



ALTO TREVIGIANO SERVIZI

REGIONE DEL VENETO

ALTO TREVIGIANO SERVIZI S.R.L.

COMUNE DI ISTRANA
COMUNE DI VEDELAGO

REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI
ISTRANA E VEDELAGO
REALIZZAZIONE DELLE OPERE PRESSO IL CAPOLUOGO
DI ISTRANA - LOTTO 1

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato

Calcoli preliminare delle strutture

0D.00

PROGETTAZIONE:

COLLABORAZIONE:



INGEGNERI ASSOCIATI
Via G. Ferraris, n. 14A
30175 - Marghera - (VE)

Ing. Alberto Giovannini

AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV



Alto Trevigiano Servizi Srl
Via Schiavonesca Priula, 86
31044 - Montebelluna (TV)
Tel. 0423-2928 Fax: 0423292929

Ing. Roberto Durigon
Ing. Filippo Guerra
Ing. Enrico Visentin

Data:

Gennaio 2021

Aggiornato:

Aprile 2021

Codice Piano d'Ambito

260894006

260894007

Codice Commessa:

IF1609100

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 1
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
2.1	Sollevamento	3
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO	4
4	METODI E CODICI DI CALCOLO	5
5	ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	6
6	MATERIALI	8
7	DURABILITA'	10
8	STRATIGRAFIA DI PROGETTO	11
9	ANALISI DEI CARICHI	12
10	COMBINAZIONI DI CARICO	20
11	SCHEMATIZZAZIONE E MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	26
11.1	Opere in c.a.	26
11.1.1	Significato dei simboli e convenzione dei segni	29
11.2	Verifica di stabilità del fondo dello scavo	30
11.3	Verifica della capacità portante del terreno	31
11.4	Verifica della soletta superiore	33
11.4.1	Verifica a flessione SLU	33
11.4.2	Verifica a taglio SLU	37
11.4.3	Verifica delle tensioni di esercizio SLE	38
11.4.4	Verifica della fessurazione - apertura di fessura SLE	42
11.5	Verifica della soletta di fondazione	43
11.5.1	Verifica a flessione SLU	43
11.5.2	Verifica a taglio SLU	47
11.5.3	Verifica delle tensioni di esercizio SLE	49
11.5.4	Verifica della fessurazione - apertura di fessura SLE	52
11.6	Verifica della pareti	53
11.6.1	Verifica a flessione SLU	53

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 2
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.6.2	Verifica a taglio SLU	58
11.6.3	Verifica delle tensioni di esercizio SLE	60
11.6.4	Verifica della fessurazione - apertura di fessura SLE	64

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 4
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

I calcoli e le verifiche riportate nella presente relazione sono stati condotti con riferimento al disposto delle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 – “*Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica*”.
- Ministero dei Lavori Pubblici. Circolare n. 11951, 14 febbraio 1974 - “*Istruzioni relative alla Legge 5 novembre 1971*”.
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 – “*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*”.
- D.M. 14 gennaio 2008 – D.M. 17.01.2018 – “*Norme tecniche per le costruzioni*”.
- D.M. 6 maggio 2008 – Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.
- C.M. 21 febbraio 2019, n. 7 – *Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.*
- D.M. 31 luglio 2012 – Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici.

Conformemente a quanto previsto dal paragrafo 12 del D.M. 17.01.2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M. stesso:

- UNI ENV 1997 – 1 EUROCODICE 7 – Progettazione Geotecnica Parte 1: Regole Generali.
- UNI ENV 1997 – 2 EUROCODICE 7 – Progettazione Geotecnica Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- UNI ENV 1997 – 3 EUROCODICE 7 – Progettazione Geotecnica Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito.
- UNI EN 1992-1-1 – EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1 – Calcestruzzo Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 5
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

4 METODI E CODICI DI CALCOLO

Le calcolazioni sono state condotte adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite; sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di codici di calcolo automatico per l'analisi strutturale. Tali codici sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche.

Tale affermazione è suffragata dai seguenti elementi:

- grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- utilizzo delle versioni più aggiornate (dopo test);
- pratica d'uso frequente nell'attività professionale.

In particolare, sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

Titolo:



Caratteristiche: Programma di calcolo strutturale agli elementi finiti che esegue il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono e/o bidimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici

Autore: G + D Computing Pty Limited - Sidney NSW 2000 Australia

Distributore: HSH srl - Padova Italia

Versione: 2.4.6

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 6
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

5 ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE E CLASSE D'USO


La struttura oggetto della presente relazione è localizzata in:

Località: Istrana
 Comune: Istrana
 Provincia: Treviso
 Regione: Veneto
 Longitudine: 12°6'0" E
 Latitudine: 45°41'0" N
 Altitudine 38.0 m s.m.m.

Con riferimento alle caratteristiche della struttura e alle possibili conseguenze indotte dal sisma, si riportano i parametri utilizzati per classificarla.

Vita Nominale: $V_N \geq 50$ anni
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso: $C_u = 1.0$
 Periodo di riferimento: $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 7
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

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

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

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

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 8
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

6 MATERIALI

CALCESTRUZZO

Classe di resistenza del calcestruzzo:	C35/45
Resistenza caratteristica cilindrica $f_{c,k}$:	≥ 35 MPa
Resistenza caratteristica cubica $R_{c,k}$:	≥ 45 MPa
Diametro massimo dell'aggregato	32 mm
Classe di esposizione del calcestruzzo:	XS3
Classe di consistenza	S4/S5

PER VERIFICHE DI SICUREZZA (PARAMETRI DI RIFERIMENTO)

Coefficiente di sicurezza γ_c :	1.5
Resistenza a compressione di calcolo f_{cd} :	21.2 MPa
Modulo di Young medio a 28 giorni E_{cm} :	34625 MPa
Resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni f_{ck} :	37.4 MPa
Resistenza media a trazione $f_{ct,m}$:	3.35 MPa
Resistenza caratteristica a trazione frattile 5% $f_{ctk,0.05}$:	2.35 MPa
Resistenza a trazione per flessione media f_{cfm} :	4.02 MPa
Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd} :	1.56 MPa

ACCIAIO PER ARMATURA

Tipologia acciaio:	B450C
Tensione caratteristica di rottura $f_{t,k}$:	≥ 540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento $f_{y,k}$:	≥ 450 MPa

PER VERIFICHE DI SICUREZZA (PARAMETRI DI RIFERIMENTO)

Modulo Elastico E_f :	210000 MPa
Coefficiente di sicurezza γ_s :	1.15

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 9
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Resistenza a trazione di calcolo $f_{y,d}$: 390 MPa

ACCIAIO PER PALANCOLE E PROFILI METALLICI

Tipologia acciaio: S355

Tensione caratteristica di rottura $f_{t,k}$: ≥ 510 MPa

Tensione caratteristica di snervamento $f_{y,k}$: ≥ 355 MPa

PER VERIFICHE DI SICUREZZA (PARAMETRI DI RIFERIMENTO)

Modulo Elastico E_f : 210000 MPa

Coefficiente di sicurezza γ_s : 1.05

Resistenza a trazione di calcolo $f_{y,d}$: 338 MPa

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 10
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

7 DURABILITA'

Per strutture in c.a. il copriferro minimo da adottare in funzione dalle classi di esposizione ambientali, delle esigenze di protezione dell'armatura è stato determinato sulla base delle prescrizioni delle NTC (§ C4.1.6.1.3) e dell'Eurocodice 2 (§4.4).

Il copriferro nominale è definito dalla somma di un copriferro minimo più un margine di progetto per gli scostamenti

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

dove:

c_{min} = copriferro minimo da adottare;

Δc_{dev} = margine di progetto per gli scostamenti.

Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.2. Copriferri minimi in mm

C_{min}	C_0	Ambiente	Barre da c.a. elementi a piastra		Barre da c.a. altri elementi		Cavi da c.a.p. elementi a piastra		Cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	Ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	Aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	Molto aggressivo	35	40	40	45	45	50	50	50

Per $V_N > 100$ anni aumentare di 10 mm, per $C < C_{min}$ aumentare di 5 mm

CONTROLLO DEI COPRIFERRI IN CANTIERE	$\Delta c_{dev} = 5 \div 10 \text{ mm}$
CONTROLLO DI QUALITA' ESTREMAMENTE EFFICIENTE	$\Delta c_{dev} = 0 \div 10 \text{ mm}$

Nel caso di specie si è assunto:

Calcestruzzo classe C35/45 –XA2: $c_{nom} = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 11
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

8 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

In quanto segue non essendo ancora state eseguite indagini geognostiche si farà riferimento alla documentazione reperibile in rete. Dal punto di vista granulometrico, si hanno contributi prevalentemente grossolana cui succedono apporti più fini, prevalentemente argillosi e sabbiosi come visibile nella figura seguente.

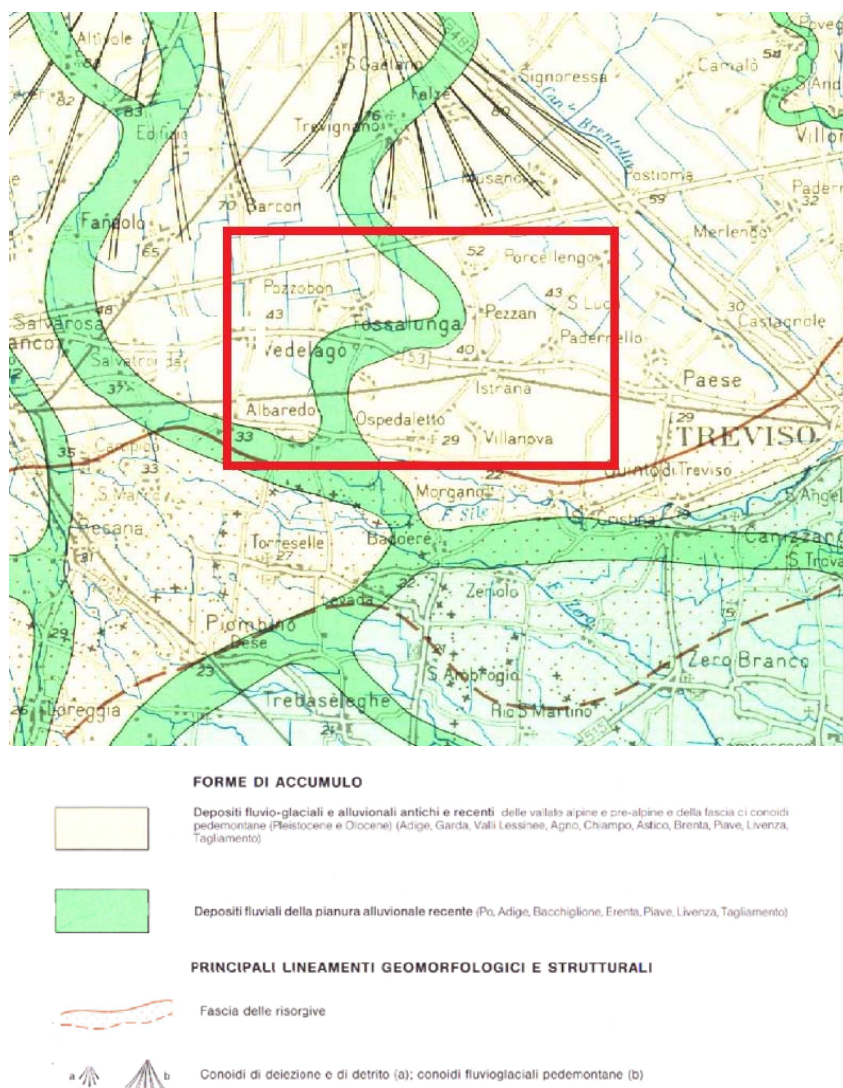


Figura 1 – Carta delle Unità Geomorfologiche (Estratto da: Regione del Veneto P.R.A.C.- Carta delle Unità Geomorfologiche alla scala 1:250.000).

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 12
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

9 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano i valori dei carichi utilizzati per la progettazione delle opere.

CARICHI PERMANENTI

- Peso calcestruzzo armato	=	25.0	kN/m ³
- Peso pavimentazione stradale	=	22.0	kN/m ³
- Peso acciaio	=	78.5	kN/m ³

CARICHI VARIABILI – FASE PROVVISORIA

- Peso mezzi d'opera	=	20.0	kN/m ²
----------------------	---	------	-------------------

AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO – FASE DEFINITIVA

Al fine di garantire il transito di veicoli, la soletta di copertura dei manufatti in c.a. è stata dimensionata in ottemperanza a quanto previsto al §5.1.3.3.5 delle NTC.

