

Commissario:



Contraente:



Project & Construction Management &  
Quality Assurance: Rina Consulting SpA





## VIADOTTO POLCEVERA









### PROGETTO ESECUTIVO di 3° LIVELLO



#### MODIFICA TECNICA MT54

#### RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE SPALLA B

Contraente	Visto Italferr per rispondenza Progetto Esecutivo di 2° Livello	Direttore Lavori
Data: _____	 Data: _____	 Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
N G 1 2	0 0	C	Z Z	C L	V I 0 2 0 3	0 1 0	B

PROGETTAZIONE							IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione esecutiva di 3° Livello	M. Vari 	02/08/2020	M. Altieri 	02/08/2020	A. Tosiani 	02/08/2020	 
B	Emissione per Modifica Tecnica n. 54	M. Vari 	07/01/2020	M. Altieri 	07/01/2020	A. Tosiani 	07/01/2020	
C								
							Data: 07/01/2020	

<b>Contraente</b>  		<b>Progettista:</b>   <b>TECNOSTRUTTURE S.r.l.</b> <small>SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27 00198 ROMA SEDE OPERATIVA: Via delle Quercie n. 13 00037 Segni (RM)</small>				
Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B		Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento C ZZ CL VI0203 010	Rev. B	Foglio 2 di 179
<b>INDICE</b>						
1	PREMESSA.....					7
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA E SOFTWARE .....					7
2.1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....					7
2.2	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO .....					8
2.3	BIBLIOGRAFIA .....					8
2.4	SOFTWARE.....					8
3	MATERIALI .....					9
3.1	ACCIAIO.....					9
3.1.1	<i>Acciaio per armatura strutture in c.a.</i> .....					9
3.2	CALCESTRUZZO .....					9
3.2.1	<i>Calcestruzzo magro per getti di livellamento</i> .....					9
3.2.2	<i>Calcestruzzo pali</i> .....					9
3.2.3	<i>Calcestruzzo soletta ed elevazione spalle</i> .....					9
4	SISMICITÀ .....					10
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA E SEZIONE DI CALCOLO .....					11
6	MODELLO GEOTECNICO .....					12
7	APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE.....					13
7.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....					13
7.2	APPROCCIO PROGETTUALE PER LE VERIFICHE DELLA SPALLA IN CONDIZIONI SISMICHE.....					15
7.3	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE.....					15
7.3.1	<i>Verifica a fessurazione</i> .....					15
8	CRITERI DI CALCOLO STRUTTURALE.....					17
8.1	ANALISI DELL'OPERA IN CONDIZIONI STATICHE.....					17
8.2	ANALISI DELL'OPERA IN CONDIZIONI SISMICHE .....					18
8.3	COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....					20
9	MODELLO DI CALCOLO .....					21
10	DEFINIZIONE E COMBINAZIONE DEI CARICHI E DELLE AZIONI.....					24

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N.	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio
NG1200CZZCLVI0203010B	NG12	00	C ZZ CL VI0203 010	B	3 di 179
10.1	SCARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO.....				24
10.2	PESO PROPRIO DELLA SPALLA (G1).....				27
10.3	SPINTA DI COMPATTAZIONE (G2).....				27
10.4	SPINTA DEL CALCESTRUZZO FLUIDO (G2F).....				28
10.5	AZIONE INERZIALE ORIZZONTALE E VERTICALE (E).....				28
10.6	AZIONE VARIABILE DA TRAFFICO (Q1).....				29
10.7	SINTESI DEI CARICHI APPLICATI AL MODELLO DI CALCOLO.....				29
10.8	COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....				32
11	DEFINIZIONE DELLO STATO DI SOLLECITAZIONE.....				34
11.1	SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE ALLO SLU.....				36
11.2	SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE ALLO SLV.....				41
11.3	SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE ALLO SLE.....				42
12	VERIFICA DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE.....				44
12.1	VERIFICHE ALLO SLU IN CONDIZIONI STATICHE.....				45
12.1.1	Verifica flessionale.....				45
12.1.2	Verifica a taglio.....				46
12.2	VERIFICHE ALLO SLV IN CONDIZIONI SISMICHE.....				47
12.2.1	Verifica flessionale.....				47
12.2.2	Verifica a taglio.....				47
12.3	VERIFICHE ALLO SLE.....				48
12.3.1	Verifica di fessurazione.....				48
12.3.2	Verifica tensionali.....				49
12.4	VERIFICA LOCALE PARAGHIAIA.....				50
12.4.1	Verifica allo SLU.....				51
12.4.2	Verifica di fessurazione.....				51
12.4.3	Verifica tensionali.....				52
12.5	VERIFICA DELL'ARMATURA MINIMA.....				52
13	VERIFICA CON SCHEMI TIRANTE PUNTONE.....				55

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
4 di 179

13.1	VERIFICHE IN CONDIZIONI STATICHE ALLO SLU .....	56
13.2	VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE ALLO SLV .....	56
14	VERIFICA DEI BAGGIOLI .....	57
15	VERIFICA URTO IMPALCATO SULLA SPALLA .....	61
16	TABULATI DI VERIFICA .....	64
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC01</b> .....	64
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica .....	64
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica .....	67
16.1.3	Verifiche SLE .....	69
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC02</b> .....	72
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica .....	72
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica .....	75
16.1.3	Verifiche SLE .....	77
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC03</b> .....	80
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica .....	80
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica .....	83
16.1.3	Verifiche SLE .....	85
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC04</b> .....	89
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica .....	89
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica .....	92
16.1.3	Verifiche SLE .....	94
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC05</b> .....	98
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica .....	98
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica .....	101
16.1.3	Verifiche SLE .....	103
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC06</b> .....	107
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica .....	107
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica .....	110



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
5 di 179

16.1.3	Verifiche SLE.....	112
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC07</b> .....	116
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	116
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	119
16.1.3	Verifiche SLE.....	121
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC08</b> .....	125
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	125
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	128
16.1.3	Verifiche SLE.....	130
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC09</b> .....	134
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	134
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	137
16.1.3	Verifiche SLE.....	139
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC10</b> .....	143
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	143
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	146
16.1.3	Verifiche SLE.....	148
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC11</b> .....	151
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	151
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	154
16.1.3	Verifiche SLE.....	155
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC12</b> .....	157
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	157
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	160
16.1.3	Verifiche SLE.....	162
16.1	<b>SEZIONE DI CALCOLO SC13</b> .....	165
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	165
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	168

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
6 di 179

16.1.3	Verifiche SLE.....	169
16.1	SEZIONE DI CALCOLO SC14.....	173
16.1.1	Verifiche SLU combinazione statica.....	173
16.1.2	Verifiche SLU combinazione sismica.....	175
16.1.3	Verifiche SLE.....	176

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
7 di 179

## 1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riporta il dimensionamento strutturale della spalla B del viadotto Polcevera.

La Rev. A del documento sostituiva l'analogia relazione emessa nell'ambito del Progetto Esecutivo di 2° Livello, i cui contenuti sono stati aggiornati a seguito della modifica dell'altezza della paratia a tergo della spalla stessa, con conseguente modifica dello stato di spinta del terreno.

La Rev. B, invece, tiene conto di quanto di seguito elencato:



- 1) È stato previsto uno specifico capitolo dedicato alle verifiche del ritegno longitudinale, verifiche da cui è emersa la necessità di integrare le armature previste nel PE di 2° Livello.
- 2) È stata aggiornata la verifica delle armature del baggiolo centrale a seguito della necessità di modificarne/ridurne il numero per consentire l'inserimento degli alloggiamenti (fori) delle zanche della guida longitudinale.

Gli elaborati grafici emessi con la presente MT sono stati redatti tenendo conto anche di quanto riportato ai precedenti punti.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO, NORMATIVA E SOFTWARE

### 2.1 Documentazione di riferimento

Ref. 1	NG12 00 E 09 F6 VI0000 C01 - "Profilo Geotecnico"
Ref. 2	NG12 00 E 09 F6 VI0000 C02 - "Profilo Geotecnico ramo di svincolo"
Ref. 3	NG12 00 C ZZ BB VI0204 001- "Carpenteria spalla B - Tav. 1"
Ref. 4	NG12 00 C ZZ BB VI0204 002- "Carpenteria spalla B - Tav. 2"
Ref. 5	NG12 00 C ZZ BZ VI0204 001- "Armatura spalla B - Tav . 1"
Ref. 6	NG12 00 C ZZ BZ VI0204 002- "Armatura spalla B - Tav . 2"
Ref. 7	NG12 00 C ZZ BZ VI0204 003- "Armatura spalla B - Tav . 3"
Ref. 8	NG12 00 C ZZ BZ VI0204 004- "Armatura spalla B - Tav . 4"
Ref. 9	NG12 00 E 09 GE VI0000 C01 - "Relazione Geotecnica Generale"
Ref. 10	NG12 00 E 09 GE VI0002 C02 - "Relazione geotecnica fondazioni"
Ref. 11	NG12 00 E 09 CL VI0202 C10 - "Relazione Geotecnica e di Calcolo Fondazione – Spalla B"
Ref. 12	NG12 00 E 09 RH VI0000 C02 - "Criteri di caratterizzazione sismica e risposta sismica locale"
Ref. 13	NG12 00 E 09 RP VI0004 C01 - "Relazione metodologica sul calcolo delle spalle e dei muri andatori"
Ref. 14	NG12 00 E09 TT VI0000 C02 - "Tabella materiali sottostrutture e opere fondali"

<p>Contraente</p> 	<p>Progettista:</p>  <p><b>TECNOSTRUTTURE S.r.l.</b>  SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27  00198 ROMA  SEDE OPERATIVA: Via delle Quercie n. 13  00037 Segni (RM)</p>				
<p>Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B</p>	<p>Progetto NG12</p>	<p>Lotto 00</p>	<p>Codifica Documento C ZZ CL VI0203 010</p>	<p>Rev. B</p>	<p>Foglio 8 di 179</p>

## 2.2 Normativa e Standard di Riferimento

- Ref. 15 Decreto Ministeriale del 17/01/2018: “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (GU n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8)
- Ref. 16 UNI EN 1991-1-1: Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni generali
- Ref. 17 UNI EN 1991-2: Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
- Ref. 18 UNI EN 1991-2: Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 4: Azioni del vento
- Ref. 19 UNI EN 1992-1-1: Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- Ref. 20 UNI EN 1992-2: Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- Ref. 21 UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 - Progettazione Geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- Ref. 22 Ref. 1 UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Ref. 23 UNI EN 206:2016 – Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- Ref. 24 UNI 11104: 2016 – Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206.
- Ref. 25 CNR-DT 207/2008 – Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- Ref. 26 ACI 318R-14: Building Code Requirements for Structural Concrete + Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete.
- Ref. 27 Design Guide for AASHTO Pile Caps: Concrete Reinforcing Steel Institute (CRSI)/Deep Foundations Institute (2018).
- Ref. 28 Design of deep pile caps by strut-and-tie models: Adebar, P., & Zhou, L. (1996). ACI Structural Journal, 93, 437-448.
- Ref. 29 Highways Agency (2001) BD37/01, “Loads for highway bridges”, TSO.
- Ref. 30 PD 6694-1:2011, “Recommendations for the design of structures subject to traffic loading to BS EN 1997-1:2004”.
- Ref. 31 BS 8002:2015, Code of practice for earth retaining structures.

## 2.3 Bibliografia

- Ref. 32 DENTON, S.R., CHRISTIE, T.J.C., SHAVE, J. and KIDD, “Development of traffic surcharge models for highway structures”, November 2010.

## 2.4 Software

- Ref. 33 GeoStru, RC-SEC 2018, Calcolo di sezioni in Cemento Armato
- Ref. 34 SAP2000, Computer and Structures Inc, versione 21.0.0, Programma di calcolo strutturale

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
9 di 179

### 3 MATERIALI

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

#### 3.1 Acciaio

##### 3.1.1 Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

- tensione caratteristica di rottura:  $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
- allungamento caratteristico:  $\geq 7.5 \%$
- rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:  $1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

#### 3.2 Calcestruzzo

##### 3.2.1 Calcestruzzo magro per getti di livellamento

- Classe di resistenza: C12/15
- classe di consistenza: S3-S4
- classe di esposizione: X0
- dimensione massima dell'inerte:  $D_{\max} = 32 \text{ mm}$

##### 3.2.2 Calcestruzzo pali

- Classe di resistenza: C30/37
- classe di consistenza: S4-S5
- classe di esposizione: XC2+XA1
- dimensione massima dell'inerte:  $D_{\max} = 32 \text{ mm}$
- copriferro minimo:  $c_{f,\min} \geq 75 \text{ mm}$

##### 3.2.3 Calcestruzzo soletta ed elevazione spalle

- Classe di resistenza: C35/45
- classe di consistenza: S4
- classe di esposizione: XC4+XD3+XS1
- dimensione massima dell'inerte:  $D_{\max} = 25 \text{ mm}$
- copriferro minimo:  $c_{f,\min} \geq 65 \text{ mm}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
10 di 179

#### 4 SISMICITÀ

I valori di accelerazione orizzontale massima attesa al sito ( $a_{\max,H}$ ) e di accelerazione verticale massima attesa al sito ( $a_{\max,V}$ ) sono state valutate mediante Risposta Sismica Locale (RSL) bidimensionale. Per ulteriori dettagli si veda Ref. 12.

Per il caso in esame, sono assunti i seguenti valori riferiti allo stato limite SLV (espressi in unità di  $g$ , accelerazione di gravità):

- $a_{\max,H} = 0.201g$ ;
- $a_{\max,V} = 0.138 g$ .

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

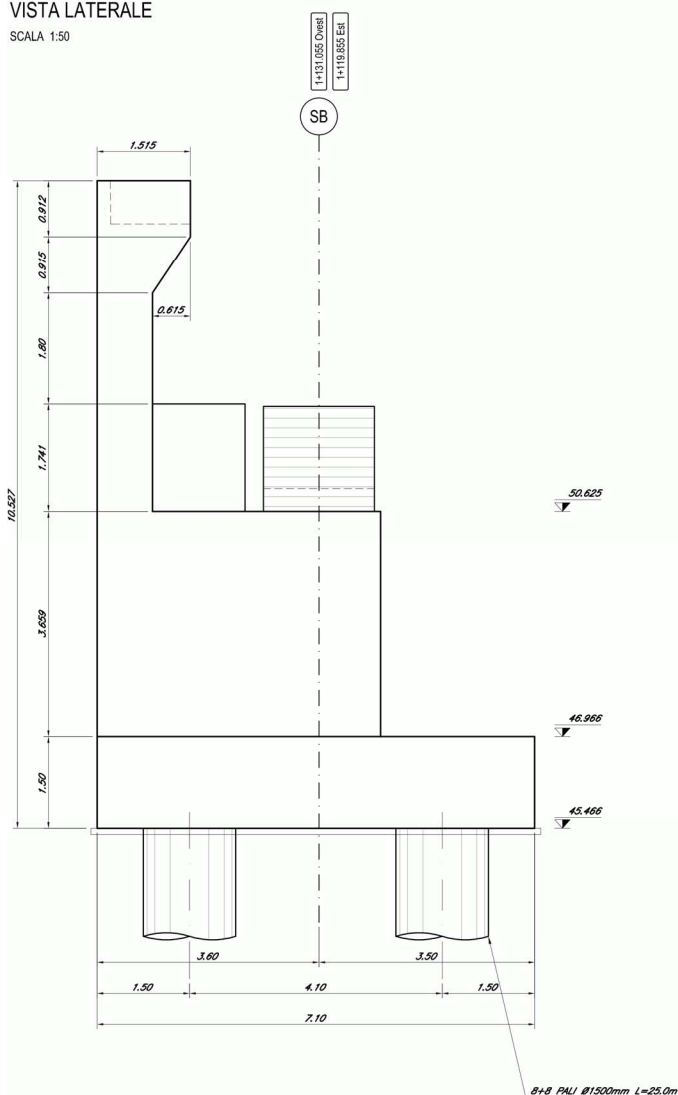
Foglio  
11 di 179

## 5 DESCRIZIONE DELL'OPERA E SEZIONE DI CALCOLO

La spalla (Figura 5-1) è larga 30.00 m, ha una ciabatta di fondazione di larghezza 7.10 m e spessore 1.50 m. I 16 pali di fondazione di diametro 1.50 m sono posti su due file distanziate di 4.10 m ad interasse pari a 3.85 m. La parte in elevazione di altezza pari a 9.15 m è composta da paraghiaia, ringrosso e fusto di spessori 0.90 m, 2.40 m e 4.60 m rispettivamente.

VISTA LATERALE

SCALA 1:50



SEZIONE D-D

SCALA 1:50

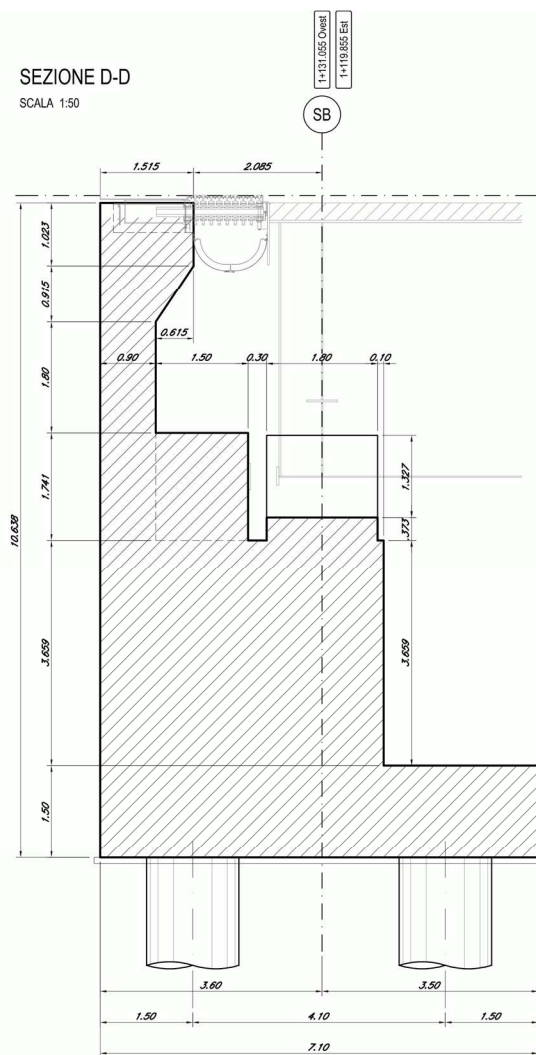


Figura 5-1 – Geometria della spalla – vista laterale e sezione trasversale

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Gureciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLV10203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL V10203 010

Rev.  
B

Foglio  
12 di 179

PROSPETTO  
SCALA 1:50

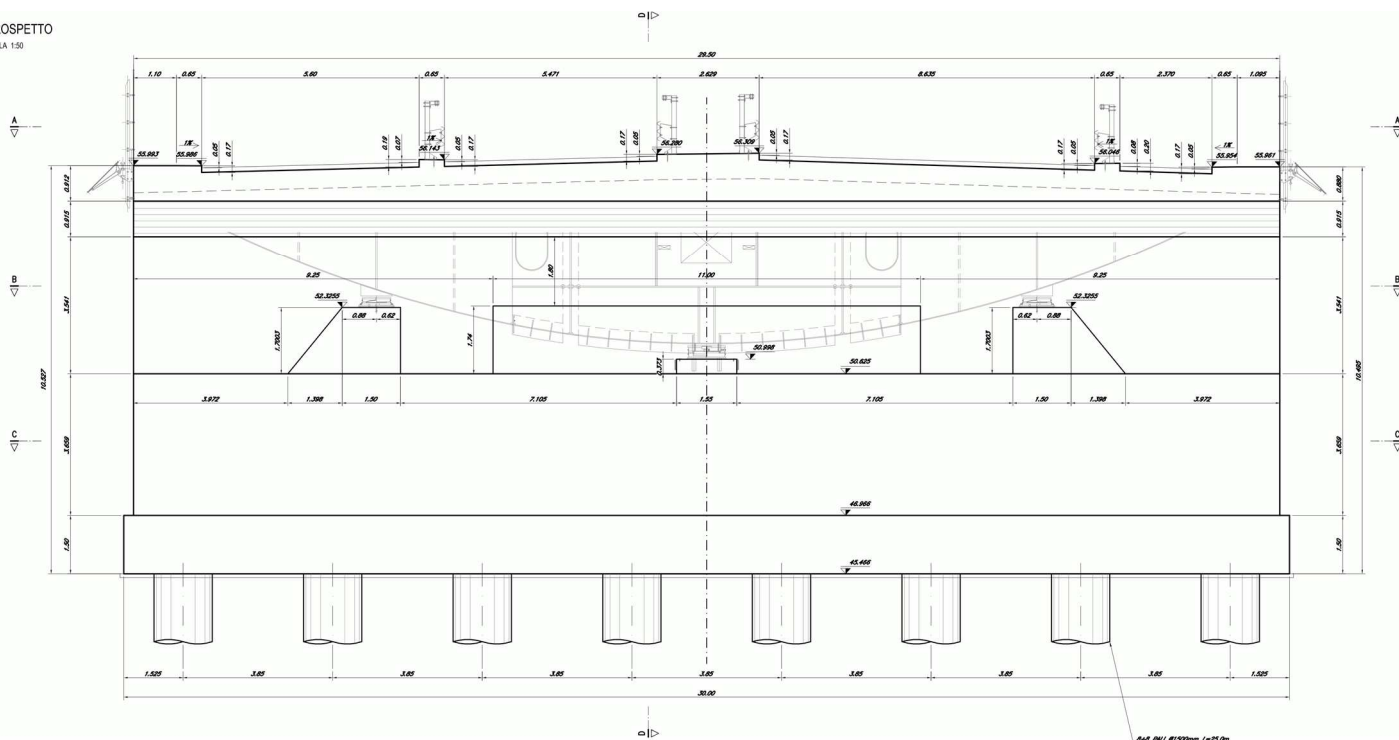


Figura 5-2 – Geometria della spalla – vista longitudinale

## 6 MODELLO GEOTECNICO

In accordo alla caratterizzazione geotecnica di cui al documento in Ref. 9 i parametri geotecnici di riferimento sono riportati nella seguente tabella. La falda è stata considerata assente ovvero a quota inferiore del piano di posa della spalla.

Tabella 6-1 – Stratigrafia e parametri geotecnici di riferimento.

Unità	Descrizione	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]
COL2	Coltre e/o materiale di riempimento	20	29	11	0

Per i modelli strutturali il parametro geotecnico che interviene per definire la matrice di rigidità in sommità dei pali è il modulo elastico del terreno. In riferimento alla relazione geotecnica (si veda Ref. 9) è assunto un modulo elastico del terreno  $E_s = 15$  MPa.



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
13 di 179

## 7 APPROCCI PROGETTUALI PER LE VERIFICHE

Ai fini del progetto della spalla, sono stati considerati sia gli stati limite di esercizio (SLE) sia gli stati limite ultimi (SLU).

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

### 7.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ovvero:

$$E_d = E \left( \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

L'effetto delle azioni e della resistenza è espresso in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ .

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito degli approcci previsti dalla normativa.

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono assunti in accordo con quanto riportato al capitolo 5 del DM 2018. Essi sono indicati nella Tabella 7-1.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
14 di 179

**Tabella 7-1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Nella valutazione della combinazione delle azioni, i coefficienti di combinazione  $\psi_{ij}$  sono assunti come riportato in Tabella 7-2.

**Tabella 7-2 – Coefficienti di combinazione per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 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	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
15 di 179

## 7.2 Approccio progettuale per le verifiche della spalla in condizioni sismiche

Le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

L'analisi di sicurezza in condizioni sismiche è eseguita secondo il metodo pseudo-statico in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

$\beta_m$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

Essendo il muro su pali il coefficiente  $\beta_m$  viene assunto unitario.

Il fattore di comportamento utilizzato per il calcolo delle sollecitazioni di natura sismica è unitario ( $q=1$ ). Di conseguenza, in accordo con il punto 7.4.1 delle NTC18, la capacità delle membrature è stata valutata secondo le regole di cui al punto 4.1 delle stesse NTC18, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico così come definito al punto 4.1.2.3.4.2.

## 7.3 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio SLE

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d,$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

In esercizio le verifiche strutturali riguardano:

- la verifica tensionale relativa ad acciaio e calcestruzzo per azioni di natura statica;
- la verifica a fessurazione per azioni di natura statica.

### 7.3.1 Verifica a fessurazione

Per quanto riguarda le verifiche tensionali del conglomerato e delle barre d'armatura si fa riferimento al punto 4.1.2.2.5 delle NTC18.

Per quanto riguarda le verifiche a fessurazione, con riferimento alla Tab. 4.1.III delle NTC2018, in base alla classe di esposizione del calcestruzzo si qualifica automaticamente la "Condizione ambientale".

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
16 di 179

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

Nella tabella seguente sono indicati i limiti di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura (NTC2018).

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

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

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

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

Rispetto a quanto sopra in accordo al manuale di progettazione RFI-Parte II-Sezione II-par. 2.6.2.2. valori limite di apertura delle fessure, per la combinazione frequente e per armature poco sensibili, sono assunti pari a:

- $w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie.
- $w_1$  per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive;

Nell'ambito della verifica a fessurazione con metodo diretto, nei casi in cui la sollecitazione flessionale risulta superiore al momento di prima fessurazione calcolato in accordo al punto 4.1.2.2.4 delle NTC18, si controlla che l'apertura delle fessure sia inferiore a quella limite prevista dalla norma per *condizioni ambientali molto aggressive* corrispondenti alla classe di esposizione XD3 e armature poco sensibili per la soletta e per l'elevazione della spalla.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
17 di 179

## 8 CRITERI DI CALCOLO STRUTTURALE

Di seguito si illustrano i differenti criteri di calcolo strutturale adottati per le analisi in condizione statica e sismica. (vedasi §4.2, Ref. 13).

