

S.S.291 "Della Nurra"

Lavori di costruzione del Lotto 1 da Alghero ad Olmedo, in località bivio cantoniera di Rudas (completamento collegamento Alghero-Sassari) e del Lotto 4 tra bivio Olmedo e l'aeroporto di Alghero -Fertilia (bretella per l'aeroporto)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. CA29

PROGETTAZIONE: ATI: VIA - SERING - VDP - BRENG

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

RESPONSABILE D'AREA

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

COORDINATORE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. MariaAntonietta Merendino (Ord. Ing. Prov. Roma A28481)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Salvatore Campione

MANDATARIA:



MANDANTE:



MANDANTE:



MANDANTE:



SOTTOVIA

ASSE TIPO B

ST01B Sottovia al km 2+172

Relazione tecnica e di calcolo



CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPCA0029 E 21

NOME FILE

T01_ST01_STR_RE01_A

CODICE ELAB.

T01ST01STRRE01

REVISIONE

A

SCALA:

VARIE

D

C

B

A

EMISSIONE

Giugno 2021

E. RICCI

G. CAPOGNA

G. PIAZZA

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

INDICE

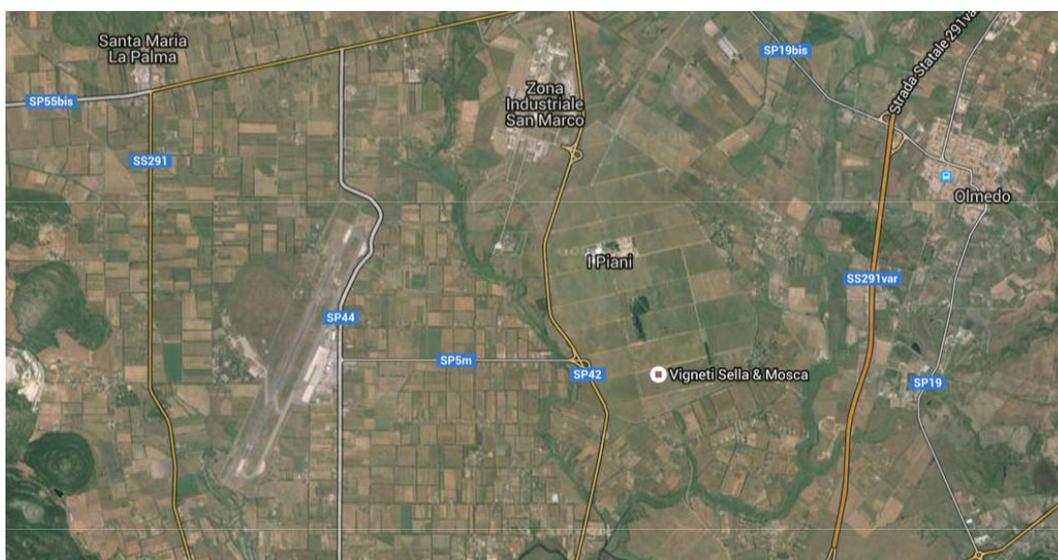
1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	5
3	UNITÀ DI MISURA	5
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
	4.1 Calcestruzzo	6
	4.1.1 Calcestruzzo magrone – classe di resistenza C12/15.....	6
	4.1.2 Calcestruzzo classe di resistenza C32/40	6
	4.1.3 Legame costitutivo del calcestruzzo	8
	4.1.4 Acciaio per cemento armato	8
	4.1.5 Legame costitutivo dell'acciaio	9
	4.2 Durabilità dei materiali	9
5	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	10
6	METODO DI CALCOLO	11
	6.1 Contesto Normativo e Metodo di Analisi	11
	6.2 Verifiche strutturali	11
	6.2.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione – pressoflessione.....	11
	6.2.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	12
	6.2.3 Verifica agli stati limite d'esercizio	13
7	SOFTWARE DI CALCOLO	14
8	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	14
	8.1 Periodo di riferimento per l'azione sismica	14
	8.2 Caratterizzazione sismica del terreno e condizioni topografiche.....	17
	8.3 Fattore di struttura	18
	8.4 Parametri sismici di calcolo.....	18
9	DEFINIZIONE DELLE AZIONI SULLA STRUTTURA	19
	9.1 Carichi unitari sulla struttura	19
	9.1.1 Carichi permanenti strutturali.....	19
	9.1.2 Carichi permanenti non strutturali	19
	9.1.3 Spinta statica del terreno	20
	9.1.4 Spinta del terreno in condizioni sismiche	20
	9.1.5 Spinta del terreno dovuta ai sovraccarichi accidentali.....	21
	9.1.6 Carichi mobili (stradale).....	22
	9.1.7 Azione di frenamento.....	23
	9.1.8 Ritiro del calcestruzzo	23

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

9.1.9	Variazione termica.....	23
9.1.10	Azione sismica	23
9.2	Combinazioni di carico	24
10	ANALISI STRUTTURALE	26
10.1	Riepilogo dei carichi applicati	27
10.2	Combinazioni.....	29
10.3	Sollecitazioni	40
10.3.1	Riepilogo sollecitazioni	44
10.4	Verifiche strutturali a pressoflessione (SLU-SLE)	46
10.4.1	Verifica soletta inferiore in appoggio (S _{inf-1})	47
10.4.2	Verifica soletta inferiore in mezzeria (S _{inf-2}).....	50
10.4.3	Verifica piedritti allo spiccato (P _{inf-2}).....	53
10.4.4	Verifica piedritti in sommità (P _{sup-1})	56
10.4.5	Verifica soletta superiore in appoggio (S _{sup-1})	59
10.4.6	Verifica soletta superiore in mezzeria (S _{sup-2}).....	62
10.5	Verifiche a taglio	65
11	CONCLUSIONI	66

1 PREMESSA

La presente relazione riporta il dimensionamento e le verifiche delle strutture in cemento armato ordinario gettato in opera del sottovia denominato “ST01B Sottovia al km 2+172” del LOTTO 4 nell’ambito del progetto definitivo “NUOVA S.S. 291 - COLLEGAMENTO SASSARI – ALGHERO – AEROPORTO - Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas - Alghero e del 4° lotto di collegamento con l’aeroporto di Fertilia”.



Lo scatolare in cemento armato ordinario gettato in opera presenta una sezione trasversale a singola canna con sezione utile interna di 8.50m x 6.50 m.