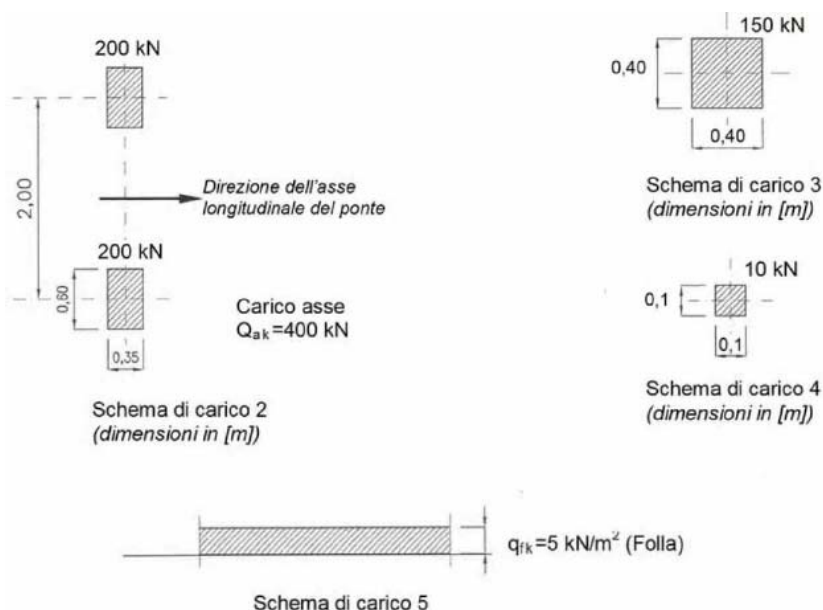
n = numero di corsie convenzionali = 2

w = larghezza carreggiata = 6.5 m

w_L = larghezza corsia convenzionale = 3.0 m

w' = larghezza zona rimanente = $w - (3.0 \times n) = 6.5 - 3.0 \times 2 = 0.5$ m

Nel seguito si è fatto riferimento ai seguenti schemi di carico.



 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 13
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

SPINTA STATICA DEL TERRENO – OPERE IN C.A.

La spinta del terreno è stata valutata sulla base delle seguenti ipotesi:

- Impossibilità dell'opera di subire spostamenti, con conseguente impossibilità di attivazione della spinta attiva;
- Assunzione di un angolo di attrito struttura - terreno nullo ($\delta=0$)

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t k_0 h^2$$

dove:

γ_t è il peso specifico del terreno;

$k_0 = (1 - \sin \phi')$ OCR^{0.5} è il coefficiente di spinta a riposo

dove il grado di consolidazione OCR può valere:

OCR = 1 – terreno normalmente consolidato

OCR = 2 – terreno debolmente sovraconsolidato;

OCR = 4 – terreno mediamente sovraconsolidato;

OCR = 10 - terreno fortemente sovraconsolidato.

In quanto segue il valore assunto è $k_0 = 0,5$.

h è l'altezza dei muri del manufatto.

S_t ha punto di applicazione posto a 1/3 dell'altezza del muro soggetto a spinta (diagramma delle pressioni triangolare).

SPINTA STATICA DELL'ACQUA DI FALDA

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w h^2$$

dove:

γ_w è il peso specifico dell'acqua;

h è l'altezza dei muri del manufatto;

S_w ha punto di applicazione posto a 1/3 dell'altezza del muro soggetto a spinta (diagramma delle pressioni triangolare).

SPINTA STATICA DEL TERRENO – OPERE PROVVISORIALI

La spinta del terreno è stata valutata sulla base delle seguenti ipotesi:

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 14
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

- Possibilità dell'opera di subire spostamenti, con conseguente possibilità di attivazione della spinta attiva;
- Assunzione di un angolo di attrito struttura - terreno nullo ($\delta=0$)

$$S_{t, sta} = \frac{1}{2} \gamma_t k_a h^2$$

dove:

γ_t è il peso specifico del terreno;

h è l'altezza dei muri del manufatto;

$k_a = 0.33$ è il coefficiente di spinta attiva assunto conformemente alla teoria di Coulomb

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi' - \lambda)}{\cos^2 \lambda \cdot \cos(\lambda + \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \phi') \cdot \sin(\phi' - \beta)}{\cos(\lambda + \delta) \cdot \cos(\lambda - \beta)} \right]^2}$$

Dove gli angoli riportati nella precedente relazione fanno riferimento alla figura seguente.

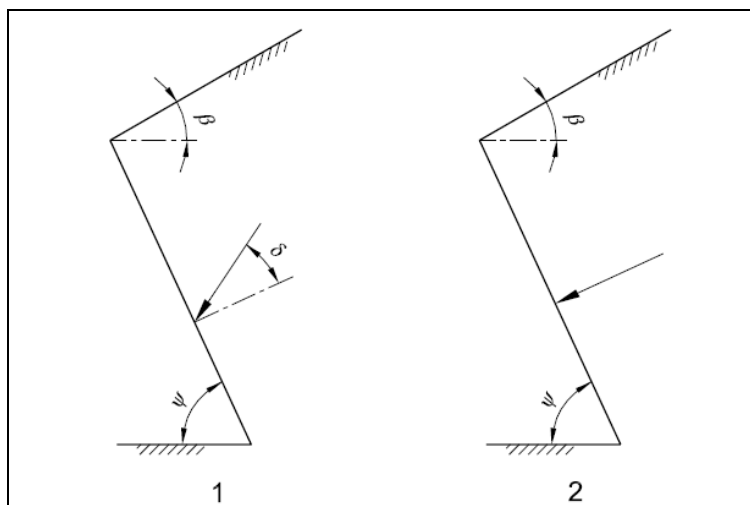


Figura 9-1: Convenzione per gli angoli nelle formule per il calcolo delle spinte del terreno.

S_t ha punto di applicazione posto a $1/3$ dell'altezza del muro soggetto a spinta (diagramma delle pressioni triangolare).

SPINTA STATICA DOVUTA A SOVRACCARICHI

Si considera un sovraccarico distribuito “q” di 20 kPa dovuto ai mezzi d’opera presenti in fase di realizzazione delle opere, la pressione che si esercita sulle murature verticali è pari a:

$$S_q = q k_0$$

dove:

k_0 è il coefficiente di spinta a riposo;

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 15
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

S_q ha punto di applicazione posto a metà dell'altezza del muro soggetto a spinta (diagramma delle pressioni uniforme).

NEVE

Il sovraccarico neve risulta trascurabile rispetto ai carichi variabili da traffico.

AZIONE SISMICA – OPERE PROVVISORIALI

Per opere con vita nominale prevista inferiore a 2 anni, le verifiche sismiche saranno omesse.

AZIONE SISMICA – OPERE IN C.A.

In ottemperanza al §7.11.6.2.1, si esegue un'analisi pseudostatica della struttura. L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per dei coefficienti sismici, k_h e k_v , rispettivamente orizzontali e verticali.

$$k_h = \beta_m a_{max}/g$$

$$k_v = +/- 0.5 k_h$$

dove:

$a_{max} = S a_g = S_S S_T a_g$ è accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

a_g è accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

g è accelerazione di gravità;

S è coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T);

β_m è un coefficiente di riduzione della accelerazione massima al sito, così come riportato nella seguente tabella

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Per opere che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Risposta locale del sisma:

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 16
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Categoria Sottosuolo: C

Categoria Topografica: T1

Fattore di struttura:

Fattore di struttura $q = 1.5$

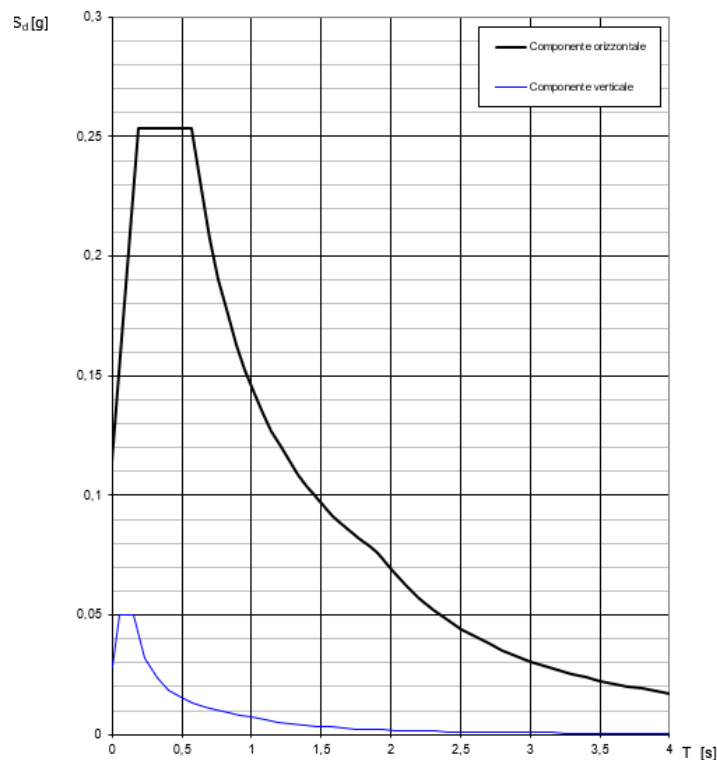
Smorzamento viscoso $\xi = 5 \%$

Parametri caratteristici dello spettro – suolo tipo C:

Stato limite	SLV
a_g/g	0.076
F_0	2.674
T_C^*	0.405
S_S	1.500
C_C	1.415
S_T	1.000
q	1.200
S	1.500
η	0.833
T_B	0.191
T_C	0.573
T_D	1.903

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 17
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato II SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Ne risulta quindi:

$$a_{\max} = S a_g = 1.50 \times 0.076 = 0.114 \text{ g}$$

$$k_h = \beta_m a_{\max}/g = 1.0 \times 0.114 = 0.114$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h = 0.057$$

SPINTA DINAMICA DEL TERRENO – OPERE IN C.A.

Coerentemente con le ipotesi già riportate nel caso statico, seguendo le indicazioni riportate nell'annesso E.9 della UNI EN 1998-5:2005 (Metodo di Wood), si calcola la forza dinamica dovuta al sisma:

$$\Delta P_d = \alpha S \gamma^* h^2$$

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 18
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

dove:

$\alpha = a/g$ è il rapporto tra l'accelerazione di progetto del terreno su terreno di tipo A, a_g , e l'accelerazione di gravità g ;

S è coefficiente di amplificazione stratigrafica;

γ^* è il peso del terreno;

h è l'altezza dei muri del manufatto.

ΔP_d ha punto di applicazione posto a metà dell'altezza del muro soggetto a spinta (diagramma delle pressioni uniforme).

In quanto segue sarà analizzata sia la condizione di rilevato asciutto che quella di rilevato saturo.

Nel caso di rilevato asciutto nessun effetto dovuto all'acqua sarà ovviamente preso in considerazione, e il peso di terreno introdotto sarà quello di terreno secco ($\gamma^* = \gamma_d$).

Nel caso di rilevato saturo bisogna distinguere in relazione alla sua permeabilità: i due casi estremi sono:

- Terreno dinamicamente impervio (grana fine)

Si assume che l'acqua, imprigionata negli interstizi, si muova con il terreno perciò, per la parte immersa si avrà: $\gamma^* = \gamma'$

- Terreno dinamicamente permeabile (grana grossa)

si assume che l'acqua sia libera di muoversi liberamente, indipendentemente dall'ammasso di terreno perciò si avrà, solo per la parte immersa: $\gamma^* = \gamma'$. Alla spinta del terreno così calcolata, dovrà essere aggiunta la spinta dinamica dell'acqua.

ΔP_d ha punto di applicazione posto a metà dell'altezza del muro soggetto a spinta (diagramma delle pressioni uniforme).

SPINTA DINAMICA DELL'ACQUA (WESTERGAARD)

Nell'ipotesi di terreno dinamicamente permeabile, la risultante della sovraspinta dell'acqua è:

$$S_w = 7/12 \gamma_w k_h h^2$$

con una distribuzione delle pressioni lungo la altezza della parete pari a:

$$q(z) = 7/8 \gamma_w k_h \sqrt{h} z$$

dove:

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 19
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

γ_w è il peso specifico dell'acqua;

k_h è il coefficiente sismico di spinta orizzontale;

z è la quota del livello d'acqua misurato a partire dal pelo libero e assunto positivo verso il basso,

h è l'altezza dei muri del manufatto.

La risultante S_w ha punto di applicazione posto ad una quota $2/5h$ a partire dalla base del paramento verticale.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 20
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

10 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni dei carichi sono condotte secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 rispettivamente per gli stati limite ultimi e per gli stati limite di servizio. I primi infatti garantiscono una adeguata sicurezza strutturale, mentre i secondi curano l'aspetto funzionale dell'opera assicurando che non si producano eccessive deformazioni in fase di esercizio tali da compromettere la funzionalità dell'opera. Per quanto concerne le combinazioni sismiche il documento di riferimento è sempre il DM 2018.

Si ha per gli stati limiti ultimi:

$$F_d = \gamma_G G_k + \gamma_P P_k + \gamma_Q \left[Q_{kl} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} Q_{ki}) \right]$$

con il seguente significato dei simboli:

G_k = valore caratteristico delle azioni permanenti

P_k = valore caratteristico della forza di precompressione

Q_{kl} = valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione

Q_{ki} = valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti

ψ_{0i} = coefficiente di combinazione.

dove i coefficienti γ_G , γ_P , γ_Q valgono rispettivamente 1,3 0,9 1,5 oppure 1,0 1,2 o 0 a seconda che il relativo contributo sia a favore oppure a sfavore di sicurezza.

