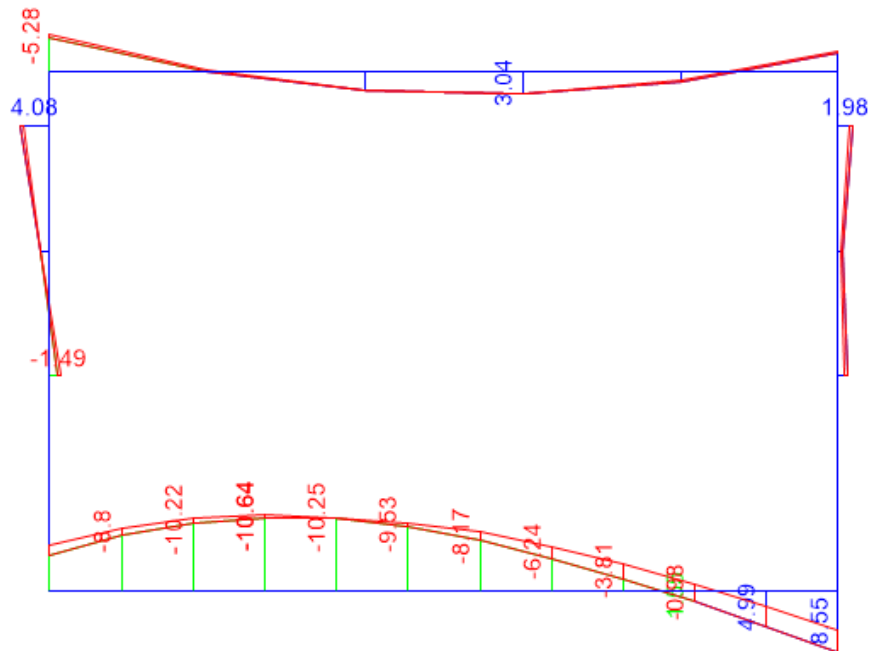


Fig. 11 – Momento flettente enve-SLV.

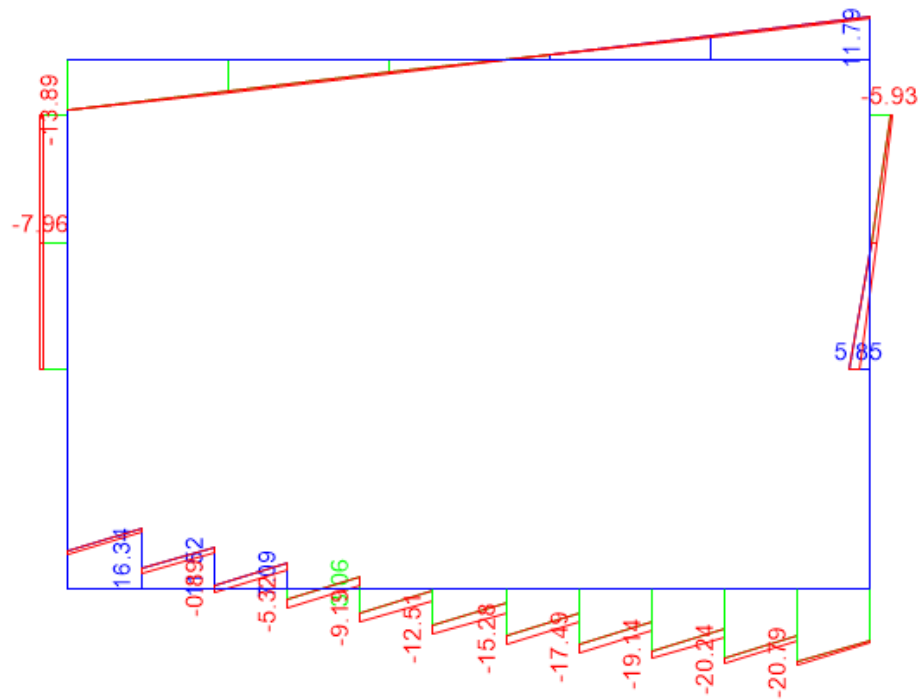


Fig. 12 – Taglio enve-SLV.

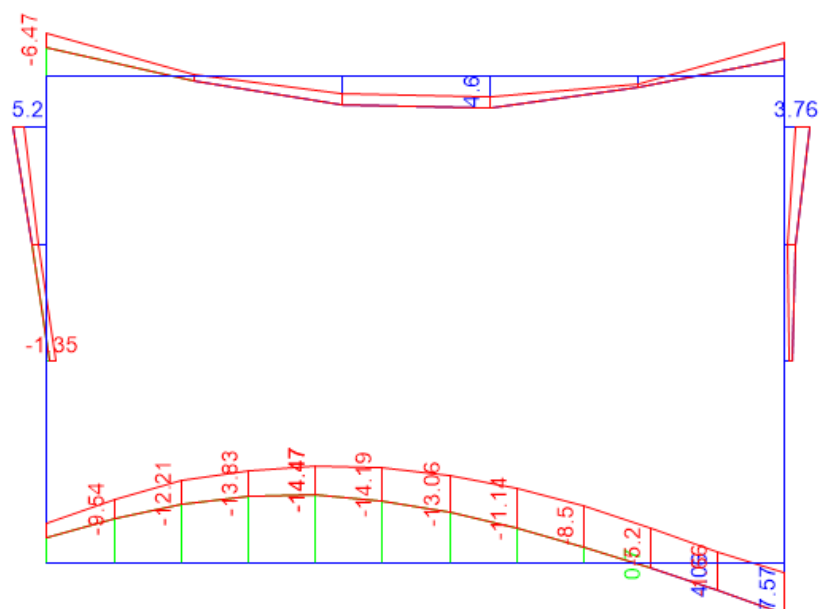


Fig. 13 – Momento flettente enve-SLE.