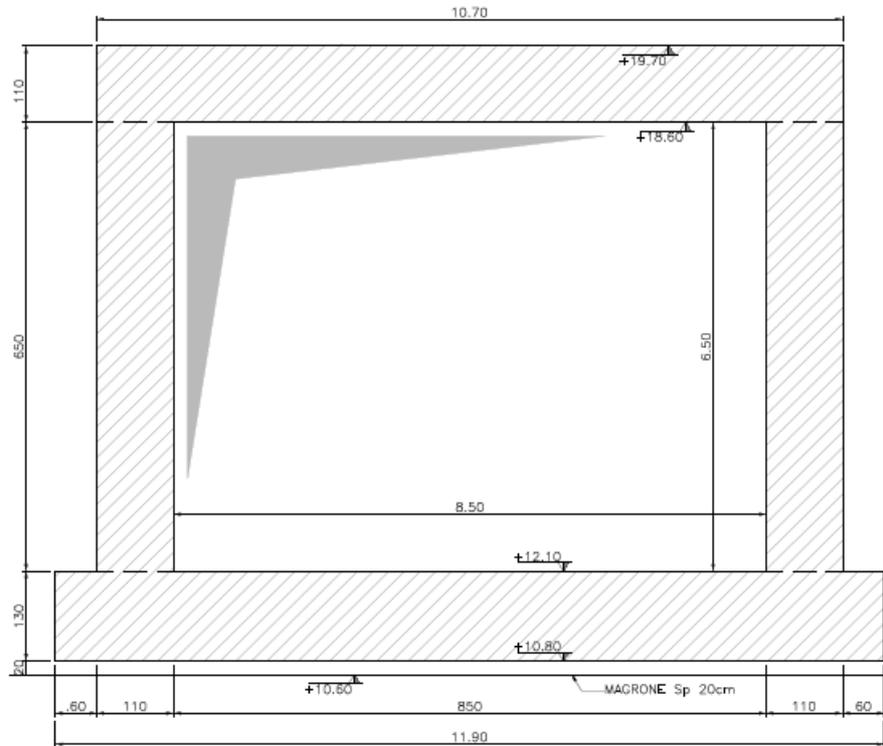
Lo scatolare ha le seguenti dimensioni geometriche:

- Fondazione 12,89x25.60m spess 1.30m;
- Piedritti Lungh 25.60m spess 1.10m;
- Soletta superiore Luce interna 8.50m (9.29m in obliquo) spess 1.10m

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

SEZIONE 1-1
SEZIONE SCATOLARE
Scala 1:50



Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

2 **NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO**

La progettazione è stata svolta nel rispetto della seguente normativa:

- **D.M. 14/01/2008** - Norme tecniche per le costruzioni
- **Circolare 02 Febbraio 2009, n. 617** – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- **UNI EN 1992-1** “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- **UNI EN 1992-2** “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- **UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8)** – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- **UNI EN 206-1:2014**: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- **UNI 11104**: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “**Linee guida sul calcestruzzo** strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.

3 **UNITÀ DI MISURA**

Nella presente relazione di calcolo di calcolo è stato fatto uso delle seguenti unità di misura:

- per i carichi: kN/m², kN/m, kN
- per i momenti: kNm
- per i tagli e sforzi normali: kN
- per le tensioni: N/mm²
- per le accelerazioni: m/sec²

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

In conformità a quanto specificato al paragrafo 4.1 delle NTC 2008, il calcestruzzo deve possedere i requisiti richiesti dalle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104. Le caratteristiche del calcestruzzo sono desunte dalle formulazioni indicate al paragrafo 11.2.10 delle NTC 2008. Per quanto non previsto si fa riferimento alle norme UNI EN 1992-1-1:2005.

Si assume che le varie parti siano realizzate con le classi di calcestruzzo di seguito indicate:

Magrone	C12/15
Piedritti	C32/40
Soletta di fondazione	C32/40
Soletta superiore	C32/40

4.1.1 Calcestruzzo magrone – classe di resistenza C12/15

Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$
Dosaggio minimo cemento	150 kg/mc

4.1.2 Calcestruzzo classe di resistenza C32/40

$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico del calcestruzzo
$R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	Resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$	Resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.2 \text{ N/mm}^2$	Resistenza cilindrica media a compressione
$f_{cd} = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$	Resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$	Resistenza media trazione (classi $\leq C50/60$)
$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$	Resistenza caratteristica a trazione
$\gamma_c = 1.5$	Coefficiente di sicurezza parziale del calcestruzzo
$f_{ctd} = f_{ctk} / 1.5 = 1.45 \text{ N/mm}^2$	Resistenza di calcolo a trazione
$f_{bk} = 2.25 \times 1.0 \times f_{ctk} = 4.88 \text{ N/mm}^2$	Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza
$f_{bd} = f_{bk} / 1.5 = 3.25 \text{ N/mm}^2$	Resistenza di aderenza di calcolo
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} = 33642 \text{ N/mm}^2$	Modulo elastico
$\nu_{cls \text{ fess.}} = 0$	Coefficiente di Poisson – Calcestruzzo fessurato
$\nu_{cls \text{ non fess.}} = 0.2$	Coefficiente di Poisson – Calcestruzzo non fessurato

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Coefficiente di espansione termica lineare

XC2+XA1

Classe di esposizione (norme UNI EN 206-1)

4.1.3 Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il calcestruzzo si adotta un diagramma tensione-deformazione di tipo parabola-rettangolo per le verifiche strutturali e di ripo rettangolo per le verifiche dei collegamenti, come mostrato di seguito.



in cui ϵ_{c2} , ϵ_{c4} e ϵ_{cu} assumono i seguenti valori per classi di resistenza inferiori a C50/60:

deformazione in corrispondenza del valore massimo della tensione	$\epsilon_{c2} = 2.0\text{‰}$
deformazione in corrispondenza del valore massimo della tensione	$\epsilon_{c4} = 0.07\text{‰}$
deformazione unitaria a rottura	$\epsilon_{cu} = 3.5\text{‰}$

4.1.4 Acciaio per cemento armato

Le armature degli elementi in cemento armato sono realizzati con acciaio B450C, caratterizzato dai seguenti valori delle tensioni caratteristiche (par. 11.3.2 delle NTC 2008 e par. 4.1.2.1.2.2 NTC 2008):