Per quanto concerne invece gli stati limite di esercizio si distinguono tre combinazioni:

- quasi permanente:
$$F_d = G_k + P_k + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2,i} Q_{ki})$$

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 21
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

- frequente:
$$F_d = G_k + P_k + \psi_{1,1} Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2,i} Q_{ki})$$

- rara:
$$F_d = G_k + P_k + Q_{k1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0,i} Q_{ki})$$

Relativamente ai coefficienti di combinazione ψ_{0i} , ψ_{1i} e ψ_{2i} si hanno da norma i valori riportati nella tabella a seguire.

Destinazione d'uso	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria A	0,7	0,5	0,3
Categoria B	0,7	0,5	0,3
Categoria C	0,7	0,7	0,6
Categoria D	0,7	0,7	0,6
Categoria E	1,0	0,9	0,8
Categoria F	0,7	0,7	0,6
Categoria G	0,7	0,5	0,3
Categoria H	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (h < 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (h > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Per il calcolo delle sollecitazioni per le seguenti “sezioni notevoli” esaminate ovvero 1-1, 2-2, 3-3, 4a-4a e 5-5 si considerano combinazioni di carico di seguito espone (dove / = 0). Si precisa che la sezione 4b-4b presenta un traverso superiore che schematizza una “fascia di impalcato” di larghezza unitaria pertanto espressamente per tale sezione verranno ridefinite le combinazioni allo SLU e SLE.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 22
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	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⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 10-1: Tabella dei coefficienti parziali sulle azioni per le combinazioni di carico agli SLU.

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_5	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Figura 10-2: Coefficienti ψ di combinazione per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 23
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Carichi sulla carreggiata						Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
Carichi verticali				Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schema di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3^a categoria
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Figura 10-3: Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico.

		Coefficiente	EQ ⁽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

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 24
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Figura 10-4: Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica (ponti ferroviari).

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

Figura 10-5: Coefficienti ψ di combinazione delle azioni (ponti ferroviari).

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione
<p><input type="checkbox"/> Azione dominante</p> <p>(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α, ecc...)</p> <p>(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.</p>						

Figura 10-6: Valori caratteristici delle azioni combinate in gruppi di carichi (ponti ferroviari).

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

Figura 10-7: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 25
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Figura 10-8: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

In ottemperanza a quanto previsto al §6.2.3.2 le verifiche nei confronti degli stati limite idraulici vengono condotte tenendo conto dei coefficienti parziali sulle azioni riportate nella seguente tabella.

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F (o γ_E)	SIFONAMENTO (HYD)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,3
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

Figura 10-9: Tabella dei coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche agli stati limite HYD.

In particolare, le combinazioni di carico risultate significative ai fini del calcolo sono risultate:

CASES	1	2	3	4	5
	SLU	SLE - RARA	SLE - Freq/qp	SLV01	SLV02
1: pp [Freedom Case 1]	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
2: Spinta Terre [Freedom Case 1]	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
3: Spinta Falda [Freedom Case 1]	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00
4: Vasca Piena [Freedom Case 1]	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
5: Spinta dinamica terreno xx [Freedom Case 1]	0,00	0,00	0,00	1,00	-0,30
6: Spinta dinamica terreno yy [Freedom Case 1]	0,00	0,00	0,00	-0,30	1,00
7: Spinta idrodinamica xx [Freedom Case 1]	0,00	0,00	0,00	1,00	-0,30
8: Spinta idrodinamica yy [Freedom Case 1]	0,00	0,00	0,00	-0,30	1,00
9: Carico calpestio [Freedom Case 1]	1,35	0,30	0,00	0,00	0,00

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 26
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11 SCHEMATIZZAZIONE E MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

11.1 Opere in c.a.

L'analisi strutturale è stata condotta con il metodo degli spostamenti implementato attraverso un codice di calcolo agli elementi finiti.

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

- Elemento tipo SHELL (elemento tipo lastra o piastra)

Sono stati studiati tre diversi modelli numerici, relativi alle principali fasi operative: fase di affondamento (manufatto privo di entrambe le solette e carichi permanenti), fase di spinta (solo soletta inferiore e carico di spinta dei martinetti), fase definitiva (manufatto completato e carichi da traffico).

L'interazione terreno-struttura è stata tenuta in conto rappresentando il terreno tramite una schematizzazione lineare alla Winkler, caratterizzata da una costante di sottofondo $K_w = 30000 \text{ kN/m}^3 = 3.0 \text{ kg/cm}^3$; si considera quest'ultima assunzione come un requisito prestazionale: le caratteristiche del sottofondo ipotizzate dovranno essere garantite misurando un valore dell'indice CBR, non inferiore a 3.2 (come si ricava dalla correlazione $K=4.1+51.3 \cdot \log(\text{CBR}) [\text{MPa/m}]$).

Le figure di seguito riportate illustrano il modello adottato nelle diverse fasi.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 27
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

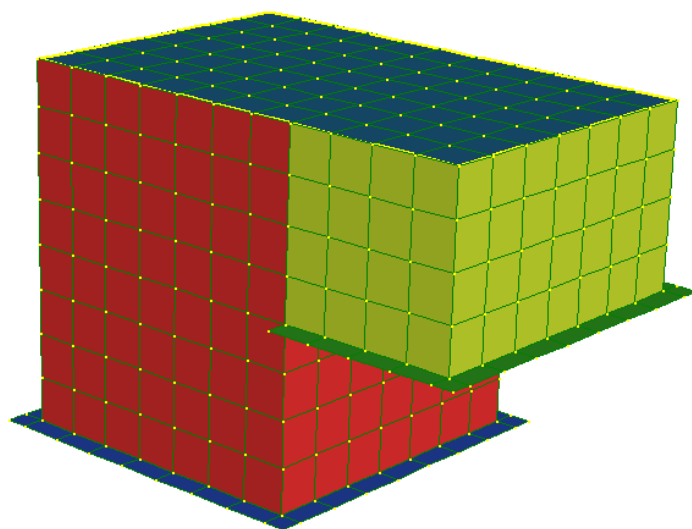


Figura 11-1: Modello strutturale

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 28
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

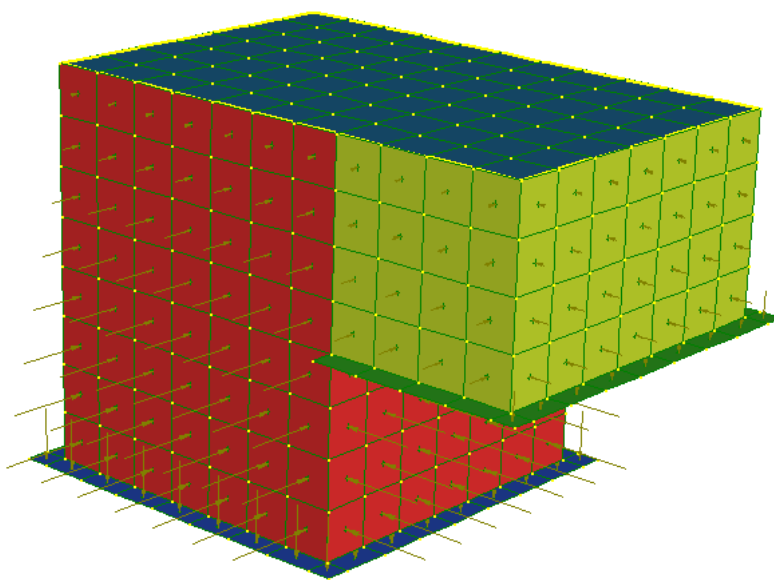


Figura 11-2: Modello strutturale, azione della spinta statica del terreno.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 29
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.1.1 Significato dei simboli e convenzione dei segni

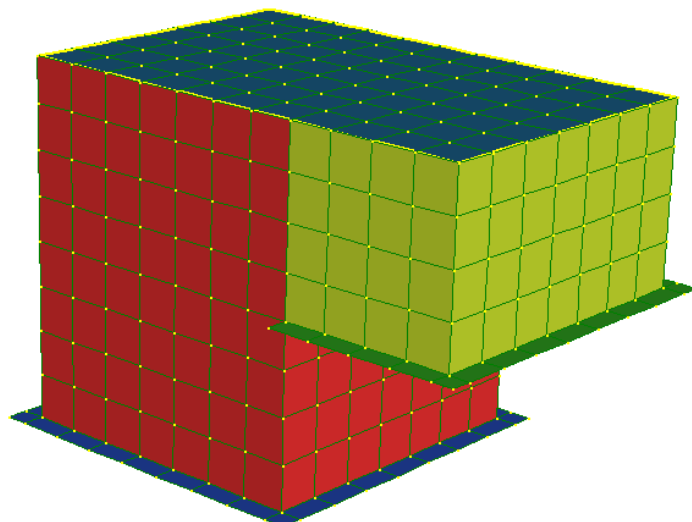


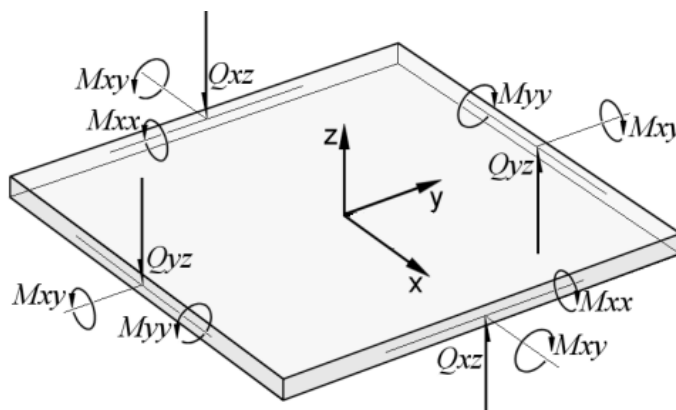
Figura 11-3: Orientamento degli elementi “plate”

M_{ii} = momento che tende le fibre parallele all'asse i ($i = x, y, z$) ;

$M_{ii} < 0 \Rightarrow$ le fibre in rosso sono tese;

$M_{ii} > 0 \Rightarrow$ le fibre in ciano sono tese.

La convenzione usata per i momenti flettenti e le forze di taglio che agiscono sull'elemento plate/shell, sono di seguito illustrate.



	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 30
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Momenti M_{xx} generano tensioni principali σ_{xx} parallele all'asse X, momenti M_{yy} generano tensioni principali σ_{yy} parallele all'asse y, mentre momenti M_{xy} generano tensioni tangenziali τ_{xy} e τ_{yx} .

11.2 Verifica di stabilità del fondo dello scavo

La verifica fa riferimento alle condizioni finali di scavo, immediatamente a seguito del getto del tappo di fondo. In tale situazione le forze stabilizzanti sono date dal peso della colonna di terreno compresa tra il piede della palancola e l'intradosso del tappo e dal peso di volume del tappo di fondo stesso.

Si assume:

il livello di falda ad una quota di -2 m rispetto al piano di campagna;

un peso medio di volume del terreno pari a 18 kN/m^3 .

Le azioni stabilizzanti sono:

$$p_t = \gamma_t \cdot h + \gamma_m \cdot h' = 18,0 \cdot 8 + 22,0 \cdot 0,4 = 153 \text{ kPa}$$

La pressione di sollevamento u è pari a:

$$u = u_{\text{idros.}} = \gamma_w \cdot L1 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ kPa}$$

dove:

h è lo spessore di terreno che va dal piede della palancola al fondo dello scavo;

h' è lo spessore della soletta;

$L1$ è il carico idraulico.