12.1 Verifiche piedritti

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-22.00	17.17	6.48	65	0.20	sis1_nl
M3	min		-14.13	-2.32	-0.57	65	1.25	sis1_nl
V2	max		-22.00	17.17	6.48	65	0.20	sis1_nl
V2	min		-27.54	-5.08	-0.08	63	0.20	sis1_nl
P	max		-14.13	-2.32	-0.57	65	1.25	sis1_nl
P	min		-27.54	-5.08	-0.08	63	0.20	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-42.04	13.17	8.21	65	0.20	slu2_nl
M3	min		-8.92	0.41	-1.48	65	1.25	slu3_nl
V2	max		-23.92	15.39	6.86	65	0.20	slu6_nl
V2	min		-23.95	-4.40	-0.51	63	0.20	slu3_nl
P	max		-8.92	0.41	-1.48	65	1.25	slu3_nl
P	min		-45.95	-3.21	3.52	63	0.20	slu2_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-29.79	10.99	6.06	65	0.20	rar1_nl
M3	min		-15.32	-1.17	0.69	65	1.25	rar2_nl
V2	max		-23.19	11.14	5.18	65	0.20	rar2_nl
V2	min		-32.95	-2.70	2.24	63	0.20	rar1_nl
P	max		-15.32	-1.17	0.69	65	1.25	rar2_nl
P	min		-32.95	-2.70	2.24	63	0.20	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-23.19	11.14	5.18	65	0.20	fre1_nl
M3	min		-15.32	-1.17	0.69	65	1.25	fre1_nl
V2	max		-23.19	11.14	5.18	65	0.20	fre1_nl
V2	min		-26.35	-2.55	1.35	63	0.20	fre1_nl
P	max		-15.32	-1.17	0.69	65	1.25	fre1_nl
P	min		-26.35	-2.55	1.35	63	0.20	fre1_nl

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-22.22	15.63	6.24	65	0.20	qpe2_nl
M3	min		-14.35	-1.96	-0.34	65	1.25	qpe2_nl
V2	max		-22.22	15.63	6.24	65	0.20	qpe2_nl
V2	min		-27.31	-4.55	0.23	63	0.20	qpe2_nl
P	max		-14.35	-1.96	-0.34	65	1.25	qpe2_nl
P	min		-27.31	-4.55	0.23	63	0.20	qpe2_nl



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	30 di 66

12.1.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	31 di 66

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	4204	821	0	0
2	892	-148	0	0
3	2392	686	0	0
4	2395	-51	0	0
5	892	-148	0	0
6	4595	352	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2979	606
2	1532	69
3	2319	518
4	3295	224
5	1532	69
6	3295	224

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

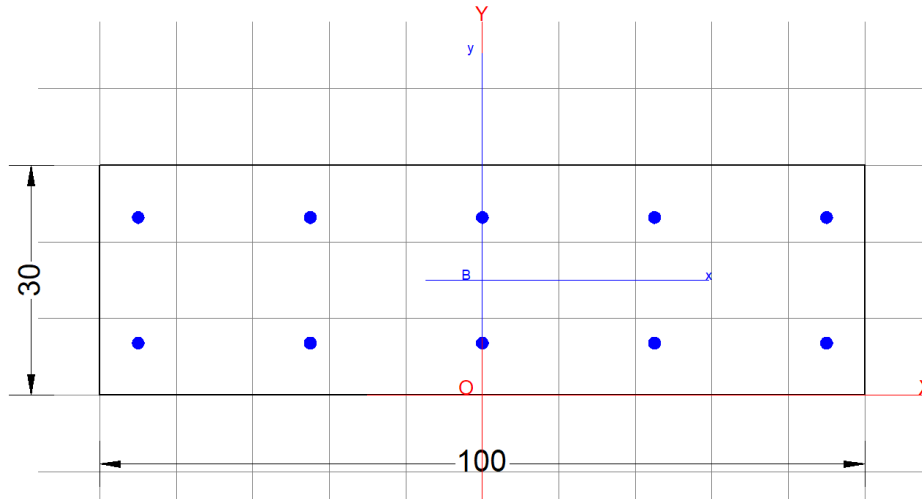
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2319	518 (6093)
2	1532	69 (0)
3	2319	518 (6093)
4	2635	135 (142413)
5	1532	69 (0)
6	2635	135 (142413)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2222	624 (5757)
2	1435	-34 (0)
3	2222	624 (5757)
4	2731	23 (0)
5	1435	-34 (0)
6	2731	23 (0)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	4204	821	4213	10045	12.235	25.0	0.22	0.71	20.1 (3.9)
2	S	892	-148	892	-9735	65.779	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
3	S	2392	686	2390	9875	14.395	25.1	0.21	0.71	20.1 (3.9)
4	S	2395	-51	2390	-9875	193.628	4.9	0.21	0.71	20.1 (3.9)
5	S	892	-148	892	-9735	65.779	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
6	S	4595	352	4592	10080	28.637	25.0	0.22	0.71	20.1 (3.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	33 di 66

1	0.00350	30.0	-0.00126	23.2	-0.01275	6.8
2	0.00350	0.0	-0.00136	6.8	-0.01307	23.2
3	0.00350	30.0	-0.00131	23.2	-0.01292	6.8
4	0.00350	0.0	-0.00131	6.8	-0.01292	23.2
5	0.00350	0.0	-0.00136	6.8	-0.01307	23.2
6	0.00350	30.0	-0.00125	23.2	-0.01271	6.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [(daN/cm ²)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	7.6	30.0	0.0	19.5	-139	23.2	6.5	652	10.1	21.6
2	S	0.9	30.0	0.0	0.0	4	23.2	0.0	0	0.0	0.0
3	S	6.6	30.0	0.0	20.0	-130	23.2	6.7	666	10.1	21.6
4	S	2.4	30.0	0.0	5.2	2	23.2	1.8	178	10.1	21.6
5	S	0.9	30.0	0.0	0.0	4	23.2	0.0	0	0.0	0.0
6	S	2.4	30.0	0.0	5.2	2	23.2	1.8	178	10.1	21.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00011	0.00006	0.50	0.60	0.000042 (0.000042)	380	0.016 (0.20)	6268
2	S	0.00000	0.00001	----	----	----	----	----	0
3	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.60	0.000039 (0.000039)	384	0.015 (0.20)	6093
4	S	0.00000	0.00002	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	252	0.000 (0.20)	17469
5	S	0.00000	0.00001	----	----	----	----	----	0
6	S	0.00000	0.00002	0.50	0.60	0.000001 (0.000001)	252	0.000 (0.20)	17469