$\gamma_{acc} = 78.5 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico
$f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$	Valore nominale della tensione di snervamento
$f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$	Valore nominale della tensione di rottura
$\gamma_s = 1.15$	Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$	Resistenza di calcolo
$(f_y / f_{yk})_k \leq 1.25$	
$(f_t / f_y) \text{ medio} \geq 1.15 < 1.35$	

Per la realizzazione delle barriere sono previsti i seguenti materiali le cui caratteristiche sono riportate in funzione del metodo di verifica della sicurezza che è quello degli Stati Limite Ultimi.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

4.1.5 Legame costitutivo dell'acciaio

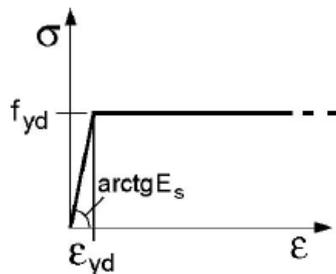
Per l'acciaio si adotta un legame costitutivo elastico perfettamente plastico, con rottura in corrispondenza di un valore della deformazione pari a:

deformazione in corrispondenza della tensione di snervamento

$$\epsilon_{yd} = f_{yd}/E;$$

deformazione massima a rottura

$$\epsilon_{ud} = 1.00\%$$



4.2 Durabilità dei materiali

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 02.02.2009, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.IV delle NTC.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
C _{min}	C _o	ambiente	C _o ≥ C	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≥ C	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≥ C	C _{min} ≤ C < C _o	C _o ≥ C	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

5 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici presi a riferimento per i terreni sono:

Terreno di ricoprimento

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

Terreno di rinfiacco

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

Per la valutazione dell'interazione tra terreno e struttura è stata considerata una costante di sottofondo del terreno pari a **k=15.000,00 kN/m³**.

Il valore di k è stato considerato costante lungo l'intero sviluppo longitudinale del manufatto.

Sono state considerate condizioni di falda assente.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

6 METODO DI CALCOLO

6.1 Contesto Normativo e Metodo di Analisi

L'analisi e la verifica degli elementi strutturali viene effettuata secondo il metodo semiprobabilistico degli stati limite, in conformità a quanto previsto dalle normative di riferimento (Capitolo 2 delle NTC 2008). Anche l'analisi dell'interazione struttura-terreno di fondazione viene effettuata secondo tale metodo.

Dal punto di vista delle strutture si farà riferimento agli stati limite descritti brevemente a seguire, secondo quanto riportato nel paragrafo 2.2.6 delle NTC 2008.

6.2 Verifiche strutturali

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

6.2.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione – pressoflessione

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

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

6.2.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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

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

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

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha$$

, valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere
sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

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

, valore di progetto del massimo sforzo di taglio
che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

con d in mm;

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

;

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

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

;

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

;

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

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

s è il passo delle staffe;

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

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

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

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

6.2.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

$\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione di carico caratteristica (rara);

$\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione di carico quasi permanente;

$\sigma_s < 0.80 f_{yd}$ per combinazione di carico caratteristica (rara).

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure previste per condizioni ambientali "aggressive".

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	$\leq w_1$

I valori nominali di riferimento sono:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

7 SOFTWARE DI CALCOLO

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici **Microsoft® Office Excel**. Per l'analisi strutturale dei muri ad U si è utilizzato il software per il calcolo agli elementi finiti **SAP2000 della CSI-Italia v.21.0.2**, corredato di certificazione di affidabilità così come previsto dal paragrafo 10.2 delle NTC 2008.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si ricorre ai seguenti programmi:

- **VCA_SLU.**

8 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Con riferimento alla normativa vigente (NTC 2008), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel paragrafo 3.2.1 delle NTC 2008, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel paragrafo 2.4 delle NTC 2008.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g – accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di a_g , F_o e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

8.1 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale si rimanda alla tabella 2.4.I delle NTC 2008.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

A seconda della classe d'uso di appartenenza si ha un coefficiente C_U specifico associato, che si determina in accordo con la tabella 2.4.II delle NTC 2008.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

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

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

- **Classe d'uso: IV;**
- **Coefficiente d'uso $C_U = 2.0$;**
- **Vita nominale $V_N = 50$ anni;**
- **Periodo di riferimento $V_R = 100$ anni.**

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_U V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto
Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con
l'aeroporto di Fertilia



CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

8.2 Caratterizzazione sismica del terreno e condizioni topografiche

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel paragrafo 3.2.2 delle NTC 2008 e riportato nella tabella 3.2.II delle NTC 2008.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La categoria di sottosuolo considerata è: B

Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione, riportata nella tabella 3.2.III delle NTC 2008.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Le condizioni topografiche dell'area in esame sono ascrivibili alla categoria topografica T1, alla quale corrisponde **St=1**.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

8.3 Fattore di struttura

Le strutture sono dimensionate considerando un comportamento non dissipativo, pertanto le membrature rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico anche in caso di sisma con alto periodo di ritorno senza attingere alle proprie risorse dissipative o riserve plastiche.

Assumendo un comportamento non dissipativo, non è necessario l'utilizzo di accorgimenti quali la gerarchia delle resistenze, il cui effetto può esplicarsi solo al superamento del comportamento elastico della struttura. Pertanto le regole progettuali fissate dalla Norma, volte a garantire capacità dissipativa e duttilità strutturale, non trovano in tal caso applicazione poiché le membrature non attingono mai alle proprie risorse dissipative, né accedono alle loro riserve plastiche, rimanendo in campo elastico anche in caso di sisma con alto periodo di ritorno.

Per le opere strutturali in esame si considera un fattore di struttura di entità unitaria.

8.4 Parametri sismici di calcolo

I parametri di pericolosità sismica relativi all'area di progetto ricadente nel Comune di Alghero sono riportati in tabella sotto.

Parametri di pericolosità Sismica				
	perio di ritorno T_r	accelerazione orizzontale a_g	amplificazione spettrale F_o	Periodo inizio tratto velocità cost. T^*_c
"Stato Limite"	[anni]	[g]	[-]	[s]
Operatività	60	0.025	2.670	0.299
Danno	101	0.031	2.730	0.307
Salvaguardia Vita	949	0.060	2.880	0.371
Prevenzione Collasso	1950	0.071	2.980	0.393

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

9 DEFINIZIONE DELLE AZIONI SULLA STRUTTURA

9.1 Carichi unitari sulla struttura

Nei paragrafi successivi si riporta una descrizione di tutti i carichi agenti sugli elementi strutturali.