### 8.1 Analisi dell'opera in condizioni statiche

L'analisi in condizioni statiche sarà effettuata sull'opera nel suo complesso (ciabatta, pali ed elevazione). Ai fini della suddetta analisi verranno applicate le azioni seguenti:

- gli scarichi trasmessi dall'impalcato (punto 10.1);
- Il peso proprio strutturale (punto 10.2);
- Sullo strato superficiale di spessore 0.7 m costituito dalla sovrastruttura stradale (fondazione e pavimentazione) si considera la sola spinta di compattazione in quanto gli strati sono "legati". (punto 10.3). La spinta di compattazione è determinata assumendo  $\gamma=23 \text{ kN/m}^3$  e  $\phi'=36^\circ$ , la pressione  $\sigma_{\text{top}}$  di cui alla Tabella 10-6 è applicata sull'intera altezza di 0.7 m (per quanto riguarda i parametri di resistenza del misto cementato si rimanda a quanto riportato al §3.1, Ref. 13);
- Sullo strato superficiale di spessore 0.7 m si considera la spinta dovuta al sovraccarico di 20 kPa considerando un coefficiente di spinta  $k_0=v/(1-v)$  con  $v=0.3$  (punto 10.6);
- Sull'altezza  $h_1$  si assume agente la spinta del calcestruzzo fluido pensato posto in opera in strati di spessore 1.0 m. Tale spinta viene approssimata da un carico uniforme equivalente pari a  $25 \text{ kN/m}^3 \cdot 1.0\text{m}/2$ . Il peso di volume del calcestruzzo fluido di  $25 \text{ kN/m}^3$  è in accordo alle indicazioni dell'Eurocodice che fornisce per il calcestruzzo un peso di  $24 \text{ kN/m}^3$  da incrementare di  $1 \text{ kN/m}^3$  se fluido (punto 10.4);
- Sull'altezza  $h_2$  non si considera la spinta del terreno in quanto la paratia a presidio dello scavo è permanente ed assorbe le azioni statiche e sismiche dovute al terreno.

Lo schema dei carichi adottati è riportato nella figura seguente; tali azioni saranno combinate come riportato in Tabella 10-7.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
18 di 179

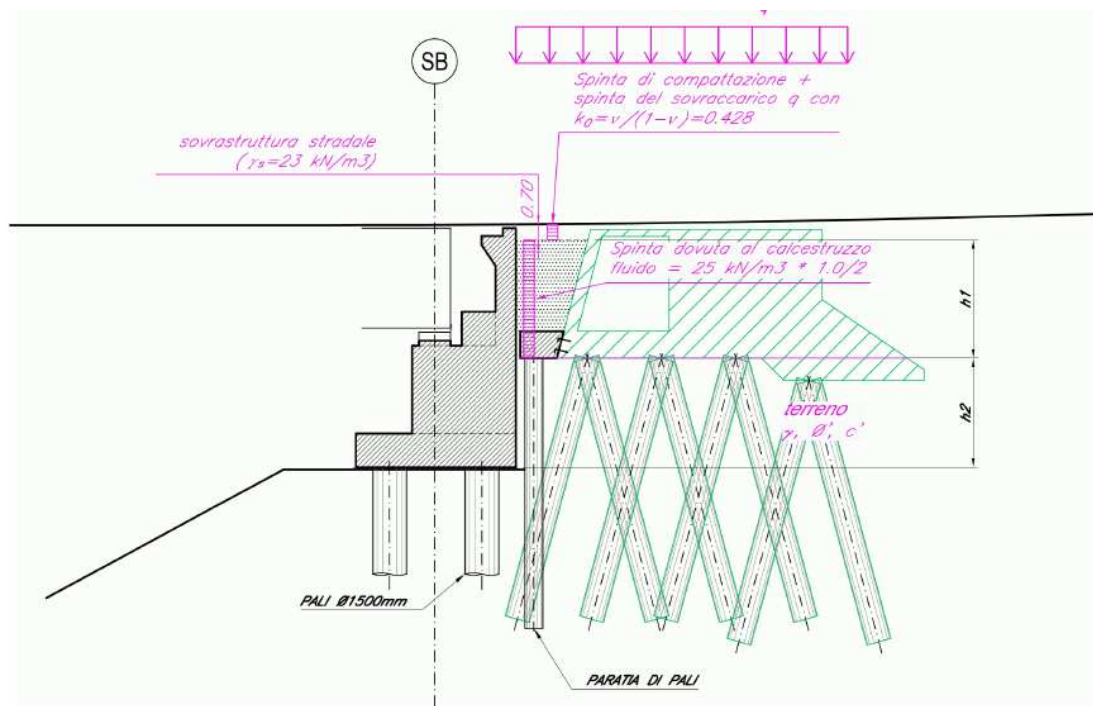


Figura 8-1: Spalla B, spinta sul paramento della spalla. Caso statico

A seguito dell'abbassamento della paratia definitiva a tergo della stessa spalla l'altezza "h<sub>1</sub>" di calcestruzzo fluido è aumentata di 2,50 m, per cui occorre conto della maggiore altezza di spinta orizzontale dovuta al getto del calcestruzzo fluido:

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3;$$

$$\sigma_{cls} = 12,50 \text{ kPa};$$

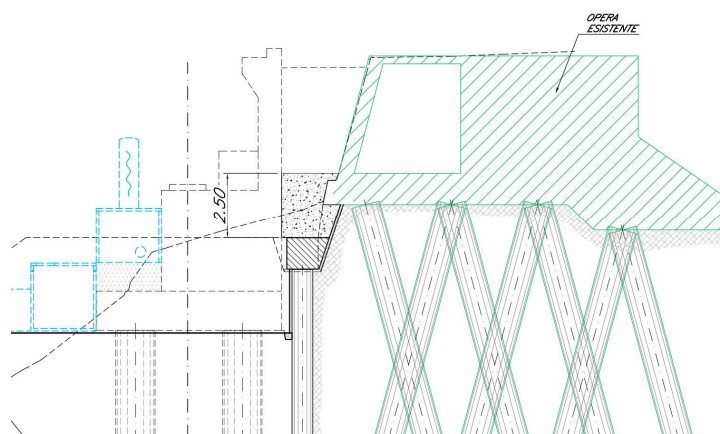


Figura 8-2: Spalla B, Incremento di spinta sul paramento della spalla. Caso statico

## 8.2 Analisi dell'opera in condizioni sismiche

L'analisi in condizioni sismiche è effettuata sull'opera nel suo complesso. Ai fini della suddetta analisi verranno applicate le azioni seguenti:

- gli scarichi trasmessi dall'impalcato (punto 10.1);

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
19 di 179

- Il peso proprio strutturale (punto 10.2).
- Sullo strato superficiale di spessore 0.7 m si considera la spinta dovuta al sovraccarico ( $\psi_2=0.2$ ) considerando un coefficiente di spinta  $k_0=v/(1-v)$  con  $v=0.3$  (punto 10.6);
- Sull'altezza  $h_1$  si considera agente la spinta (S) dovuta all'azione inerziale del calcestruzzo magro di riempimento;
- Sull'altezza  $h_2$  non si considera alcuna spinta in quanto la paratia è dimensionata per resistere alle spinte del terreno sia in condizioni statiche che sismiche.

Anche in questo caso occorre tener conto anche della spinta orizzontale prodotta dall'incremento di altezza di cls che grava sulla spalla a causa dell'abbassamento della paratia definitiva a tergo della stessa spalla:

Calcolo della spinta dovuta all'azione inerziale sul calcestruzzo magro:

$V=10.41$  mc;

$\gamma=25$  kN/mc;

$W=260,25$  kN;

$kh=0,201$

Spinta inerziale= $0,201 \cdot 260,25/4,07=12,86$  kN/m

Calcolo dell'incremento di spinta all'azione inerziale sul calcestruzzo magro a causa dell'abbassamento della paratia:

$V=4,80$  mc;

$\gamma=25$  kN/mc;

$W=120$  kN;

$kh=0.201$

Incr. spinta inerziale= $0,201 \cdot 120/2,50=9,65$  kN/m

In condizioni sismiche non si considera agente la spinta di compattazione e del calcestruzzo fluido, in quanto il muro si sposta. In particolare, la spinta di compattazione, per sua definizione, si ha solo nella fase di posa del misto cementato ed è dovuta ai mezzi di compattazione. Questo stato di coazione si annulla quando viene a mancare il confinamento laterale del paramento verticale della spalla a seguito di un qualsiasi spostamento che il paramento verticale stesso subisce; nel caso specifico la perdita di confinamento laterale avviene per gli spostamenti indotti dall'azione sismica.

Tali azioni saranno combinate come riportato in Tabella 10-7.

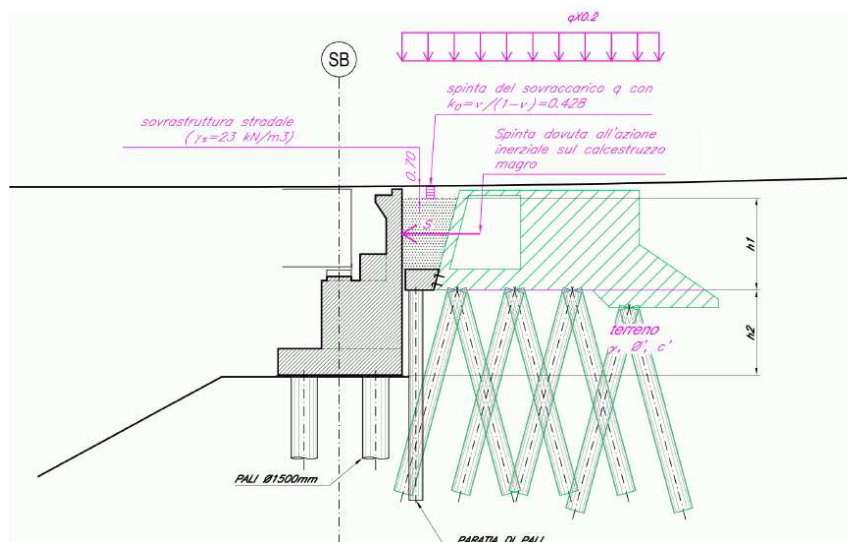


Figura 8-3: Spalla B, spinta sul paramento della spalla. Caso sismico



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
20 di 179

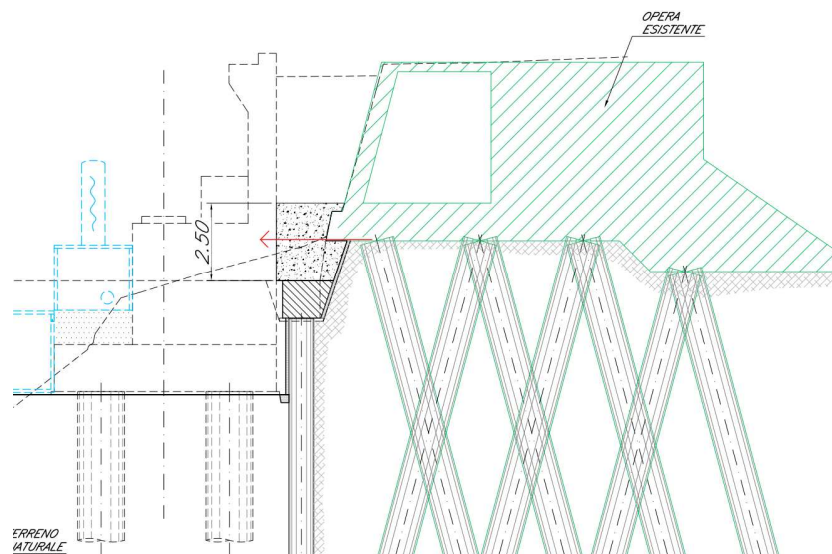


Figura 8-4: Spalla B, Incr. spinta sul paramento della spalla. Caso sismico

### 8.3 Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni in accordo con la Tab. 5.1.VI delle vigenti NTC2018:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (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 caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

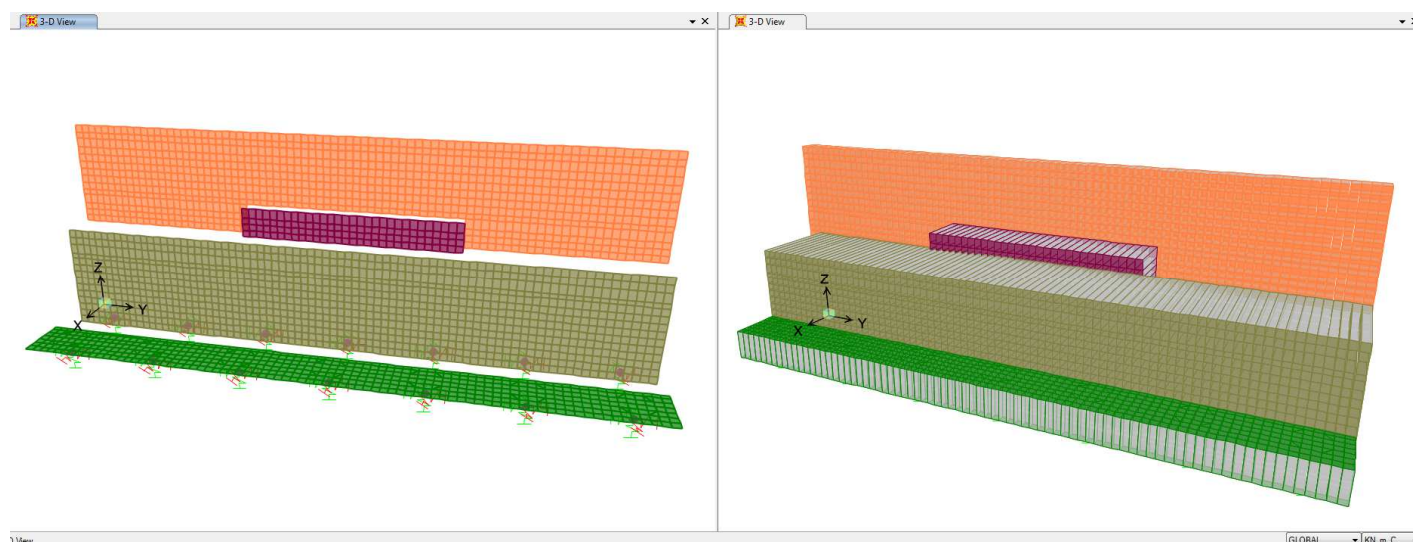
$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$





## 9 MODELLO DI CALCOLO

Le analisi strutturali saranno effettuate sulla base di modelli F.E.M. implementati con il programma di calcolo SAP 2000 [Ref. 34]; la figura che segue illustra il modello di calcolo della spalla.



**Figura 9-1: Modello di calcolo f.e.m. utilizzato per l'analisi della spalla.**

Il modello ad elementi “shell” illustrato in Figura 9-1 comprende i seguenti elementi strutturali:

- ciabatta di fondazione;
- fusto verticale, ringrosso e paraghiaia;

Gli elementi shell sono riferiti al piano medio di ciascuna delle parti strutturali sopra elencate; di conseguenza, i nodi tra loro coincidenti ma appartenenti a due differenti elementi shell sono stati collegati mediante lo strumento offerto dal programma di calcolo utilizzato e denominato “weld constraints” al fine di ripristinare la congruenza tra i nodi stessi.

Ciascun elemento shell è dotato di un proprio sistema di riferimento (nel seguito SdR) locale identificato dagli assi 1 e 2 nel piano dell'elemento e dall'asse 3 ortogonale ad esso; in particolare, rispetto al SdR globale del modello di calcolo, gli assi locali per i diversi elementi shell utilizzati nell'analisi sono così orientati:

**Tabella 9-1: Corrispondenza tra gli assi del SdR Globale del modello di calcolo ed il SdR Locale degli elementi shell.**

Elemento strutturale	SdR Globale	SdR Locale
Ciabatta di fondazione	X	1
	Y	2
	Z	3
Fusto verticale, ringrosso e paraghiaia	X	3
	Y	1
	Z	2

La seguente figura chiarisce l'orientamento del SdR globale del modello di calcolo di Figura 9-1 nello spazio.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
22 di 179

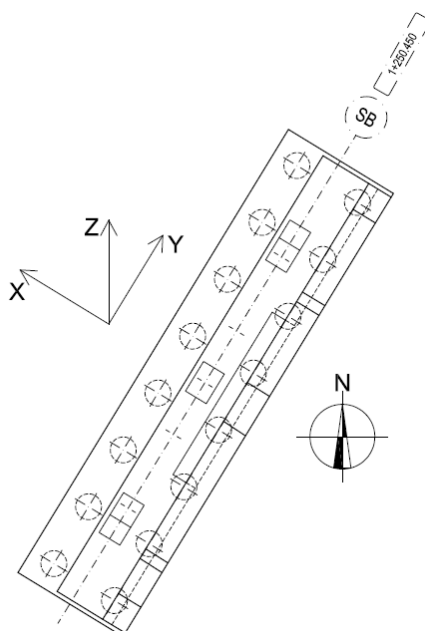


Figura 9-2: Vista in pianta della spalla: orientamento nello spazio del SdR globale del modello f.e.m.

La rigidità di ciascun palo di fondazione è stata modellata per mezzo di un elemento tipo “springs”. La matrice di rigidità dell’elemento “springs” è definita in accordo alle indicazioni di cui alla tabella C.1, EN 1998-5 sulla base dei parametri geotecnici descritti al precedente paragrafo 6 assumendo che il modulo elastico del terreno ( $E_s$ ) sia uniforme con la profondità, mentre il modulo elastico del palo ( $E_p$ ) è assunto pari a 33'000 Mpa. Le relazioni per il calcolo della rigidità e le rigidità assegnate a quota testa pali sono illustrate rispettivamente in Figura 9-3a e in Figura 9-3b.

Table C.1 — Expressions for static stiffness of flexible piles embedded in three soil models

Soil model	$\frac{K_{HH}}{dE_s}$	$\frac{K_{MM}}{d^3E_s}$	$\frac{K_{HM}}{d^2E_s}$
$E = E_s z/d$	$0,60 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,35}$	$0,14 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,80}$	$-0,17 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,60}$
$E = E_s \sqrt{z/d}$	$0,79 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,28}$	$0,15 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,77}$	$-0,24 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,53}$
$E = E_s$	$1,08 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,21}$	$0,16 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,75}$	$-0,22 \left( \frac{E_p}{E_s} \right)^{0,50}$

(a)

	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
UX	122325.	0.	0.	0.	-348263.	0.
UY	0.	122325.	0.	-348263.	0.	0.
UZ	0.	0.	890000.	0.	0.	0.
RX	0.	-348263.	0.	2601968.	0.	0.
RY	-348263.	0.	0.	0.	2601968.	0.
RZ	0.	0.	0.	0.	0.	0.

(b)

Figura 9-3: a) Estratto della tabella C.1 dell'Eurocodice EN 1998-5; b) valori di rigidità assegnati nel modello f.e.m a quota testa pali (valori espressi in kN, m e rad).

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
23 di 179

In particolare, con riferimento ai valori riportati in Figura 9-3b sono state definite le seguenti rigidezze concentrate in testa ai pali:

- $UX-UX$  e  $UY-UY$ : rigidezze alla traslazione orizzontale in direzione  $X$  e  $Y$  conseguenti ad un'azione orizzontale agente rispettivamente in direzione  $X$  e  $Y$  ( $K_{HH}$  in Figura 9-3a);
- $UZ-UZ$ : rigidezza alla traslazione verticale valutata come rapporto fra la portata laterale del palo e il cedimento di 0.01 m;
- $RX-RX$  e  $RY-RY$ : rigidezze alla rotazione attorno gli assi  $X$  e  $Y$  conseguenti ad un'azione flettente avente asse vettore orientato rispettivamente in direzione  $X$  e  $Y$  ( $K_{MM}$  in Figura 9-3a);
- $RX-UY$  e  $RY-UX$  (termini misti): rigidezze alla rotazione attorno gli assi  $X$  e  $Y$  conseguenti ad un'azione orizzontale agente rispettivamente in direzione  $Y$  e  $X$  ( $K_{HM}$  in Figura 9-3a);
- $UX-RY$  e  $UY-RX$  (termini misti): rigidezze alla traslazione orizzontale in direzione  $X$  e  $Y$  conseguenti ad un'azione flettente avente asse vettore orientato rispettivamente in direzione  $Y$  e  $X$  ( $K_{HM}$  in Figura 9-3a).

Per il calcolo della rigidezza verticale dei pali di fondazione da introdurre nel modello di calcolo della struttura in esame è stato assunto un valore della portata laterale del palo di fondazione pari a  $R_{s,cal} = 8'900$  kN (si veda Ref. 10).

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
24 di 179

## 10 DEFINIZIONE E COMBINAZIONE DEI CARICHI E DELLE AZIONI

I carichi considerati in fase di calcolo e verifica della spalla sono i seguenti:

- scarichi trasmessi dall'impalcato;
- peso proprio degli elementi strutturali;
- spinta di compattazione;
- spinta per l'equilibrio del cuneo;
- azione inerziale sismica orizzontale e verticale;
- incremento sismico di spinta del terreno;
- spinta simica per l'equilibrio del cuneo.

### 10.1 Scarichi trasmessi dall'impalcato

Gli scarichi trasmessi dall'impalcato sono riferiti alla terna di assi 1-2-3 così come illustrato in Figura 10-1. Tale SdR è così orientato rispetto al SdR globale del modello di calcolo f.e.m. descritto in Figura 9-2:

- l'asse X è parallelo e opposto all'asse 2;
- l'asse Y è parallelo e opposto all'asse 3;
- l'asse Z è concorde all'asse 1.

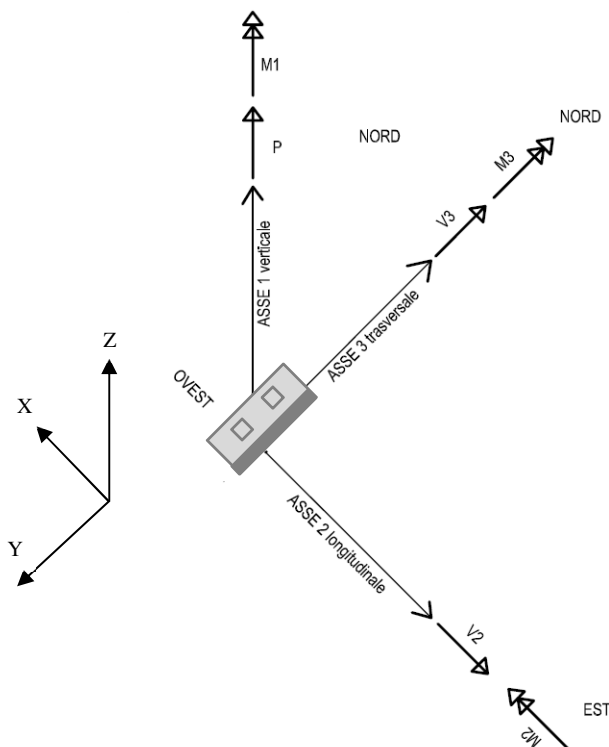


Figura 10-1: Sistema di riferimento per gli scarichi trasmessi dall'impalcato alla spalla.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
25 di 179

In accordo con lo schema di Figura 10-1 gli scarichi si assumono trasmessi dalla struttura in elevazione in posizione baricentrica tra i punti di appoggio dell'impalcato e sono i seguenti:

- $P$ : sforzo normale agente lungo l'asse 1 (nel SdR globale del modello f.e.m.  $F_Z = P$ );
- $V2$ : azione orizzontale longitudinale agente lungo l'asse 2 (nel SdR globale del modello f.e.m.  $F_X = -V2$ );
- $V3$ : azione orizzontale trasversale agente lungo l'asse 3 (nel SdR globale del modello f.e.m.  $F_Y = -V3$ );
- $T=M1$ : azione torcente con asse vettore 3 (nel SdR globale del modello f.e.m.  $M_Z = M1$ );
- $M2$ : azione flettente con asse vettore 2 (nel SdR globale del modello f.e.m.  $M_X = M2$ );
- $M3$ : azione flettente con asse vettore 3 (nel SdR globale del modello f.e.m.  $M_Y = -M3$ ).

Nei seguenti prospetti sono riportate le combinazioni degli scarichi derivanti dalla sovrastruttura che massimizzano di volta in volta una delle sei sollecitazioni sopra elencate.

Al solo scopo del dimensionamento della spalla si farà riferimento all'involuppo degli scarichi per ogni combinazione di carico; si avranno quindi gli involuppi in combinazione: SLU, rara, frequente, quasi permanente e SLV.

### Scarichi trasmessi dalla struttura in elevazione in condizioni statiche

Nelle seguenti tabelle sono riportati gli scarichi trasmessi dalla sovrastruttura allo stato limite ultimo (SLU) e agli stati limite d'esercizio SLE con riferimento alle combinazioni rara, frequente e quasi permanente. Si intende che tali scarichi sono stati combinati, nell'ambito delle analisi svolte per la struttura in elevazione, secondo le combinazioni di carico ed i coefficienti parziali di amplificazione delle azioni previsti dalle vigenti NTC18.