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	6.6	30.0	0.0	20.0	-130	23.2	6.7	666	10.1	21.6
2	S	0.9	30.0	0.0	0.0	4	23.2	0.0	0	0.0	0.0
3	S	6.6	30.0	0.0	20.0	-130	23.2	6.7	666	10.1	21.6



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	34 di 66

4	S	1.6	30.0	0.0	0.5	5	23.2	0.2	17	10.1	21.6
5	S	0.9	30.0	0.0	0.0	4	23.2	0.0	0	0.0	0.0
6	S	1.6	30.0	0.0	0.5	5	23.2	0.2	17	10.1	21.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.60	0.000039 (0.000039)	384	0.015 (0.20)	6093
2	S	0.00000	0.00001	----	----	----	----	----	0
3	S	-0.00010	0.00005	0.50	0.60	0.000039 (0.000039)	384	0.015 (0.20)	6093
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000002 (0.000002)	209	0.000 (0.20)	142413
5	S	0.00000	0.00001	----	----	----	----	----	0
6	S	0.00000	0.00001	0.50	0.60	0.000002 (0.000002)	209	0.000 (0.20)	142413

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	8.1	30.0	0.0	20.8	-184	23.2	6.9	692	10.1	21.6
2	S	0.6	0.0	0.2	30.0	5	6.8	0.0	0	0.0	0.0
3	S	8.1	30.0	0.0	20.8	-184	23.2	6.9	692	10.1	21.6
4	S	1.0	30.0	0.7	0.0	11	23.2	0.0	0	0.0	0.0
5	S	0.6	0.0	0.2	30.0	5	6.8	0.0	0	0.0	0.0
6	S	1.0	30.0	0.7	0.0	11	23.2	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00014	0.00006	0.50	0.40	0.000055 (0.000055)	391	0.022 (0.20)	5757
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
3	S	-0.00014	0.00006	0.50	0.40	0.000055 (0.000055)	391	0.022 (0.20)	5757
4	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0
5	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
6	S	0.00001	0.00001	----	----	----	----	----	0

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 15.39 kN

N_{Ed} 0 kN

Calcestruzzo

C30/37

R_{ck} 37 N/mm²

f_{ck} 30.71 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 17.40 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h 300 mm

Copriferro

c 6.8 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w 1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 293.2 mm

Area Calcestruzzo

A_c 300000 mm²

Armatura longitudinale tesa

n 5

\emptyset 16 mm

A_{sl} 1004.8 mm²

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 0.0034 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} 0.0000 ≤ 0.2 f_{cd} **ok**

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

k 1.83 ≤ 2 **ok**

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

v_{\min} 0.29

V_{Rd} 140.79 kN

Verifica:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

VERIFICATA

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

12.1.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	2200	648	0	0
2	1413	-57	0	0
3	2200	648	0	0
4	2754	-8	0	0
5	1413	-57	0	0
6	2754	-8	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	2200	648	2194	8459	13.054	23.1	0.30	0.81	10.1 (3.9)
2	S	1413	-57	1424	-8375	146.931	6.8	0.29	0.81	10.1 (3.9)
3	S	2200	648	2194	8459	13.054	23.1	0.30	0.81	10.1 (3.9)
4	S	2754	-8	2781	-8523	1065.404	6.9	0.30	0.81	10.1 (3.9)
5	S	1413	-57	1424	-8375	146.931	6.8	0.29	0.81	10.1 (3.9)
6	S	2754	-8	2781	-8523	1065.404	6.9	0.30	0.81	10.1 (3.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00082	30.0	0.00001	23.2	-0.00196	6.8
2	0.00081	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2
3	0.00082	30.0	0.00001	23.2	-0.00196	6.8
4	0.00083	0.0	0.00001	6.8	-0.00196	23.2
5	0.00081	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2
6	0.00083	0.0	0.00001	6.8	-0.00196	23.2

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 17.17 kN

N_{Ed} 0 kN

Calcestruzzo

C30/37

R_{ck} 37 N/mm²

f_{ck} 30.71 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 17.40 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h 300 mm

Copriferro

c 6.8 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w 1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 293.2 mm

Area Calcestruzzo

A_c 300000 mm²

Armatura longitudinale tesa

n 5

\emptyset 16 mm

A_{sl} 1004.8 mm²

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 0.0034 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} 0.0000 ≤ 0.2 f_{cd} **ok**

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

k 1.83 ≤ 2 **ok**

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

v_{\min} 0.29

V_{Rd} 140.79 kN

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

12.1.3 Riepilogo verifiche

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
ARMATURA	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		SOLLECITAZIONI RESISTENTI		FS
	N_{ED} (KN)	M_{ED} (KNm)	N_{RES} (KN)	M_{RES} (KNm)	
5+5 Φ 16	42.04	8.21	42.13	100.45	12.23

VERIFICA A TAGLIO			
V_{ED} (KN)	V_{RD} (KN)	FS	ARMATURA A TAGLIO
17.17	140.79	8.19	NO

VERIFICA A FESSURAZIONE		
Mfess (KNm)	Apertura fessure (mm)	Apertura limite (mm)
62.68	0.016	0.2

TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI			
$S_{c_{MAX}}$ cls	$S_{c_{LIM}}$ (KN/m ²) cls	$S_{f_{MIN}}$ (KN/m ²) acciaio	$S_{f_{LIM}}$ (KN/m ²) acciaio
0.066	1.65	1.3	33.75