Il confronto tra azioni stabilizzanti ed instabilizzanti porta al seguente coefficiente di sicurezza:

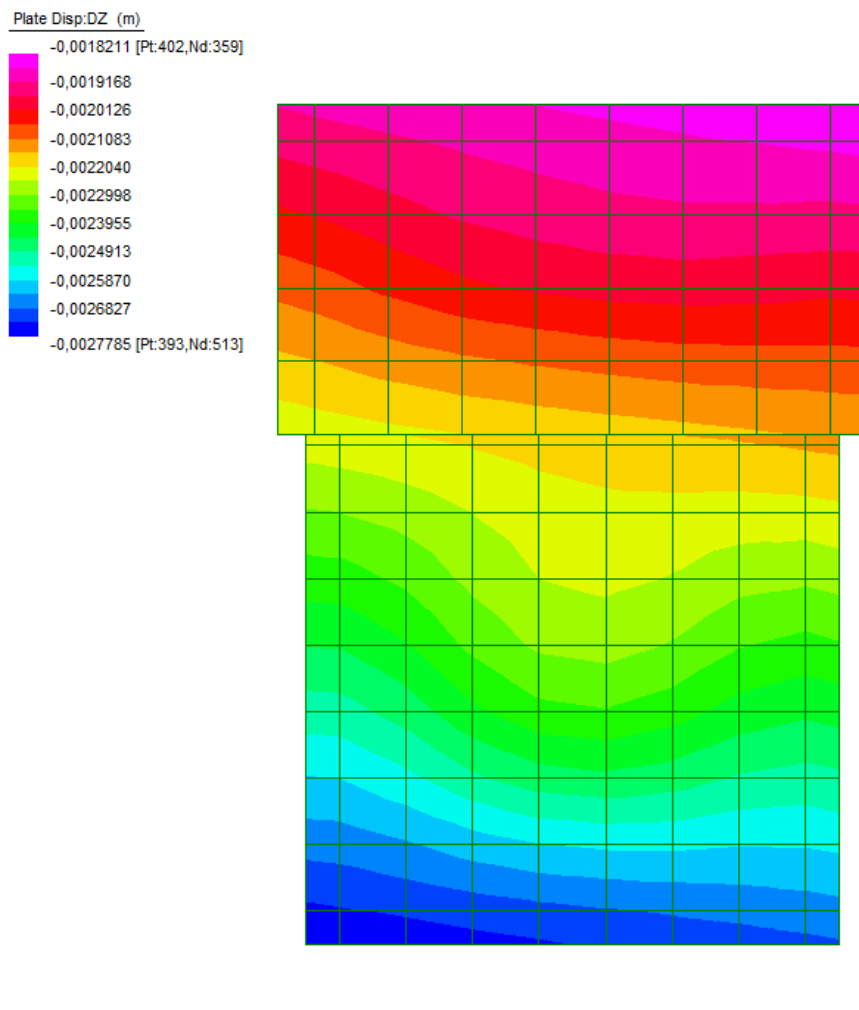
$$F_{.s.} = \frac{0,9 \cdot P_t}{1,1 \cdot u} = 6,25 > 1,00$$

La verifica è soddisfatta.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 31
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.3 Verifica della capacità portante del terreno

I massimi abbassamenti registrati, riportati nella mappa a seguire sono:



Avendo assunto una costante di sottofondo pari a 30000 kN/m^3 (3kg/cm^3), la massima tensione sul piano di posa è:

$$E_d = 50 \text{ kPa}$$

La valutazione della capacità portante sarà condotta in condizioni drenate, con riferimento all'Approccio 2 – combo 2.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 32
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

• **CAPACITA' PORTANTE - HANSEN**

$$q_{ult} = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma - \gamma_w$$

CONDIZIONI DRENATE

- Contributo legato alla coesione	0,0	kPa
- Contributo legato al sovraccarico	1492,9	kPa
- Contributo legato al peso di volume	242,4	kPa
- Contributo della sottospinta idraulica	19,6	kPa

q_{ult} 1715,6 kPa

Pressione limite

q_d 745,9 kPa

Pressione limite di progetto (A1 + M2 + R3)

Q_{ult} 21016,2 kN

Carico limite caratteristico

Q_d 9137,5 kN

Carico limite di progetto (A1 + M2 + R3)

Q_d 9137 kN

>

E_d

2217,25

kN

VERIFICATO

poiché

$$E_d < q_d$$

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

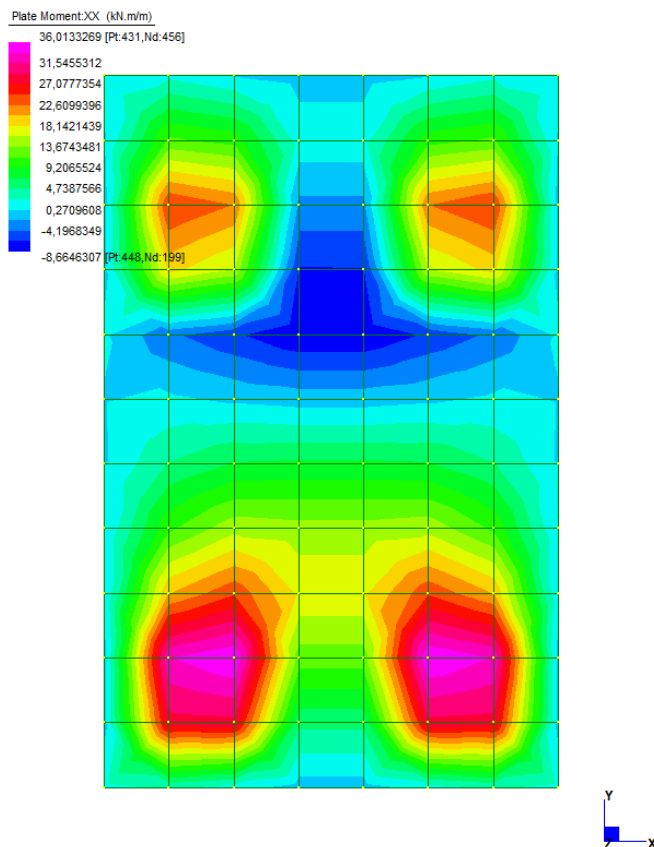
	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 33
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.4 Verifica della soletta superiore

11.4.1 Verifica a flessione SLU

Integrando i valori di momento flettente lungo una sezione trasversale si ottiene:

Direzione orizzontale (XX): $M_{Ed} = M_{xx} = 36.01 \text{ kNm}$



Ipotizzando un'armatura costituita da:

φ12/20 SUP.

φ12/20 INF.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 34
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C35/45

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰

τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

Tipo Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

☐ Precompresso

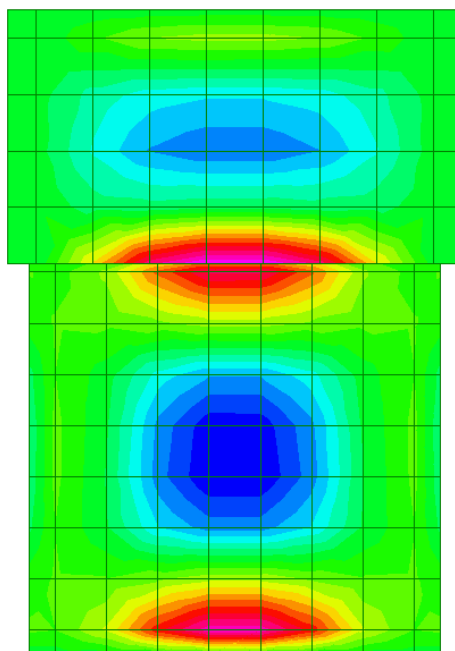
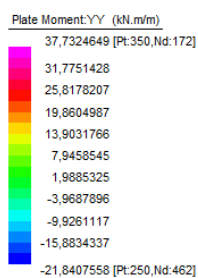
Poiché per tutte le combinazioni vale

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

le verifiche sono soddisfatte.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 35
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Direzione orizzontale (YY): $M_{Ed} = M_{yy} = 38.0 \text{ kNm}$



Ipotizzando un'armatura costituita da:

$\phi 12/20$ SUP.

$\phi 12/20$ INF.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 36
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C **C35/45**

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰

τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

Tipo Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd

L₀ cm Col. modello


☐ Precompresso

Poiché per tutte le combinazioni vale

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

le verifiche sono soddisfatte.

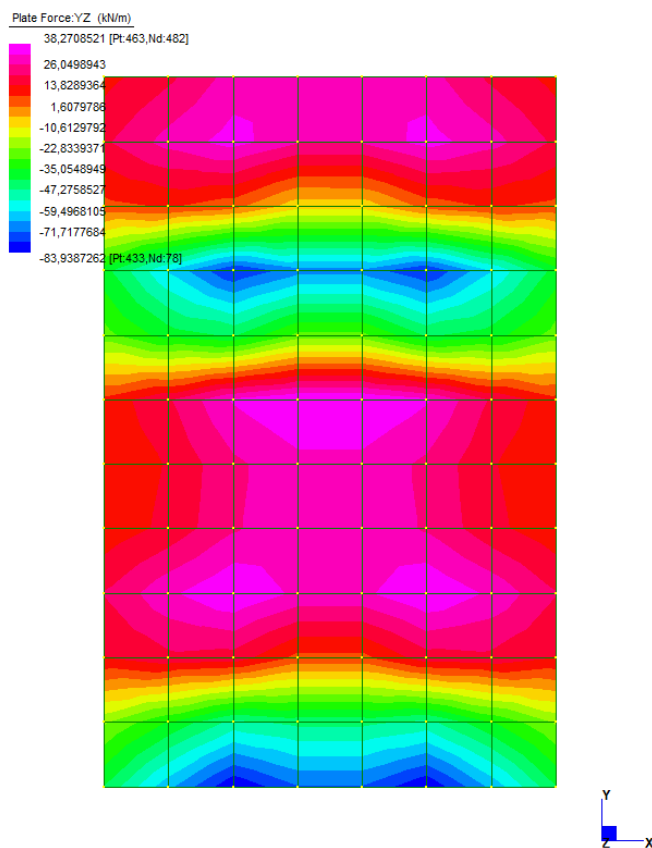
Il quantitativo di armatura disposto rispetta le prescrizioni riguardanti i valori minimi di acciaio così come previsto al §9.3 delle UNI EN 1992-1-1.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 37
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.4.2 Verifica a taglio SLU

Dall'integrazione dei diagrammi di taglio si ricava che il massimo valore è:

$$V_{Ed} = V_{zx} = 84.0 \text{ kN}$$



La verifica di resistenza della sezione non armata a taglio porge il seguente risultato

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 38
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Verifica elementi privi di armature resistenti a taglio					
La resistenza a taglio (espressa in N) di un elemento fessurato da momento flettente si può valutare attraverso la formula seguente:					
$V_{rd} = [0,18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cn}] b_w d \geq (v_{min} + 0,15 \sigma_{cn}) b_w d$					
nella quale:					
$k = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1,89	<	2		
$\rho_1 = A_{sl} / (b_w d) =$	0,002	<	0,02	VERIFICATO	
$\sigma_{cn} = N_{ed} / A_c =$	0	<	2,4	VERIFICATO	
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} =$	0,42				
essendo					
d	altezza utile della sezione (in mm);				
b _w	larghezza minima della sezione (in mm)				
ρ ₁	rapporto geometrico di armatura longitudinale				
σ _{cn}	tensione media di compressione nella sezione				
V _{rd} =	104	kN	>	83	kN VERIFICATO

Poiché in tutti i casi

$$V_{Ed} < V_{rd}$$

non risulta necessaria alcuna armatura specifica per le sollecitazioni taglienti.

11.4.3 Verifica delle tensioni di esercizio SLE

Deve essere garantito che in condizioni di normale esercizio della struttura, le tensioni sugli acciai e conglomerati non eccedano rispettivamente i seguenti valori:

$$\sigma_s < 0,80 f_{ck} - \text{tutte le combinazioni}$$

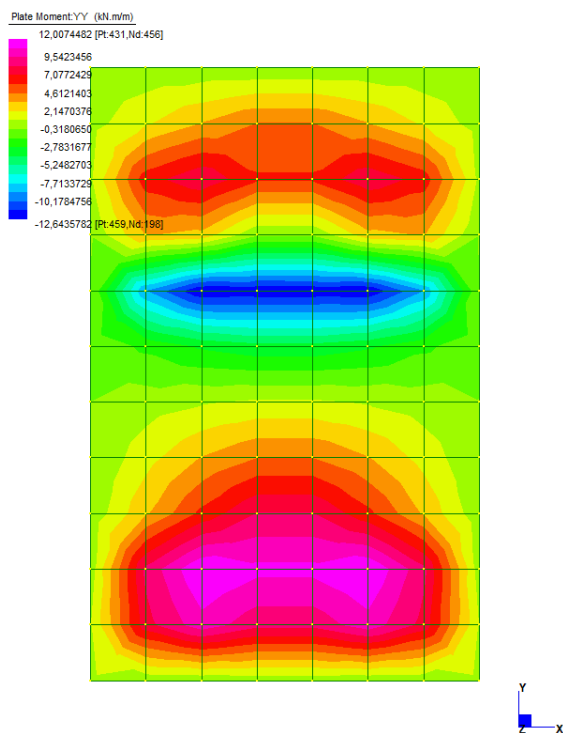
$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} - \text{combinazione rara}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} - \text{combinazione quasi permanente}$$

Le sollecitazioni di progetto, relative alla sola direzione principale, sono riportate nelle seguenti mappe.