**Tabella 10-1: Prospetto di sintesi degli scarichi trasmessi dall'impalcato alla spalla allo SLU.**

Azione	Verso	V2	M3	V3	M2	T	P	combo input
V2	max	510	102	-1460	-8582	0	-4500	SLUstr.7
V2	min	-510	-103	1067	7373	0	-6909	SLUstr.7
M3	max	510	103	-1336	-8227	0	-2388	SLUstr.14
M3	min	-510	-104	1072	7412	0	-8613	SLUstr.7
V3	max	0	-1	2361	14176	0	-4744	SLUstr.11
V3	min	0	0	-2560	-14751	0	-5167	SLUstr.4
M2	max	0	-1	1261	36894	0	-5050	SLUstr.8
M2	min	0	0	-1473	-37573	0	-5433	SLUstr.1
T	max	-510	-103	1167	7656	0	-2601	SLUstr.14
T	min	510	102	-1378	-8254	0	-8402	SLUstr.7
P	max	0	0	958	7184	0	-1198	SLUstr.13
P	min	0	-1	-79	-364	0	-12645	SLUstr.1

In Tabella 10-2 sono riportati gli scarichi trasmessi dalla sovrastruttura allo stato limite d'esercizio (SLE - RARA).

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
26 di 179

**Tabella 10-2: Prospetto di sintesi degli scarichi trasmessi dall'impalcato alla spalla allo SLE in combinazione RARA.**

Azione	Verso	V2	M3	V3	M2	T	P	combo input
V2	max	340	68	-990	-5777	0	-3189	SLEr.7
V2	min	-340	-69	692	4859	0	-4950	SLEr.7
M3	max	340	68	-935	-5620	0	-3023	SLEr.7
M3	min	-340	-69	711	4931	0	-6336	SLEr.7
V3	max	0	-1	1554	9395	0	-4750	SLEr.4
V3	min	0	0	-1726	-9890	0	-3788	SLEr.4
M2	max	0	-1	821	26671	0	-4954	SLEr.1
M2	min	0	0	-1001	-27240	0	-3966	SLEr.1
T	max	-340	-68	743	5005	0	-3158	SLEr.7
T	min	340	68	-923	-5513	0	-6195	SLEr.7
P	max	0	0	604	4690	0	-2195	SLEr.6
P	min	0	-1	-57	-253	0	-9289	SLEr.1

**Tabella 10-3: Prospetto di sintesi degli scarichi trasmessi dall'impalcato alla spalla allo SLE in combinazione FREQ.**

Azione	Verso	V2	M3	V3	M2	T	P	combo input
V2	max	204	41	-224	-702	0	-3550	SLEf.4
V2	min	-204	-41	-87	-254	0	-5175	SLEf.4
M3	max	204	41	-177	-570	0	-3413	SLEf.4
M3	min	-204	-41	-59	-155	0	-6539	SLEf.4
V3	max	0	-1	341	2055	0	-5078	SLEf.2
V3	min	0	0	-530	-2599	0	-4238	SLEf.2
M2	max	0	0	42	13624	0	-5180	SLEf.1
M2	min	0	0	-235	-14196	0	-4327	SLEf.1
T	max	-204	-41	-35	-102	0	-3546	SLEf.4
T	min	204	40	-157	-443	0	-6394	SLEf.4
P	max	0	0	-133	-301	0	-3096	SLEf.1
P	min	0	-1	-59	-244	0	-8087	SLEf.1

**Tabella 10-4: Prospetto di sintesi degli scarichi trasmessi dall'impalcato alla spalla allo SLE in combinazione QP.**

Azione	Verso	V2	M3	V3	M2	T	P	combo input
V2	max	170	34	-224	-702	0	-3550	SLEqp.1
V2	min	-170	-34	-87	-254	0	-5175	SLEqp.1
M3	max	170	34	-177	-570	0	-3413	SLEqp.1
M3	min	-170	-35	-59	-155	0	-6539	SLEqp.1
V3	max	0	0	42	236	0	-5180	SLEqp.1

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
27 di 179

V3	min	0	0	-235	-792	0	-4327	SLEqp.1
M2	max	0	0	42	236	0	-5180	SLEqp.1
M2	min	0	0	-235	-792	0	-4327	SLEqp.1
T	max	-170	-34	-35	-102	0	-3546	SLEqp.1
T	min	170	33	-157	-443	0	-6394	SLEqp.1
P	max	0	0	-133	-301	0	-3376	SLEqp.1
P	min	0	-1	-59	-244	0	-6539	SLEqp.1

### Scarichi trasmessi dalla struttura in elevazione in condizioni sismiche

Nella seguente tabella sono riportati gli scarichi trasmessi dalla sovrastruttura allo Stato Limite di salvaguardia della Vita umana (SLV). Si intende che tali scarichi sono stati determinati, nell'ambito delle analisi svolte per la struttura in elevazione, considerando un fattore di comportamento della struttura unitario.

Tabella 10-5: Prospetto di sintesi degli scarichi trasmessi dall'impalcato alla spalla in combinazione sismica (SLV).

Azione	Verso	V2	M3	V3	M2	T	P	combo input
V2	max	170	69	454	2006	0	-3520	SIS.TH.1
V2	min	-170	-92	-931	-3449	0	-5772	SIS.TH.1
M3	max	170	59	-1503	-5903	0	-2531	SIS.TH.1
M3	min	-170	-113	1359	5308	0	-7792	SIS.TH.1
V3	max	0	-52	1791	6544	0	-5093	SIS.TH.1
V3	min	0	-44	-1983	-7460	0	-4410	SIS.TH.1
M2	max	0	-54	1748	6794	0	-5375	SIS.TH.1
M2	min	0	-46	-1943	-7564	0	-4614	SIS.TH.1
T	max	-170	-63	1592	5754	0	-2844	SIS.TH.1
T	min	170	105	-1800	-6853	0	-7151	SIS.TH.1
P	max	0	-17	-175	-1034	0	-1670	SIS.TH.1
P	min	0	-87	-324	-1590	0	-8621	SIS.TH.1

## 10.2 Peso proprio della spalla (G1)

Il peso dei componenti strutturali della spalla è stato calcolato considerando un peso dell'unità di volume del calcestruzzo pari a  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

## 10.3 Spinta di compattazione (G2)

La spinta di compattazione è valutata in accordo ai criteri illustrati al paragrafo 8.1 cui viene fornita la distribuzione di pressioni rappresentata in Figura 10-2. approssimata con una pressione uniforme equivalente di  $\sigma_{top}$ .

In Tabella 10-6 è riportato il calcolo della spinta di compattazione per lo strato della sovrastruttura stradale e per il misto cementato rispettivamente.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
28 di 179

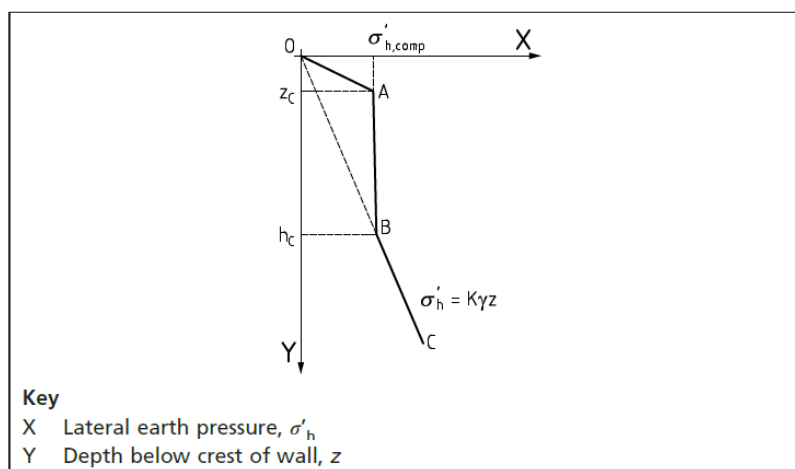


Figura 10-2 – Distribuzione della pressione di compattazione

Tabella 10-6 – Pressione dovuta alla compattazione sulla pavimentazione

**Pressione conseguente alla compattazione §7.3.3, PD 6694-1:2011**

$\gamma_{soil}$	23	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico della pavimentazione compattata
$\phi$	36	°	angolo di attrito interno del terreno di riempimento compattato
$\gamma_{G3}$	1.35	-	fattore di sicurezza allo SLU per la spinta delle terre
$\gamma_{sd,k}$	1.2	-	fattore di modello (§4.7, PD 6694-1:2011)
$\gamma_Q$	1.35	-	fattore di sicurezza associato al peso del rullo compattatore
$k_0$	0.41221	-	coefficiente di spinta a riposo del terreno
$k_d$	0.66779	-	coefficiente di spinta inclusi i valori $\gamma_{G3}$ e $\gamma_{sd,k}$
V	26	kN/m	valore di progetto del peso del rullo compattatore incluso degli effetti dinamici
$\sigma_{top}$	23	kPa	valore della pressione di compattazione agente in sommità
$h_c$	1.48	m	valore di profondità a cui la pressione di compattazione si annulla da p.c.

#### 10.4 Spinta del calcestruzzo fluido (G2f)

Sull'altezza  $h_1$  agisce la spinta del calcestruzzo fluido posto in opera per strati successivi di 1.0 m di spessore. Il diagramma di spinta risulta triangolare per ogni strato; tale spinta viene approssimata ad un carico uniforme equivalente.

$$\sigma_{cls,eq} = \frac{\gamma_{cls,fl} \cdot 1.0m}{2}$$

#### 10.5 Azione inerziale orizzontale e verticale (E)

Le azioni inerziali originate dalle masse proprie degli elementi strutturali sono rappresentate da un insieme di forze orizzontali ( $F_H$ ) e verticali ( $F_V$ ) applicate staticamente alla struttura di intensità pari al prodotto tra il peso degli elementi e, rispettivamente, i valori delle accelerazioni  $a_{max,H}$  e  $a_{max,V}$  (definiti al precedente paragrafo 4):



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
29 di 179

$$F_H = a_{\max,H}/g \cdot W,$$

$$F_V = a_{\max,V}/g \cdot W.$$

## 10.6 Azione variabile da traffico (Q1)

A monte della spalla è stata considerata un'azione variabile da traffico uniformemente distribuito di entità pari a  $q=20$  kPa. Tale carico è rappresentativo degli effetti dovuti ai carichi veicolari normali Ref. 15 e Ref. 17.

Tale azione produce una spinta orizzontale a tergo dell'opera pari a  $S = k_0 \cdot q \cdot H$ , dove:

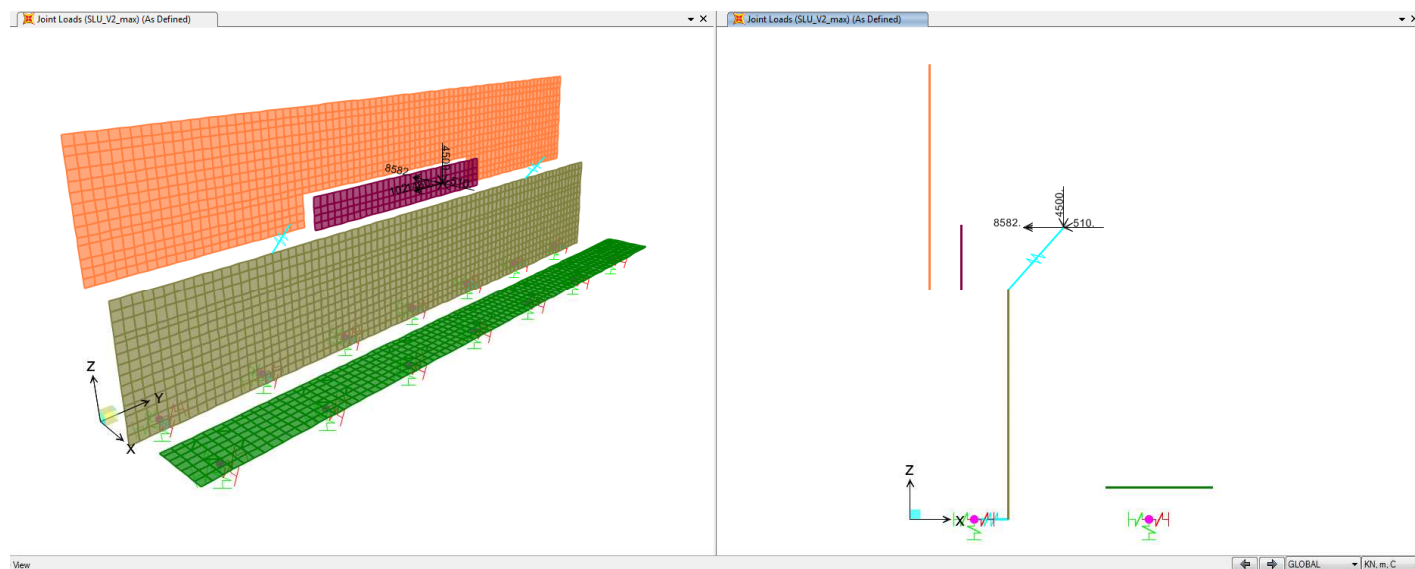
$H$  è l'altezza dell'elemento su cui agisce la spinta;

$k$  è il coefficiente di spinta calcolato come  $k_0=v/(1-v)$  con  $v=0.3$ .

Il punto di applicazione della spinta è posizionato a metà dell'altezza dello strato di pavimentazione.

## 10.7 Sintesi dei carichi applicati al modello di calcolo

I carichi descritti in precedenza (ad eccezione di pesi propri "G1" calcolati automaticamente dal programma di calcolo utilizzato) sono stati applicati al modello di calcolo descritto al precedente paragrafo 9 così come illustrato dalle figure che seguono.



**Figura 10-3: Scarichi trasmessi dall'impalcato: a titolo di esempio è illustrata la modalità di applicazione di una delle combinazioni descritte al precedente paragrafo 10.1.**

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
30 di 179

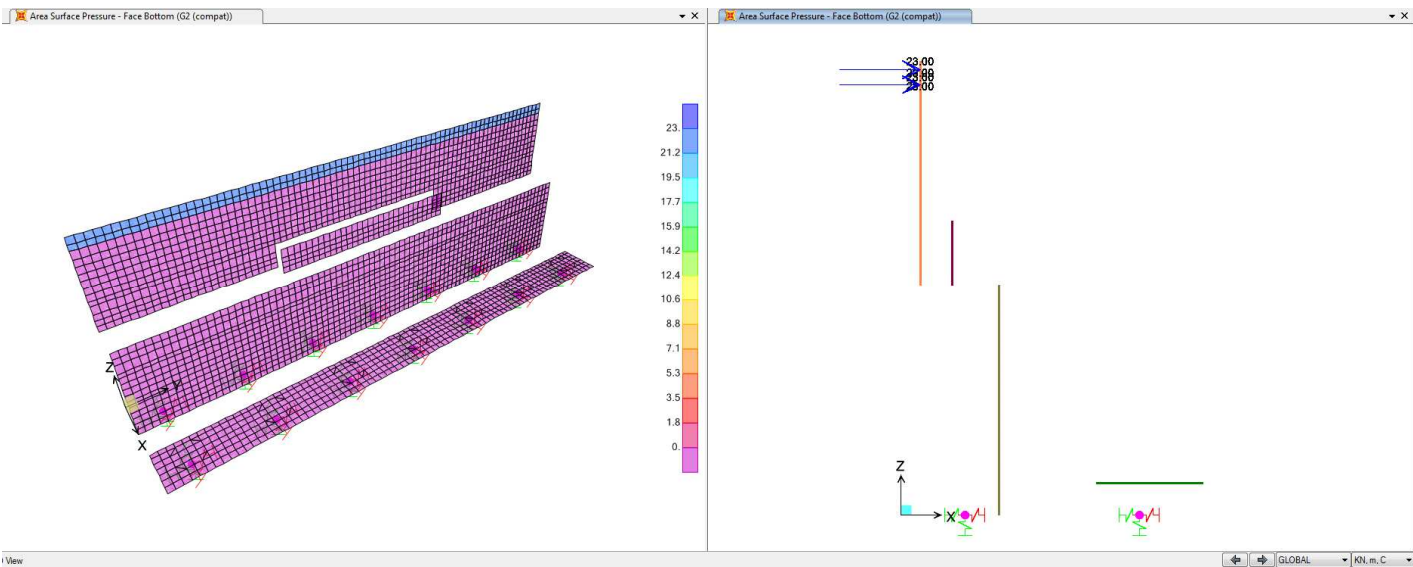


Figura 10-4: Spinta di compattazione (G2).

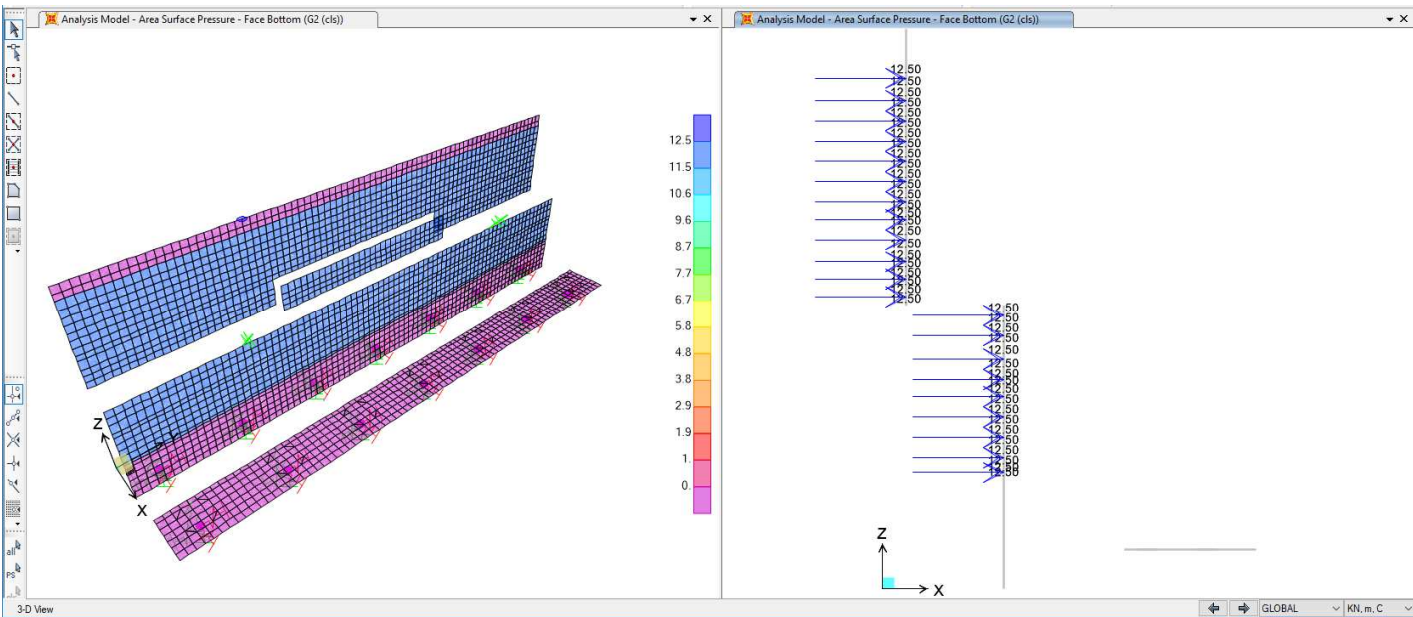


Figura 10-5: Spinta del calcestruzzo fluido (G2f).

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
31 di 179

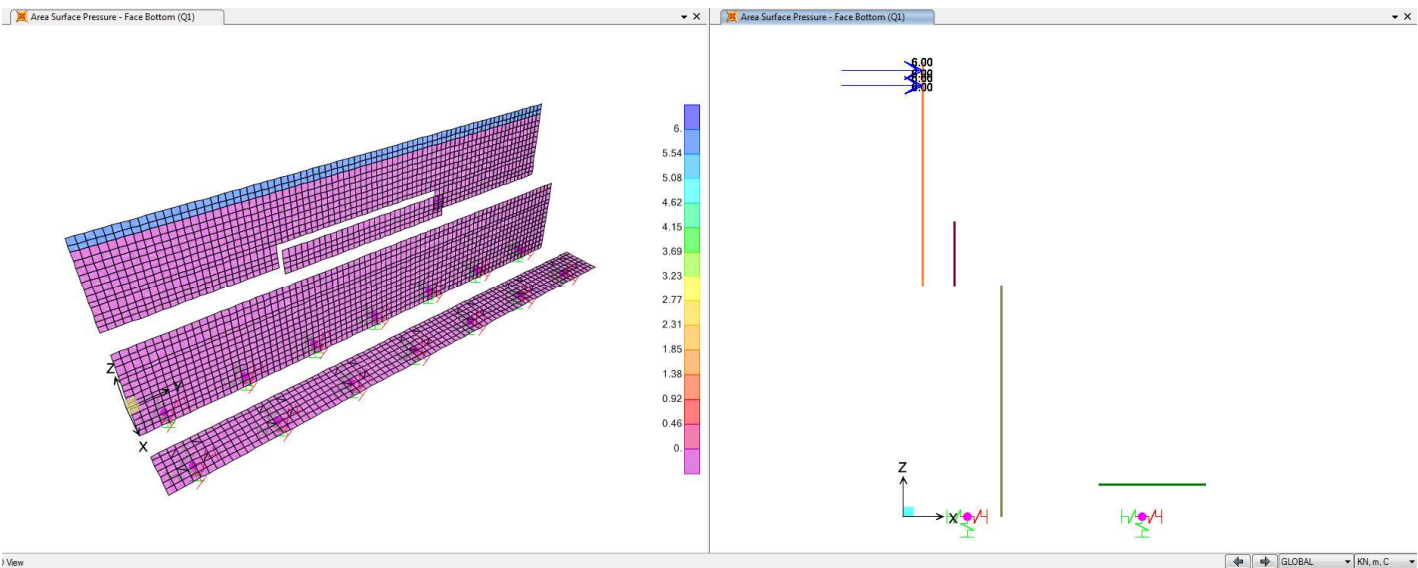


Figura 10-6: Azione variabile da traffico (Q1).

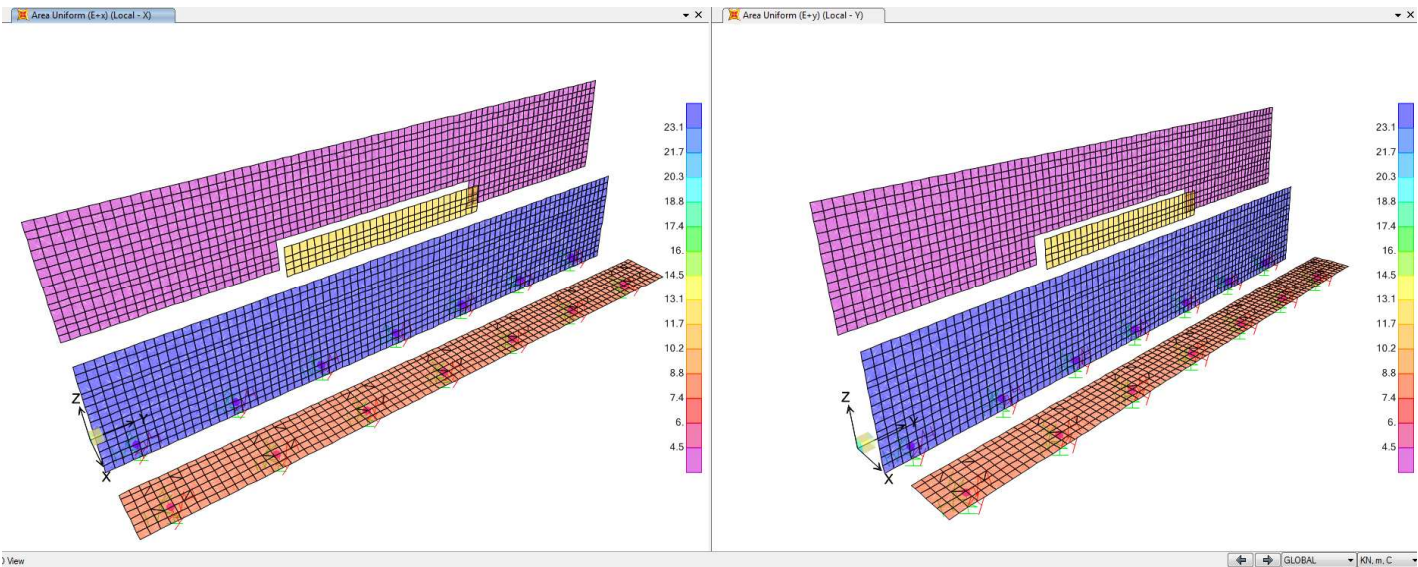


Figura 10-7: Azione inerziale orizzontale (EX - EY).

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
32 di 179

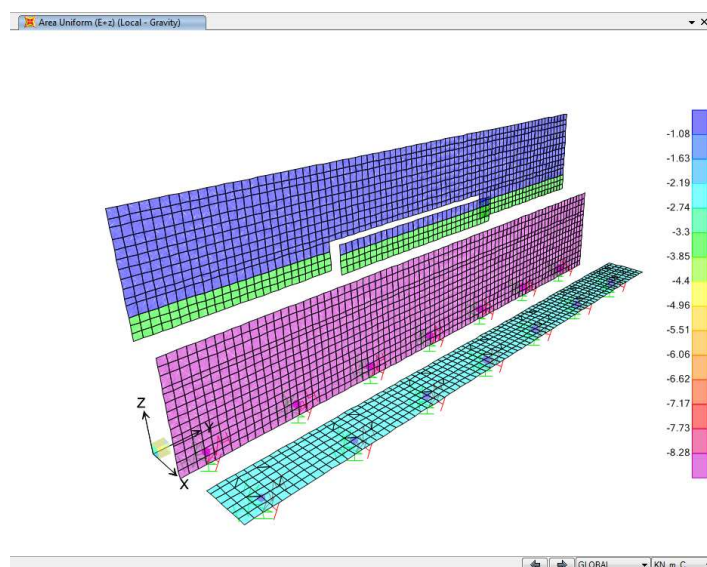


Figura 10-8: Azione inerziale verticale (EZ).