Verifiche soletta inferiore

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-24.22	-18.37	6.21	11	0.20	sis1_nl
M3	min		-24.22	2.02	-8.76	5	0.20	sis1_nl
V2	max		-19.04	14.24	-6.19	3	0.20	sis2_nl
V2	min		-24.22	-20.37	2.34	11	0.00	sis1_nl
P	max		-19.04	12.24	-3.54	3	0.00	sis2_nl
P	min		-24.22	11.26	-4.84	3	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-21.09	-15.08	5.88	11	0.20	slu3_nl
M3	min		-19.29	2.77	-14.59	6	0.20	slu2_nl
V2	max		-19.29	26.84	-9.09	3	0.20	slu2_nl
V2	min		-19.29	-32.03	-2.11	11	0.00	slu2_nl
P	max		-18.87	19.94	-3.93	3	0.00	slu7_nl
P	min		-21.51	13.13	-4.61	3	0.00	slu6_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-16.82	-16.96	3.64	11	0.20	rar2_nl
M3	min		-16.67	1.39	-10.35	6	0.20	rar1_nl
V2	max		-16.67	18.87	-6.75	3	0.20	rar1_nl
V2	min		-16.67	-23.17	-0.99	11	0.00	rar1_nl
P	max		-15.01	12.84	-2.78	3	0.00	rar4_nl
P	min		-16.82	12.66	-2.98	3	0.00	rar2_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-16.82	-16.96	3.64	11	0.20	fre1_nl
M3	min		-16.82	4.78	-8.18	5	0.20	fre1_nl
V2	max		-7.73	15.55	-4.87	3	0.20	fre3_nl
V2	min		-16.82	-18.96	0.05	11	0.00	fre1_nl
P	max		-7.73	13.55	-1.96	3	0.00	fre3_nl
P	min		-16.82	12.66	-2.98	3	0.00	fre1_nl

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-21.65	-18.05	5.63	11	0.20	qpe2_nl
M3	min		-21.65	2.62	-8.65	5	0.20	qpe2_nl
V2	max		-16.82	14.66	-5.71	3	0.20	qpe1_nl
V2	min		-21.65	-20.05	1.82	11	0.00	qpe2_nl
P	max		-16.82	12.66	-2.98	3	0.00	qpe1_nl
P	min		-21.65	11.58	-4.45	3	0.00	qpe2_nl



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	41 di 66

12.1.4 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettagolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	42 di 66

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	2109	588	0	0
2	1929	-1459	0	0
3	1929	-909	0	0
4	1929	-211	0	0
5	1887	-393	0	0
6	2151	-461	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	1682	364
2	1667	-1035
3	1667	-675
4	1667	-99
5	1501	-278
6	1682	-298

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

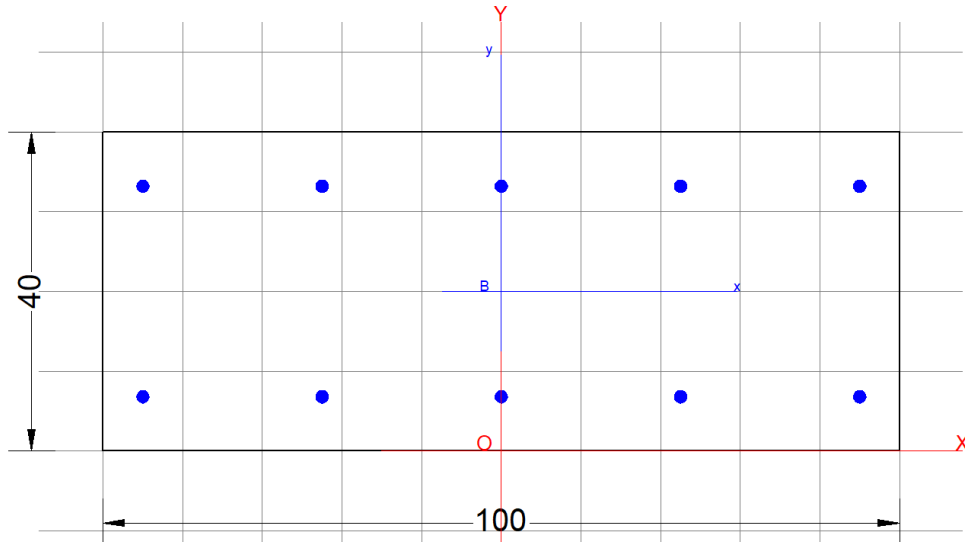
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	1682	364 (12396)
2	1682	-818 (-9879)
3	773	-487 (-9525)
4	1682	5 (0)
5	773	-196 (-11615)
6	1682	-298 (-13800)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	2165	563 (11509)
2	2165	-865 (-10241)
3	1682	-571 (-10627)
4	2165	182 (44735)
5	1682	-298 (-13800)
6	2165	-445 (-12705)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.9 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta $>= 1.000$
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.1.1 NTC: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	2109	588	2100	13887	23.617	35.1	0.15	0.70	20.1 (5.6)
2	S	1929	-1459	1922	-13861	9.500	4.9	0.15	0.70	20.1 (5.6)
3	S	1929	-909	1922	-13861	15.249	4.9	0.15	0.70	20.1 (5.6)
4	S	1929	-211	1922	-13861	65.693	4.9	0.15	0.70	20.1 (5.6)
5	S	1887	-393	1862	-13853	35.248	4.9	0.15	0.70	20.1 (5.6)
6	S	2151	-461	2160	-13895	30.142	4.9	0.15	0.70	20.1 (5.6)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	44 di 66

1	0.00350	40.0	-0.00132	33.2	-0.02004	6.8
2	0.00350	0.0	-0.00133	6.8	-0.02007	33.2
3	0.00350	0.0	-0.00133	6.8	-0.02007	33.2
4	0.00350	0.0	-0.00133	6.8	-0.02007	33.2
5	0.00350	0.0	-0.00133	6.8	-0.02008	33.2
6	0.00350	0.0	-0.00132	6.8	-0.02004	33.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci.

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.4	40.0	0.0	24.5	-42	33.2	8.2	816	10.1	21.6
2	S	7.7	0.0	0.0	10.5	-257	6.8	9.9	993	10.1	21.6
3	S	4.9	0.0	0.0	11.7	-140	6.8	9.5	953	10.1	21.6
4	S	0.7	0.0	0.0	40.0	2	6.8	0.0	178	0.0	0.0
5	S	1.7	0.0	0.0	20.3	-23	6.8	7.4	740	10.1	21.6
6	S	1.8	0.0	0.0	20.9	-23	6.8	7.2	718	10.1	21.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000013 (0.000013)	425	0.005 (0.20)	12396
2	S	-0.00017	0.00006	0.50	0.60	0.000077 (0.000077)	473	0.037 (0.20)	-9542
3	S	-0.00009	0.00004	0.50	0.60	0.000042 (0.000042)	462	0.019 (0.20)	-10213
4	S	0.00001	0.00000	----	----	----	----	----	0
5	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	404	0.003 (0.20)	-13435
6	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	398	0.003 (0.20)	-13800