9.1.1 Carichi permanenti strutturali

I carichi caratteristici dovuti agli elementi strutturali sono:

Peso proprio del calcestruzzo armato ordinario 25.00 kN/m³

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

9.1.2 Carichi permanenti non strutturali

I pesi propri non strutturali sono costituiti da:

- **Soletta sup:**

Pavimentazione superiore (0.10x20) 2.00kN/m²

Peso del rinterro (0.40x19) 7.60kN/m²

- **Soletta inf :**

Peso del rinterro (1.20x19) 22.80kN/m²

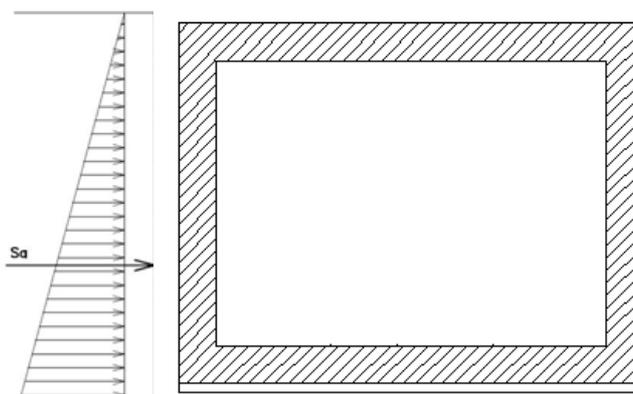
Risvolti soletta inf :

Pavimentazione superiore (0.10x20) 2.00kN/m²

Peso del rinterro ((0.40+1.10+6.50)x19) 152.00kN/m²

9.1.3 Spinta statica del terreno

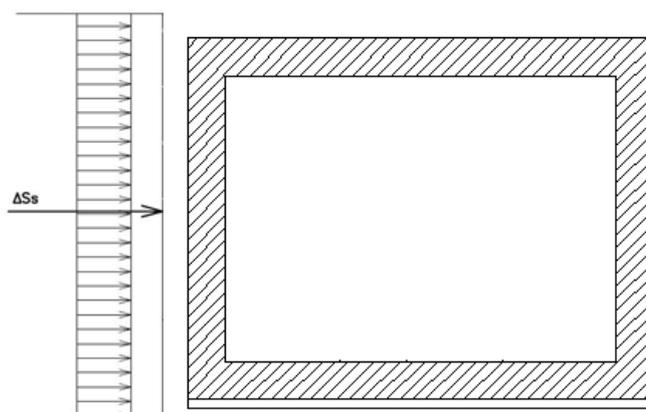
Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.



La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo k_0 .

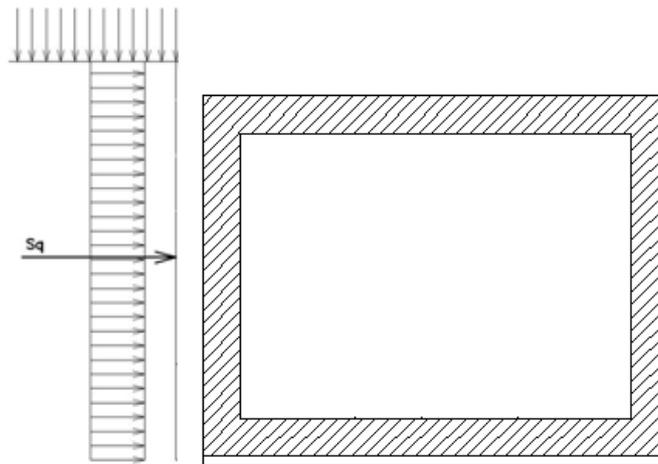
9.1.4 Spinta del terreno in condizioni sismiche

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



9.1.5 Spinta del terreno dovuta ai sovraccarichi accidentali

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a $S=k_0 \cdot q \cdot H$, con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

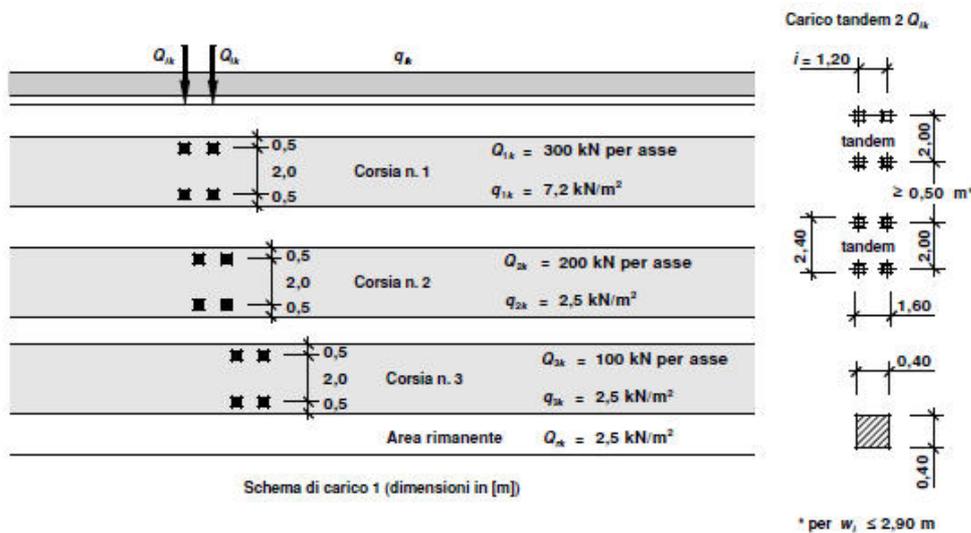


9.1.6 Carichi mobili (stradale)

Le azioni da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dagli schemi di carico di seguito elencati (D. Min. 14/01/2008).