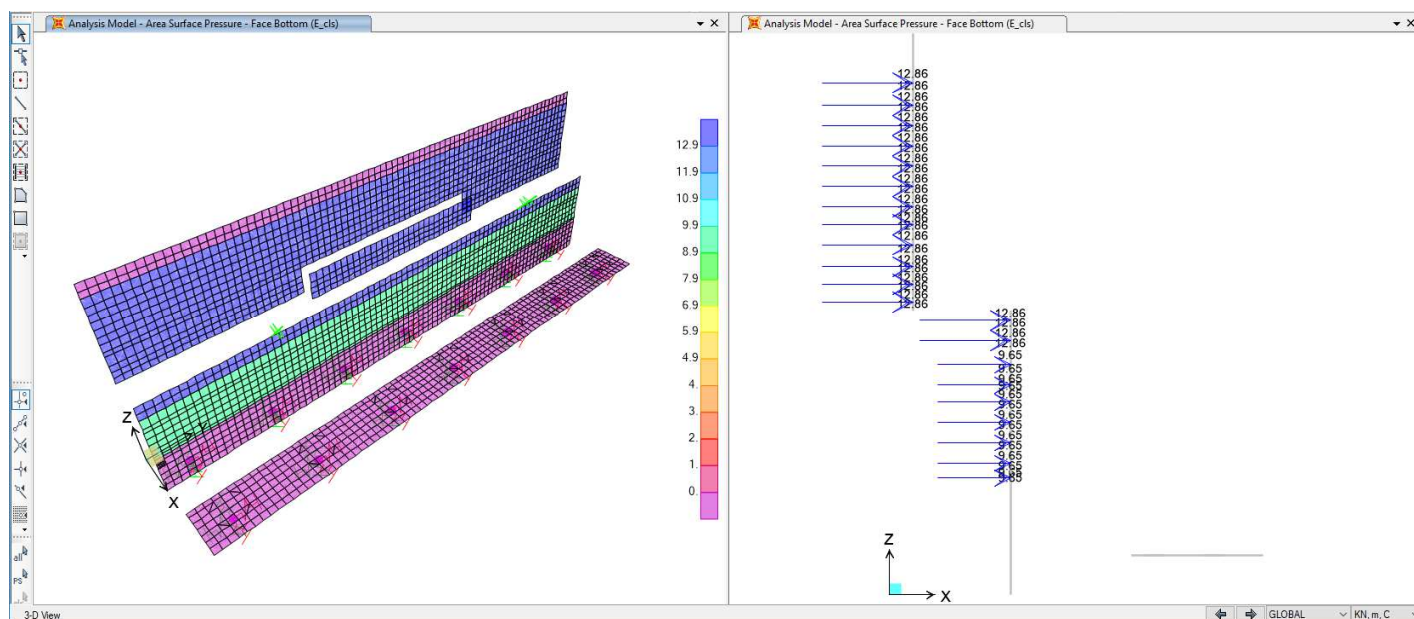


Figura 10-9: Azione inerziale orizzontale cls (EX).

## 10.8 Combinazioni delle azioni

Nel caso in esame sono state considerate le seguenti combinazioni di carico.

Tabella 10-7 – Combinazioni di carico

COMBINAZIONI STATICHE	PP Struttura (G <sub>1</sub> )	Spinta di compattazione (G <sub>2</sub> )	Spinta cls fluido (G <sub>2f</sub> )	Traffico (Q <sub>1</sub> )	Scarichi impalcato SLU	Scarichi impalcato SLE_RARA	Scarichi impalcato SLE_FR	Scarichi impalcato SLE_QP
	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_{Q1}$	$\gamma$	$\gamma$	$\gamma$	$\gamma$
SLU01 (A1+M1+R3)	1.35	1.35	1.35	1.35	1	-	-	-

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
33 di 179

SLU02 (A1+M1+R3)	1	1.35	1.35	1.35	1	-	-	-
SLU03 (A1+M1+R3)	1.35	1	1	-	1	-	-	-
SLU04 (A1+M1+R3)	1	1	1	-	1	-	-	-
SLE-RARA01	1	1	1	1	-	1	-	-
SLE-RARA01	1	1	1	-	-	1	-	-
SLE-FREQ01	1	1	1	0.75	-	-	1	-
SLE-FREQ01	1	1	1	-	-	-	1	-
SLE-QP01	1	1	1	0.2	-	-	-	1

COMBINAZIONI SISMICHE	PP Struttura (G <sub>1</sub> )	Traffico (Q <sub>1</sub> )	Inerzia cls magro (S)	Inerzia struttura (E <sub>x</sub> )	Inerzia struttura (E <sub>y</sub> )	Inerzia struttura (E <sub>z</sub> )	Scarichi impalcato SLV
SLV01	1	0.2	1	1	0.3	0.3	1
SLV02	1	0.2	1	1	0.3	-0.3	1
SLV03	1	0.2	-	-1	0.3	0.3	1
SLV04	1	0.2	-	-1	0.3	-0.3	1
SLV05	1	0.2	0.3	0.3	1	0.3	1
SLV06	1	0.2	0.3	0.3	1	-0.3	1
SLV07	1	0.2	-	-0.3	1	0.3	1
SLV08	1	0.2	-	-0.3	1	-0.3	1
SLV09	1	0.2	0.3	0.3	0.3	1	1
SLV10	1	0.2	0.3	0.3	0.3	-1	1
SLV11	1	0.2	-	-0.3	0.3	1	1
SLV12	1	0.2	-	-0.3	0.3	-1	1

Ai fini del solo dimensionamento della spalla, in condizioni sismiche, si farà riferimento alla combinazione SLV02 in quanto più gravosa essendo diretta in direzione +X (longitudinalmente all'asse dell'impalcato).



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

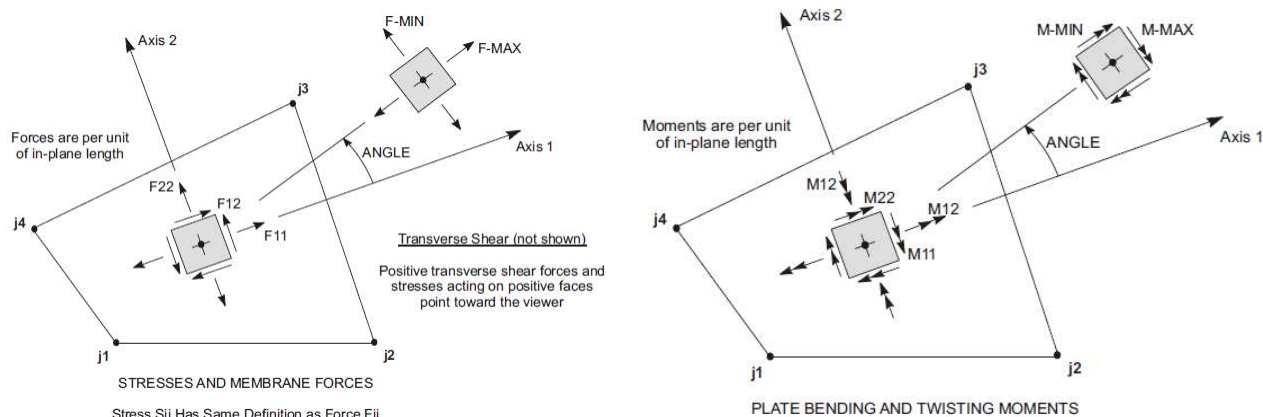
Foglio  
34 di 179

## 11 DEFINIZIONE DELLO STATO DI SOLLECITAZIONE

Il modello di calcolo descritto al precedente paragrafo 9 fornisce, in riferimento a ciascun elemento shell, la distribuzione spaziale delle sollecitazioni di calcolo per unità di lunghezza in accordo con il sistema di riferimento locale dell'elemento shell descritto nella precedente Tabella 9-1 ed in termini di:

- sforzi membranali ( $N_{11}$  e  $N_{22}$ );
- sforzi taglianti ( $V_{13}$  e  $V_{23}$ );
- sforzi flessionali ( $M_{11}$  e  $M_{22}$ ).

Per maggior chiarezza la seguente Figura 11-1 illustra la definizione delle sollecitazioni sopra elencate in relazione al sistema di riferimento locale dell'elemento shell.



**Figura 11-1: Convezione degli sforzi membranali, taglianti e flessionali utilizzata dal software di calcolo strutturale SAP2000.**

Gli sforzi sopra descritti sono esplicitati automaticamente dal programma di calcolo attraverso apposite mappe di colore (si vedano i successivi paragrafi) tale funzione è stata utilizzata al fine di individuare le porzioni di struttura maggiormente sollecitate.

Una volta individuate le porzioni di struttura maggiormente impegnate, ai fini delle verifiche, sono state definite apposite sezioni di verifica per mezzo dello strumento "Section Cut" disponibile nel programma di calcolo utilizzato (di seguito richiamate per brevità con l'acronimo SC). Tale strumento consente di integrare automaticamente, sulla lunghezza considerata, i diversi contributi di sollecitazione interna (riferiti ai nodi di uno specifico elemento shell) fornendo le sollecitazioni di progetto in termini di sforzi normali, azioni flettenti ed azioni taglianti.

Le caratteristiche e la localizzazione delle SC esaminate sono riportate in Tabella 11-1 ed in Figura 11-2.

**Tabella 11-1: Definizione delle sezioni di verifica esaminate.**

ID	$L_{sc}$ [m]	Verifiche		
		N-M	V	w
SC01	3.00	X	X	X
SC02	2.20	X	X	X
SC03	2.25	X	X	X
SC04	2.16	X	X	X
SC05	2.63	X	X	X
SC06	1.50	X	X	X

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
35 di 179

SC07	2.63	X	X	X
SC08	1.50	X	X	X
SC09	3.00	X	X	X
SC10	3.10	X	X	X
SC11	3.00	X	X	X
SC12	3.10	X	X	X
SC13	3.00	X	X	X
SC14	2.5	X	X	X

dove:

- $ID$ : nome assegnato alla sezione di verifica;
- $L_{SC}$ : lunghezza della sezione di verifica;
- *Verifiche*: verifiche condotte sulla specifica SC:
  - (N-M) presso-flessione retta;
  - (V) taglio retto;
  - ( $w$ ) fessurazione;

Si precisa che per la tipologia di struttura in esame si ritengono esaustive le sole tipologie di verifica elencate in Tabella 11-1. Infatti, per via della configurazione geometrica degli elementi strutturali e del comportamento globale della struttura non sono ad esempio significative a:

- presso-flessione deviata;
- taglio deviato o combinato;
- punzonamento tra ciabatta e pali di fondazione.

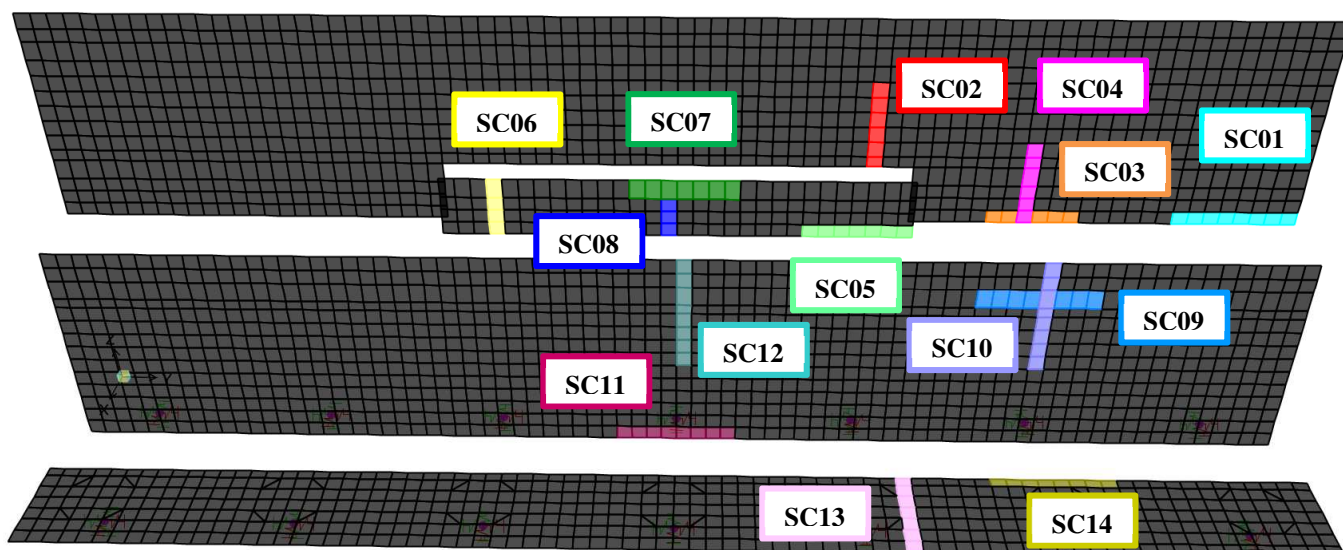


Figura 11-2: Localizzazione delle sezioni di verifica prese in esame.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
36 di 179

Le sollecitazioni di progetto ricavate per ogni sezione di verifica sono state quindi riferite ad una sezione resistente di larghezza unitaria (1.00 m) dividendole per la lunghezza  $L_{SC}$ . In tal modo si ottengono le seguenti sollecitazioni di progetto e di verifica:

- $N_{sd}$ : sforzo normale di progetto (positivo se di compressione);
- $M_{sd}$ : azione flettente di progetto (positiva se tende le fibre inferiori);
- $V_{sd}$ : azione tagliante di progetto.

## 11.1 Sollecitazioni significative allo SLU

In Figura 11-3 ed in Figura 11-4 sono illustrate, a titolo esemplificativo, le distribuzioni delle sollecitazioni di progetto agenti sulla spalla per l'involuppo massimo (INV SLU - Max) delle combinazioni di carico allo SLU (si veda Tabella 10-7).

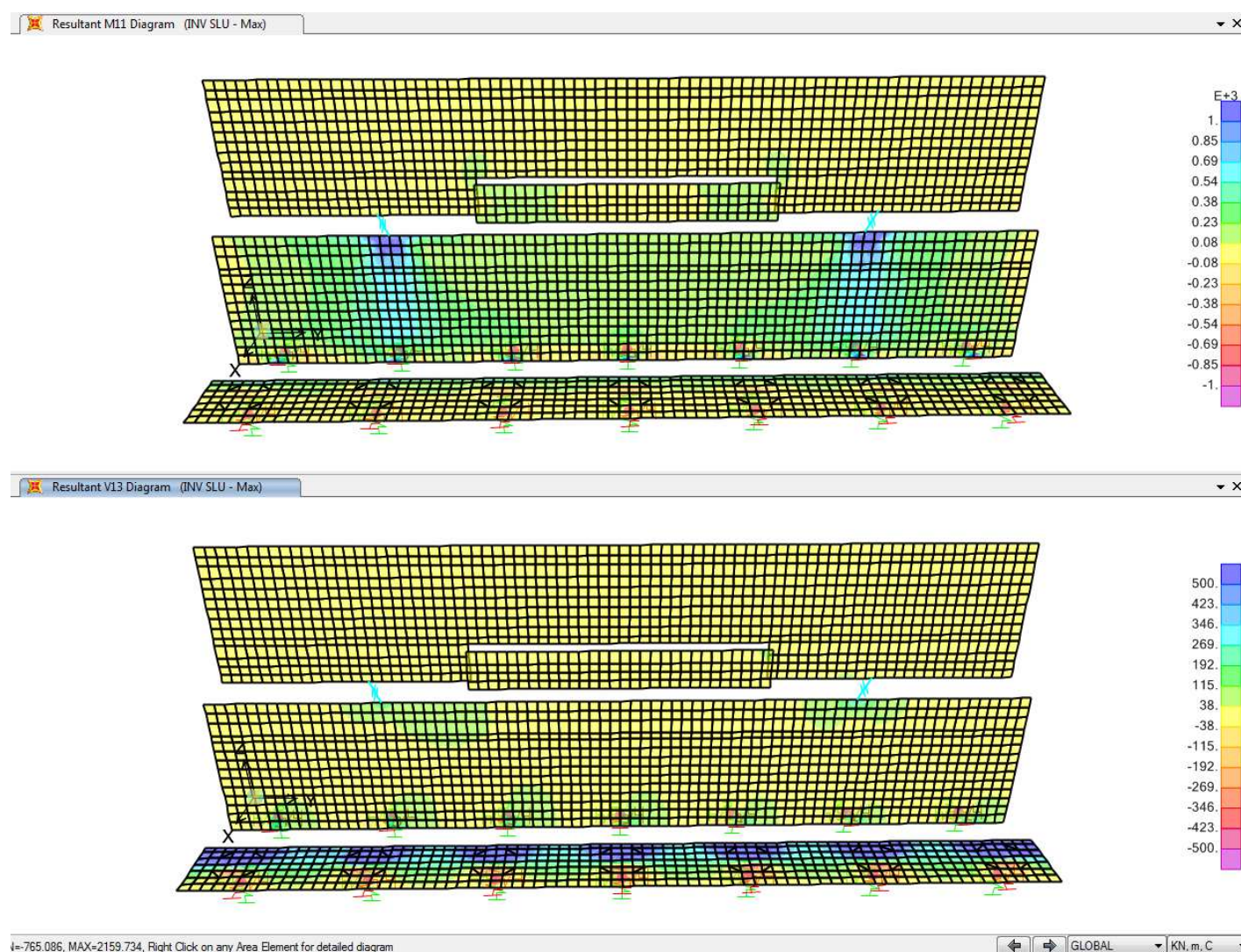


Figura 11-3: Distribuzione delle sollecitazioni di progetto  $M_{11}$  (kNm/m) e  $V_{13}$  (kN/m) per la combinazione "INV SLU -Max".



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

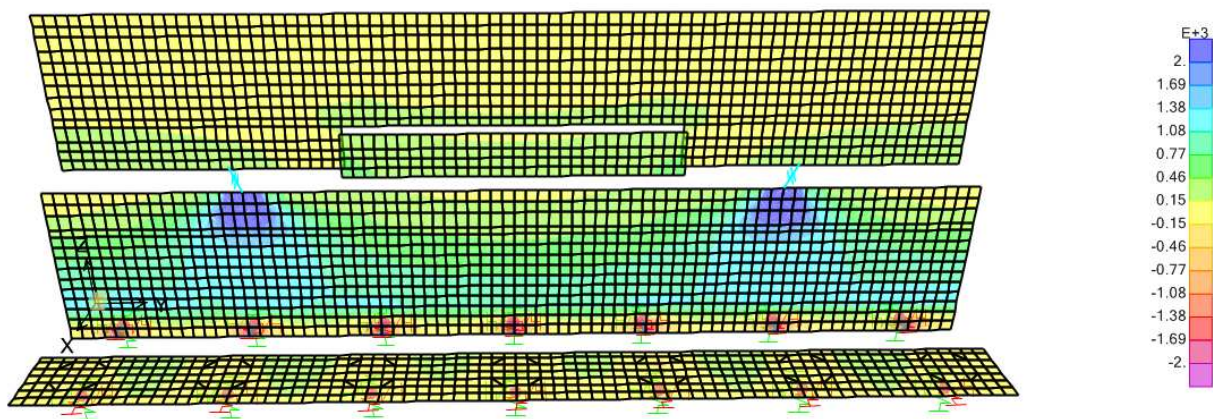
Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

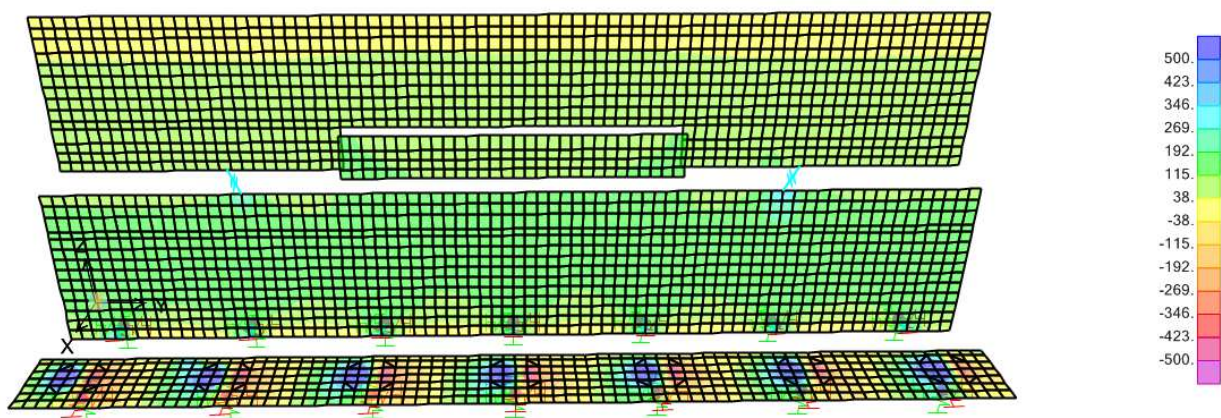
Rev.  
B

Foglio  
37 di 179

Resultant M22 Diagram (INV SLU - Max)



Resultant V23 Diagram (INV SLU - Max)



N=2648.503, MAX=12131.404, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN.m.C

**Figura 11-4: Distribuzione delle sollecitazioni di progetto  $M_{22}$  (kNm/m) e  $V_{23}$  (kN/m) per la combinazione "INV SLU -Max".**

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

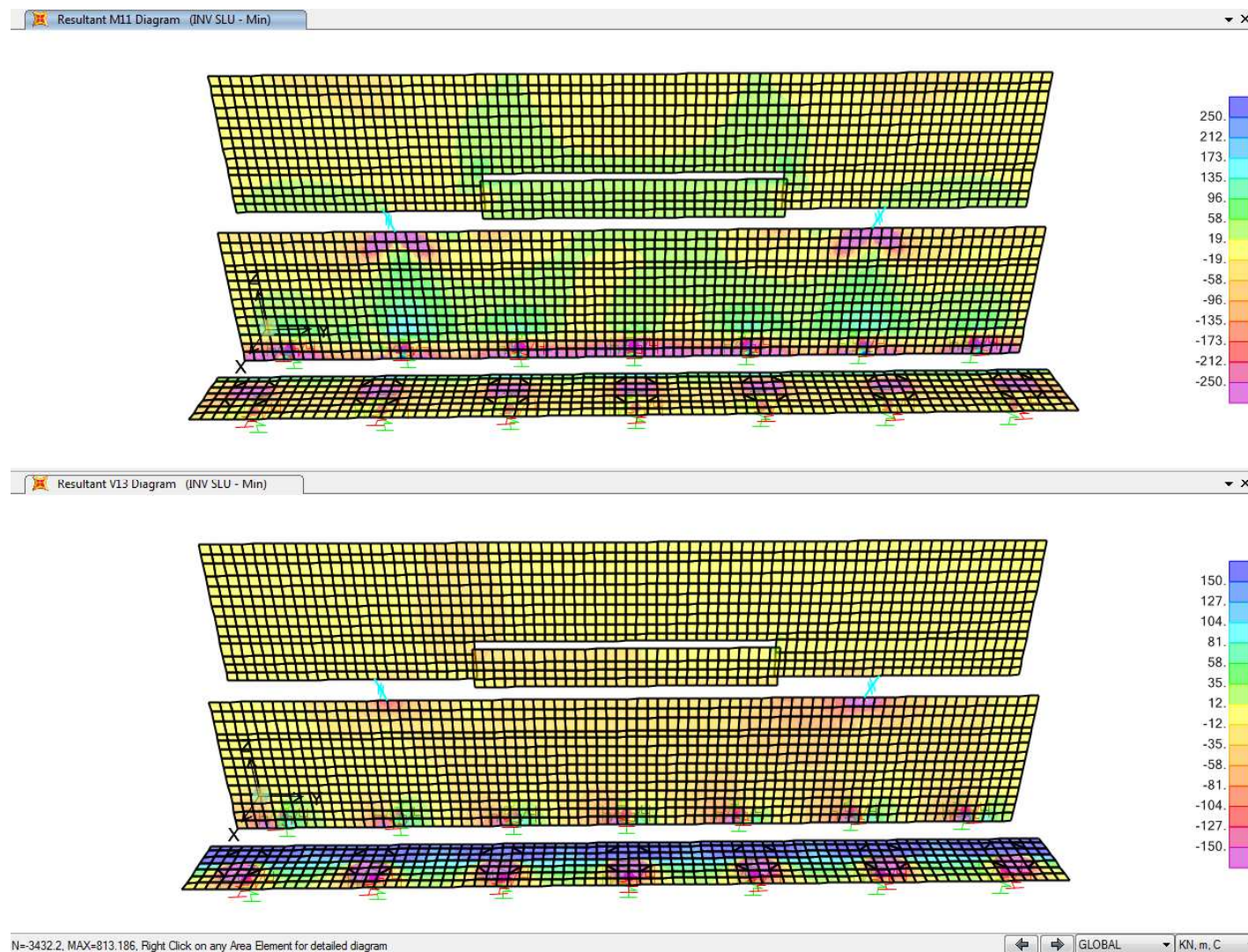
Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
38 di 179

Analogamente a quanto sopra riportato, in Figura 11-5 ed in Figura 11-6 sono illustrate le distribuzioni delle sollecitazioni di progetto agenti sulla spalla per l'involuppo massimo (INV SLU - Min) delle combinazioni di carico allo SLU (si veda Tabella 10-7).