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.4	40.0	0.0	24.5	-42	33.2	8.2	816	10.1	21.6
2	S	6.0	0.0	0.0	11.1	-186	6.8	9.7	974	10.1	21.6
3	S	3.6	0.0	0.0	10.5	-122	6.8	9.9	994	10.1	21.6
4	S	0.4	40.0	0.4	0.0	6	33.2	0.0	17	0.0	0.0
5	S	1.2	0.0	0.0	17.3	-27	6.8	8.5	854	10.1	21.6

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI						COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES						IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	45 di 66

6 S 1.8 0.0 0.0 20.9 -23 6.8 7.2 718 10.1 21.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.60	0.000013 (0.000013)	425	0.005 (0.20)	12396
2	S	-0.00012	0.00004	0.50	0.60	0.000056 (0.000056)	467	0.026 (0.20)	-9879
3	S	-0.00008	0.00003	0.50	0.60	0.000036 (0.000036)	473	0.017 (0.20)	-9525
4	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0
5	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000008 (0.000008)	435	0.003 (0.20)	-11615
6	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	398	0.003 (0.20)	-13800

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.9	40.0	0.0	26.2	-82	33.2	8.7	873	10.1	21.6
2	S	6.3	0.0	0.0	11.8	-178	6.8	9.5	952	10.1	21.6
3	S	4.1	0.0	0.0	12.5	-106	6.8	9.3	928	10.1	21.6
4	S	1.1	40.0	0.0	3.8	1	33.2	1.5	152	10.1	21.6
5	S	1.8	0.0	0.0	20.9	-23	6.8	7.2	718	10.1	21.6
6	S	2.9	0.0	0.0	16.4	-47	6.8	8.0	797	10.1	21.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00006	0.00003	0.50	0.40	0.000025 (0.000025)	440	0.011 (0.20)	11509
2	S	-0.00012	0.00005	0.50	0.40	0.000053 (0.000053)	461	0.025 (0.20)	-10241
3	S	-0.00007	0.00003	0.50	0.40	0.000032 (0.000032)	455	0.014 (0.20)	-10627
4	S	0.00000	0.00001	0.50	0.40	0.000000 (0.000000)	245	0.000 (0.20)	44735
5	S	-0.00002	0.00001	0.50	0.40	0.000007 (0.000007)	398	0.003 (0.20)	-13800
6	S	-0.00003	0.00002	0.50	0.40	0.000014 (0.000014)	420	0.006 (0.20)	-12705

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 26.84 kN

N_{Ed} 0 kN

Calcestruzzo

C30/37

R_{ck} 37 N/mm²

f_{ck} 30.71 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 17.40 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h 400 mm

Copriferro

c 68 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w 1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 332 mm

Area Calcestruzzo

A_c 400000 mm²

Armatura longitudinale tesa

n 5

\emptyset 16 mm

A_{sl} 1004.8 mm²

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 0.0030 ≤ 0.02 ok

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} 0.0000 ≤ 0.2 f_{cd} ok

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

k 1.78 ≤ 2 ok

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

v_{\min} 0.28

V_{Rd} 148.78 kN

Verifica:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

VERIFICATA

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	47 di 66

12.1.5 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze in campo sostanzialmente elastico
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Tipologia sezione: Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
 Forma della sezione: Rettangolare
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	2422	621	0	0
2	2422	-876	0	0
3	1904	-619	0	0
4	2422	234	0	0
5	1904	-354	0	0
6	2422	-484	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.9 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.1.1 NTC: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	2422	621	2416	12286	19.784	31.8	0.25	0.75	10.1 (5.6)
2	S	2422	-876	2416	-12286	14.025	8.2	0.25	0.75	10.1 (5.6)
3	S	1904	-619	1914	-12208	19.722	8.1	0.24	0.75	10.1 (5.6)
4	S	2422	234	2416	12286	52.503	31.8	0.25	0.75	10.1 (5.6)
5	S	1904	-354	1914	-12208	34.485	8.1	0.24	0.75	10.1 (5.6)
6	S	2422	-484	2416	-12286	25.384	8.2	0.25	0.75	10.1 (5.6)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00064	40.0	0.00011	33.2	-0.00196	6.8
2	0.00064	0.0	0.00011	6.8	-0.00196	33.2
3	0.00063	0.0	0.00010	6.8	-0.00196	33.2
4	0.00064	40.0	0.00011	33.2	-0.00196	6.8
5	0.00063	0.0	0.00010	6.8	-0.00196	33.2
6	0.00064	0.0	0.00011	6.8	-0.00196	33.2

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 20.37 kN

N_{Ed} 0 kN

Calcestruzzo

C30/37

R_{ck} 37 N/mm²

f_{ck} 30.71 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 17.40 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h 400 mm

Copriferro

c 68 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w 1000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 332 mm

Area Calcestruzzo

A_c 400000 mm²

Armatura longitudinale tesa

n 5

\emptyset 16 mm

A_{sl} 1004.8 mm²

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 0.0030 ≤ 0.02 ok

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} 0.0000 ≤ 0.2 f_{cd} ok

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

k 1.78 ≤ 2 ok

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

v_{\min} 0.28

V_{Rd} 148.78 kN

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

12.1.6 Riepilogo verifiche

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
ARMATURA	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		SOLLECITAZIONI RESISTENTI		FS
	N_{ED} (KN)	M_{ED} (KNm)	N_{RES} (KN)	M_{RES} (KNm)	
5+5 Φ 16	19.29	14.59	19.22	138.61	9.5

VERIFICA A TAGLIO			
V_{ED} (KN)	V_{RD} (KN)	FS	ARMATURA A TAGLIO
26.84	148.78	5.54	NO

VERIFICA A FESSURAZIONE		
M_{fess} (KNm)	Apertura fessure (mm)	Apertura limite (mm)
186.31	0.037	0.2

TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI			
$S_{c_{MAX}}$ cls	$S_{c_{LIM}}$ (KN/m ²) cls	$S_{f_{MIN}}$ (KN/m ²) acciaio	$S_{f_{LIM}}$ (KN/m ²) acciaio
0.06	1.65	1.86	33.75