Schema 1

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:



In senso trasversale i carichi Q_{ik} e q_{ik} sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

1° colonna: Q_{1k} : 2 assi 300 kN disposti a distanza di 1,20 m
 q_{1k} : carico uniforme ripartito → 9,00 kN/m²

2° colonna: Q_{2k} : 2 assi 200 kN disposti a distanza di 1,20 m
 q_{2k} : carico uniforme ripartito → 2,50 kN/m²

3° colonna: Q_{3k} : 2 assi 100 kN disposti a distanza di 1,20 m
 q_{3k} : carico uniforme ripartito → 2,50 kN/m²

Per la disposizione dei carichi mobili nel caso di modellazione piana si farà riferimento alla corsia di carico relativa alla colonna 1.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

9.1.7 Azione di frenamento

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e per i ponti di 1a categoria è uguale a:

$$q_3 \quad 180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN} \quad \mathbf{391.05 \quad \text{kN/m}}$$

Tale azione sarà ripartita trasversalmente per una larghezza pari

$$L_{d3} \quad 3.00 + 2x(0.10+0.40+1.10/2) = \quad 5.10 \quad \text{m}$$

Pertanto il carico applicato alla soletta superiore sarà pari a **76.68 kN/m**.

9.1.8 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2008. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10°, ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

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

9.1.9 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^\circ\text{C}$, con un variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a $\Delta T = +5^\circ\text{C}$ applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume: $\alpha = 0.00001$

9.1.10 Azione sismica

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica e i parametri dello spettro di risposta in accelerazione utilizzato per il progetto si rimanda al paragrafo specifico della suddetta relazione di calcolo.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

9.2 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico da considerare nelle verifiche strutturali e geotecniche devono essere stabilite in modo da garantire la sicurezza secondo quanto prescritto dalle NTC 2008.

Come indicato al paragrafo 2.6.1 delle NTC 2008, per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'Approccio progettuale di tipo 2. Solo per alcune verifiche geotecniche è stato fatto uso dell'Approccio di tipo 1.

Secondo tale approccio, si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R).

Le verifiche geotecniche e strutturali sono svolte seguendo l'approccio 2 (combinazione unica A1+M1+R3). Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi di tipo strutturale, il coefficiente R3 non deve essere portato in conto. La verifica di stabilità globale è stata effettuata seguendo la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2+M2+R2).

I coefficienti per i materiali (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3) sono riportati nei paragrafi di verifica.

I coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2) sono riportati nella tabella 2.6.I delle NTC 2008.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. 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 parziali validi per le azioni permanenti.

I coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici (M1 e M2) sono indicati nella tabella 6.2.II delle NTC 2008.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

I coefficienti per le resistenze (R1, R2 e R3) sono riportati nei paragrafi di verifica.

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172	

I valori dei coefficienti ψ_{0i} , ψ_{1i} e ψ_{2i} , per tener conto della non contemporaneità delle azioni sono riportati nella tabella seguente in base al carico di riferimento.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Per quanto riguarda le azioni variabili associate al carico aerodinamico da pressione veicolare e il carico dinamico da rimozione neve si adotta lo stesso coefficiente parziale di sicurezza previsto per l'azione del vento.

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto al paragrafo 2.5.3 delle NTC 2008 e sono le seguenti.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

10 ANALISI STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti all'intradosso della soletta di fondazione necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

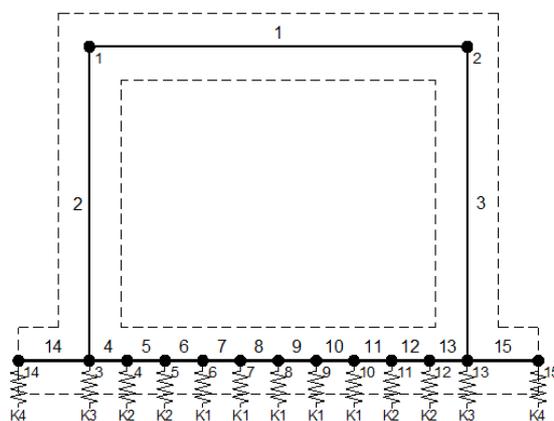
Convenzione assi

x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler.



La soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno- struttura. In funzione dello stato di sollecitazione, si differenziano le rigidezze delle molle verso il piedritto.

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler è stato determinato con la seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_f}$$

10.1 Riepilogo dei carichi applicati

(a) Caratteristiche materiali e terreno					
Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ		25	kN/m ³	
Calcestruzzo armato - Tipo			C32/40		
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R _{ck}		40	N/mm ²	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f _{ck}		33	N/mm ²	
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33600	N/mm ²	
Pacchetto stradale - Peso specifico	γ		20	kN/m ³	
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ		19	kN/m ³	
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		35	°	
Terreno di fondazione	K _w		15000	kN/m ³	
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive		
(b) Ricoprimento					
Spessore pacchetto stradale	H _p		0.10	m	
Spessore del rinterro soletta superiore	H _r		0.40	m	
Spessore del rinterro soletta inferiore			1.20	m	
(c) Geometria					
Spessore soletta superiore	S _s		1.10	m	
Spessore soletta di fondazione	S _f		1.30	m	
Spessore piedritti	S _p		1.10	m	
Altezza netta	H _{int}		6.50	m	
Larghezza netta (in obliquo)	L _{int}		9.30	m	
Lunghezza risvolti sol. inf.	L _r		0.60	m	
(d) Rigidezze molle					
Interasse molle	i	$(1.10/2 + 9.30 + 1.10/2) / 10 =$	1.04	m	
Molle centrali	K ₁	$15000 \cdot 1.04 =$	15,600	kN/m	
Molle intermedie	K ₂	$1.5 \cdot 15000 \cdot 1.04 =$	23,400	kN/m	
Molle laterali	K ₃	$2.0 \cdot 15000 \cdot (1.04/2 + 1.10/2) =$	32,100	kN/m	
Molle risvolto	K ₄	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.60 =$	13,500	kN/m	
(e) Carichi permanenti					
Soletta superiore					
Peso pacchetto stradale	P _s	$0.10 \cdot 20 =$	2.00	kN/m ²	
Peso del rinterro	P _r	$0.40 \cdot 19 =$	7.60	kN/m ²	
Totale			9.60	kN/m²	
Soletta inferiore					
Peso del rinterro	P _r	$1.20 \cdot 19 =$	22.80	kN/m²	
Risvolti soletta inferiore					
Peso pacchetto stradale	P _s	$0.10 \cdot 20 =$	2.00	kN/m ²	
Peso del rinterro	P _r	$(0.40+1.10+6.50) \cdot 19 =$	152.00	kN/m ²	
Totale			154.00	kN/m²	
(f) Carichi accidentali sulla copertura					
Tandem					
L _{diffusione x}			1.60	m	
L _{diffusione y}			2.40	m	
Impronta di carico x	L _{d1}	$1.60 + 2 \cdot (0.10+0.40+1.10/2) =$	3.70	m	
Impronta di carico y	L _{d2}	$2.40 + 2 \cdot (0.10+0.40+1.10/2) =$	3.00	m	
Impronta sull'impalcato		$3.70 \cdot 3.00 =$	11.10	m ²	
carico q ₁ (totale)			600	kN	
carico q ₁ (ripartito)	Q _{1k}	$600 / 11.10 =$	54.05	kN/m²	
Carico distribuito					
	L _{d3}	$3.00 + 2 \cdot (0.10+0.40+1.10/2) =$	5.10	m	
	q _{1k}	$9.00 \cdot (3.00 / 5.10) =$	5.29	kN/m²	
(g) Frenamento q₃					
q ₃	q ₃	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L / L_{d3} < 900$	76.68	kN/m	
(h) Azione termica					
Zona			1		
a _s			107	m	
T _{min}			14.57	°	
T _{max}			41.36	°	
T _o			15	°	
ΔT _U , max			26.4	°	
ΔT _U , max rigid fessurata			13.18	°	
Variazione termica uniforme di calcolo	ΔT _{U*}	di calcolo max (13.179 , 15°)	15	°	
Variazione termica a farfalla di calcolo	ΔT _{F*}	di calcolo	5	°	
(i) Ritiro (applicato alla soletta superiore)					
	ΔT _R		-10	°	
(l) Spinta del terreno					
K ₀		$1 - \text{sen}(35°) =$	0.426		
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p ₁	$0.426 \cdot 9.60 =$	4.09	kN/m ²	
Spinta in asse sol. sup.	p ₂	$0.426 \cdot (9.60 + 19 \cdot 1.10/2) =$	8.55	kN/m²	
Spinta in asse sol. inf.	p ₃	$0.426 \cdot [9.60 + 19 \cdot (1.10/2+6.50+1.30/2)] =$	70.94	kN/m²	