**Figura 11-5: Distribuzione delle sollecitazioni di progetto  $M_{11}$  (kNm/m) e  $V_{13}$  (kN/m) per la combinazione "INV SLU -Min".**



Contraente



Progettista:

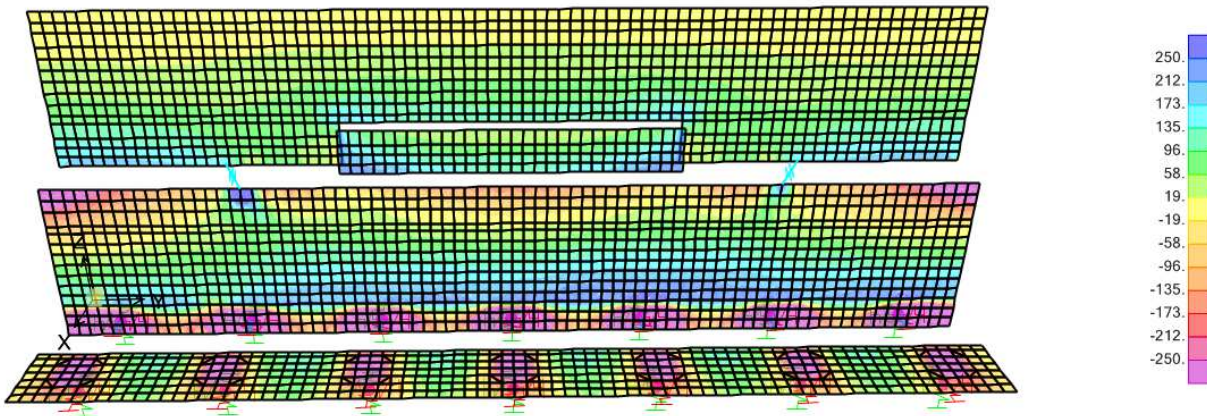


TECNOSTRUTTURE S.r.l.

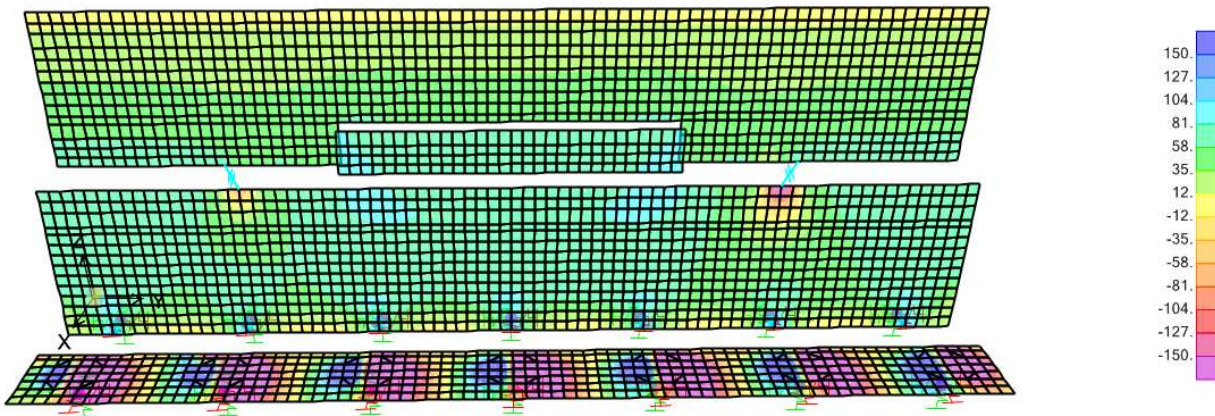
SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N.	NG1200CZZCLVI0203010B	Progetto	NG12	Lotto	00	Codifica Documento	C ZZ CL VI0203 010	Rev.	B	Foglio	39 di 179
---------	-----------------------	----------	------	-------	----	--------------------	--------------------	------	---	--------	-----------

Resultant M22 Diagram (INV SLU - Min)



Resultant V23 Diagram (INV SLU - Min)



V=-1751.24, MAX=935.776, Right Click on any Area Element for detailed diagram

Figura 11-6: Distribuzione delle sollecitazioni di progetto  $M_{22}$  (kNm/m) e  $V_{23}$  (kN/m) per la combinazione “INV SLU -Min”.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
40 di 179

In tabella sono sintetizzati i valori maggiormente significativi delle sollecitazioni di progetto per le SC esaminate.

**Tabella 11-2: Sollecitazioni significative allo SLU**

ID	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]	V <sub>Sd</sub> [kN/m]
SC01	134	257	100
SC02	20	50	9
SC03	-201	171	108
SC04	42	20	14
SC05	194	430	124
SC06	4	101	21
SC07	69	131	85
SC08	-99	66	15
SC09	207	1809	171
SC10	-94	763	53
SC11	457	1120	114
SC12	-124	159	27
SC13	-110	62	265
SC14	51	-286	859

In Tabella 11-3 sono sintetizzati i valori maggiormente significativi delle reazioni in testa ai pali in termini di:

- N<sub>Sd,max</sub>: sforzo assiale massimo (positivo se di compressione);
- N<sub>Sd,min</sub>: sforzo assiale minimo (positivo se di compressione);
- M<sub>Sd,max</sub>: azione flettente giroscopica;
- V<sub>Sd,max</sub>: azione tagliente giroscopica.

**Tabella 11-3: Valori massimi allo SLU delle reazioni in testa ai pali.**

Sollecitazione	Valore
N <sub>Sd,max</sub> (kN)	3565
N <sub>Sd,min</sub> (kN)	1234
V <sub>Sd,max</sub> (kN)	441
M <sub>Sd,max</sub> (kNm)	1062

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
41 di 179

## 11.2 Sollecitazioni significative allo SLV

In tabella sono sintetizzati i valori maggiormente significativi delle sollecitazioni di progetto per le SC esaminate.

**Tabella 11-4: Sollecitazioni significative allo SLV**

ID	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]	V <sub>Sd</sub> [kN/m]
SC01	173	163	80
SC02	31	29	3
SC03	-101	104	83
SC04	61	10	13
SC05	203	253	105
SC06	22	58	18
SC07	79	42	59
SC08	-25	31	19
SC09	430	1183	145
SC10	-43	545	55
SC11	420	831	169
SC12	-80	47	36
SC13	-97	78	251
SC14	129	-143	805

In Tabella 11-5 sono sintetizzati i valori maggiormente significativi delle reazioni in testa ai pali.

**Tabella 11-5: Valori massimi allo SLV delle reazioni in testa ai pali.**

Sollecitazione	Valore
NS <sub>d,max</sub> (kN)	3237
NS <sub>d,min</sub> (kN)	1260
VS <sub>d,max</sub> (kN)	672
MS <sub>d,max</sub> (kNm)	1325

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
42 di 179

### 11.3 Sollecitazioni significative allo SLE

Nelle seguenti tabelle sono sintetizzati i valori maggiormente significativi da involucro delle sollecitazioni di progetto per le SC esaminate.

**Tabella 11-6: Sollecitazioni significative allo SLE - RARA**

ID	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]
SC01	147	190
SC02	28	37
SC03	-120	121
SC04	75	11
SC05	201	299
SC06	30	74
SC07	77	79
SC08	-48	48
SC09	383	1273
SC10	-31	540
SC11	593	-790
SC12	-87	110
SC13	-80	43
SC14	59	-200

**Tabella 11-7: Sollecitazioni significative allo SLE - FREQ**

ID	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]
SC01	166	185
SC02	30	36
SC03	-92	114
SC04	103	8
SC05	213	286
SC06	40	70
SC07	82	73
SC08	-30	46
SC09	586	1109
SC10	52	354
SC11	602	-769
SC12	-70	91
SC13	-73	24
SC14	59	-181

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
43 di 179

**Tabella 11-8: Sollecitazioni significative allo SLE - QP**

ID	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]
SC01	174	172
SC02	39	33
SC03	-57	104
SC04	108	6
SC05	213	259
SC06	51	65
SC07	84	61
SC08	-9	42
SC09	623	917
SC10	71	430
SC11	615	-749
SC12	-70	94
SC13	-70	19
SC14	60	-159

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
44 di 179

## 12 VERIFICA DELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE

I criteri generali di verifica seguiti sono conformi a quanto previsto al punto 4.1.2 delle NTC18 secondo i quali è stata effettuata:

- la verifica SLU a presso/tenso-flessione per azioni di natura statica e sismica;
- la verifica SLU a taglio per azioni di natura statica e sismica;
- la verifica tensionale relativa ad acciaio e calcestruzzo allo SLE per azioni di natura statica;
- la verifica a fessurazione allo SLE per azioni di natura statica;
- la verifica SLU di resistenza condotte con riferimento a schematizzazioni tirante-puntone per azioni di natura statica e sismica;
- la verifica SLU locale del paraghiaia;
- la verifica tensionale e a fessurazione allo SLE del paraghiaia;
- la verifica SLU dei baggioli.

Le verifiche sono condotte su sezioni resistenti di larghezza unitaria ( $b=1.00$  m), altezza ( $h$ ) pari allo spessore della porzione di struttura di volta in volta analizzata e caratteristiche geometrico-meccaniche sintetizzate in Tabella 12-1. La simbologia adottata, rappresentata in Tabella 12-1 ha il significato di seguito riportato:

- $ID$ : nome assegnato alla sezione di verifica;
- $h$ : altezza della sezione;
- $A_s$ : area di armatura presente in corrispondenza dell' $i$ -esimo strato considerato;
- $d$ : distanza dello strato  $i$ -esimo di armatura dal lembo esterno compresso della sezione;
- $A_{sw}$ : area di armatura a taglio al  $m^2$ .

Tabella 12-1: Caratteristiche meccaniche delle SC in analisi.

ID	h [cm]	1° strato		2° strato		3° strato		4° strato		Asw	
		As [mm <sup>2</sup> /m]	d [cm]	As [mm <sup>2</sup> /m]	d [cm]	As [mm <sup>2</sup> /m]	d [cm]	As [mm <sup>2</sup> /m]	d [cm]	-	[mm <sup>2</sup> /m/m]
SC01	90	1Ø24/20 [2260]	9.7	1Ø24/20 [2260]	80.3	-	-	-	-	1Ø12/20x60	940
SC02	90	1Ø20/20 [1571]	7.5	1Ø20/20 [1571]	82.5	-	-	-	-		
SC03	90	1Ø24/20 [2260]	9.7	1Ø24/20 [2260]	80.3	-	-	-	-	1Ø12/20x60	940
SC04	90	1Ø20/20 [1571]	7.5	1Ø20/20 [1571]	82.5	-	-	-	-		
SC05	240	1Ø24/20 [2260]	9.7	1Ø24/20 [2260]	80.3	1Ø24/20 [2260]	230.3	-	-	1Ø12/20x60	940
SC06	240	1Ø20/20 [1571]	7.5	1Ø20/20 [1571]	82.5	1Ø20/20 [1571]	232.5	-	-		
SC07	240	1Ø24/20 [2260]	9.7	1Ø24/20 [2260]	80.3	1Ø24/20 [2260]	230.3	-	-	1Ø12/20x60	940
SC08	240	1Ø20/20 [1571]	7.5	1Ø20/20 [1571]	82.5	1Ø20/20 [1571]	232.5	-	-		



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLV10203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL V10203 010

Rev.  
B

Foglio  
45 di 179

SC09	460	1Ø26/20 [2655]	9.8	1Ø24/20 [2260]	80.3	1Ø24/20 [2260]	230.3	1Ø26/20 [2655]	450.2	1Ø12/20x60	940
SC10	460	1Ø20/15 [2105]	7.5	1Ø20/15 [2105]	82.5	1Ø20/15 [2105]	232.5	1Ø20/15 [2105]	452.5		
SC11	460	1Ø26/20 [2655]	9.8	1Ø24/20 [2260]	80.3	1Ø24/20 [2260]	230.3	1Ø26/20 [2655]	450.2	1Ø12/20x60	940
SC12	460	1Ø20/15 [2105]	7.5	1Ø20/15 [2105]	82.5	1Ø20/15 [2105]	232.5	1Ø20/15 [2105]	452.5		
SC13	150	1Ø26/20 [2655]	10.4	1Ø26/20 [2655]	139.6	-	-	-	-	1Ø12/30x60*	628
SC14	150	1Ø26/20 [2655]	7.8	1Ø26/20 [2655]	142.2	-	-	-	-	1Ø12/15x60*	1256

Nei seguenti paragrafi sono riportate le verifiche significative per ciascuna delle sezioni analizzate e quindi quelle alle quali sono associati i maggiori “Indici di Sfruttamento” (IS). I risultati completi delle verifiche effettuate sono riportati nei tabulati di calcolo allegati che costituiscono parte integrante del presente documento.

Tale armatura a taglio, nelle due direzioni, longitudinale e trasversale, equivale a disporre ganci 1Ø12/10x60.

## 12.1 Verifiche allo SLU in condizioni statiche

### 12.1.1 Verifica flessionale

In Tabella 12-2 sono riportate le verifiche a presso/tenso-flessione delle SC esaminate allo SLU. Oltre ai termini  $N_{Sd}$  e  $M_{Sd}$  definiti al precedente paragrafo nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- $M_{Rd}$ : sollecitazione flessionale resistente;
- IS: Indice di Sfruttamento massimo, calcolato per la combinazione più gravosa.

**Tabella 12-2: Verifiche a presso/tenso-flessionali allo SLU per le SC esaminate.**

ID	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}$ [kNm/m]	$M_{Rd}$ [kNm/m]	IS [-]
SC01	134	257	754	0.34
SC02	20	50	516	0.10
SC03	-201	171	632	0.27
SC04	42	-20	-524	0.04
SC05	194	430	2881	0.15
SC06	4	101	1899	0.05
SC07	69	131	2746	0.05
SC08	-99	66	1782	0.04
SC09	207	1809	6356	0.28
SC10	-94	763	5966	0.13
SC11	457	-1120	-10803	0.10
SC12	-124	159	5899	0.03
SC13	-110	-62	-1369	0.05
SC14	51	286	1489	0.15

Le verifiche risultano soddisfatte.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
46 di 179

### 12.1.2 Verifica a taglio

Nel seguito si riportano i tagli resistenti per le diverse sezioni analizzate:

**Tabella 12-3: Taglio resistente per le sezioni significative.**

ID	h [cm]	A <sub>sw</sub> considerata [mm <sup>2</sup> /m/m]	V <sub>Rd</sub> [kN/m]
SC01	90	1Ø12/20x40	999
SC02	90	-	311
SC03	90	1Ø12/20x40	999
SC04	90	-	311
SC05	240	-	702
SC06	240	-	708
SC07	240	-	702
SC08	240	-	708
SC09	460	-	1242
SC10	460	-	1247
SC11	460	-	1242
SC12	460	-	1247
SC13	150	1Ø12/30x60	770
SC14	150	1Ø12/15x60	1572

In tabella Tabella 12-4 sono riportate le verifiche a taglio per le sezioni considerate.

**Tabella 12-4: Verifiche a taglio allo SLU per le SC esaminate.**

ID	V <sub>sd</sub> [kN/m]	V <sub>Rd</sub> [kN/m]	IS [-]
SC01	100	999	0.10
SC02	9	311	0.03
SC03	108	999	0.11
SC04	14	311	0.05
SC05	124	702	0.18
SC06	21	708	0.03
SC07	85	702	0.12
SC08	15	708	0.02
SC09	171	1242	0.14
SC10	53	1247	0.04
SC11	114	1242	0.09
SC12	27	1247	0.02
SC13	265	770	0.34
SC14	859	1572	0.55

Le verifiche risultano soddisfatte.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
47 di 179

## 12.2 Verifiche allo SLV in condizioni sismiche

### 12.2.1 Verifica flessionale

In Tabella 12-2 sono riportate le verifiche a presso/tenso-flessione delle SC esaminate allo SLV. Oltre ai termini  $N_{sd}$  e  $M_{sd}$  e IS definiti al precedente paragrafo nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- $M'_{yd}$ : sollecitazione flessionale resistente della sezione in campo sostanzialmente elastico, in funzione della sollecitazione  $N_{sd}$ ;

**Tabella 12-5: Verifiche a presso/tenso-flessionali allo SLV per le SC esaminate.**

ID	$N_{sd}$ [kN/m]	$M_{sd}$ [kNm/m]	$M'_{yd}$ [kNm/m]	IS [-]
SC01	173	163	718	0.23
SC02	31	29	487	0.06
SC03	-101	104	619	0.17
SC04	61	-10	-498	0.02
SC05	203	253	2293	0.11
SC06	22	58	1514	0.04
SC07	79	42	2169	0.02
SC08	-25	31	1466	0.02
SC09	430	1183	5468	0.22
SC10	-43	545	4357	0.13
SC11	420	-831	-8670	0.10
SC12	-80	47	4278	0.01
SC13	-97	-78	-1302	0.06
SC14	129	143	1476	0.10

Le verifiche risultano soddisfatte.

### 12.2.2 Verifica a taglio

Il taglio resistente è quello riportato al paragrafo 12.1.2.

In tabella Tabella 12-6 sono riportate le verifiche a taglio per le sezioni considerate.

**Tabella 12-6: Verifiche a taglio allo SLV per le SC esaminate.**

ID	$V_{sd}$ [kN/m]	$V_{Rd}$ [kN/m]	IS [-]
SC01	80	999	0.08
SC02	3	311	0.01
SC03	83	999	0.08
SC04	13	311	0.04
SC05	105	702	0.15
SC06	18	708	0.03

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
48 di 179

SC07	59	702	0.08
SC08	19	708	0.03
SC09	145	1242	0.12
SC10	55	1247	0.04
SC11	169	1242	0.14
SC12	36	1247	0.03
SC13	251	770	0.33
SC14	805	1572	0.51

Le verifiche risultano soddisfatte.

## 12.3 Verifiche allo SLE

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche condotte allo SLE.

### 12.3.1 Verifica di fessurazione

In Tabella 12-7 sono riportati i massimi valori di apertura delle fessure per le SC esaminate allo SLE. Oltre ai termini introdotti nei precedenti paragrafi, nel seguente prospetto sono riportati i valori di:

- $w_k$ : massima apertura delle fessure (si veda paragrafo 7.3.1).
- $M_{cr}$ : sollecitazione flessionale resistente di prima fessurazione;

**Tabella 12-7: Massimi valori di apertura delle fessure agli SLE per le SC in analisi.**

ID	SLE-FR				SLE-QP			
	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}$ [kNm/m]	$M_{cr}$ [kNm/m]	$w_k$ [mm]	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}$ [kNm/m]	$M_{cr}$ [kNm/m]	$w_k$ [mm]
SC01	166	185	575	0	174	172	575	0
SC02	30	36	560	0	39	33	560	0
SC03	-92	114	575	0	-57	104	575	0
SC04	103	-8	-560	0	108	-6	-560	0
SC05	213	286	3861	0	213	259	3861	0
SC06	40	70	3784	0	51	65	3784	0
SC07	82	73	3861	0	84	61	3861	0
SC08	-30	46	3784	0	-9	42	3784	0
SC09	586	1109	13930	0	623	917	13930	0
SC10	52	354	13972	0	71	430	14198	0
SC11	602	-769	-36622	0	615	-749	-35451	0
SC12	-79	99	7651	0	-70	91	7758	0
SC13	-73	24	774	0	-70	-19	-709	0
SC14	59	181	1547	0	60	159	1571	0

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto, laddove il momento agente risulta superiore a quello di prima fessurazione l'ampiezza dell'apertura delle fessure è inferiore ai limiti descritti al precedente paragrafo 7.3.1.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
49 di 179

### 12.3.2 Verifica tensionali

In Tabella 12-8 sono riportati i massimi valori delle tensioni lato conglomerato e barre d'armatura agenti sulle SC esaminate. Oltre ai termini introdotti nei precedenti paragrafi, nel seguente prospetto sono riportati i valori di:

- $\sigma_{c,max}$ : massima tensione di compressione determinata nel conglomerato;
- $\sigma_{s,max}$ : massima tensione di trazione determinata nelle barre d'armatura.

**Tabella 12-8: Massimi valori di tensione lato conglomerato e lato barre d'armatura agli SLE per le SC in analisi.**

	SLE-RARA				SLE-QP		
ID	N <sub>sd</sub> [kN/m]	M <sub>sd</sub> [kNm/m]	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>sd</sub> [kN/m]	M <sub>sd</sub> [kNm/m]	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
SC01	147	190	2.39	83.5	174	172	2.16
SC02	28	37	0.52	22.3	39	33	0.46
SC03	-120	121	1.35	99.3	-57	104	1.23
SC04	75	11	0.15	-	108	6	0.15
SC05	201	299	0.65	20.7	213	259	0.53
SC06	30	74	0.20	11.8	51	65	0.15
SC07	77	79	0.15	2.8	84	61	0.10
SC08	-48	48	0.09	26.0	-9	42	0.12
SC09	383	1273	0.91	47.2	623	917	0.43
SC10	-31	540	0.39	35.69	71	430	0.21
SC11	593	-790	0.37	2.57	615	-749	0.35
SC12	-87	110	-0.12	16.40	-70	91	-
SC13	-80	43	-0.03	27.6	-70	-19	0.43
SC14	59	-200	0.93	46.84	60	159	0.74

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto:

- allo SLE in combinazione di carico rara le massime tensioni rispettivamente su calcestruzzo e barre d'armatura risultano inferiori ai limiti imposti dalle vigenti NTC18 pari a:
  - $\sigma_{c,lim}=0.60 \cdot f_{ck} = 21.0$  MPa;
  - $\sigma_{s,lim}=0.80 \cdot f_{yk} = 360.0$  MPa.
- allo SLE in combinazione di carico quasi permanente le massime tensioni sul calcestruzzo risultano inferiori ai limiti imposti dalle vigenti NTC18 pari a:
  - $\sigma_{c,lim}=0.45 \cdot f_{ck} = 15.7$  MPa.

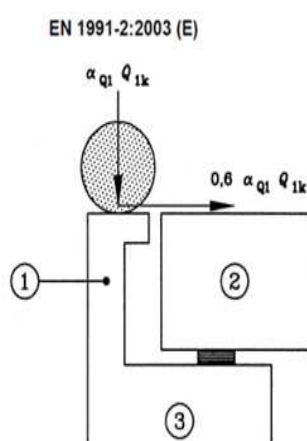


## 12.4 Verifica locale paraghiaia

A completamento di quanto già illustrato si riporta di seguito la verifica locale condotta sul muro paraghiaia della spalla oggetto di studio. Il comportamento di tale elemento strutturale sarà valutato considerando le azioni di seguito riportate:

- G1: peso proprio dell'elemento strutturale;
- G2: spinta di compattazione in condizioni statiche;
- G3: spinta del calcestruzzo liquido in condizioni statiche;
- Q1k: azioni variabili legate al traffico.

In merito alle azioni variabili legate al traffico si procederà nel rispetto di quanto introdotto dall'Eurocodice UNI EN 1991-2:2003 al §4.9.2 di seguito riportato.



### Key

- (1) Upstand wall
- (2) Bridge deck
- (3) Abutment

Figure 4.11 - Definition of loads on upstand walls

### 4.9.2 Horizontal force

(1) No horizontal force should be taken into account at the surfacing level of the carriageway over the backfill.

(2) For the design of abutment upstand walls (see Figure 4.11), a longitudinal braking force should be taken into account with a characteristic value equal to  $0,6 \alpha_{Q1} Q_{1k}$ , acting simultaneously with the  $\alpha_{Q1} Q_{1k}$  axle loading of Load Model Number 1 and with the earth pressure from the backfill. The backfill should be assumed not to be loaded simultaneously.

(3) The values of adjustment factors  $\alpha_{Q1}$ ,  $\alpha_{Q2}$  and  $\alpha_{Q3}$  should be selected depending on the expected traffic and possibly on different classes of routes. In the absence of specification these factors should be taken equal to unity.

NOTE 1 The values of  $\alpha_{Q1}$ ,  $\alpha_{Q2}$  and  $\alpha_{Q3}$  factors are given in the National Annex. In all cases, for bridges without road signs restricting vehicle weights, the following minimum values are recommended:

$$\alpha_{Q1} \geq 0,8 \quad \text{and} \quad (4.3)$$

$$\text{for } i \geq 2, \alpha_{Q2} \geq 1; \text{ this restriction being not applicable to } \alpha_{Q3}. \quad (4.4)$$

NOTE 2 Values of  $\alpha$  factors may correspond, in the National Annex, to classes of traffic. When they are taken equal to 1, they correspond to a traffic for which a heavy industrial international traffic is expected, representing a large part of the total traffic of heavy vehicles. For more common traffic compositions (highways or motorways), a moderate reduction of  $\alpha$  factors applied to tandems systems and the uniformly distributed loads on Lane 1 may be applied (10 to 20%).

Figura 12-1 stralcio §4.9.2 dell'Eurocodice UNI EN 1991-2:2003

I carichi sopra descritti sono stati combinati come illustrato nel seguente prospetto.