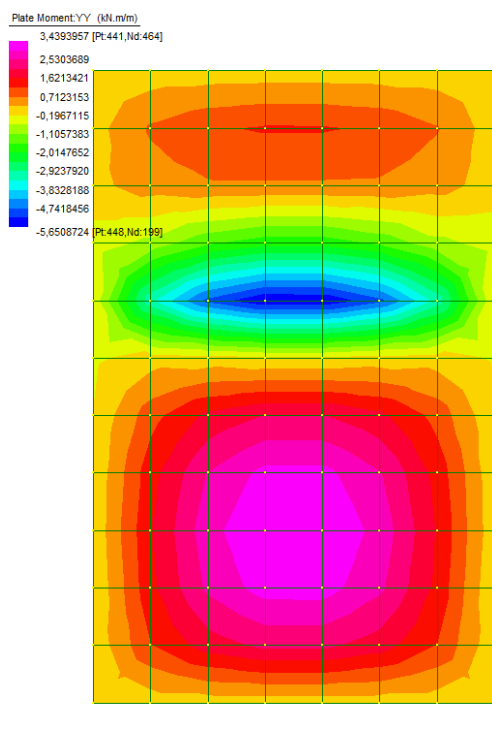
 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 39
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Combinazione rara/frequente: $M_{Ed} = M_{yy} = 12 \text{ kNm}$



Combinazione quasi permanente: **Combinazione quasi permanente:** $M_{Ed} = M_{xx} = 5.7 \text{ kNm}$

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 40
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc



Eseguendo le verifiche direttamente con il valore massimo proveniente dall'analisi, si ottiene:

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 41
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

SEZIONE				ARMATURA TESA			ARMATURA COMPRESSA			
c [mm]	h[mm]	d [mm]	b [mm]	n°	Φ	As [mm ²]	n°	Φ	As [mm ²]	
50	300	250	1000	5	12	565	5	12	565	
				0	0	0	0	0	0	
				As,tot	=	565	As,tot	=	565	
Profondità asse neutro in sezione fessurata										
x				56,4		mm				
Momento d'inerzia della sezione in stato fessurato										
$J_{xx2} = (bx^3)/3 + nAs'(x - c)^2 + nAs(d - x)^2$				3,78E+08		mm ⁴				
COMBINAZIONE RARA				M _{Ed} 12 kNm						
Tensione massima di compressione nel calcestruzzo										
$\sigma_c = (M_{Ed} / J_{xx2}) * x$				1,8	MPa	<	22,4	MPa	= 0,6 f _{ck}	VERIFICATO
Tensione massima nell'armatura tesa										
$\sigma_s = n (M_{Ed} / J_{xx2}) * (d - x)$				92,2	MPa	<	360,0	MPa	= 0,8 f _{yk}	VERIFICATO
COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE				M _{Ed} 6 kNm						
Tensione massima di compressione nel calcestruzzo										
$\sigma_c = (M_{Ed} / J_{xx2}) * x$				0,9	MPa	<	16,8	MPa	= 0,45 f _{ck}	VERIFICATO
Tensione massima nell'armatura tesa										
$\sigma_s = n (M_{Ed} / J_{xx2}) * (d - x)$				46,1	MPa	<	360,0	MPa	= 0,8 f _{yk}	VERIFICATO

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 42
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.4.4 Verifica della fessurazione - apertura di fessura SLE

Come previsto al §C4.1.2.2.4.6 della circolare 2 febbraio 2009, la verifica della fessurazione (apertura di fessura), sarà condotta con riferimento agli stati limite di esercizio in combinazione frequente e quasi permanente. In relazione alle classi di esposizione previste per le opere e alla tipologia di armatura impiegata (acciaio poco sensibile), i limiti di apertura di fessura per i predetti stati limite sono, rispettivamente: $w_1 = 0.2$ e $w_1 = 0.2$.

Con le medesime sollecitazioni delle verifiche tensionali si ha:

VERIFICA DELLA FESSURAZIONE																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ARMATURA TESA</th> </tr> <tr> <th>n°</th> <th>§</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Φ</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td>0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td>0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Φeq</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>As</td> <td>565</td> <td>mm²</td> </tr> </tbody> </table>		ARMATURA TESA			n°	§	-	Φ	12	mm	n°	0	-	Φ	0	mm	n°	0	-	Φ	0	mm	Φeq	12	mm	As	565	mm ²	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">SEZIONE</th> </tr> <tr> <th>h [mm]</th> <th>b [mm]</th> <th>c [mm]</th> <th>d [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300</td> <td>1000</td> <td>50</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table>		SEZIONE				h [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]	300	1000	50	250
ARMATURA TESA																																										
n°	§	-																																								
Φ	12	mm																																								
n°	0	-																																								
Φ	0	mm																																								
n°	0	-																																								
Φ	0	mm																																								
Φeq	12	mm																																								
As	565	mm ²																																								
SEZIONE																																										
h [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]																																							
300	1000	50	250																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ARMATURA COMPRESA</th> </tr> <tr> <th>n°</th> <th>§</th> <th>-</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Φ</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td>0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>n°</td> <td>0</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Φeq</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>As'</td> <td>565</td> <td>mm²</td> </tr> </tbody> </table>		ARMATURA COMPRESA			n°	§	-	Φ	12	mm	n°	0	-	Φ	0	mm	n°	0	-	Φ	0	mm	Φeq	12	mm	As'	565	mm ²														
ARMATURA COMPRESA																																										
n°	§	-																																								
Φ	12	mm																																								
n°	0	-																																								
Φ	0	mm																																								
n°	0	-																																								
Φ	0	mm																																								
Φeq	12	mm																																								
As'	565	mm ²																																								
DEFORMAZIONE UNITARIA MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURA																																										
- Calcolo della massima tensione nell'acciaio in sezione fessurata $x = 56,4 \text{ mm}$ Profondità asse neutro in sezione fessurata																																										
$J_{x02} = (bx^3)/3 + nAs' (x - \bar{y})^2 + nAs (d - x)^2 = 378074145 \text{ mm}^4$ Momento di inerzia della sezione fessurata																																										
$W_z = J_{x02}/(d - x) = 1952506 \text{ mm}^3$ Modulo resistente della sezione fessurata																																										
$\sigma_s = n \cdot (M_{ed} / W_z) = 92,2 \text{ MPa}$ Tensione nell'acciaio teso - COMBINAZIONE FREQUENTE																																										
$\sigma_s = n \cdot (M_{ed} / W_z) = 38,4 \text{ MPa}$ Tensione nell'acciaio teso - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE																																										
- Calcolo della deformazione unitaria media delle barre																																										
CARICHI DI LUNGA DURATA $K_c = 0,6$ Coefficiente dipendente dalla durata del carico $\alpha_c = 6,1$ Rapporto tra moduli elastici $A_{c,eff} = 81212 \text{ mm}^2$ Area efficace di calcestruzzo attorno alle barre $\rho_{eff} = 0,0070$ Rapporto tra area di acciaio e area efficace																																										
$\epsilon_{sm} = 1/E_s(5s \cdot k_1(\xi_{lim}/\rho_{eff})(1 + \alpha_c \rho_{eff})) = 0,0003$ Deformazione unitaria media - COMBINAZIONE FREQUENTE																																										
$\epsilon_{sm} = 1/E_s(5s \cdot k_1(\xi_{lim}/\rho_{eff})(1 + \alpha_c \rho_{eff})) = 0,0001$ Deformazione unitaria media - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE																																										
DISTANZA MASSIMA TRA LE FESSURE																																										
BARRE ADERENZA MIGLIORATA $K_1 = 0,8$ Tipologia di barre d'armatura																																										
FLESSIONE SEMPLICE $K_2 = 0,5$ Tipo di sollecitazione agente $K_3 = 3,4$ $K_4 = 0,425$ $p = 200 \text{ mm}$ Spaziatura dell'armatura longitudinale																																										
$\Delta_{max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \Phi_{eq} / \rho_{eff} = 463 \text{ mm}$ Distanza massima tra le fessure																																										
VERIFICA SLE - FREQUENTE $w_d = 0,122 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$ VERIFICATO																																										
VERIFICA SLE - QUASI PERMANENTE $w_d = 0,051 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$ VERIFICATO																																										

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

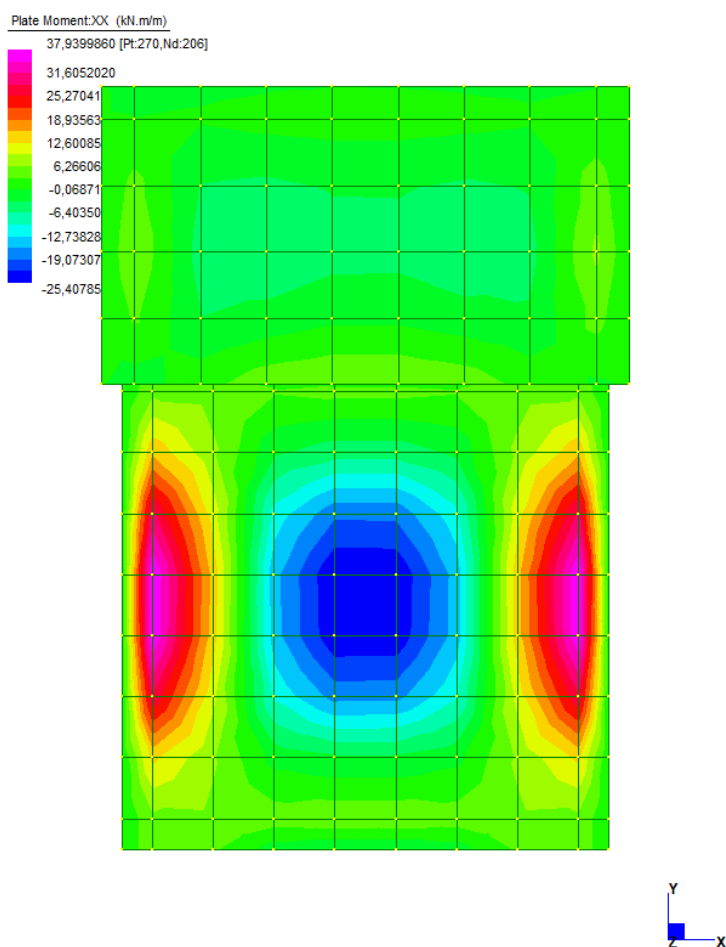
 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 43
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.5 Verifica della soletta di fondazione

11.5.1 Verifica a flessione SLU

Integrando i valori di momento flettente lungo una sezione trasversale si ottiene:

Direzione orizzontale (XX): $M_{Ed} = M_{xx} = 37.9 \text{ kN}$



Ipotizzando, parallelamente al lato corto, un'armatura costituita da:

ϕ12/20 SUP.

ϕ12/20 INF.

la verifica di resistenza porge:

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 44
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Tipologia Sezione:
☒ Rettang. re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

File

Sollecitazioni
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

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

Tipologia rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

☐ Precompresso

Materiali

B450C		C35/45	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	19,83
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	13,5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,8
		τ _{c1}	2,257

M_{xRd} kN m

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

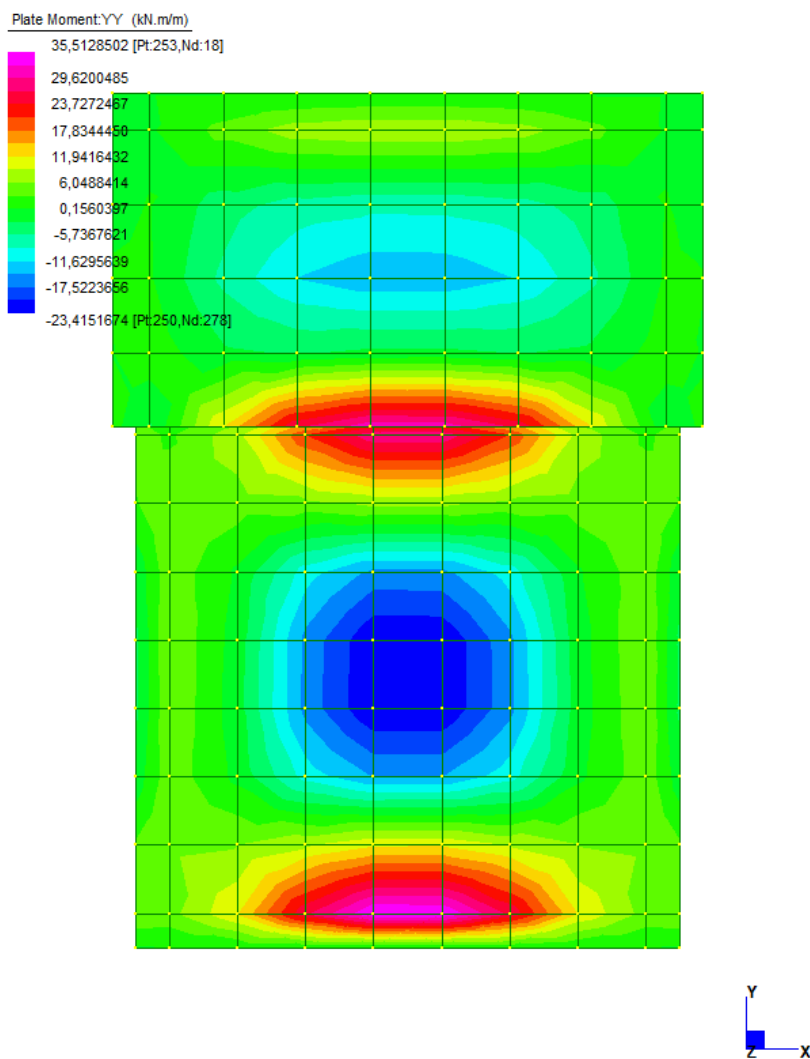
poiché

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

la verifica è soddisfatta.