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [9.60 + 19 \cdot (1.10/2 + 6.50 + 1.30)] =$	76.20	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(4.09 + 8.55)/2 \cdot 1.10/2$	3.48	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(70.94 + 76.20)/2 \cdot 1.30/2$	47.82	kN/m
(m) Spinta del carico accidentale				
Spinta dovuta al q1	p	$0.426 \cdot (54.05 + 5.29) =$	25.31	kN/m²
(n) Sisma orizzontale				
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	Vr		50	anni
Classe d'uso	Cu		IV	
accelerazione orizzontale	ag/g		0.06	
amplificazione spettrale	Fo		2.88	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss		1.200	
Coeff. Amplificazione topografica	St		1	
Coefficiente S	S	$= Ss \cdot St$	1.200	
accelerazione orizzontale max	a _{max} /g	$= ag/g \cdot S$	0.0720	
Fattore di struttura	q		1.00	
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FHs	$0.072 \cdot (1.10 \cdot 25 + 9.60 + 0.2 \cdot 24.52) / 1.00 =$	3.02	kN/m²
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.072 \cdot (1.10 \cdot 25) / 1.00 =$	1.98	kN/m²
(o) Spinta del terreno in fase sismica				
Coefficiente sismico orizzontale	k _h	$= a_{max}/g$	0.072	
Coefficiente sismico verticale	k _v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.036	
Risultante della spinta sismica	ΔS _E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_r)^2$	120.9	kN/m
Pressione risultante	Δp _E	$= \Delta S_E / (H_{int} + S_s + S_f)$	15.7	kN/m²

10.2 Combinazioni

dove:

PERM : carichi permanenti

FALDA (F) : spinta idraulica

Q1k-M : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il momento)

Q1K-T : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il taglio)

Q2-M : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il momento)

Q2-T : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il taglio)

Q3 : azione longitudinale di frenamento

SPTSx : spinta del terreno sulla parete sx

SPTDx : spinta del terreno sulla parete dx

SPACCSx : spinta del carico accidentale sulla parete sx

SPACCDx : spinta del carico accidentale sulla parete dx

TERM : termica

RITIRO : ritiro

SISMAH : azione sismica

SPSDX : incremento sismico della spinta del terreno

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
01S1-11M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
01S1-11M			Linear Static	Q1-M	1.35
01S1-11M			Linear Static	Q2	1.35
01S1-11M			Linear Static	SPTSX	1
01S1-11M			Linear Static	SPTDX	1
01S1-11M			Linear Static	TERM	0.9
02S1-11T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
02S1-11T			Linear Static	Q1-T	1.35
02S1-11T			Linear Static	Q2	1.35
02S1-11T			Linear Static	SPTSX	1
02S1-11T			Linear Static	SPTDX	1
02S1-11T			Linear Static	TERM	0.9
03S1-12M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
03S1-12M			Linear Static	Q1-M	1.35
03S1-12M			Linear Static	Q2	1.35
03S1-12M			Linear Static	SPTSX	1.35
03S1-12M			Linear Static	SPTDX	1.35
03S1-12M			Linear Static	SPACCSX	1.35
03S1-12M			Linear Static	SPACCDX	1.35
03S1-12M			Linear Static	TERM	0.9
04S1-12T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
04S1-12T			Linear Static	Q1-T	1.35
04S1-12T			Linear Static	Q2	1.35
04S1-12T			Linear Static	SPTSX	1.35
04S1-12T			Linear Static	SPTDX	1.35
04S1-12T			Linear Static	SPACCSX	1.35
04S1-12T			Linear Static	SPACCDX	1.35
04S1-12T			Linear Static	TERM	0.9
05S1-13M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
05S1-13M			Linear Static	Q1-M	1.35
05S1-13M			Linear Static	Q2	1.35