12.2 Verifica soletta superiore

SLV			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLV	-3.31	1.14	5.63	1	1.32	sis2_nl
M3	min		-5.08	-18.16	-6.27	1	0.00	sis1_nl
V2	max		-3.31	13.46	-0.80	1	2.20	sis2_nl
V2	min		-5.08	-18.16	-6.27	1	0.00	sis1_nl
P	max		-3.31	-17.33	-5.06	1	0.00	sis2_nl
P	min		-5.08	-18.16	-6.27	1	0.00	sis1_nl

SLU			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLU	-3.21	4.32	11.59	1	1.32	slu2_nl
M3	min		-3.21	-33.30	-7.54	1	0.00	slu2_nl
V2	max		-3.21	29.39	-3.24	1	2.20	slu2_nl
V2	min		-3.21	-33.30	-7.54	1	0.00	slu2_nl
P	max		-0.19	-18.05	-6.44	1	0.00	slu1_nl
P	min		-3.63	-29.45	-7.06	1	0.00	slu7_nl

SLE - RARA			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE RAR	-2.70	2.82	8.08	1	1.32	rar1_nl
M3	min		-2.70	-23.58	-5.62	1	0.00	rar1_nl
V2	max		-2.70	20.42	-2.14	1	2.20	rar1_nl
V2	min		-2.70	-23.58	-5.62	1	0.00	rar1_nl
P	max		-2.28	-16.88	-4.36	1	0.00	rar4_nl
P	min		-2.70	-23.58	-5.62	1	0.00	rar1_nl

SLE - FREQUENTE			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE FRE	-1.18	2.01	5.89	1	1.32	fre3_nl
M3	min		-2.55	-16.98	-4.54	1	0.00	fre1_nl
V2	max		-1.18	14.33	-1.30	1	2.20	fre3_nl
V2	min		-2.55	-16.98	-4.54	1	0.00	fre1_nl
P	max		-1.18	-16.46	-3.64	1	0.00	fre3_nl
P	min		-2.55	-16.98	-4.54	1	0.00	fre1_nl

SLE - Q.P.			P	V2	M3	Frame	Station	OutputCase
			KN	KN	KN-m	Text	m	Text
M3	max	SLE QPE	-2.55	1.50	5.67	1	1.32	qpe1_nl
M3	min		-4.55	-17.94	-5.91	1	0.00	qpe2_nl
V2	max		-2.55	13.82	-1.06	1	2.20	qpe1_nl
V2	min		-4.55	-17.94	-5.91	1	0.00	qpe2_nl
P	max		-2.55	-16.98	-4.54	1	0.00	qpe1_nl
P	min		-4.55	-17.94	-5.91	1	0.00	qpe2_nl



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	52 di 66

12.2.1 Verifica in condizioni statiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettagonolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	165.00	daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	120.00	daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI

RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	53 di 66

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	321	1159	0	0
2	321	-754	0	0
3	321	-324	0	0
4	321	-754	0	0
5	19	-644	0	0
6	363	-706	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	270	808
2	270	-562
3	270	-214
4	270	-562
5	228	-436
6	270	-562

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

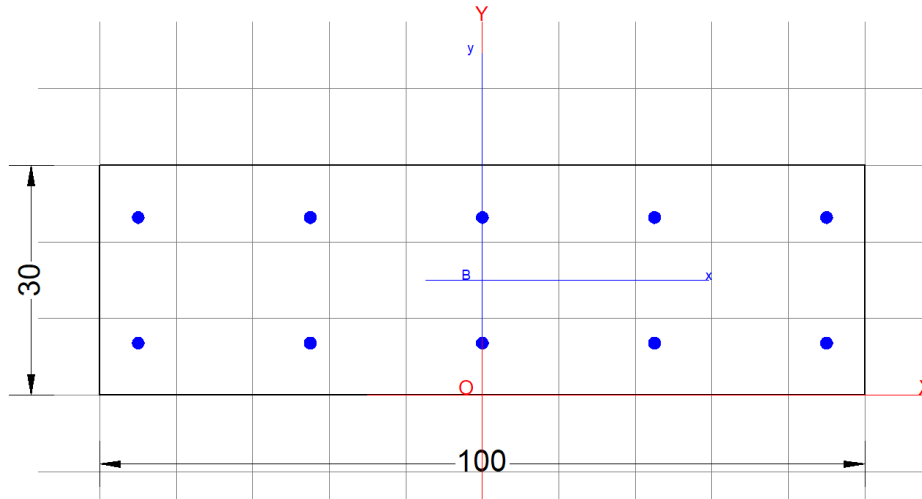
N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	118	589 (4790)
2	255	-454 (-4878)
3	118	-130 (-4965)
4	255	-454 (-4878)
5	118	-364 (-4819)
6	255	-454 (-4878)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	255	567 (4850)
2	455	-591 (-4930)
3	255	-106 (-5383)
4	455	-591 (-4930)
5	255	-454 (-4878)
6	455	-591 (-4930)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	321	1159	333	9683	8.355	25.1	0.21	0.70	20.1 (3.9)
2	S	321	-754	333	-9683	12.842	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
3	S	321	-324	333	-9683	29.886	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
4	S	321	-754	333	-9683	12.842	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
5	S	19	-644	31	-9655	14.992	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)
6	S	363	-706	376	-9687	13.721	4.9	0.21	0.70	20.1 (3.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	55 di 66

1	0.00350	30.0	-0.00137	23.2	-0.01312	6.8
2	0.00350	0.0	-0.00137	6.8	-0.01312	23.2
3	0.00350	0.0	-0.00137	6.8	-0.01312	23.2
4	0.00350	0.0	-0.00137	6.8	-0.01312	23.2
5	0.00350	0.0	-0.00138	6.8	-0.01315	23.2
6	0.00350	0.0	-0.00137	6.8	-0.01312	23.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	11.0	30.0	0.0	22.9	-371	23.2	7.6	762	10.1	21.6
2	S	7.8	0.0	0.0	7.4	-254	6.8	7.6	759	10.1	21.6
3	S	2.8	0.0	0.0	9.6	-87	6.8	7.4	740	10.1	21.6
4	S	7.8	0.0	0.0	7.4	-254	6.8	7.6	759	10.1	21.6
5	S	6.0	0.0	0.0	7.4	-196	6.8	7.6	759	10.1	21.6
6	S	7.8	0.0	0.0	7.4	-254	6.8	7.6	759	10.1	21.6