Tabella 12-9: Combinazione dei carichi per la definizione dello stato di sollecitazione del paraghiaia – carichi statici

COMBINAZIONI STATICHE	PP Struttura (G1)	Spinta di compattazione (G2)	Spinta del cls liquido (G3)	Azioni da traffico (Q1k)
	$\gamma_{G1}$	$\gamma_{G2}$	$\gamma_{G3}$	$\gamma_q$
SLU	1.00	1.35	1.35	1.35
SLE-RARA	1.00	1.00	1.00	1.00
SLE-FR	1.00	1.00	1.00	0.75
SLE-QP	1.00	1.00	1.00	0.00

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
51 di 179

Nella seguente figura è illustrata la geometria del muro paraghiaia:

#### GEOMETRIA PARAGHIAIA

H=	5.13 m	altezza paraghiaia
s=	0.9 m	spessore paraghiaia
s <sub>s</sub> =	1 m	spessore sbalzo
h=	4.13 m	altezza paramento
h <sub>p</sub> =	0.7 m	altezza pavimentazione a tergo del paramento
h <sub>cls</sub> =	4.43 m	altezza cls a tergo del paramento
s <sub>p</sub> =	0.1 m	spessore pavimentazione
b=	1.515 m	larghezza

Q <sub>1k</sub> =	300 kN
α <sub>Q1</sub> =	1

Circ. 02/02/2009

γ <sub>c</sub> =	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico cls
γ <sub>p</sub> =	23 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico pavimentazione
φ=	36 °	angolo d'attrito pavimentazione
φ <sub>diff</sub> =	45 °	angolo di diffusione del carico nel cls
k <sub>o</sub> =	0.43	coefficiente di spinta a riposo
S <sub>compatt</sub> =	23.00 kPa	valore della pressione di compattazione agente in sommità
S <sub>cls, 1.0 m</sub> =	12.50 kPa	valore della pressione di compattazione agente all'intradosso della pavimentazione

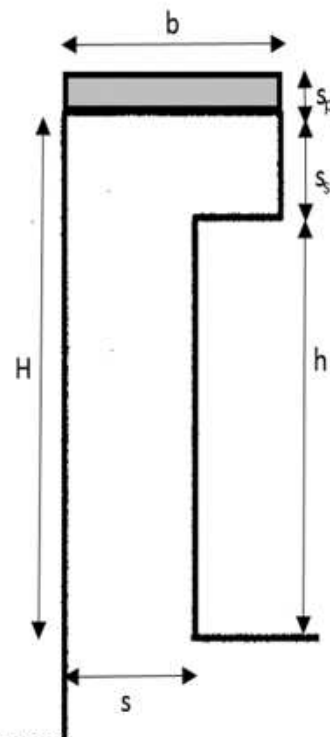


Figura 12-2: Geometria del muro paraghiaia

#### 12.4.1 Verifica allo SLU

Analizzando le diverse sezioni del paraghiaia si ottengono le seguenti sollecitazioni massime:

Tabella 12-10: Verifiche a presso/tenso-flessione e a taglio allo SLU per il paraghiaia.

N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]	M <sub>Rd</sub> [kNm/m]	IS [-]	V <sub>Sd</sub> [kN/m]	V <sub>Rd</sub> [kN/m]	IS [-]
142	391	758	0.52	195	999	0.20

#### 12.4.2 Verifica di fessurazione

In Tabella 12-7 sono riportati i massimi valori di apertura delle fessure per le SC esaminate allo SLE. Oltre ai termini introdotti nei precedenti paragrafi, nel seguente prospetto sono riportati i valori di:

- w<sub>k</sub>: massima apertura delle fessure (si veda paragrafo 7.3.1).
- M<sub>cr</sub>: sollecitazione flessionale resistente di prima fessurazione;

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
52 di 179

**Tabella 12-11: Massimi valori di apertura delle fessure agli SLE per le SC in analisi.**

ID	SLE-FR				SLE-QP			
	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]	M <sub>cr</sub> [kNm/m]	w <sub>k</sub> [mm]	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]	M <sub>cr</sub> [kNm/m]	w <sub>k</sub> [mm]
SC01	126	267	575	0	41	200	575	0

Così com'è possibile osservare dai tabulati di calcolo allegati, nell'ambito delle verifiche a fessurazione è stato assunto un valore del coefficiente di omogeneizzazione pari a 15.

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto, laddove il momento agente risulta superiore a quello di prima fessurazione l'ampiezza dell'apertura delle fessure è inferiore ai limiti descritti al precedente paragrafo 7.3.1.

### 12.4.3 Verifica tensionali

In Tabella 12-8 sono riportati i massimi valori delle tensioni lato conglomerato e barre d'armatura agenti sulle SC esaminate. Oltre ai termini introdotti nei precedenti paragrafi, nel seguente prospetto sono riportati i valori di:

- $\sigma_{c,max}$ : massima tensione di compressione determinata nel conglomerato;
- $\sigma_{s,max}$ : massima tensione di trazione determinata nelle barre d'armatura.

**Tabella 12-12: Massimi valori di tensione lato conglomerato e lato barre d'armatura agli SLE per le SC in analisi.**

ID	SLE-RARA				SLE-QP		
	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	N <sub>Sd</sub> [kN/m]	M <sub>Sd</sub> [kNm/m]	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
SC01	142	290	3.63	144.3	41	200	2.48

Così com'è possibile osservare dai tabulati di calcolo allegati, nell'ambito delle verifiche tensionali è stato assunto un valore del coefficiente di omogeneizzazione pari a 15.

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto:

- allo SLE in combinazione di carico rara le massime tensioni rispettivamente su calcestruzzo e barre d'armatura risultano inferiori ai limiti imposti dalle vigenti NTC18 pari a:
  - $\sigma_{c,lim} = 0.60 \cdot f_{ck} = 21.0 \text{ MPa}$ ;
  - $\sigma_{s,lim} = 0.80 \cdot f_{yk} = 360.0 \text{ MPa}$ .
- allo SLE in combinazione di carico quasi permanente le massime tensioni sul calcestruzzo risultano inferiori ai limiti imposti dalle vigenti NTC18 pari a:
  - $\sigma_{c,lim} = 0.45 \cdot f_{ck} = 15.7 \text{ MPa}$ .

### 12.5 Verifica dell'armatura minima

Nel seguente paragrafo si riporta la verifica dell'armatura minima (Ref. 15), per i diversi elementi strutturali:

#### Paraghiaia

Nel caso dell'armatura verticale in zona tesa, per metro di larghezza, si ha:

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot \frac{3.21 \text{ MPa}}{450 \text{ MPa}} \cdot 100 \text{ cm} \cdot 83.5 \text{ cm} = 15.49 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,v} = \phi 24/20 = 22.60 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
53 di 179

Nel caso dell'armatura orizzontale totale, per metro di larghezza, si ha:

$$A_{s,min} = 0.2\% \cdot A_c = 0.002 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 90 \text{ cm} = 18 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,h} = 1 + 1\phi 20/20 = 31.40 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$

### Ringrosso

Nel caso di armatura verticale e orizzontale totali, per metro di larghezza, si ha:

$$A_{s,min} = 0.2\% \cdot A_c = 0.002 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 240 \text{ cm} = 49 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,v} = 3 \times \phi 24/20 = 67.80 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$

$$A_{s,h} = 3 \times \phi 20/15 = 62.80 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$

### Fusto

Nel caso di armatura verticale e orizzontale totali, per metro di larghezza, si ha:

$$A_{s,min} = 0.2\% \cdot A_c = 0.002 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 460 \text{ cm} = 92 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,v} = 2 \times \phi 26/20 + 2 \times \phi 24/20 = 98.30 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$

$$A_{s,h} = 4 \times \phi 20/15 = 94.20 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$

### Ciabatta

Nel caso di armatura longitudinale e trasversale totali, per metro di larghezza, si ha:

$$A_{s,min} = 0.2\% \cdot A_c = 0.002 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 150 \text{ cm} = 30 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,l} = 1 + 1\phi 26/20 = 53.10 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$

$$A_{s,t} = 1 + 1\phi 26/20 = 53.10 \text{ cm}^2 > A_{s,min}$$

### Eventuale armatura a taglio

Inoltre, per quanto riguarda l'eventuale armatura integrativa richiesta per la resistenza a taglio occorre prevedere, in accordo all'Eurocodice 2, appositi "ganci" opportunamente sagomati come da dettaglio di seguito riportato.

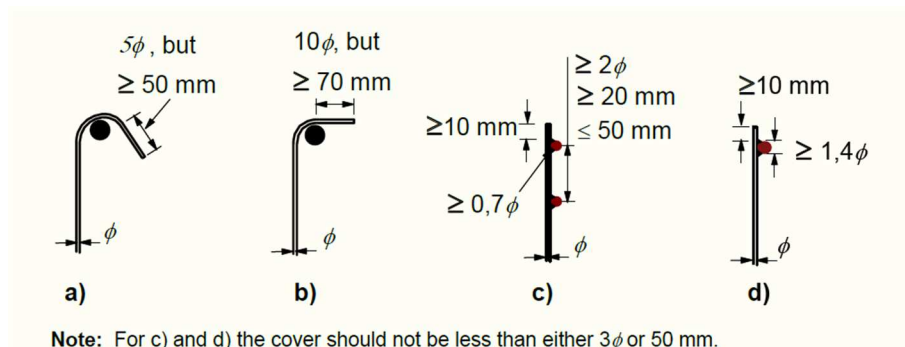


Figura 12-3: Estratto di Figura 8.5 da Eurocodice EN 1992-1 – dettaglio delle possibili tipologie di armatura a taglio.

È previsto l'utilizzo di armatura a taglio costituita da ganci d'armatura  $\phi 12$  sagomati come da dettaglio b) di Figura 12-3 (si veda paragrafo 8.5, Ref. 19). Lo sviluppo verticale di tale armatura è funzione dello spessore dell'elemento

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
54 di 179

strutturale mentre lo sviluppo “fuori tutto” delle piegature d’estremità, deve essere almeno pari a 156 mm considerando un raggio di curvatura della barra pari a  $2\phi$  e quindi 24 mm.

Per quanto riguarda i “ganci” verticali (armatura a taglio) le vigenti NTC18 non riportano alcuna indicazione in merito per la tipologia di elemento strutturale in esame. Tuttavia, in analogia a quanto prescritto dal §9.3.2 Ref. 19, sono state rispettate le seguenti limitazioni riguardanti:

- il rapporto di armatura a taglio  $\rho_w$ :

$$\rho_{w,min} = [0.08 \cdot (f_{ck})^{0.5}] / f_{yk};$$

- il massimo passo dell’armatura posto pari a:

0.75 volte l’altezza utile minima della sezione;

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

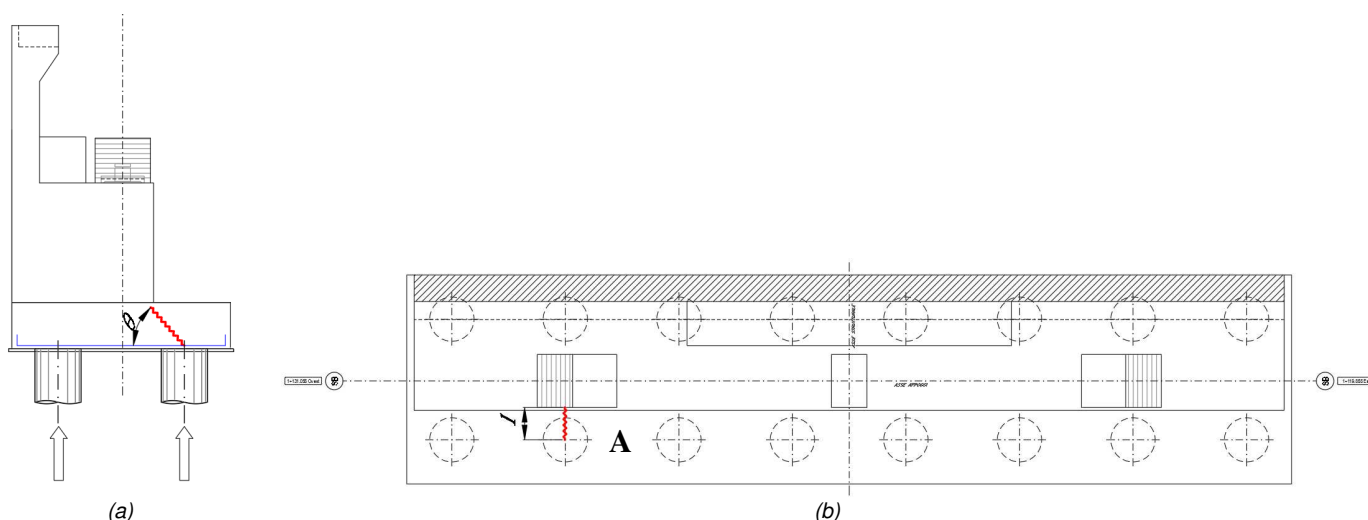
Rev.  
B

Foglio  
55 di 179

### 13 VERIFICA CON SCHEMI TIRANTE PUNTONE

Le verifiche del plinto di fondazione sono condotte anche con riferimento a differenti schemi equilibrati di tipo tirante-puntone. La simbologia adottata, rappresentata in Figura 13-1, ha il significato di seguito riportato:

- **ID**: nome assegnato allo schema di verifica;
- $A_{s,long}$ : numero, diametro di barre e area di armatura del tirante inferiore in direzione longitudinale dell'opera;
- $A_{s,trasv}$ : numero, diametro di barre e area di armatura del tirante inferiore in direzione trasversale dell'opera;
- $n_{st,long}$ : numero di strati di cui è composta l'armatura longitudinale del tirante inferiore;
- $n_{st,trasv}$ : numero di strati di cui è composta l'armatura trasversale del tirante inferiore;
- $\theta$ : angolo di inclinazione del puntone rispetto al tirante nel piano verticale contenente il puntone;
- $\beta$ : angolo di inclinazione del puntone rispetto all'asse longitudinale dell'opera nel piano orizzontale contenente il tirante;
- **l**: lunghezza della proiezione del puntone sul piano orizzontale.



**Figura 13-1: Schema tipologico tirante-puntone: (a) sezione verticale meccanismo “lato palo”; b) vista in pianta dei due meccanismi considerati.**

I parametri geometrico-meccanici sopra illustrati assumono, a seconda del meccanismo considerato, i seguenti valori:

**Tabella 13-1: Caratteristiche meccaniche degli schemi tirante-puntone in analisi.**

ID	$\theta$ [°]	$\beta$ [°]	l [m]	$A_{s,long}$	$n_{st,long}$ [-]	[mm <sup>2</sup> ]	$A_{s,trasv}$	$n_{st,trasv}$ [-]	[mm <sup>2</sup> ]
A	47	0	1.10	30Ø26	3	15928	-	-	-

L'armatura del tirante, posizionata ad intradosso plinto, è concentrata in una fascia di larghezza 2.00 m passante per il palo preso in esame.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
56 di 179

### 13.1 Verifiche in condizioni statiche allo SLU

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche di resistenza condotte allo SLU. In Tabella 13-2 sono riportate le verifiche di resistenza relative agli schemi tirante-puntone presi in analisi. Nel seguente prospetto sono riportati i seguenti parametri:

- $T_{Sd}$ : sollecitazione di trazione sul tirante;
- $T_{Sd,long}$ : sollecitazione di trazione sul tirante disposto in direzione longitudinale all'opera;
- $T_{Sd,trasv}$ : sollecitazione di trazione sul tirante disposto in direzione trasversale all'opera;
- $C_{Sd}$ : sollecitazione di compressione coassiale al puntone;
- $IS_{T,long}$ : Indice di Sfruttamento massimo, lato tirante longitudinale, calcolato per la combinazione più gravosa;
- $IS_{T,trasv}$ : Indice di Sfruttamento massimo, lato tirante trasversale, calcolato per la combinazione più gravosa;
- $IS_C$ : Indice di Sfruttamento massimo, lato nodo del puntone, calcolato per la combinazione più gravosa.

**Tabella 13-2: Risultati delle verifiche tirante-puntone**

ID	$T_{Sd}$ [kN]	$T_{Sd,long}$ [kN]	$T_{Sd,trasv}$ [kN]	$IS_{T,long}$ [-]	$IS_{T,trasv}$ [-]	$C_{Sd}$ [kN]	$IS_C$ [-]
A	3565	3565	0	0.57	-	5252	0.16

Le verifiche risultano soddisfatte.

### 13.2 Verifiche in condizioni sismiche allo SLV

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche di resistenza condotte allo SLV. In Tabella 13-3 sono riportate le verifiche di resistenza relative agli schemi tirante-puntone presi in analisi allo SLV.

**Tabella 13-3: Risultati delle verifiche tirante-puntone**

ID	$T_{Sd}$ [kN]	$T_{Sd,long}$ [kN]	$T_{Sd,trasv}$ [kN]	$IS_{T,long}$ [-]	$IS_{T,trasv}$ [-]	$C_{Sd}$ [kN]	$IS_C$ [-]
A	3237	3237	0	0.51	-	4770	0.15

Le verifiche risultano soddisfatte.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
57 di 179

## 14 VERIFICA DEI BAGGIOLI

### Baggioli appoggi

Il massimo scarico verticale in corrispondenza dell'appoggio sinistro (considerando il verso delle progressive crescenti) allo SLU è pari a 8630 kN. Si considera l'azione parassita pari al 3% del massimo scarico verticale.

#### Caratteristiche meccaniche dei materiali

##### CLS

classe	<b>C35/45</b> -	classe di resistenza del conglomerato (Tab. 4.1.I NTC 2018)
$f_{ck}$	35.0 N/mm <sup>2</sup>	resistenza a compressione cilindrica conglomerato (valore caratteristico)
$\gamma_c$	1.50 -	coefficiente parziale di sicurezza sul conglomerato
$\alpha_{cc}$	0.85 -	
$f_{cd}$	<b>19.8</b> N/mm <sup>2</sup>	resistenza a compressione cilindrica conglomerato (valore di progetto)

##### ACCIAIO D'ARMATURA

$f_{yk}$	<b>450.0</b> N/mm <sup>2</sup>	resistenza a trazione uniaassiale acciaio (valore caratteristico)
$\gamma_s$	1.15	coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio d'armatura
$f_{yd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>	resistenza a trazione uniaassiale acciaio (valore di progetto)

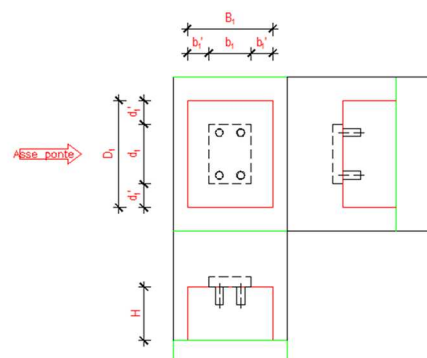
#### Caratteristiche geometriche del baggiolo e dell'area di carico

##### BAGGIOLO

$B_1$	<b>1.80</b> m	dimensione longitudinale del baggiolo
$D_1$	<b>1.50</b> m	dimensione trasversale del baggiolo
H	<b>1.70</b> m	altezza fisica del baggiolo

##### AREA DI CARICO

$b_1$	<b>0.91</b> m	dimensione longitudinale dell'area di carico
$d_1$	<b>0.91</b> m	dimensione trasversale dell'area di carico
$b_{1'}$	<b>0.45</b> m	minima dimensione longitudinale tra bordo area di carico e bordo baggiolo
$d_{1'}$	<b>0.17</b> m	minima dimensione trasversale tra bordo area di carico e bordo baggiolo



#### Verifiche di resistenza agli SLU

##### SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

$N_{sd}$	<b>8630</b> kN	Sforzo normale sul baggiolo
$V_{sd, long}$	<b>259</b> kN	Sforzo di taglio longitudinale sul baggiolo
$V_{sd, trasv}$	<b>259</b> kN	Sforzo di taglio trasversale sul baggiolo

Figura 14-1: Verifica baggioli appoggi – 1/3.



Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

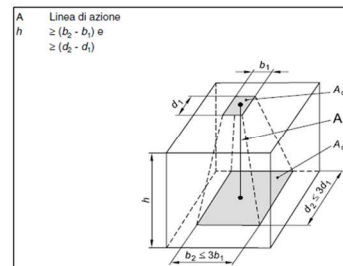
Foglio  
58 di 179

**VERIFICA DI CAPACITA' PER SCHIACCIAMENTO CONGLOMERATO**  
Rif.: §6.7 EN 1992-1-1:2005

$\alpha_{max}$	26.57 °	angolo di diffusione ( $\leq 26.57^\circ$ §6.7 EN 1992-1-1:2005, Prospetto 10.3 e Prospetto 10.4 Angotti)
$B_{1,min}$	2.61 m	minima dimensione longitudinale del baggiolo per garantire una diffusione secondo $\alpha_{max}$ a quota pulvino
$D_{1,min}$	2.61 m	minima dimensione trasversale del baggiolo per garantire una diffusione secondo $\alpha_{max}$ a quota pulvino
$\alpha_{max}$	$\alpha < \alpha_{max}$	-
$b_{2,max}$	2.73 m	massima dimensione longitudinale dell'area di carico diffusa
$d_{2,max}$	2.73 m	massima dimensione trasversale dell'area di carico diffusa

**Scenario 1: regione di parziale discontinuità (Cap. 10 Angotti)**

$b_2$	1.80 m	dimensione longitudinale dell'area di carico diffusa
$d_2$	1.50 m	dimensione trasversale dell'area di carico diffusa
$h$	1.80 m	altezza del tronco-cono di diffusione lungo la linea di azione "A"
$A_{c0}$	0.83 m <sup>2</sup>	area di carico
$A_{c1}$	2.70 m <sup>2</sup>	area di carico diffusa



**Scenario 2: regione di totale discontinuità (Cap. 10 Angotti)**

$\alpha$	26.57 °	angolo di diffusione fissato pari al suo massimo valore
$b_2$	1.80 m	dimensione longitudinale dell'area di carico diffusa
$d_2$	1.50 m	dimensione trasversale dell'area di carico diffusa
$h^*$	1.70 m	altezza del tronco-cono di diffusione lungo la linea di azione "A"
$A_{c0}$	0.83 m <sup>2</sup>	area di carico
$A_{c1}$	2.70 m <sup>2</sup>	area di carico diffusa

Applicabilità	OK	-	controllare la geometria della diffusione
check 1	OK	-	controllo sulle dimensioni dell'area di carico diffusa (figura 6.29)
check 2	OK	-	controllo sulla altezza h (figura 6.29)
check 3	OK	-	controllo sul rapporto $V_{sd} / N_{sd}$ (§10.9.4.3 EN 1992-1-1:2005)

Sia assegnato un puntone di larghezza  $b$  ed altezza  $H$  soggetto sulle due sezioni di estremità a due carichi centrati uguali ed opposti.

- Se  $H > 2b$  (discontinuità parziale), le due regioni "D" non occupano tutto il puntone ed al centro rimane una regione "B" di altezza  $(H-2b)$  dove le isostatiche sono parallele all'asse del puntone.
- Se  $H \leq 2b$  (discontinuità totale), le due regioni "D" si sovrappongono e la diffusione del carico avviene su una larghezza ridotta  $b_{ef}$ .



**Scenario 1: modello S&T, regione di parziale discontinuità (Cap. 10 Angotti)**

$F_{Rdu}$  29656 kN Capacità per schiacciamento del conglomerato

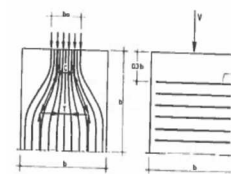
**Scenario 2: modello S&T, regione di totale discontinuità (Cap. 10 Angotti)**

$F_{Rdu}$  29656 kN Capacità per schiacciamento del conglomerato

Discontinuità **PARZIALE** - tipologia di discontinuità

$F_{Rdu}$  29656 kN Capacità per schiacciamento del conglomerato

IS 0.29 - Indice di Sfruttamento



$$T = \frac{V}{3,3} \left( \frac{b - b_0}{b} \right)$$

$T$  = sforzo di trazione;

$V$  = carico concentrato applicato dall'appoggio;

**VERIFICA DI CAPACITA' A SPLITTING (STAFFE DI FRETTAGGIO)**

Rif.: §6.5, §9.8.4, §10.9.4.3 EN 1992-1-1:2005, Cap. 10 Angotti

Si valuta la trazione "splitting force" secondo l'approccio "S&T" (EN 1992-1-1:2005) o "ELASTICO" di Morsch (CEB-FIP, CNR 11085)

**Scenario 1: modello S&T, regione di parziale discontinuità (Cap. 10 Angotti)**

$F_{s,sd}$  1067 kN

**Scenario 2: modello S&T, regione di totale discontinuità (Cap. 10 Angotti)**

$F_{s,sd}$  1753 kN

**Scenario 3: modello elastico, CEB-FIP - Morsch**

$F_{s,sd}$  1293 kN

Modello **S&T** - modello di diffusione del carico considerato

$F_{s,sd}$  1067 kN splitting force da assorbire con armature di frettaggio per effetto del solo carico  $N_{sd}$

Taglio aggiunto **SI** - aggiunge o meno l'effetto dell'azione tagliante alla splitting force

$F_{s,sd}^*$  1326 kN splitting force da assorbire con armature di frettaggio

$b_s$  0.90 m lunghezza entro la quale concentrare le armature di frettaggio

$\phi_s$  20 mm diametro armatura di frettaggio ( $\geq 8$  mm, §9.8.4 EN 1992-1-1:2005)

$n_{bracci}$  6 - numero di bracci per singola staffa di frettaggio

$s_s$  150 mm spaziatura verticale tra due staffe di frettaggio consecutive

$n_s$  6 - numero di staffe di frettaggio entro  $b_s$

check 4 OK - controllo diametro minimo delle staffe di frettaggio (§9.8.4 EN 1992-1-1:2005)

$F_{s,Rd}$  4426 kN splitting resistance assorbita con armature di frettaggio

IS 0.30 - Indice di Sfruttamento

Figura 10.21 Schema di diffusione di un carico concentrato secondo Morsch.