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
05S1-13M			Linear Static	SPTSX	1
05S1-13M			Linear Static	SPTDX	1.35
05S1-13M			Linear Static	SPACCDX	1.35
05S1-13M			Linear Static	TERM	0.9
06S1-13T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
06S1-13T			Linear Static	Q1-T	1.35
06S1-13T			Linear Static	Q2	1.35
06S1-13T			Linear Static	SPTSX	1
06S1-13T			Linear Static	SPTDX	1.35
06S1-13T			Linear Static	SPACCDX	1.35
06S1-13T			Linear Static	TERM	0.9
07S1-14-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
07S1-14-			Linear Static	SPTSX	1.35
07S1-14-			Linear Static	SPTDX	1.35
07S1-14-			Linear Static	SPACCSX	1.35
07S1-14-			Linear Static	SPACCDX	1.35
07S1-14-			Linear Static	TERM	0.9
08S1-15-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
08S1-15-			Linear Static	SPTSX	1
08S1-15-			Linear Static	SPTDX	1.35
08S1-15-			Linear Static	SPACCDX	1.35
08S1-15-			Linear Static	TERM	0.9
09S1-21M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
09S1-21M			Linear Static	Q1-M	1.35
09S1-21M			Linear Static	Q2	1.35
09S1-21M			Linear Static	SPTSX	1
09S1-21M			Linear Static	SPTDX	1
09S1-21M			Linear Static	TERM	-0.9
09S1-21M			Linear Static	RITIRO	1.2
10S1-21T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
10S1-21T			Linear Static	Q1-T	1.35
10S1-21T			Linear Static	Q2	1.35
10S1-21T			Linear Static	SPTSX	1
10S1-21T			Linear Static	SPTDX	1
10S1-21T			Linear Static	TERM	-0.9
10S1-21T			Linear Static	RITIRO	1.2
11S1-22M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
11S1-22M			Linear Static	Q1-M	1.35
11S1-22M			Linear Static	Q2	1.35
11S1-22M			Linear Static	SPTSX	1.35
11S1-22M			Linear Static	SPTDX	1.35
11S1-22M			Linear Static	SPACCSX	1.35
11S1-22M			Linear Static	SPACCDX	1.35
11S1-22M			Linear Static	TERM	-0.9
11S1-22M			Linear Static	RITIRO	1.2
12S1-22T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
12S1-22T			Linear Static	Q1-T	1.35
12S1-22T			Linear Static	Q2	1.35
12S1-22T			Linear Static	SPTSX	1.35
12S1-22T			Linear Static	SPTDX	1.35
12S1-22T			Linear Static	SPACCSX	1.35
12S1-22T			Linear Static	SPACCDX	1.35
12S1-22T			Linear Static	TERM	-0.9
12S1-22T			Linear Static	RITIRO	1.2
13S1-23M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
13S1-23M			Linear Static	Q1-M	1.35
13S1-23M			Linear Static	Q2	1.35
13S1-23M			Linear Static	SPTSX	1
13S1-23M			Linear Static	SPTDX	1.35
13S1-23M			Linear Static	SPACCDX	1.35
13S1-23M			Linear Static	TERM	-0.9
13S1-23M			Linear Static	RITIRO	1.2
14S1-23T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
14S1-23T			Linear Static	Q1-T	1.35
14S1-23T			Linear Static	Q2	1.35
14S1-23T			Linear Static	SPTSX	1