Direzione orizzontale (yy): $M_{Ed} = M_{YY} = 142,5$ kN

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 45
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc



Ipotizzando, parallelamente al lato lungo (YY), un'armatura costituita da:

$\phi 12/20$ SUP.

$\phi 12/20$ INF.

la verifica di resistenza porge:

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 46
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 61,25 kN m

Materiali

B450C	C35/45
ε _{su} 67,5 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 391,3 N/mm²	ε _{cu} 3,5 ‰
E _s 200.000 N/mm²	f _{cd} 19,83
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0,8
ε _{syd} 1,957 ‰	σ _{c,adm} 13,5
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0,8
	τ _{c1} 2,257

σ_c -19,83 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 28,33 ‰
d 25 cm
x 2,749 x/d 0,11
δ 0,7

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

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello


☐ Precompresso

poiché

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

la verifica è soddisfatta.

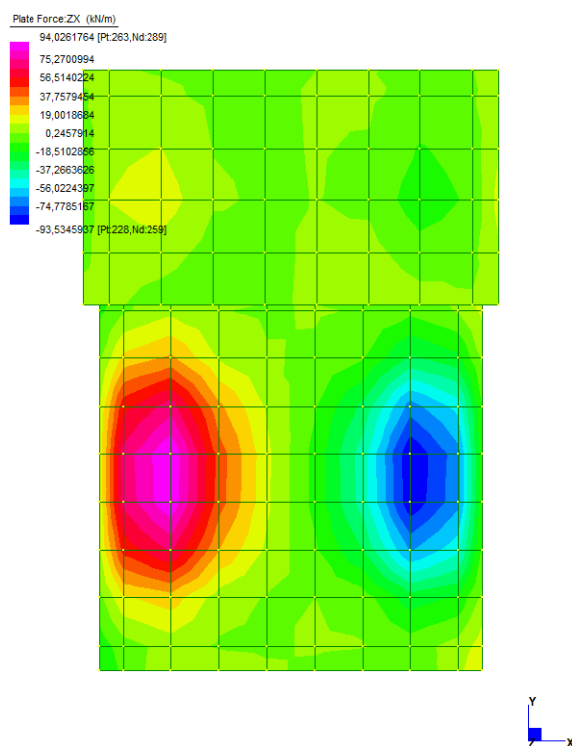
Il quantitativo di armatura disposto rispetta le prescrizioni riguardanti i valori minimi di acciaio così come previsto al §9.3 delle UNI EN 1992-1-1

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 47
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.5.2 Verifica a taglio SLU

Dall'integrazione dei diagrammi di taglio in una sezione a filo del muro si ricava che i massimi valori sono:

$$V_{Ed} = V_{zx} = 94.02 \text{ kN}$$



La verifica di resistenza della sezione non armata a taglio porge il seguente risultato

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 48
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Verifica elementi privi di armature resistenti a taglio					
La resistenza a taglio (espressa in N) di un elemento fessurato da momento flettente si può valutare attraverso la formula seguente:					
$V_{rd} = [0,18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cn}] b_w d \geq (v_{min} + 0,15 \sigma_{cn}) b_w d$					
nella quale:					
$k = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1,89	<	2		
$\rho_1 = A_{sl} / (b_w d) =$	0,002	<	0,02	VERIFICATO	
$\sigma_{cn} = N_{ed} / A_c =$	0	<	2,4	VERIFICATO	
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} =$	0,42				
essendo					
d	altezza utile della sezione (in mm);				
b _w	larghezza minima della sezione (in mm)				
ρ ₁	rapporto geometrico di armatura longitudinale				
σ _{cn}	tensione media di compressione nella sezione				
V _{rd} =	104	kN	>	94	kN VERIFICATO

Poiché in tutti i casi

$$V_{Ed} < V_{rd}$$

non risulta necessaria alcuna armatura specifica per le sollecitazioni taglianti.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 49
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.5.3 Verifica delle tensioni di esercizio SLE

Deve essere garantito che in condizioni di normale esercizio della struttura, le tensioni sugli acciai e conglomerati non eccedano rispettivamente i seguenti valori:

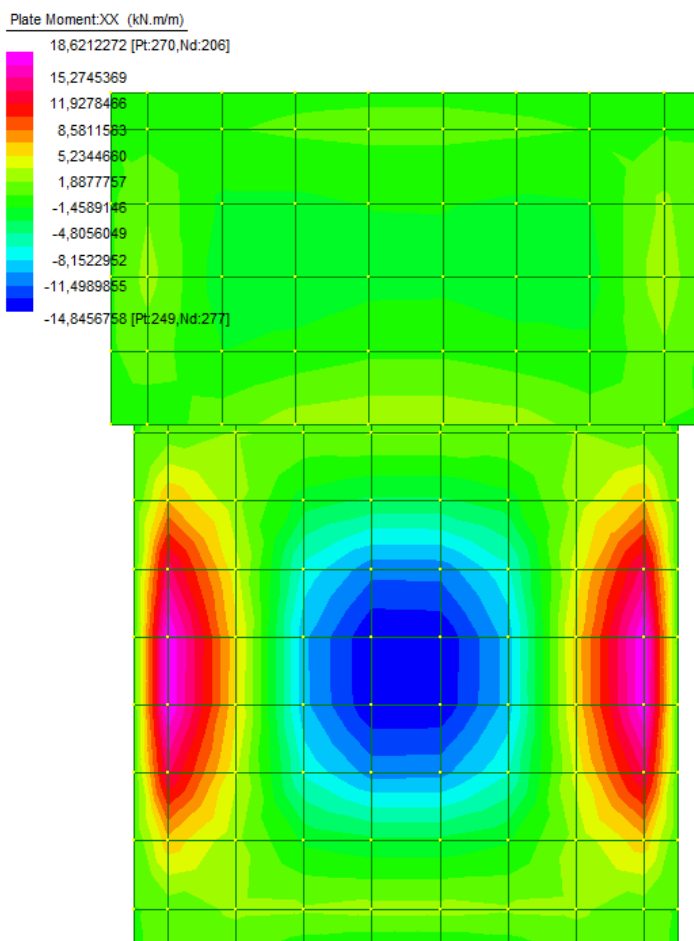
$\sigma_s < 0.80 f_{ck}$ – tutte le combinazioni

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ – combinazione rara

$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ – combinazione quasi permanente

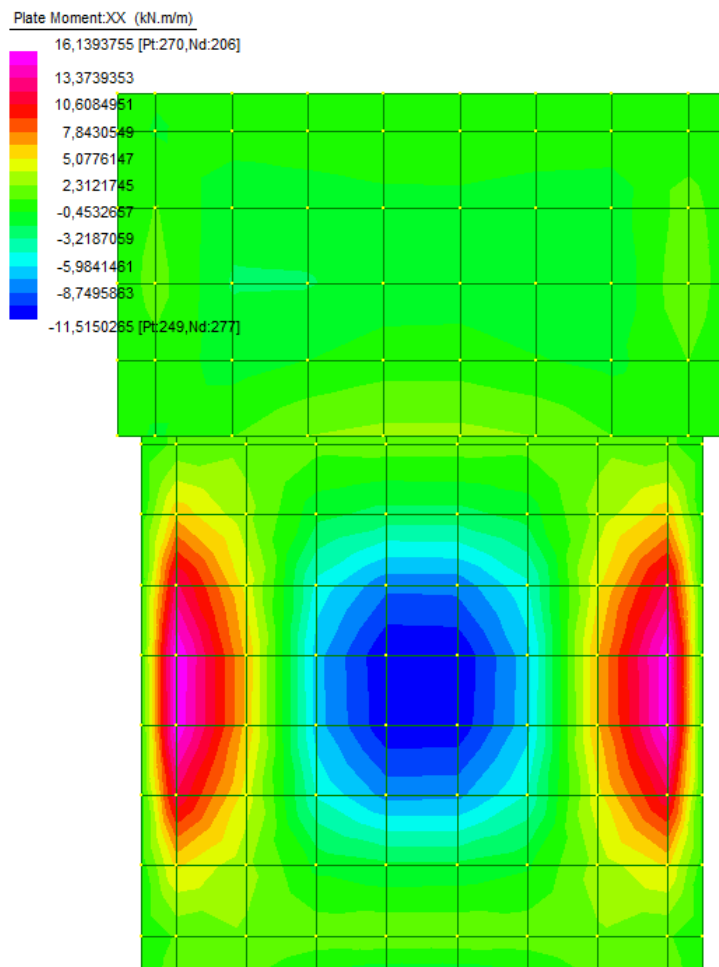
Le sollecitazioni di progetto, relative alla sola direzione principale, sono riportate nelle seguenti mappe.

Combinazione rara/frequente: $M_{Ed} = M_{xx} = 18.6 \text{ kNm}$




 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 50
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Combinazione quasi permanente: $M_{Ed} = M_{xx} = 16.1 \text{ kNm}$



Senza procedere con l'integrazione delle sollecitazioni, si effettua la verifica direttamente con il valore massimo riportato nei diagrammi, considerando quest'ultimo come costante nell'unità di sviluppo.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 51
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

SEZIONE				ARMATURA TESA			ARMATURA COMPRESSA		
c [mm]	h[mm]	d [mm]	b [mm]	n°	Φ	As [mm²]	n°	Φ	As [mm²]
50	300	250	1000	5	12	565	5	12	565
				0	0	0	0	0	0
				As,tot	=	565	As,tot	=	565
Profondità asse neutro in sezione fessurata									
x		56,4		mm					
Momento d'inerzia della sezione in stato fessurato									
J _{xx2} = (bx³)/3 + nAs'(x - c)² + nAs (d - x)²				3,78E+08		mm⁴			
COMBINAZIONE RARA				M _{Ed} 18 kNm					
Tensione massima di compressione nel calcestruzzo									
σ _c = (M _{Ed} / J _{xx2}) * x		2,7		MPa		<	22,4	MPa	= 0,6 f _{ck}
Tensione massima nell'armatura tesa									
σ _s = n (M _{Ed} / J _{xx2}) * (d - x)		138,3		MPa		<	360,0	MPa	= 0,8 f _{yk}
COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE				M _{Ed} 12 kNm					
Tensione massima di compressione nel calcestruzzo									
σ _c = (M _{Ed} / J _{xx2}) * x		1,8		MPa		<	16,8	MPa	= 0,45 f _{ck}
Tensione massima nell'armatura tesa									
σ _s = n (M _{Ed} / J _{xx2}) * (d - x)		92,2		MPa		<	360,0	MPa	= 0,8 f _{yk}

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 52
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc


11.5.4 Verifica della fessurazione - apertura di fessura SLE

Come previsto al §C4.1.2.2.4.6 della circolare 2 febbraio 2009, la verifica della fessurazione (apertura di fessura), sarà condotta con riferimento agli stati limite di esercizio in combinazione frequente e quasi permanente. In relazione alle classi di esposizione previste per le opere e alla tipologia di armatura impiegata (acciaio poco sensibile), i limiti di apertura di fessura per i predetti stati limite sono, rispettivamente: $w_1 = 0.2$ e $w_1 = 0.2$.