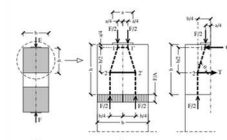
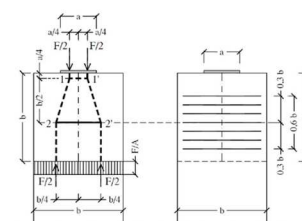


Figura 10.22 Modello trapezoidale per il calcolo della forza  $F$  nel tronco trasversale di un puntone con discontinuità parziale (regione "B" senza frettaggio, tranne "linee continue") (Figura 6.25)

**Disposizione delle armature di frettaggio**



**Figura 14-2: Verifica baggioli appoggi – 2/3.**

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
59 di 179

#### VERIFICA A SCORRIMENTO DEL CUNEO

Rif. §J.104 EN 1992-2:2005

$F_{R,Sd}$	4315 kN	sliding force ( 50% $F_{Rdu}$ )
check 5	OK	controllo distanza minima longitudinale dal bordo del baggiolo (§J.104 EN 1992-2:2005)
check 6	OK	controllo distanza minima trasversale dal bordo del baggiolo (§J.104 EN 1992-2:2005)
$\theta$	30.00 °	angolo inclinazione cuneo rispetto all'azione verticale (figura J.107, valore indicato 30°)
$h_{1,b}$	2.35 m	altezza del cuneo in senso longitudinale (figura J.107)
$h_{1,d}$	1.87 m	altezza del cuneo in senso trasversale (figura J.107)
Verifica	NON NECESSARIA	controllo sulla effettività dell'innesco del meccanismo

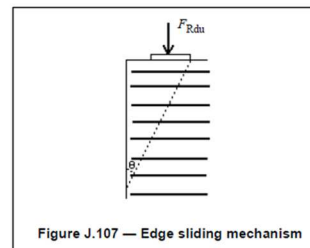


Figure J.107 — Edge sliding mechanism

$F_{R,Rd}$	8114 kN	sliding resistance nell'ipotesi di armature di frettaggio disposte uniformemente su tutta l'altezza H del baggiolo, come su $b_s$
IS	-	Indice di Sfruttamento

#### VERIFICA A TRINCIAMENTO PURO DELLE BARRE VERTICALI

$F_{v,Sd}$	366 kN	shear force da assorbire con armature verticali
$\phi_s$	20 mm	diametro armatura a trinciamento
$n_{barre-B1}$	24	numero di sezioni di barre verticali inserite nel baggiolo lungo i due lati B1
$n_{barre-D1}$	20	numero di sezioni di barre verticali inserite nel baggiolo lungo i due lati D1

$F_{s,Rd}$	3123 kN	splitting resistance assorbita con armature di frettaggio
------------	---------	---

IS	0.12	Indice di Sfruttamento
----	------	------------------------

#### VERIFICA A TRAZIONE DELLE BARRE VERTICALI

$\theta_{B1}$	43.36 °	angolo di inclinazione del puntone compresso in senso longitudinale (valore limite 30°)
$\theta_{D1}$	48.58 °	angolo di inclinazione del puntone compresso in senso trasversale (valore limite 30°)
$T_{sd,B1}$	245 kN	azione di trazione da assorbire per mezzo delle barre verticali disposte lungo i due lati B1
$T_{sd,D1}$	293 kN	azione di trazione da assorbire per mezzo delle barre verticali disposte lungo i due lati D1
$T_{Rd,B1}$	1475 kN	resistenza a trazione delle barre verticali disposte lungo i due lati B1
$T_{Rd,D1}$	1229 kN	resistenza a trazione delle barre verticali disposte lungo i due lati D1
IS	0.24	Indice di Sfruttamento

Figura 14-3: Verifica baggioli appoggi – 3/3.



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
60 di 179

## Guida centrale

Il massimo taglio trasversale in corrispondenza della guida centrale allo SLU è pari a 4000 kN.

### Caratteristiche meccaniche dei materiali

<b>CIS</b>		
classe	<b>C35/45</b>	classe di resistenza del conglomerato (Tab. 4.1.I NTC 2018)
$f_{cd}$	<b>35.0 N/mm<sup>2</sup></b>	resistenza a compressione cilindrica conglomerato (valore caratteristico)
$\gamma_c$	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza sul conglomerato
$\alpha_{cc}$	<b>0.85</b>	
$f_{cd}$	<b>19.8 N/mm<sup>2</sup></b>	resistenza a compressione cilindrica conglomerato (valore di progetto)

### ACCIAIO D'ARMATURA

$f_{yk}$	<b>450.0 N/mm<sup>2</sup></b>	resistenza a trazione uniaxiale acciaio (valore caratteristico)
$\gamma_s$	<b>1.15</b>	coefficiente parziale di sicurezza sull'acciaio d'armatura
$f_{yk}$	<b>391.3 N/mm<sup>2</sup></b>	resistenza a trazione uniaxiale acciaio (valore di progetto)

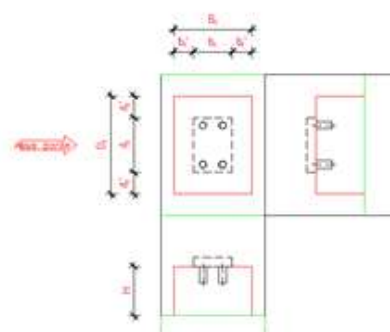
### Caratteristiche geometriche del boggolo e dell'area di carico

#### BAGGIOLO

$B_1$	<b>1.80 m</b>	dimensione longitudinale del boggolo
$D_1$	<b>1.80 m</b>	dimensione trasversale del boggolo
$H$	<b>0.37 m</b>	altezza fisica del boggolo

#### AREA DI CARICO

$b_1$	<b>0.97 m</b>	dimensione longitudinale dell'area di carico
$d_1$	<b>0.97 m</b>	dimensione trasversale dell'area di carico
$b_1^*$	<b>0.42 m</b>	minima dimensione longitudinale tra bordo area di carico e bordo boggolo
$d_1^*$	<b>0.42 m</b>	minima dimensione trasversale tra bordo area di carico e bordo boggolo



### Verifiche di resistenza agli SLU

#### SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

$N_{sd}$	<b>0 kN</b>	Sforzo normale sul boggolo
$V_{sd, long}$	<b>0 kN</b>	Sforzo di taglio longitudinale sul boggolo
$V_{sd, trasv}$	<b>4000 kN</b>	Sforzo di taglio trasversale sul boggolo

#### VERIFICA A TRANCIMENTO PURO DELLE BARRE VERTICALI

$F_{v, sd}$	<b>4000 kN</b>	shear force da assorbire con armature verticali
$\phi_s$	<b>20 mm</b>	diámetro armatura a trancimento
$n_{barre-B1}$	<b>32</b>	numero di sezioni di barre verticali inserite nel boggolo lungo i due lati B1
$n_{barre-D1}$	<b>32</b>	numero di sezioni di barre verticali inserite nel boggolo lungo i due lati D1
$F_{k, Rd}$	<b>4540 kN</b>	splitting resistance assorbita con armature di frettaggio
IS	<b>0.88</b>	Indice di Sfruttamento

#### VERIFICA A SNERVAMENTO STAFFE DI CHIUSURA SPINOTTI

$F_{sw, sd}$	<b>4000 kN</b>	shear force da assorbire con staffe orizzontali chiuse sugli spinotti
$\phi_s$	<b>16 mm</b>	diámetro delle staffe orizzontali
$n_{bracci}$	<b>21</b>	numero di bracci della singola staffa orizzontale
$n_{sh}$	<b>1</b>	numero di staffe orizzontali per strato
$n_{str}$	<b>3</b>	numero di strati a copertura dello spinotto in senso verticale
$F_{sw, Rd}$	<b>4957 kN</b>	resistenza delle staffe orizzontali chiuse sugli spinotti
IS	<b>0.81</b>	Indice di Sfruttamento

Figura 14-4: Verifica guida centrale.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
61 di 179

## 15 VERIFICA URTO IMPALCATO SULLA SPALLA

Si riporta la verifica dell'elevazione della spalla per l'urto dell'impalcato; in questa condizione eccezionale l'azione trasmessa dall'impalcato è di 3000 KN/m considerata applicata ad una altezza di 1.3 m dal piano degli appoggi (vedasi Figura 15-1).

In riferimento a quanto rappresentato in Figura 15-1 si esegue sia la verifica del paramento verticale come mensola tozza (Figura 15-2) che dell'armatura di sospensione (Figura 15-3).

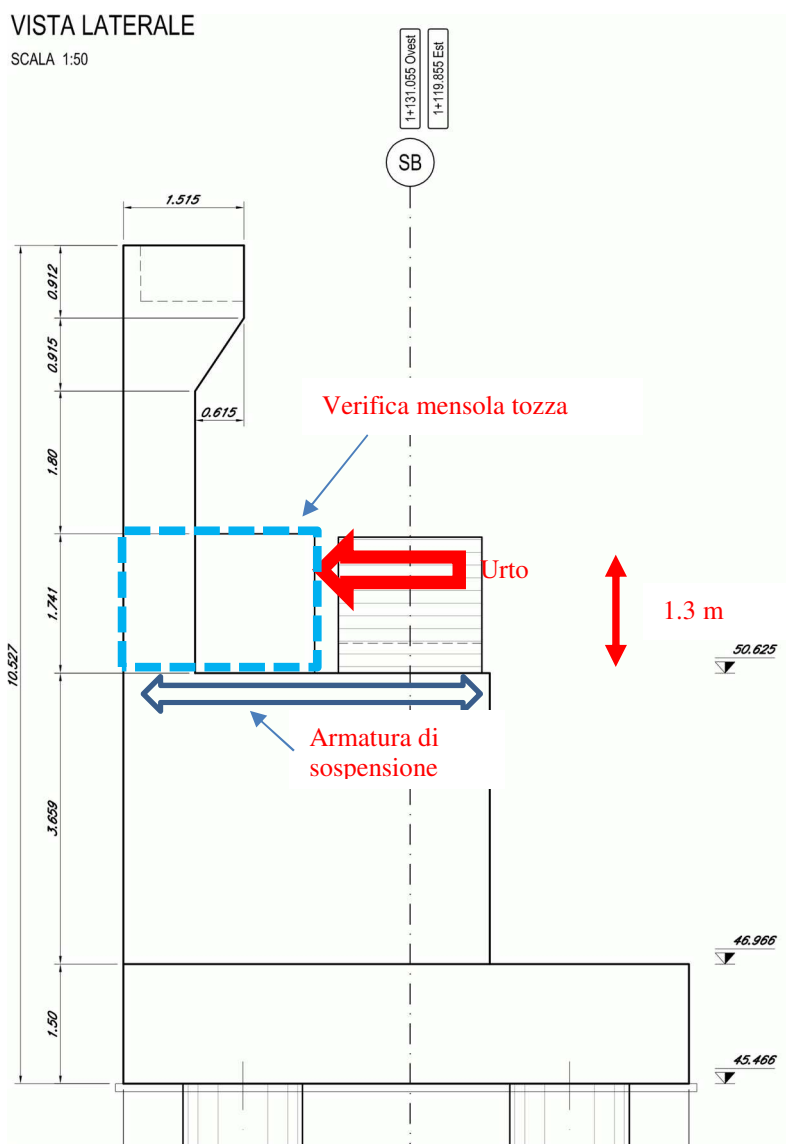


Figura 15-1: Schemi di verifica della spalla per l'urto dell'impalcato

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
62 di 179

## Verifica di una mensola tozza - NTC08

Con riferimento alle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 12 Gennaio 2008" ed alle figure e ai simboli indicati validi per una generica mensola tozza si ha:

### dati di progetto:

h = 2.4 m  
a = 1.3 m  
d = 2.26 m  
b = 1 m  
  
P = 3 000 kN/m  
H = 0 kN

### caratteristiche calcestruzzo

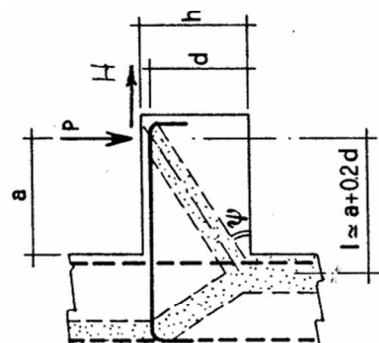
fck = 35 MPa  
 $\alpha = 0.85$   
 $\gamma_c = 1.5$   
fcd = 19.83 MPa

### caratteristiche acciaio

fyk = 450 MPa  
 $\gamma_s = 1.15$   
fyd = 391.3 MPa

### armatura di forza tirante:

$\phi = 24$  mm diametro armatura  
i = 20 cm passo armatura  
ns = 3 numero strati  
n = 15.0 numero di barre  
c = 6.5 cm copriferro netto  
 $\phi' = 20$  mm diametro ripartitori (armatura ortogonale a quella di forza)  
d' = 14.5 cm copriferro di calcolo  
As (\*) = 67.86 cm<sup>2</sup> area del tirante effettiva 0.28% Ac  
As,min = 66.15 cm<sup>2</sup> area del tirante minima (P\* $\lambda$ +Hed)/fyd  
\* Area corrispondente alle armature in pos 7+8a



### Verifica dell'armatura

k = 0.2 -  
l = 1.75 m a+k\*d  
 $\lambda = \cotg \psi = 0.86 \approx l/(0.9*d)$   
 $\psi = 49.21^\circ$

Pr = Prs = 3 078 KN  
Ped = 3 000 KN  
 $P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda}$

Pr = 3 078 >= 3 000 =Ped verifica soddisfatta  
c.s = 1.03 >1;

### Verifica del puntone compresso

c = 1 = 1; per sbalzi di piastre non provvisti di staffatura  
= 1.5; per sbalzi di travi provvisti di staffatura

Prc = 10 256 KN  
 $P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} \geq P_{Rs}$

Prc = 10 256 >= 3 078 =Prs verifica soddisfatta

Figura 15-2: Verifica mensola tozza

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
63 di 179

### ARMATURA DI SOSPENSIONE

<b>Tiro =</b>	<b>3 000</b> kN/m	
1 $\phi$ 26/20cm =	2 650 mm <sup>2</sup>	pos. 17
4*4 $\phi$ 20/m =	5 024 mm <sup>2</sup>	pos. 8c
A <sub>stot</sub> =	7 674 mm <sup>2</sup>	
$\sigma_s$	= 390.9 N/mm <sup>2</sup>	$\leq$ $f_{yd}$ = 391.3 N/mm <sup>2</sup> verifica soddisfatta

Figura 15-3: Verifica armatura di sospensione

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
64 di 179

## 16 TABULATI DI VERIFICA

### 16.1 Sezione di calcolo SC01

#### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	187	257	100
SLU02	136	257	100
SLU03	185	175	70
SLU04	134	175	70

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLV10203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL V10203 010

Rev.  
B

Foglio  
65 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC01

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 134 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 754.8 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 3.5 ‰

ε<sub>s</sub> 30.89 ‰

d 80.3 cm

x 8.173 x/d 0.1018

δ 0.7

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
66 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	803	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2260	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.50		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0028		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	310	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
As <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	ctgθ <sub>calc</sub>	ctgθ	rottura	V <sub>rd3</sub> (kN)	V <sub>rd2</sub> (kN)	V <sub>rd</sub> (kN)	p max (mm)
282.5	200	4.116	2.500	duttile lato acc	998.61	2471.30	998.61	300



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLV10203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL V10203 010

Rev.  
B

Foglio  
67 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLV01	173	163	80

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC01

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3

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

Sezio...

File

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 173 174 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 172 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali  
 B450C C35/45  
 ε<sub>su</sub> 1.957 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
 τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 718.4 kN m

σ<sub>c</sub> -9.746 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 0.5738 ‰  
 ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
 d 80.3 cm  
 x 18.21 x/d 0.2267  
 δ 0.7234

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
68 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	803	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2260	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.50		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
pl	0.0028		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	310	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
A <sub>st</sub> (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	ctgθ <sub>calc</sub>	ctgθ	rottura	V <sub>rd3</sub> (kN)	V <sub>rd2</sub> (kN)	V <sub>rd</sub> (kN)	p max (mm)
282.5	200	4.116	2.500	duttile lato acc	998.61	2471.30	998.61	300

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
69 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	148	190	74
RARA01	147	173	69

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

#### COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC01

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N\* figure elementari 1 Zoom N\* strati barre 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	22.62	9.7
			2	22.62	80.3

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

Sezio...

File

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 134 147 kN  
 M xEd 0 190 kNm  
 M yEd 0 0

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

Materiali

B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8  
 $\tau_{c1}$  2.257

$\sigma_c$  -2.386 N/mm²  
 $\sigma_s$  83.48 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.4174 ‰  
 d 80.3 cm  
 x 24.1 x/d 0.3001  
 $\delta$  0.8151

Verifica

N\* iterazioni: 4

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
70 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	174	172	68

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC01

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 134 174 kN

M<sub>xEd</sub> 0 172 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -2.156 N/mm²

σ<sub>s</sub> 67.44 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.3372 ‰

d 80.3 cm

x 26.03 x/d 0.3241

δ 0.8452

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
71 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 90$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 9.7$	cm
$A_{s2} = 0$	$\phi$	32	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 10$	cm
$A_{s3} = 0$	$\phi$	25	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 12$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 80.3$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 0.00$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 9678.58$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 6.92E+06$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = -3.259$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 2.398$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$   
 $x = 25.58$  cm Posizione asse neutro  
 $\sigma_{c,max} = 2.40$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 25.58$  cm Posizione asse neutro  
 $MF = 574.76$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
72 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC02

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	37	50	9
SLU02	20	50	9
SLU03	42	34	7
SLU04	25	34	7

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
73 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC02

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 20 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 516.1 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 3.5 ‰

ε<sub>s</sub> 45.81 ‰

d 82.5 cm

x 5.856 x/d 0.07098

δ 0.7

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
74 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	825	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	1570	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.49		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	311	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
75 di 179

### 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

31

29

3

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC02

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 31 39 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 33 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

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

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C35/45
ε <sub>su</sub> 1.957 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 19.83
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
ε <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 13.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.8
	τ <sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 487 kN m

σ<sub>c</sub> -7.555 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 0.4265 ‰  
ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
d 82.5 cm  
x 14.76 x/d 0.1789  
δ 0.7

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
76 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	825	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	1570	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.49		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	311	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
77 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	28	37	7
RARA02	29	33	6

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

#### COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC02

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

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

Sezio...

File

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N Ed  28 kN  
 M xEd  37 kNm  
 M yEd  0

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

Materiali

B450C	C35/45
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200'000 N/mm²	$f_{cd}$ 19.83
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8 ?
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 13.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.8
	$\tau_{c1}$ 2.257

$\sigma_c$  -0.5176 N/mm²  
 $\sigma_s$  22.3 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.1115 ‰  
 d 82.5 cm  
 x 21.3 x/d 0.2582  
 $\delta$  0.7628

Verifica  N° iterazioni:

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
78 di 179

## SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	39	33	4

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

## COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC02

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 20 39 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 33 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

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

Sezio...

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

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>co</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.4567 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 15.96 N/mm²  
ε<sub>s</sub> 0.0798 ‰  
d 82.5 cm  
x 24.78 x/d 0.3003  
δ 0.8154

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
79 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 90$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 7.5$	cm
$A_{s2} = 0$	$\phi$	32	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 10$	cm
$A_{s3} = 0$	$\phi$	25	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 12$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 82.5$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 0.00$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 9471.24$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 6.74E+06$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = -3.346$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 2.465$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1.2$   
 $\sigma_{c,max} = 2.47$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 25.58$  cm Posizione asse neutro

$MF = 559.57$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
80 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC03

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	-164	171	108
SLU02	-201	171	108
SLU03	-158	114	81
SLU04	-195	114	81

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
81 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC03

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -201 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 632.4 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 3.5 ‰

ε<sub>s</sub> 34.65 ‰

d 80.3 cm

x 7.367 x/d 0.09174

δ 0.7

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
82 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	803	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2260	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.50		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0028		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	310	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
As <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	ctgθ <sub>calc</sub>	ctgθ	rottura	V <sub>rd3</sub> (kN)	V <sub>rd2</sub> (kN)	V <sub>Rd</sub> (kN)	p max (mm)
282.5	200	4.116	2.500	duttile lato acc	998.61	2471.30	998.61	300

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLV10203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL V10203 010

Rev.  
B

Foglio  
83 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

-101

104

83

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC03

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -101 -57 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 104 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C35/45
ε <sub>su</sub> 1.957 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 19.83
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
ε <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 13.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.8
	τ <sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 619.2 kN m

σ<sub>c</sub> -8.416 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 0.4826 ‰  
ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
d 80.3 cm  
x 15.89 x/d 0.1978  
δ 0.7

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

Sezio...  
File

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
84 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	803	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2260	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.50		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0028		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	310	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
As <sub>t</sub> (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	ctgθ <sub>calc</sub>	ctgθ	rottura	V <sub>rd3</sub> (kN)	V <sub>rd2</sub> (kN)	V <sub>Rd</sub> (kN)	p max (mm)
282.5	200	4.116	2.500	duttile lato acc	998.61	2471.30	998.61	300

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
85 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	-120	121	79
RARA02	-119	110	75

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
86 di 179

# COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC03

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :**

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -201 -120 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 121 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo Sezione**

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

**Sezio...**

**Metodo di calcolo**

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☒ Metodo n

**Materiali**

B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8  
 $\tau_{c1}$  2.257

$\sigma_c$  -1.348 N/mm²  
 $\sigma_s$  99.33 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.4966 ‰  
d 80.3 cm  
x 13.59 x/d 0.1692  
 $\delta$  0.7

**Verifica**

N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
87 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	-57	104	68

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC03

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N\* figure elementari 1 Zoom N\* strati barre 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N*	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -201 -57 kN

M<sub>xEd</sub> 0 104 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N\* iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -1.225 N/mm²

σ<sub>s</sub> 75.04 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.3752 ‰

d 80.3 cm

x 15.79 x/d 0.1967

δ 0.7



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
88 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 90$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 9.7$	cm
$A_{s2} = 0$	$\phi$	32	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 10$	cm
$A_{s3} = 0$	$\phi$	25	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 12$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 80.3$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 0.00$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 9678.58$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 6.92E+06$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = -0.378$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 0.428$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1.2$   
 $\sigma_{c,max} = 0.43$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 25.58$  cm Posizione asse neutro

$MF = 574.76$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
89 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC04

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	51	16	14
SLU02	42	17	14
SLU03	56	-20	14
SLU04	47	-20	14

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
90 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC04

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

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

Sezio...

File

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

Tipologia flessione  
☒ Retta ☐ Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 42 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipologia rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
 τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> -524.6 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 45.35 ‰  
 d 82.5 cm  
 x 5.911 x/d 0.07165  
 δ 0.7

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
91 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	825	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	1570	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.49		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	311	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLV10203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL V10203 010

Rev.  
B

Foglio  
92 di 179

### 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

61

-10

13

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC04

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N\* figure elementari 1 Zoom N\* strati barre 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N*	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 61 108 kN  
M xEd 0 -6 kNm  
M yEd 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C35/45
$\epsilon_{su}$ 1.957 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200'000 N/mm²	$f_{cd}$ 19.83
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8 ?
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 13.5
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.8
	$\tau_{c1}$ 2.257

M xRd -498.3 kN m

$\sigma_c$  -7.729 N/mm²

$\epsilon_c$  0.4377 ‰  
 $\epsilon_s$  1.957 ‰  
d 82.5 cm  
x 15.08 x/d 0.1828  
 $\delta$  0.7

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

Sezio...  
File

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

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
93 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	900	mm	Altezza
d	825	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
fcd	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	1570	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.49		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	311	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
94 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	75	9	10
RARA01	76	-11	10

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
95 di 179

# COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC04

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 42 75 kN

M<sub>xEd</sub> 0 -11 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 0

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.1527 N/mm²

ε<sub>s</sub> -0.001347 ‰

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
96 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	108	-6	4

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC04

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	90

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5

Tipologia Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 0

Precompresso

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 42 108 kN

M<sub>xEd</sub> 0 -6 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>co</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.1541 N/mm²

ε<sub>s</sub> -0.006048 ‰

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
97 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

#### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

#### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 90$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 7.5$	cm
$A_{s2} = 0$	$\phi$	32	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 10$	cm
$A_{s3} = 0$	$\phi$	25	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 12$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 82.5$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 0.00$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 9471.24$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 6.74E+06$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = 0.074$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 0.261$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1.2$   
 $\sigma_{c,max} = 0.26$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 25.58$  cm Posizione asse neutro

$MF = 559.57$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
98 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC05

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	276	414	124
SLU02	225	430	124
SLU03	245	254	88
SLU04	194	270	88

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
99 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC05

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

**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

**Tipo rottura**

Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**

**B450C** **C35/45**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰

$E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²

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

$\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²

$\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²

$\tau_{c1}$   N/mm²

**M**  kN m

$\sigma_c$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d   $\delta$

**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**

**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
100 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2303	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	4520	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.31	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0020		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	702	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <sub>Appoggio</sub>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
101 di 179

### 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

203

253

105

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC05

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 203 213 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 259 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 2'293 kN m

σ<sub>c</sub> -6.426 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 0.3557 ‰  
ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
d 230.3 cm  
x 35.42 x/d 0.1538  
δ 0.7

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

Sezio...

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Materiali

B450C	C35/45
ε <sub>su</sub> 1.957 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 19.83
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
ε <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 13.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.8
	τ <sub>c1</sub> 2.257

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
102 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2303	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	4520	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.31	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0020		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	702	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
103 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	208	299	92
RARA01	201	265	87

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
104 di 179

# COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC05

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 194 208 kN

M<sub>xEd</sub> 0 299 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰

$E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?