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00026	0.00008	0.50	0.60	0.000111 (0.000111)	410	0.046 (0.20)	4822
2	S	-0.00018	0.00006	0.50	0.60	0.000076 (0.000076)	409	0.031 (0.20)	-4858
3	S	-0.00006	0.00002	0.50	0.60	0.000026 (0.000026)	404	0.010 (0.20)	-5058
4	S	-0.00018	0.00006	0.50	0.60	0.000076 (0.000076)	409	0.031 (0.20)	-4858
5	S	-0.00014	0.00004	0.50	0.60	0.000059 (0.000059)	409	0.024 (0.20)	-4868
6	S	-0.00018	0.00006	0.50	0.60	0.000076 (0.000076)	409	0.031 (0.20)	-4858

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	8.0	30.0	0.0	22.9	-275	23.2	7.6	764	10.1	21.6
2	S	6.3	0.0	0.0	7.4	-203	6.8	7.6	758	10.1	21.6
3	S	1.8	0.0	0.0	9.3	-55	6.8	7.5	747	10.1	21.6
4	S	6.3	0.0	0.0	7.4	-203	6.8	7.6	758	10.1	21.6



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
 PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI	COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES	IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	56 di 66

5	S	5.0	0.0	0.0	9.0	-165	6.8	7.6	758	10.1	21.6
6	S	6.3	0.0	0.0	7.4	-203	6.8	7.6	758	10.1	21.6

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00020	0.00006	0.50	0.60	0.000082 (0.000082)	411	0.034 (0.20)	4790
2	S	-0.00014	0.00005	0.50	0.60	0.000061 (0.000061)	409	0.025 (0.20)	-4878
3	S	-0.00004	0.00001	0.50	0.60	0.000017 (0.000017)	406	0.007 (0.20)	-4965
4	S	-0.00014	0.00005	0.50	0.60	0.000061 (0.000061)	409	0.025 (0.20)	-4878
5	S	-0.00012	0.00004	0.50	0.60	0.000050 (0.000050)	409	0.020 (0.20)	-4819
6	S	-0.00014	0.00005	0.50	0.60	0.000061 (0.000061)	409	0.025 (0.20)	-4878

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	7.7	30.0	0.0	22.8	-257	23.2	7.6	760	10.1	21.6
2	S	8.1	0.0	0.0	7.5	-258	6.8	7.5	754	10.1	21.6
3	S	1.3	0.0	0.0	10.4	-37	6.8	7.2	715	10.1	21.6
4	S	8.1	0.0	0.0	7.5	-258	6.8	7.5	754	10.1	21.6
5	S	6.3	0.0	0.0	7.4	-203	6.8	7.6	758	10.1	21.6
6	S	8.1	0.0	0.0	7.5	-258	6.8	7.5	754	10.1	21.6

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00018	0.00006	0.50	0.40	0.000077 (0.000077)	410	0.032 (0.20)	4850
2	S	-0.00018	0.00006	0.50	0.40	0.000077 (0.000077)	408	0.032 (0.20)	-4930
3	S	-0.00003	0.00001	0.50	0.40	0.000011 (0.000011)	397	0.004 (0.20)	-5383
4	S	-0.00018	0.00006	0.50	0.40	0.000077 (0.000077)	408	0.032 (0.20)	-4930
5	S	-0.00014	0.00005	0.50	0.40	0.000061 (0.000061)	409	0.025 (0.20)	-4878
6	S	-0.00018	0.00006	0.50	0.40	0.000077 (0.000077)	408	0.032 (0.20)	-4930

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} **33.3** kN

N_{Ed} **0** kN

Calcestruzzo

C30/37

R_{ck} **37** N/mm²

f_{ck} 30.71 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 17.40 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h **300** mm

Copriferro

c **68** mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w **1000** mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 232 mm

Area Calcestruzzo

A_c 300000 mm²

Armatura longitudinale tesa

n **5**

\emptyset **16** mm

A_{sl} 1004.8 mm²

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 0.0043 ≤ 0.02 **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} 0.0000 ≤ 0.2 f_{cd} **ok**

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

k 1.93 ≤ 2 **ok**

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

v_{\min} 0.30

V_{Rd} 127.21 kN

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

12.2.2 Verifica in condizioni sismiche

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettagolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	170.00	daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	328360	daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	29.00	daN/cm ²
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.8	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	331	563	0	0
2	508	-627	0	0
3	331	-80	0	0
4	508	-627	0	0
5	331	-506	0	0
6	508	-627	0	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx re Momento resistente sost. elastico [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.1.1 NTC]: non richiesto per calcolo non dissipativo
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	331	563	334	8256	14.664	23.3	0.29	0.80	20.1 (3.9)
2	S	508	-627	513	-8276	13.199	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)
3	S	331	-80	334	-8256	103.200	6.7	0.29	0.80	20.1 (3.9)
4	S	508	-627	513	-8276	13.199	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)
5	S	331	-506	334	-8256	16.316	6.7	0.29	0.80	20.1 (3.9)
6	S	508	-627	513	-8276	13.199	6.8	0.29	0.80	20.1 (3.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00080	30.0	-0.00001	23.2	-0.00196	6.8
2	0.00080	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2
3	0.00080	0.0	-0.00001	6.8	-0.00196	23.2
4	0.00080	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2
5	0.00080	0.0	-0.00001	6.8	-0.00196	23.2
6	0.00080	0.0	0.00000	6.8	-0.00196	23.2

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} **18.16 kN**

N_{Ed} **0 kN**

Calcestruzzo

C30/37

R_{ck} **37 N/mm²**

f_{ck} **30.71 N/mm²**

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} **17.40 N/mm²**

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c **1.5**

Altezza sezione

h **300 mm**

Copriferro

c **68 mm**

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w **1000 mm**

Altezza utile della sezione (in mm)

d **232 mm**

Area Calcestruzzo

A_c **300000 mm²**

Armatura longitudinale tesa

n **5**

\emptyset **16 mm**

A_{sl} **1004.8 mm²**

Rapporto geometrico di armatura longitudinale

ρ_1 **0.0043 ≤ 0.02** **ok**

Tensione media di compressione nella sezione

σ_{cp} **0.0000 ≤ 0.2 f_{cd}** **ok**

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

k **1.93 ≤ 2** **ok**

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

v_{\min} **0.30**

V_{Rd} **127.21 kN**

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

La verifica risulta soddisfatta, pertanto non è necessario l'impiego di armatura a taglio.