Con le medesime sollecitazioni delle verifiche tensionali si ha:

VERIFICA DELLA FESSURAZIONE																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ARMATURA TESA</th> </tr> <tr> <th>σ^s</th> <th>s</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Φ</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>σ^s</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>σ^s</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Φ_{eq}</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>A_s</td> <td>565</td> <td>mm²</td> </tr> </tbody> </table>		ARMATURA TESA			σ^s	s		Φ	12	mm	σ^s	0		Φ	0	mm	σ^s	0		Φ	0	mm	Φ_{eq}	12	mm	A_s	565	mm ²	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">SEZIONE</th> </tr> <tr> <th>b [mm]</th> <th>b [mm]</th> <th>c [mm]</th> <th>d [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300</td> <td>1000</td> <td>50</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table>		SEZIONE				b [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]	300	1000	50	250
ARMATURA TESA																																										
σ^s	s																																									
Φ	12	mm																																								
σ^s	0																																									
Φ	0	mm																																								
σ^s	0																																									
Φ	0	mm																																								
Φ_{eq}	12	mm																																								
A_s	565	mm ²																																								
SEZIONE																																										
b [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]																																							
300	1000	50	250																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ARMATURA COMPRESSA</th> </tr> <tr> <th>σ^s</th> <th>s</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Φ</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>σ^s</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>σ^s</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Φ</td> <td>0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Φ_{eq}</td> <td>12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>A_s'</td> <td>565</td> <td>mm²</td> </tr> </tbody> </table>		ARMATURA COMPRESSA			σ^s	s		Φ	12	mm	σ^s	0		Φ	0	mm	σ^s	0		Φ	0	mm	Φ_{eq}	12	mm	A_s'	565	mm ²														
ARMATURA COMPRESSA																																										
σ^s	s																																									
Φ	12	mm																																								
σ^s	0																																									
Φ	0	mm																																								
σ^s	0																																									
Φ	0	mm																																								
Φ_{eq}	12	mm																																								
A_s'	565	mm ²																																								
DEFORMAZIONE UNITARIA MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURA																																										
- Calcolo della massima tensione nell'acciaio in sezione fessurata $x = 56,4 \text{ mm}$ Profondità asse neutro in sezione fessurata																																										
$J_{x2} = (bx^3)/3 + nA_s'(x - g)^2 + nA_s(d - x)^2 = 378074145 \text{ mm}^4$ Momento di inerzia della sezione fessurata																																										
$W_2 = J_{x2}/(d - x) = 1952506 \text{ mm}^3$ Modulo resistente della sezione fessurata																																										
$\sigma_t = n \cdot (M_d / W_2) = 92,2 \text{ MPa}$ Tensione nell'acciaio teso - COMBINAZIONE FREQUENTE																																										
$\sigma_t = n \cdot (M_d / W_2) = 61,5 \text{ MPa}$ Tensione nell'acciaio teso - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE																																										
- Calcolo della deformazione unitaria media delle barre																																										
CARICHI DI LUNGA DURATA $K_1 = 0,6$ - Coefficiente dipendente dalla durata del carico $\alpha_e = 6,1$ - Rapporto tra moduli elastici $A_{c,eff} = 81212 \text{ mm}^2$ Area efficace di calcestruzzo attorno alle barre $Q_{eff} = 0,0070$ - Rapporto tra area di acciaio e area efficace																																										
$\epsilon_{sm} = 1/E_s(6s \cdot kt(f_{ctm}/Q_{eff})(1 + \alpha_e Q_{eff})) = 0,0005$ - Deformazione unitaria media - COMBINAZIONE FREQUENTE																																										
$\epsilon_{sm} = 1/E_s(6s \cdot kt(f_{ctm}/Q_{eff})(1 + \alpha_e Q_{eff})) = 0,0002$ - Deformazione unitaria media - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE																																										
DISTANZA MASSIMA TRA LE FESSURE																																										
BARRE ADERENZA MIGLIORATA $K_1 = 0,8$ - Tipologia di barre d'armatura																																										
FLESSIONE SEMPLICE $K_2 = 0,5$ - Tipo di sollecitazione agente $K_3 = 3,4$ - $K_4 = 0,425$ - $p = 200 \text{ mm}$ Spaziatura dell'armatura longitudinale																																										
$\Delta_{max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \Phi_{eq} / Q_{eff} = 463 \text{ mm}$ Distanza massima tra le fessure																																										
VERIFICA SLE - FREQUENTE $w_d = 0,122 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$ VERIFICATO																																										
VERIFICA SLE - QUASI PERMANENTE $w_d = 0,081 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm}$ VERIFICATO																																										

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

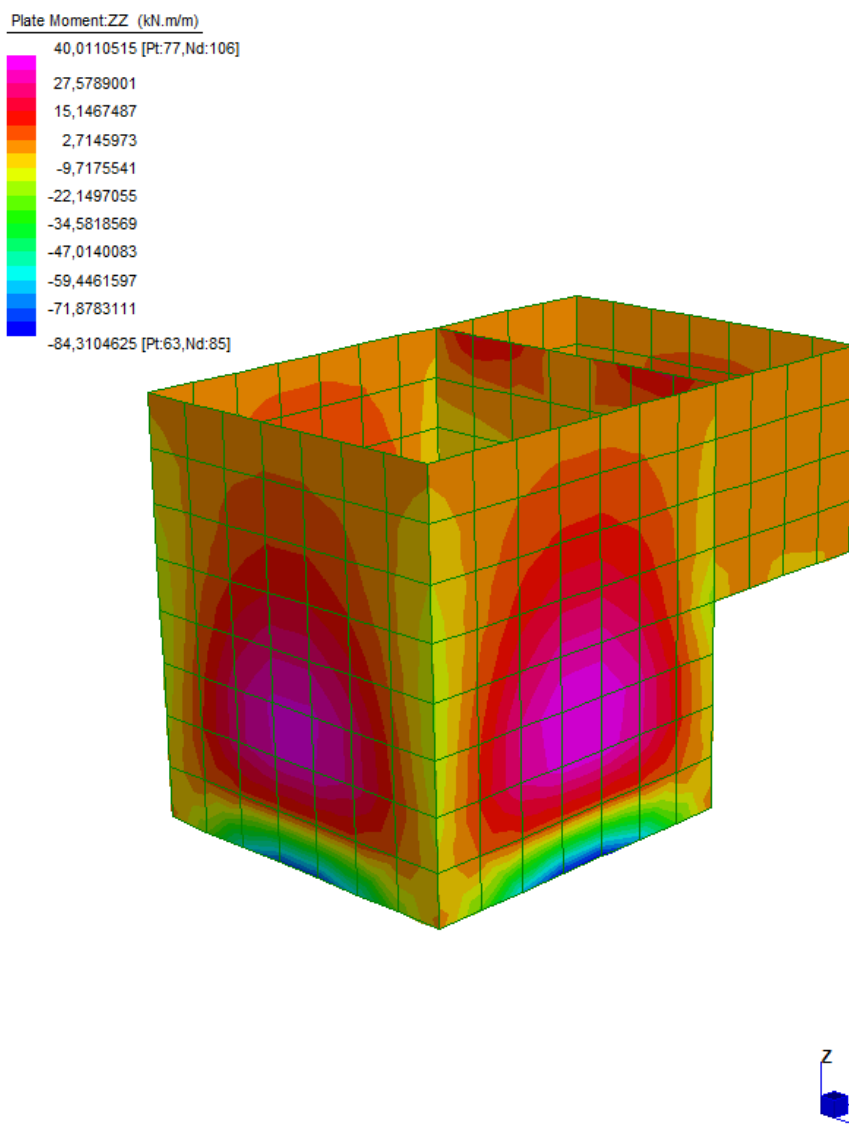
	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 53
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.6 Verifica della pareti

11.6.1 Verifica a flessione SLU

Integrando i valori di momento flettente lungo una sezione trasversale si ottiene:

Direzione verticale (ZZ): $M_{Ed} = M_{zz} = 84.31 \text{ kN}$



Ipotizzando, parallelamente al lato corto, un'armatura costituita da:

ϕ16/20 SUP.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 54
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

φ16/20 INF.

la verifica di resistenza porge:

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	5
2	10,05	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19,83
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 13,5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,8
τ_{c1} 2,257

M_{xRd} 99,54 kN m
σ_c -19,83 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 19,46 ‰
d 25 cm
x 3,812 x/d 0,1525
δ 0,7

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

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
☐ Precompresso

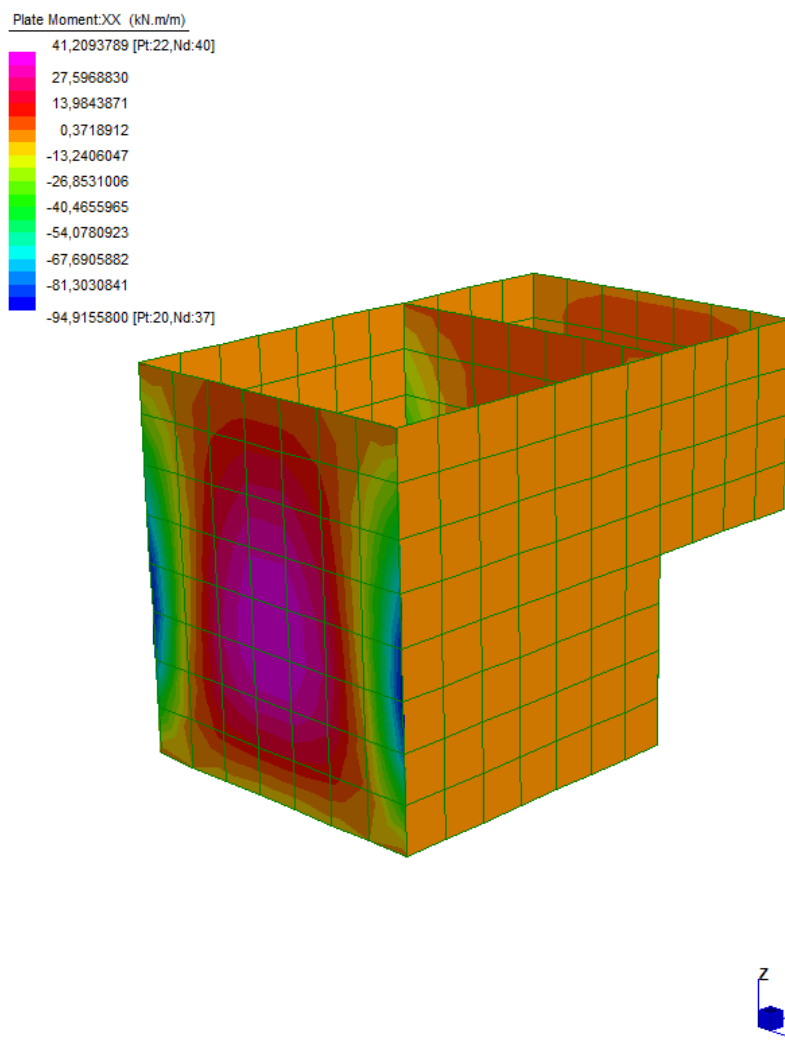
poiché

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

la verifica è soddisfatta.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 55
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Direzione orizzontale (yy): $M_{Ed} = M_{YY} = 94.9 \text{ kN}$



Ipotizzando, un'armatura corrente orizzontale costituita da:

ϕ12/20 SUP.

ϕ12/20 INF.

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 56
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

la verifica di resistenza porge:

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	25

Sollecitazioni
☒ S.L.U. ☐ Metodo n
 kN
 kNm

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
☒ B450C ☐ C35/45
 ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19,83
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 13,5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,8
 τ_{c1} 2,257

M M_{xRd} 61,25 kN m
 σ_c -19,83 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 28,33 ‰
 d 25 cm
 x 2,749 x/d 0,11
 δ 0,7

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

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
☐ Precompresso

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 57
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	11,31	5
2	11,31	25

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd}

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C35/45
ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 19,83 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 13,5 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,8
τ_{c1} 2,257

M_{xRd} 109,9 kN m
σ_c -19,83 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 18,41 ‰
d 25 cm
x 3,995 x/d 0,1598
δ 0,7

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

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
☐ Precompresso

poiché

$$M_{Ed} < M_{Rd}$$

la verifica è soddisfatta.

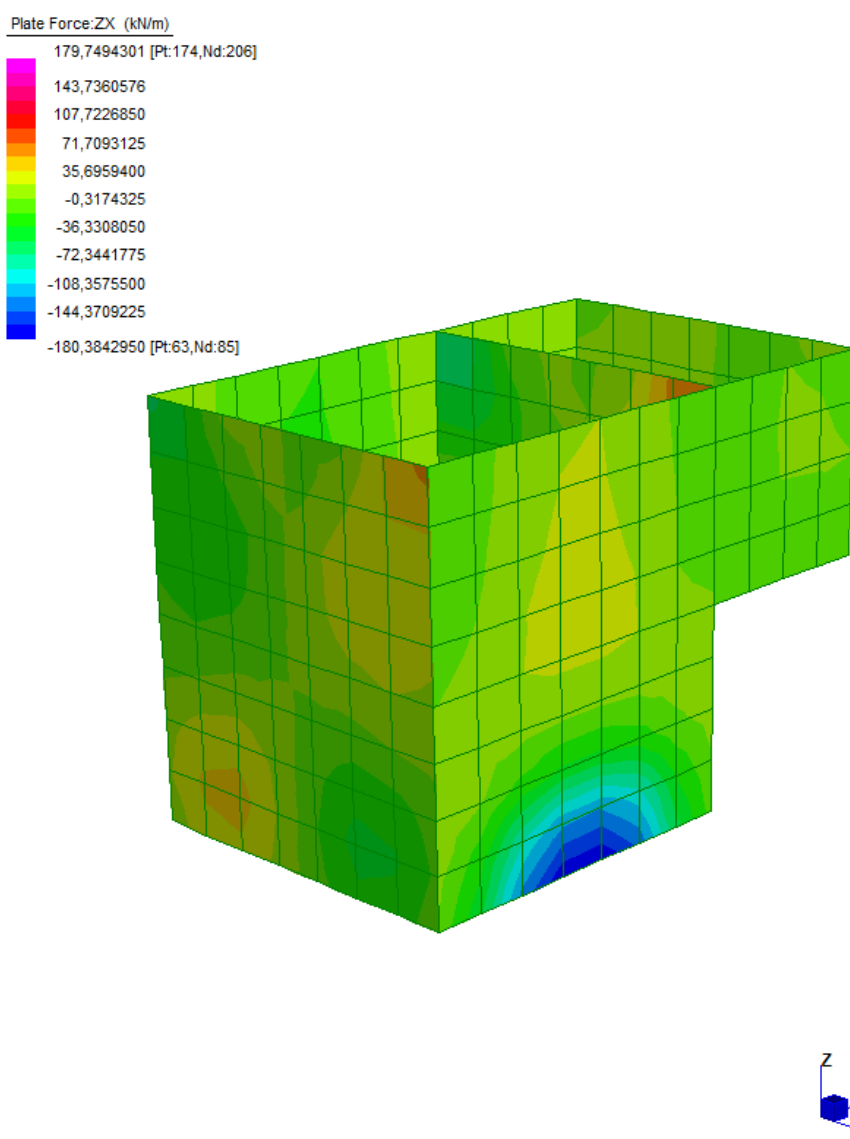
Il quantitativo di armatura disposto rispetta le prescrizioni riguardanti i valori minimi di acciaio così come previsto al §9.3 delle UNI EN 1992-1-1