$\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8

$\tau_{c1}$  2.257

$\sigma_c$  -0.6471 N/mm²

$\sigma_s$  20.71 N/mm²

$\epsilon_s$  0.1035 ‰

d 230.3 cm

x 73.5 x/d 0.3191

$\delta$  0.8389

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
105 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	213	259	86

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC05

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 194 213 kN

M<sub>xEd</sub> 0 259 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.5304 N/mm²

σ<sub>s</sub> 13.49 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.06747 ‰

d 230.3 cm

x 85.41 x/d 0.3709

δ 0.9036

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
106 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 240$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 9.7$	cm
$A_{s2} = 0$	$\phi$	32	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 10$	cm
$A_{s3} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 80.3$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 230.3$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 0.54$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 25017.88$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 1.24E+08$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = -1.051$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 0.533$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$   
 $\sigma_{c,max} = 0.53$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 68.22$  cm Posizione asse neutro  
 $MF = 3861.35$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
107 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC06

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	45	101	21
SLU02	23	101	21
SLU03	26	73	18
SLU04	4	73	18

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
108 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC06

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 4 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 1'899 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 2.435 ‰  
ε<sub>s</sub> 67.5 ‰  
d 232.5 cm  
x 8.094 x/d 0.03481  
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

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
109 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2325	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	3140	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.30	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0014		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	708	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
110 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

22

58

18

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC06

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 22 51 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 65 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 1'514 kN m

Materiali

B450C	C35/45
ε <sub>su</sub> 1.957 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 19.83
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
ε <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 13.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.8
	τ <sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -5.047 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 0.2732 ‰  
ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
d 232.5 cm  
x 28.48 x/d 0.1225  
δ 0.7

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

Sezio... File

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
111 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2325	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	3140	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.30	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0014		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	708	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
112 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	34	74	15
RARA02	30	68	15

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
113 di 179

# COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC06

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

**Sollecitazioni**

S.L.U. ☒ Metodo n ☒

**N** Ed  **30** kN

**M** xEd  **74** kNm

**M** yEd  **0**

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN  yN

**Tipo Sezione**

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sezio...**

**Metodo di calcolo**

☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

**Verifica**

**N° iterazioni:**

☐ Precompresso

**Materiali**

**B450C** **C35/45**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰

$E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²

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

$\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²

$\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²

$\tau_{c1}$   N/mm²

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  cm x/d

$\delta$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
114 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	51	65	9

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC06

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 4 51 kN

M<sub>xEd</sub> 0 65 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.1501 N/mm²

σ<sub>s</sub> 4.796 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.02398 ‰

d 232.5 cm

x 74.28 x/d 0.3195

δ 0.8393

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
115 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 240$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 7.5$	cm
$A_{s2} = 0$	$\phi$	32	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 10$	cm
$A_{s3} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 82.5$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 232.5$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 0.36$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 24706.86$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 1.21E+08$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = -1.073$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 0.546$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$   
 $\sigma_{c,max} = 0.55$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 68.22$  cm Posizione asse neutro  
 $MF = 3783.78$  kNm

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
116 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC07

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	95	111	85
SLU02	69	131	85
SLU03	98	47	59
SLU04	72	66	59

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
117 di 179

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

Verifica C.A. S.LU. - File: SC07

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** \_\_\_\_\_

**N° figure elementari**  **Zoom** **N° strati barre**  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

**Sollecitazioni**  
S.L.U. ☒ **Metodo n** ☒

**N<sub>Ed</sub>**  **0** kN  
**M<sub>xEd</sub>**  **0** kNm  
**M<sub>yEd</sub>**  **0**

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

**Tipo rottura**  
Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C35/45**  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
τ<sub>c1</sub>

**M<sub>xRd</sub>**  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
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**  
L<sub>0</sub>  cm **Col. modello**  
☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
118 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2303	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	4520	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.31	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0020		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	702	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
119 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

79

42

59

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC07

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 79 84 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 61 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 2'169 kN m

Materiali

B450C	C35/45
ε <sub>su</sub> 1.957 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 19.83
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8 ?
ε <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 13.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.8
	τ <sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -6.114 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 0.3366 ‰  
ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
d 230.3 cm  
x 33.8 x/d 0.1468  
δ 0.7

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

Sezio... File

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
120 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2303	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	4520	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.31	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0020		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	702	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
121 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	77	79	63
RARA02	77	64	58

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
122 di 179

# COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC07

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 72 77 kN

M<sub>xEd</sub> 0 79 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰

$E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?

$\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8

$\tau_{c1}$  2.257

$\sigma_c$  -0.1507 N/mm²

$\sigma_s$  2.797 N/mm²

$\epsilon_s$  0.01398 ‰

d 230.3 cm

x 102.9 x/d 0.447

$\delta$  0.9987

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
123 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	84	61	58

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC07

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	22.62	9.7
2	22.62	80.3
3	22.62	230.3

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 72 84 kN

M<sub>xEd</sub> 0 61 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.1034 N/mm²

σ<sub>s</sub> 0.7384 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.003692 ‰

d 230.3 cm

x 156 x/d 0.6775

δ 1

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
124 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 240$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 7.5$	cm
$A_{s2} = 0$	$\phi$	32	=	0.00	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 10$	cm
$A_{s3} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 82.5$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	20	=	15.71	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 232.5$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 0.36$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 24706.86$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 1.21E+08$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = -1.073$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 0.546$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$   
 $\sigma_{c,max} = 0.55$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 68.22$  cm Posizione asse neutro

$MF = 3783.78$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
125 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC08

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	-66	66	15
SLU02	-95	63	15
SLU03	-70	50	14
SLU04	-99	48	14

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
126 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC08

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -99 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 1'782 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 2.324 ‰

ε<sub>s</sub> 67.5 ‰

d 232.5 cm

x 7.738 x/d 0.03328

δ 0.7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
127 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2325	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	3140	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.30	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
pl	0.0014		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	708	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
128 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLV01	-25	31	19

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC08

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -25 -9 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 42 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C35/45
ε <sub>su</sub> 1.957 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 19.83
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
ε <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 13.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.8
	τ <sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 1'466 kN m

σ<sub>c</sub> -4.897 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 0.2644 ‰  
ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
d 232.5 cm  
x 27.68 x/d 0.119  
δ 0.7

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

Sezio... File

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
129 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	2400	mm	Altezza
d	2325	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	3140	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.29		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.30	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0014		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	708	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
130 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	-48	48	10
RARA02	-48	44	10

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
131 di 179

# COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC08

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -99 -48 kN

M<sub>xEd</sub> 0 48 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰

$E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?

$\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8

$\tau_{c1}$  2.257

$\sigma_c$  -0.09076 N/mm²

$\sigma_s$  26.02 N/mm²

$\epsilon_s$  0.1301 ‰

d 232.5 cm

x 11.56 x/d 0.04972

$\delta$  0.7

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
132 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	-9	42	4

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC08

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	240

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	7.5
2	15.71	82.5
3	15.71	232.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -99 -9 kN

M<sub>xEd</sub> 0 42 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.1191 N/mm²

σ<sub>s</sub> 13.59 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.06796 ‰

d 232.5 cm

x 27.01 x/d 0.1162

δ 0.7

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
133 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 460$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 5$	$\phi$	26	=	26.55	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 9.8$	cm
$A_{s2} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 80.3$	cm
$A_{s3} = 5$	$\phi$	24	=	22.62	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 230.3$	cm
$A_{s4} = 5$	$\phi$	26	=	26.55	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 450.2$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 1.07$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 47474.98$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 8.57E+08$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = -0.012$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = -0.010$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$   
 $\sigma_{c,max} = -$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 130.76$  cm Posizione asse neutro

$MF = 13930.35$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Sez. interamente compressa ---

$M_x < M_{xfess}$



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
134 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC09

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	278	1732	171
SLU02	207	1809	171
SLU03	285	1621	139
SLU04	214	1697	139

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
135 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC09

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	9.8
2	22.62	80.3
3	22.62	80.3
4	26.55	450.2

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 207 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 6'356 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 2.578 ‰

ε<sub>s</sub> 67.5 ‰

d 450.2 cm

x 16.56 x/d 0.03679

δ 0.7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
136 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4503	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	7175	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0016		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1242	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <sub>Appoggio</sub>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
137 di 179

### 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLV01	430	1183	145

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC09

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	9.8
2	22.62	80.3
3	22.62	80.3
4	26.55	450.2

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N	M <sub>xEd</sub>	M <sub>yEd</sub>	N	M <sub>xEd</sub>	M <sub>yEd</sub>
430	0	0	623	917	0

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

**Tipo rottura**  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C	C35/45
ε <sub>su</sub> 1.957 ‰	ε <sub>c2</sub> 2 ‰
f <sub>yd</sub> 391.3 N/mm²	ε <sub>cu</sub> 3.5 ‰
E <sub>s</sub> 200'000 N/mm²	f <sub>cd</sub> 19.83
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub> 15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub> 0.8
ε <sub>syd</sub> 1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub> 13.5
σ <sub>s,adm</sub> 255 N/mm²	τ <sub>co</sub> 0.8
	τ <sub>c1</sub> 2.257

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100

**Calcola MRd** **Dominio M-N**

L<sub>0</sub>  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

**M<sub>xRd</sub>** 5'468 kN m

σ<sub>c</sub> -5.105 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 0.2765 ‰  
 ε<sub>s</sub> 1.957 ‰  
 d 450.2 cm  
 x 55.74 x/d 0.1238  
 δ 0.7

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
138 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4503	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	7175	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0016		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1242	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
139 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	383	1273	122
RARA02	384	1252	118

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
140 di 179

# COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC09

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	9.8
2	22.62	80.3
3	22.62	80.3
4	26.55	450.2

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 207 382 kN

M<sub>xEd</sub> 0 1273 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 5

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.912 N/mm²

σ<sub>s</sub> 47.16 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.2358 ‰

d 450.2 cm

x 101.2 x/d 0.2249

δ 0.7211



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
141 di 179

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	623	917	93

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERAMANANTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC09

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	9.8
2	22.62	80.3
3	22.62	80.3
4	26.55	450.2

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 207 623 kN

M<sub>xEd</sub> 0 917 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

σ<sub>c</sub> -0.4336 N/mm²

σ<sub>s</sub> 4.14 N/mm²

ε<sub>s</sub> 0.0207 ‰

d 450.2 cm

x 275.1 x/d 0.6111

δ 1

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
142 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### DATI IN INPUT

#### Materiali

##### Calcestruzzo

$E_c = 14000$  MPa Modulo elastico CLS  
 $f_{ck} = 35$  MPa  
 $R_{ck} = 45$  MPa  
 $f_{ctm} = 3.21$  MPa  
 $n = 15$  - Coefficiente di omogeneizzazione

##### Acciaio

$E_s = 210000$  MPa Modulo elastico acciaio

#### Geometria sezione

$h = 460$  cm Altezza sezione  
 $b = 100$  cm Base sezione

#### Armatura

$A_{s1} = 6.7$	$\phi$	20	=	21.05	cm <sup>2</sup>	$d_1 = 9.8$	cm
$A_{s2} = 6.7$	$\phi$	20	=	21.05	cm <sup>2</sup>	$d_2 = 80.3$	cm
$A_{s3} = 6.7$	$\phi$	20	=	21.05	cm <sup>2</sup>	$d_3 = 230.3$	cm
$A_{s4} = 6.7$	$\phi$	20	=	21.05	cm <sup>2</sup>	$d_4 = 450.2$	cm

#### Calcolo tensioni nella sezione (CLS reagente a trazione)

$y_{Gi} = 1.00$  cm Ordinata baricentro sez. omogeneizzata (pos. verso l'alto)  
 $A_{ci} = 47262.92$  cm<sup>2</sup> Area omogeneizzata  
 $I_{ci} = 8.49E+08$  cm<sup>4</sup> Momento di inerzia sez. omogeneizzata  
 $\sigma_{c,sup} = 0.022$  MPa Sollecitazione CLS di estradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_{c,inf} = 0.023$  MPa Sollecitazione CLS di intradosso (pos. se di trazione)  
 $\sigma_t = 2.67$  MPa Tensione di trazione ammissibile nel CLS  $\sigma_t = f_{ctm}/1,2$   
 $\sigma_{c,max} = 0.02$  MPa Tensione massima di trazione nel CLS (- se sez. compressa)

$x = 130.76$  cm Posizione asse neutro

$MF = 13791.93$  kNm Momento di prima fessurazione

--- Tensione nel CLS inferiore a quella limite - Assenza di fessure ---

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
143 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC10

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	-77	744	52
SLU02	-94	684	53
SLU03	-72	763	47
SLU04	-89	703	48

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
144 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC10

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	21.05	7.5
2	21.05	82.5
3	21.05	232.5
4	21.05	452.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -94 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰

$E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?

$\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8

$\tau_{c1}$  2.257

M<sub>xRd</sub> 5'966 kN m

$\sigma_c$  -19.83 N/mm²

$\sigma_s$  391.3 N/mm²

$\epsilon_c$  2.161 ‰

$\epsilon_s$  67.5 ‰

d 452.5 cm

x 14.04 x/d 0.03102

$\delta$  0.7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
145 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4525	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	6594	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0015		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1247	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <sub>Appoggio</sub>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
146 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

-43

545

55

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC10

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	21.05	7.5
2	21.05	82.5
3	21.05	232.5
4	21.05	452.5

Tipo Sezione

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sezio...

File

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -43 71 kN

M<sub>xEd</sub> 0 447 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 4'357 kN m

σ<sub>c</sub> -4.487 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 0.2408 ‰

ε<sub>s</sub> 1.957 ‰

d 452.5 cm

x 49.57 x/d 0.1096

δ 0.7

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 1.957 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
147 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4525	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	6594	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0015		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1247	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
148 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	-32	539	35
RARA02	-31	540	35

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-31.00	540.00	0.00

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.39	-50.0	460.0	-35.7	24.0	7.5	4932	42.0

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
149 di 179

### SOLLECITAZIONI QUASI PERMANENTI

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	70	430	21

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.31	-50.0	460.0	-17.8	24.0	7.5	4932	42.0

### MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

#### SOLLECITAZIONI FREQUENTI

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
52	352	636	52
52	354	637	52

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	52.00	354.00 (13972.63)	0.00 (0.00)

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
	Massima distanza tra le fessure [mm]
	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N.	NG1200CZZCLVI0203010B	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio
		NG12	00	C ZZ CL VI0203 010	B	150 di 179

Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00008	0	0.500	21.1	64	0.00005 (0.00005)	641	0.029 (0.30)	13972.63	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00009	0	0.500	21.1	64	0.00005 (0.00005)	641	0.034 (0.20)	14198.86	0.00

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
151 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC11

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	741	-1052	114
SLU02	457	-777	114
SLU03	851	-1120	85
SLU04	567	-846	85

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
152 di 179

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

### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	420.00	0.00	0.00

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res
1	S	420.00	0.00	419.91	10803.80

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
153 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4503	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	7175	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0016		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1242	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <small>Appoggio</small>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLV10203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL V10203 010

Rev.  
B

Foglio  
154 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

420

-831

169

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res
1	S	420.00	0.00	419.96	8670.53

### VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4503	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	7175	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
σ <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0016		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1242	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <sub>Appoggio</sub>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
155 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	580	-778	84
RARA02	593	-790	81

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	593.00	-790.00	0.00

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.37	-50.0	0.0	-2.6	20.0	450.2	2450	26.5

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
156 di 179

### SOLLECITAZIONI QUASI PERMANENTI

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	615	-749	78

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

### COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.35	-50.0	0.0	-1.7	20.0	450.2	2450	26.5

### SOLLECITAZIONI FREQUENTI

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
FREQ01	602	-761	80
FREQ02	612	-769	78

### MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	85	0.00001 (0.00001)	697	0.004 (0.30)	-32622.59	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	85	0.00001 (0.00001)	697	0.004 (0.20)	-35451.22	

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
157 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC12

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01Max	-124	159	27
SLU02Max	-104	137	27
SLU03Max	-126	144	26
SLU04Max	-112	121	26

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
158 di 179

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC12

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	21.05	7.5
2	21.05	82.5
3	21.05	232.5
4	21.05	452.5

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> -124 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C35/45

ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰

f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰

E<sub>s</sub> 200'000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?

ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5

σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8

τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 5'899 kN m

σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²

σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²

ε<sub>c</sub> 2.143 ‰

ε<sub>s</sub> 67.5 ‰

d 452.5 cm

x 13.93 x/d 0.03077

δ 0.7

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Sezio...

File

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
159 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4525	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	6594	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0015		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1247	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <sub>Appoggio</sub>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
160 di 179

### 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

-80

47

36

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Verifica C.A. S.L.U. - File: SC12

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	460

N°	As [cm²]	d [cm]
1	21.05	7.5
2	21.05	82.5
3	21.05	232.5
4	21.05	452.5

**Tipo Sezione**

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N<sub>Ed</sub>   kN

M<sub>xEd</sub>   kNm

M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**

Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**

**B450C** **C35/45**

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰

E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?

ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰

τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d  δ

**Metodo di calcolo**

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

**Calcola MRd** **Dominio M-N**

L<sub>0</sub>  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
161 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	4600	mm	Altezza
d	4525	mm	Altezza utile

fck	35	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	19.83	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.92	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	6594	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.21		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.28	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0015		Rapporto geom. di armatura longitud.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	1247	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' <sub>Appoggio</sub>	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
162 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	-87	107	18
RARA02	-89	104	18

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

#### COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-87.00	110.00	0.00

#### OMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.00	-50.0	460.0	-16.4	24.0	7.5	9864	83.9

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
163 di 179

#### SOLLECITAZIONI QUASI PERMANENTI

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	-70	91	14

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

#### COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.00	-50.0	460.0	-13.6	24.0	7.5	9864	83.9

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
164 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### SOLLECITAZIONI FREQUENTI

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
FREQ1	-79	99	7
FREQ2	-80	93	7

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	-79.00	99.00 (7651.54)	0.00 (0.00)

### OMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]  
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00008	-0.00001	0.556	21.1	64	0.00004 (0.00004)	688	0.031 (0.30)	7651.54	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00007	0.00000	0.502	21.1	64	0.00004 (0.00004)	642	0.026 (0.20)	7758.33	0.00

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
165 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC13

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	-110	-62	265
SLU02	-96	-58	234
SLU03	-103	-62	247
SLU04	-90	-57	215

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	-110.00	0.00	0.00

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
166 di 179

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res
1	S	-110.00	0.00	-109.95	1369.53

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
167 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	1500	mm	Altezza
d	1396	mm	Altezza utile

fck	30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	17.00	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	8.50	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2655	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.38		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.31	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
pl	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	433	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
A <sub>st</sub> (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	ctgθ <sub>calc</sub>	ctgθ	rottura	V <sub>rd3</sub> (kN)	V <sub>rd2</sub> (kN)	V <sub>rd</sub> (kN)	p max (mm)
188	300	5.802	2.500	duttile lato acc	770.22	3682.55	770	300

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
168 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

-97

-78

251

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Totale Area totale barre longitudinali [cm<sup>2</sup>]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	-97.00	0.00	-97.21	1302.60	999.00	53.1(45.0)

### VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	1500	mm	Altezza
d	1396	mm	Altezza utile

fck	30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
fyd	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
fcd	17.00	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f'cd	8.50	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2655	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.38		Fattore di ingranamento
vmin	0.31	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
pl	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
Ned	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σcp (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σcp (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
αc	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
Vrd	433	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
Ast (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	ctgθcalc	ctgθ	rottura	Vrd3 (kN)	Vrd2 (kN)	Vrd (kN)	p max (mm)
188	300	5.802	2.500	duttile lato acc	770.22	3682.55	770	300



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
169 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	-81	-43	196
RARA02	-80	-43	194

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-80.00	43.00	0.00

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
170 di 179

### COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata

Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.00	-50.0	150.0	-27.6	20.0	10.4	5530	53.1

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
171 di 179

#### SOLLECITAZIONI QUASI PERMANENTE

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	-70	-19	179

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

#### COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.00	-50.0	150.0	-18.7	20.0	10.4	5530	53.1

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
172 di 179

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
FREQ01	-73	-24	188
FREQ02	-73	-24	186

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-73.00	24.00 (774.87)	0.00 (0.00)

### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1 Esito della verifica  
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
k2 = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k3 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k4 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Cf Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]  
e sm - e cm Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
sr max Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
wk Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]  
My fess. Apertura fessure in mm calcolata =  $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00011	-0.00003	0.629	26.0	91	0.00006 (0.00006)	888	0.055 (0.30)	774.87	0.00

### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00010	-0.00003	0.672	26.0	91	0.00006 (0.00006)	928	0.052 (0.20)	708.05	0.00

$M_x < M_{xfess}$

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
173 di 179

## 16.1 Sezione di calcolo SC14

### 16.1.1 Verifiche SLU combinazione statica

#### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE STATICA

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
SLU01	77	272	859
SLU02	78	286	785
SLU03	51	225	768
SLU04	52	240	694

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	51.00	0.00	0.00

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	51.00	0.00	50.80	1489.58	999.00	53.1(45.0)

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
174 di 179

## VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	1500	mm	Altezza
d	1422	mm	Altezza utile

fck	30	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	17.00	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	8.50	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2655	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale
k	1.38		Fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.31	N/mm <sup>2</sup>	Tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub> (NA)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σ <sub>cp</sub> (A)	0.00	N/mm <sup>2</sup>	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
α <sub>c</sub>	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	440	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mm <sup>2</sup>	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
A <sub>st</sub> (mm <sup>2</sup> )	s (mm)	ctgθ <sub>calc</sub>	ctgθ	rottura	V <sub>rd3</sub> (kN)	V <sub>rd2</sub> (kN)	V <sub>rd</sub> (kN)	p max (mm)
188.3	150	4.038	2.500	duttile lato acc	1571.63	3751.14	1572	300

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
175 di 179

## 16.1.2 Verifiche SLU combinazione sismica

### SOLLECITAZIONI ALLO STATO LIMITE ULTIMO – COMBINAZIONE SISMICA

N [kN/m]

M [kNm/m]

V [kN/m]

SLV01

129

143

805

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	129.00	0.00	128.88	1476.14	999.00	53.1(45.0)

### VERIFICHE A TAGLIO

Dati			
b	1000	mm	Larghezza dell'anima resistente a taglio
h	1500	mm	Altezza
d	1422	mm	Altezza utile

fck	30	N/mmq	Resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
fyd	391.3	N/mmq	Resistenza di progetto dell'acciaio
fc'd	17.00	N/mmq	Resistenza di progetto del calcestruzzo
f'cd	8.50	N/mmq	Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	2655	mmq	Armatura longitudinale
k	1.38		Fattore di ingranamento
vmin	0.31	N/mmq	Tensione resistente minima
pl	0.0019		Rapporto geom. di armatura longit.
Ned	0	N	Sforzo di compressione di progetto nella sezione
σcp (NA)	0.00	N/mmq	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez NA
σcp (A)	0.00	N/mmq	Tensione media di compressione nella sezione per v. Sez A
αc	1.00		Coefficiente maggiorativo

Resistenza a taglio della trave non armata e armatura minima			
Vrd	440	kN	Resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura
As' Appoggio	0.0	mmq	Armatura minima all'appoggio (4.1.2.1.3.1)

Resist. a taglio della trave non armata e passo massimo								
Ast (mmq)	s (mm)	ctgθcalc	ctgθ	rottura	Vrd3 (kN)	Vrd2 (kN)	VRd (kN)	p max (mm)
188.3	150	4.038	2.500	duttile lato acc	1571.63	3751.14	1572	300



Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
176 di 179

### 16.1.3 Verifiche SLE

#### SOLLECITAZIONI RARA IN ESERCIZIO

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
RARA01	59	200	635
RARA02	56	192	624

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	59.00	-200.00	0.00

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
177 di 179

## COMBINAZIONE RARA IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.93	-50.0	0.0	-46.3	20.0	142.2	1950	26.5

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Quercie n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N. NG1200CZZCLVI0203010B

Progetto  
NG12

Lotto  
00

Codifica Documento  
C ZZ CL VI0203 010

Rev.  
B

Foglio  
178 di 179

## SOLLECITAZIONI QUASI PERMANENTI

Combo	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
QP01	60	159	578

- Combo: combinazione dei carichi;
- N: sforzo assiale;
- M: azione flettente,
- V: azione tagliante.

## COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE IN ESERCIZIO- MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.74	-50.0	150.0	-34.6	20.0	7.8	1950	26.5

## MOMENTO DI PRIMA FESSURAZIONE ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

### SOLLECITAZIONI FREQUENTI

	N [kN/m]	M [kNm/m]	V [kN/m]
FREQ01	59	181	607
FREQ02	58	175	599

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	59.00	181.00 (1547.74)	0.00 (0.00)

## COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

Ver. Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace  $A_{c\ eff}$  [eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Contraente



Progettista:



TECNOSTRUTTURE S.r.l.

SEDE LEGALE:  
Piazza Regina Margherita n.27  
00198 ROMA  
SEDE OPERATIVA:  
Via delle Querciole n. 13  
00037 Segni (RM)

Doc. N.	NG1200CZZCLVI0203010B	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio
		NG12	00	C ZZ CL VI0203 010	B	179 di 179

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00022	0	0.500	26.0	65	0.00012 (0.00012)	546	0.067 (0.30)	1547.74	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00019	0	0.500	26.0	65	0.00010 (0.00010)	546	0.057 (0.20)	1571.43	0.00

$M_x < M_{xfess}$