12.2.3 Riepilogo verifiche

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
ARMATURA	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		SOLLECITAZIONI RESISTENTI		FS
	N_{ED} (KN)	M_{ED} (KNm)	N_{RES} (KN)	M_{RES} (KNm)	
5+5 Φ 16	3.21	11.59	3.33	96.83	8.35

VERIFICA A TAGLIO			
V_{ED} (KN)	V_{RD} (KN)	FS	ARMATURA A TAGLIO
33.3	127.21	3.02	NO

VERIFICA A FESSURAZIONE		
Mfess (KNm)	Apertura fessure (mm)	Apertura limite (mm)
49.76	0.032	0.2

TENSIONI MASSIME AMMISSIBILI MATERIALI			
$S_{c_{MAX}}$ cls	$S_{c_{LIM}}$ (KN/m ²) cls	$S_{f_{MIN}}$ (KN/m ²) acciaio	$S_{f_{LIM}}$ (KN/m ²) acciaio
0.08	1.65	2.75	33.75

12.3 Verifiche geotecniche fondazione diretta dello scatolare

Le azioni agenti sulla soletta inferiore sono state determinate dal modello di calcolo SAP2000:

SLV/SLU		P	V2	M3
		KN	KN	KN-m
M3	max	74.53	29.29	181.63
M3	min	74.53	8.92	-0.61
V2	max	74.53	29.29	181.63
V2	min	74.53	8.92	-0.61
P	max	121.74	22.50	67.68
P	min	65.73	25.50	160.34

Fondazioni Dirette Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_B/N$)

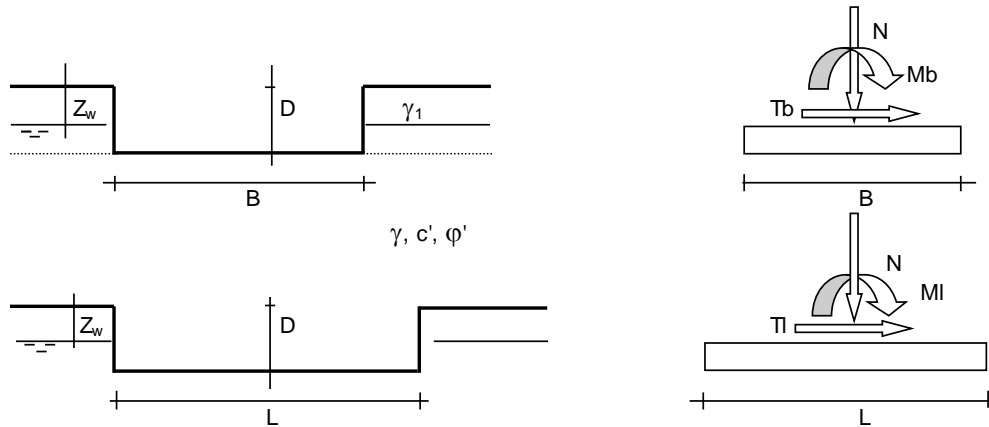
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M_L/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo			coefficienti parziali						
			azioni		proprietà del terreno		resistenze		
			permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00	
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00	
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10	
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	
Tensioni Ammissibili			○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista			⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B	=	2.45	(m)
L	=	1.00	(m)
D	=	0.40	(m)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	121.74		121.74
Mb [kNm]	67.68		67.68
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	22.50		22.50
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	22.50	0.00	22.50

Peso unità di volume del terreno

γ_1	=	19.00	(kN/mc)
γ	=	19.00	(kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c'	=	20.00	(kN/mq)
φ'	=	24.50	(°)

Valori di progetto

c'	=	20.00	(kN/mq)
φ'	=	24.50	(°)

Profondità della falda

Z_w	=	5.00	(m)
-------	---	------	-----

e_B	=	0.56	(m)
e_L	=	0.00	(m)

B^*	=	1.34	(m)
L^*	=	1.00	(m)

q : sovraccarico alla profondità D

q	=	7.60	(kN/mq)
---	---	------	---------

γ : peso di volume del terreno di fondazione

γ	=	19.00	(kN/mc)
----------	---	-------	---------

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi)}$$

$$Nq = 10.12$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 20.01$$

$$Ny = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$Ny = 10.13$$

sc, sq, sy : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.38$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.34$$

$$s_y = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_y = 0.70$$

ib, iq, iy : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B / L) / (1 + B / L) = 1.57$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L / B) / (1 + L / B) = 1.43$$

$$m = 1.57 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi))^{m_b}$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e
m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = 0.81$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.79$$

$$i_y = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi))^{m_l}$$

$$i_y = 0.71$$

dc, dq, dy : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2 / B$$

$$\text{per } D/B > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi)^2) \cdot \arctan(D / B)$$

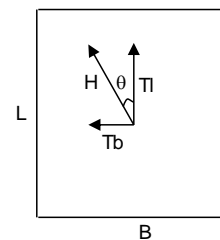
$$d_q = 1.12$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (Nc \tan \varphi)$$

$$d_c = 1.14$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$



b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi)$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi)$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 638.11 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 90.98 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 277.44 \geq q = 90.98 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 22.50 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi) + c' B^* L^*$$

$$S_d = 82.24 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 74.76 \geq H_d = 22.50 \quad (\text{kN})$$



NODO DI BARI
BARI NORD - VARIANTE SANTO SPIRITO PALESE
PROGETTO DEFINITIVO

GA00 - GALLERIE ARTIFICIALI
RELAZIONE DI CALCOLO – MARCIAPIEDI PES

COMMESSA	REL	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IADR	00	D 29 CL	GA 01 00 001	A	66 di 66

13 RIEPILOGO INCIDENZE

Piedritti: 100 kg/m²

Soletta superiore: 100 kg/m²

Soletta inferiore: 70 kg/m²