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 58
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.6.2 Verifica a taglio SLU

Dall'integrazione dei diagrammi di taglio in una sezione pari a 1 m a filo del muro si ricava che i massimi valori sono:

$$V_{Ed} = V_{zx} = 108.02 \text{ kN}$$



La verifica di resistenza della sezione non armata a taglio porge il seguente risultato

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 59
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Verifica elementi privi di armature resistenti a taglio				
La resistenza a taglio (espressa in N) di un elemento fessurato da momento flettente si può valutare attraverso la formula seguente:				
$V_{rd} = [0,18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d \geq (v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d$				
nella quale:				
$k = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1,89	<	2	
$\rho_1 = A_{sl} / (b_w d) =$	0,005	<	0,02	VERIFICATO
$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c =$	0	<	2,4	VERIFICATO
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} =$	0,42			
essendo				
d	altezza utile della sezione (in mm);			
b _w	larghezza minima della sezione (in mm)			
ρ_1	rapporto geometrico di armatura longitudinale			
σ_{cp}	tensione media di compressione nella sezione			
V _{rd} =	120	kN	>	108 kN VERIFICATO

Poiché in tutti i casi

$$V_{Ed} < V_{rd}$$

non risulta necessaria alcuna armatura specifica per le sollecitazioni taglianti.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 60
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.6.3 Verifica delle tensioni di esercizio SLE

Deve essere garantito che in condizioni di normale esercizio della struttura, le tensioni sugli acciai e conglomerati non eccedano rispettivamente i seguenti valori:

$\sigma_s < 0.80 f_{ck}$ – tutte le combinazioni

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ – combinazione rara

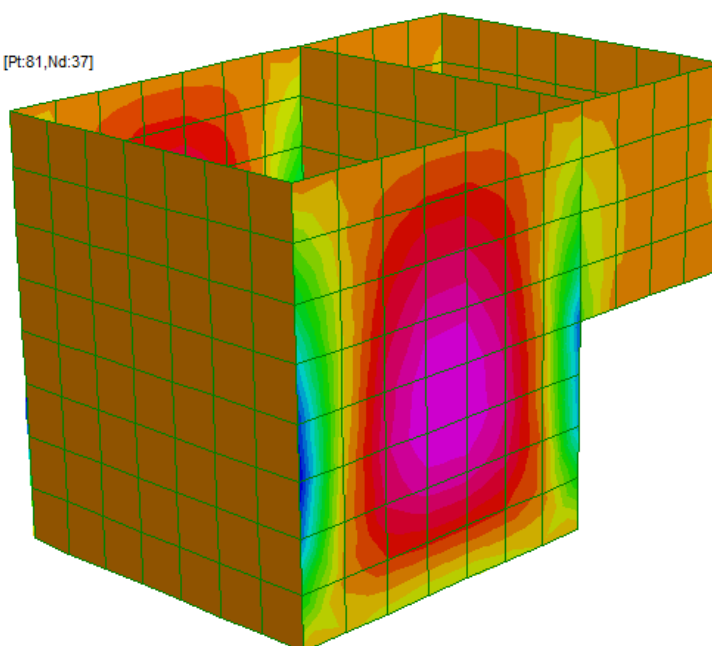
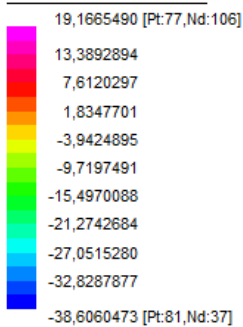
$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ – combinazione quasi permanente

Le sollecitazioni di progetto, relative alla sola direzione principale, sono riportate nelle seguenti mappe.

Combinazione rara/frequente: $M_{Ed} = M_{xx} = 38.6 \text{ kNm}$

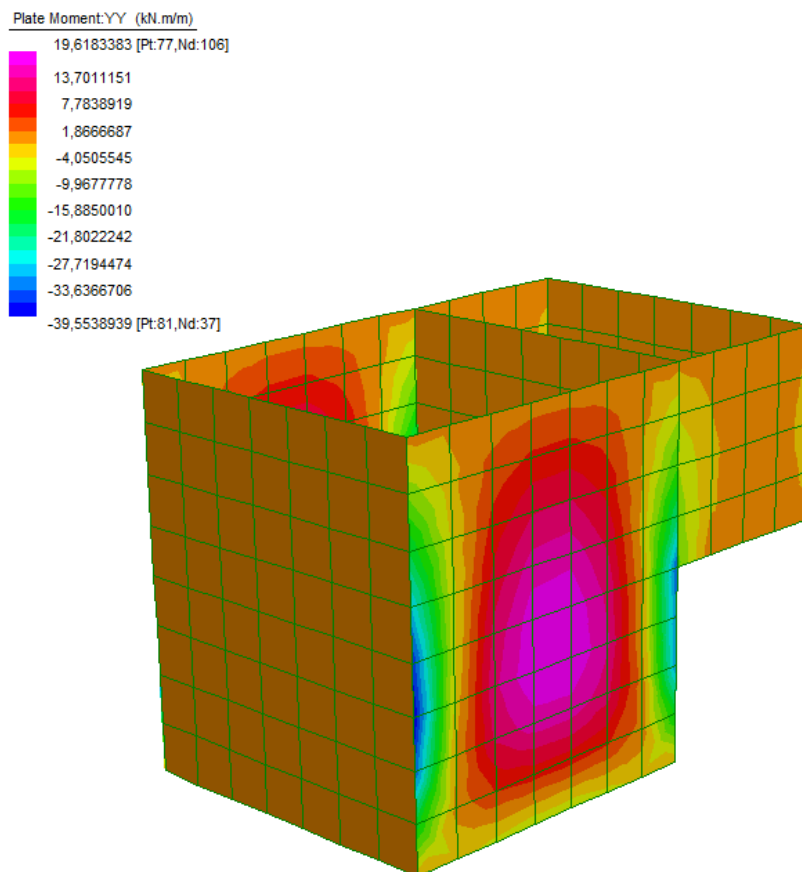
 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 61
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

Plate Moment:YY (kN.m/m)



Combinazione quasi permanente: $M_{Ed} = M_{xx} = 39.6 \text{ kNm}$

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 62
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc



Senza procedere con l'integrazione delle sollecitazioni, si effettua la verifica direttamente con il valore massimo riportato nei diagrammi, considerando quest'ultimo come costante nell'unità di sviluppo.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 63
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

SEZIONE				ARMATURA TESA			ARMATURA COMPRESSA		
c [mm]	h[mm]	d [mm]	b [mm]	n°	Φ	As [mm ²]	n°	Φ	As [mm ²]
50	300	250	1000	5	16	1005	5	16	1005
				0	0	0	0	0	0
				As,tot	=	1005	As,tot	=	1005
Profondità asse neutro in sezione fessurata									
x		69,6		mm					
Momento d'inerzia della sezione in stato fessurato									
$J_{xx2} = (bx^3)/3 + nAs'(x - c)^2 + nAs(d - x)^2$				6,09E+08		mm ⁴			
COMBINAZIONE RARA				<div>M_{Ed}38kNm</div>					
Tensione massima di compressione nel calcestruzzo									
$\sigma_c = (M_{Ed} / J_{xx2}) * x$		4,3		MPa		<	22,4	MPa = 0,6 f _{ck}	
VERIFICATO									
Tensione massima nell'armatura tesa									
$\sigma_s = n (M_{Ed} / J_{xx2}) * (d - x)$		168,8		MPa		<	360,0	MPa = 0,8 f _{yk}	
VERIFICATO									
COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE				<div>M_{Ed}39kNm</div>					
Tensione massima di compressione nel calcestruzzo									
$\sigma_c = (M_{Ed} / J_{xx2}) * x$		4,5		MPa		<	16,8	MPa = 0,45 f _{ck}	
VERIFICATO									
Tensione massima nell'armatura tesa									
$\sigma_s = n (M_{Ed} / J_{xx2}) * (d - x)$		173,3		MPa		<	360,0	MPa = 0,8 f _{yk}	
VERIFICATO									

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

 ALTO TREVIGIANO SERVIZI	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 64
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

11.6.4 Verifica della fessurazione - apertura di fessura SLE

Come previsto al §C4.1.2.2.4.6 della circolare 2 febbraio 2009, la verifica della fessurazione (apertura di fessura), sarà condotta con riferimento agli stati limite di esercizio in combinazione frequente e quasi permanente. In relazione alle classi di esposizione previste per le opere e alla tipologia di armatura impiegata (acciaio poco sensibile), i limiti di apertura di fessura per i predetti stati limite sono, rispettivamente: $w_1 = 0.2$ e $w_1 = 0.2$.

Con le medesime sollecitazioni delle verifiche tensionali si ha:

	ALTO TREVIGIANO SERVIZI s.r.l.	Pag. 65
	REALIZZAZIONE DELLA RETE FOGNARIA NEI COMUNI DI ISTRANA E VEDELAGO	DATA APRILE 2021
	REALIZZAZIONE DELLE OPERE FOGNARIA PRESSO IL CAPOLUOGO DI ISTRANA - LOTTO 1 PROGETTO DEFINITIVO CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE	FILE ID1709.D.00D.00.RS.R.01.doc

VERIFICA DELLA FESSURAZIONE

ARMATURA TESA		
n°	5	-
Φ	16	mm
n°	0	-
Φ	0	mm
n°	0	-
Φ	0	mm
Φ _{eq}	16	mm
A _s	1005	mm ²

SEZIONE			
h [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]
300	1000	50	250

ARMATURA COMPRESSA		
n°	5	-
Φ	16	mm
n°	0	-
Φ	0	mm
n°	0	-
Φ	0	mm
Φ _{eq}	16	mm
A _{s'}	1005	mm ²

DEFORMAZIONE UNITARIA MEDIA DELLE BARRE DI ARMATURA

- Calcolo della massima tensione nell'acciaio in sezione fessurata

x 69,6 mm Profondità asse neutro in sezione fessurata

$J_{xz2} = (bx^3)/3 + nAs'(x - q)^2 + nAs(d - x)^2$ 608931805 mm⁴ Momento di inerzia della sezione fessurata

$W_2 = J_{xz2}/(d - x)$ 3375965 mm³ Modulo resistente della sezione fessurata

$\sigma_s = n * (M_{ed} / W_2)$ 168,8 MPa Tensione nell'acciaio teso - COMBINAZIONE FREQUENTE

$\sigma_s = n * (M_{ed} / W_2)$ 173,3 MPa Tensione nell'acciaio teso - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

- Calcolo della deformazione unitaria media delle barre

CARICHI DI LUNGA DURATA

K_t 0,6 - Coefficiente dipendente dalla durata del carico
 α_e 6,1 - Rapporto tra moduli elastici
 $A_{e,eff}$ 76791 mm² Area efficace di calcestruzzo attorno alle barre
 ρ_{eff} 0,0131 - Rapporto tra area di acciaio e area efficace

$\epsilon_{sm} = 1/Es(6s-kt(f_{ctm}/\rho_{eff})(1+\alpha_e\rho_{eff}))$ 0,0005 - Deformazione unitaria media - COMBINAZIONE FREQUENTE

$\epsilon_{sm} = 1/Es(6s-kt(f_{ctm}/\rho_{eff})(1+\alpha_e\rho_{eff}))$ 0,0005 - Deformazione unitaria media - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

DISTANZA MASSIMA TRA LE FESSURE

BARRE ADERENZA MIGLIORATA

K₁ 0,8 - Tipologia di barre d'armatura

FLESSIONE SEMPLICE

K₂ 0,5 -
K₃ 3,4 -
K₄ 0,425 -
Tipo di sollecitazione agente

p 200 mm Spaziatura dell'armatura longitudinale

$\Delta_{max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \Phi_{eff} / \rho_{eff}$ 378 mm Distanza massima tra le fessure

VERIFICA SLE - FREQUENTE

w_d = 0,182 mm < 0,3 mm

VERIFICATO

VERIFICA SLE - QUASI PERMANENTE

w_d = 0,187 mm < 0,2 mm

VERIFICATO

Tutte le verifiche sono soddisfatte.