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
14S1-23T			Linear Static	SPTDX	1.35
14S1-23T			Linear Static	SPACCDX	1.35
14S1-23T			Linear Static	TERM	-0.9
14S1-23T			Linear Static	RITIRO	1.2
15S1-24-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
15S1-24-			Linear Static	SPTSX	1.35
15S1-24-			Linear Static	SPTDX	1.35
15S1-24-			Linear Static	SPACCSX	1.35
15S1-24-			Linear Static	SPACCDX	1.35
15S1-24-			Linear Static	TERM	-0.9
15S1-24-			Linear Static	RITIRO	1.2
16S1-25-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
16S1-25-			Linear Static	SPTSX	1
16S1-25-			Linear Static	SPTDX	1.35
16S1-25-			Linear Static	SPACCDX	1.35
16S1-25-			Linear Static	TERM	-0.9
16S1-25-			Linear Static	RITIRO	1.2
17S1T11M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
17S1T11M			Linear Static	Q1-M	1.0125
17S1T11M			Linear Static	Q2	0.54
17S1T11M			Linear Static	SPTSX	1
17S1T11M			Linear Static	SPTDX	1
17S1T11M			Linear Static	TERM	1.5
18S1T11T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
18S1T11T			Linear Static	Q1-T	1.0125
18S1T11T			Linear Static	Q2	0.54
18S1T11T			Linear Static	SPTSX	1
18S1T11T			Linear Static	SPTDX	1
18S1T11T			Linear Static	TERM	1.5
19S1T12M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
19S1T12M			Linear Static	Q1-M	1.0125
19S1T12M			Linear Static	Q2	0.54
19S1T12M			Linear Static	SPTSX	1.35
19S1T12M			Linear Static	SPTDX	1.35
19S1T12M			Linear Static	SPACCSX	1.0125
19S1T12M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
19S1T12M			Linear Static	TERM	1.5
20S1T12T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
20S1T12T			Linear Static	Q1-T	1.0125
20S1T12T			Linear Static	Q2	0.54
20S1T12T			Linear Static	SPTSX	1.35
20S1T12T			Linear Static	SPTDX	1.35
20S1T12T			Linear Static	SPACCSX	1.0125
20S1T12T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
20S1T12T			Linear Static	TERM	1.5
21S1T13M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
21S1T13M			Linear Static	Q1-M	1.0125
21S1T13M			Linear Static	Q2	0.54
21S1T13M			Linear Static	SPTSX	1
21S1T13M			Linear Static	SPTDX	1.35
21S1T13M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
21S1T13M			Linear Static	TERM	1.5
22S1T13T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
22S1T13T			Linear Static	Q1-T	1.0125
22S1T13T			Linear Static	Q2	0.54
22S1T13T			Linear Static	SPTSX	1
22S1T13T			Linear Static	SPTDX	1.35
22S1T13T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
22S1T13T			Linear Static	TERM	1.5
23S1T14-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
23S1T14-			Linear Static	SPTSX	1.35
23S1T14-			Linear Static	SPTDX	1.35
23S1T14-			Linear Static	SPACCSX	1.0125
23S1T14-			Linear Static	SPACCDX	1.0125
23S1T14-			Linear Static	TERM	1.5
24S1T15-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
24S1T15-			Linear Static	SPTSX	1
24S1T15-			Linear Static	SPTDX	1.35
24S1T15-			Linear Static	SPACCDX	1.0125
24S1T15-			Linear Static	TERM	1.5
25S1T21M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
25S1T21M			Linear Static	Q1-M	1.0125
25S1T21M			Linear Static	Q2	0.54
25S1T21M			Linear Static	SPTSX	1
25S1T21M			Linear Static	SPTDX	1
25S1T21M			Linear Static	TERM	-1.5
25S1T21M			Linear Static	RITIRO	1.2
26S1T21T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
26S1T21T			Linear Static	Q1-T	1.0125
26S1T21T			Linear Static	Q2	0.54
26S1T21T			Linear Static	SPTSX	1
26S1T21T			Linear Static	SPTDX	1
26S1T21T			Linear Static	TERM	-1.5
26S1T21T			Linear Static	RITIRO	1.2
27S1T22M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
27S1T22M			Linear Static	Q1-M	1.0125
27S1T22M			Linear Static	Q2	0.54
27S1T22M			Linear Static	SPTSX	1.35
27S1T22M			Linear Static	SPTDX	1.35
27S1T22M			Linear Static	SPACCSX	1.0125
27S1T22M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
27S1T22M			Linear Static	TERM	-1.5
27S1T22M			Linear Static	RITIRO	1.2
28S1T22T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
28S1T22T			Linear Static	Q1-T	1.0125
28S1T22T			Linear Static	Q2	0.54
28S1T22T			Linear Static	SPTSX	1.35
28S1T22T			Linear Static	SPTDX	1.35
28S1T22T			Linear Static	SPACCSX	1.0125
28S1T22T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
28S1T22T			Linear Static	TERM	-1.5
28S1T22T			Linear Static	RITIRO	1.2
29S1T23M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
29S1T23M			Linear Static	Q1-M	1.0125
29S1T23M			Linear Static	Q2	0.54
29S1T23M			Linear Static	SPTSX	1
29S1T23M			Linear Static	SPTDX	1.35
29S1T23M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
29S1T23M			Linear Static	TERM	-1.5
29S1T23M			Linear Static	RITIRO	1.2
30S1T23T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
30S1T23T			Linear Static	Q1-T	1.0125
30S1T23T			Linear Static	Q2	0.54
30S1T23T			Linear Static	SPTSX	1
30S1T23T			Linear Static	SPTDX	1.35
30S1T23T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
30S1T23T			Linear Static	TERM	-1.5
30S1T23T			Linear Static	RITIRO	1.2
31S1T24-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
31S1T24-			Linear Static	SPTSX	1.35
31S1T24-			Linear Static	SPTDX	1.35
31S1T24-			Linear Static	SPACCSX	1.0125
31S1T24-			Linear Static	SPACCDX	1.0125
31S1T24-			Linear Static	TERM	-1.5
31S1T24-			Linear Static	RITIRO	1.2
32S1T25-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
32S1T25-			Linear Static	SPTSX	1
32S1T25-			Linear Static	SPTDX	1.35
32S1T25-			Linear Static	SPACCDX	1.0125
32S1T25-			Linear Static	TERM	-1.5
32S1T25-			Linear Static	RITIRO	1.2
33S2-11M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
33S2-11M			Linear Static	Q1-M	1.0125
33S2-11M			Linear Static	Q2	0.54
33S2-11M			Linear Static	Q3	1.35
33S2-11M			Linear Static	SPTSX	1
33S2-11M			Linear Static	SPTDX	1
33S2-11M			Linear Static	TERM	0.9
34S2-11T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
34S2-11T			Linear Static	Q1-T	1.0125
34S2-11T			Linear Static	Q2	0.54
34S2-11T			Linear Static	Q3	1.35
34S2-11T			Linear Static	SPTSX	1
34S2-11T			Linear Static	SPTDX	1
34S2-11T			Linear Static	TERM	0.9
35S2-12M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
35S2-12M			Linear Static	Q1-M	1.0125
35S2-12M			Linear Static	Q2	0.54
35S2-12M			Linear Static	Q3	1.35
35S2-12M			Linear Static	SPTSX	1.35
35S2-12M			Linear Static	SPTDX	1.35
35S2-12M			Linear Static	SPACCSX	1.0125
35S2-12M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
35S2-12M			Linear Static	TERM	0.9
36S2-12T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
36S2-12T			Linear Static	Q1-T	1.0125
36S2-12T			Linear Static	Q2	0.54
36S2-12T			Linear Static	Q3	1.35
36S2-12T			Linear Static	SPTSX	1.35
36S2-12T			Linear Static	SPTDX	1.35
36S2-12T			Linear Static	SPACCSX	1.0125
36S2-12T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
36S2-12T			Linear Static	TERM	0.9
37S2-13M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
37S2-13M			Linear Static	Q1-M	1.0125
37S2-13M			Linear Static	Q2	0.54
37S2-13M			Linear Static	Q3	1.35
37S2-13M			Linear Static	SPTSX	1
37S2-13M			Linear Static	SPTDX	1.35
37S2-13M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
37S2-13M			Linear Static	TERM	0.9
38S2-13T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
38S2-13T			Linear Static	Q1-T	1.0125
38S2-13T			Linear Static	Q2	0.54
38S2-13T			Linear Static	Q3	1.35
38S2-13T			Linear Static	SPTSX	1
38S2-13T			Linear Static	SPTDX	1.35
38S2-13T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
38S2-13T			Linear Static	TERM	0.9
39S2-21M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
39S2-21M			Linear Static	Q1-M	1.0125
39S2-21M			Linear Static	Q2	0.54
39S2-21M			Linear Static	Q3	1.35
39S2-21M			Linear Static	SPTSX	1
39S2-21M			Linear Static	SPTDX	1
39S2-21M			Linear Static	TERM	-0.9
39S2-21M			Linear Static	RITIRO	1.2
40S2-21T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
40S2-21T			Linear Static	Q1-T	1.0125
40S2-21T			Linear Static	Q2	0.54
40S2-21T			Linear Static	Q3	1.35
40S2-21T			Linear Static	SPTSX	1
40S2-21T			Linear Static	SPTDX	1
40S2-21T			Linear Static	TERM	-0.9
40S2-21T			Linear Static	RITIRO	1.2
41S2-22M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
41S2-22M			Linear Static	Q1-M	1.0125
41S2-22M			Linear Static	Q2	0.54

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
41S2-22M			Linear Static	Q3	1.35
41S2-22M			Linear Static	SPTSX	1.35
41S2-22M			Linear Static	SPTDX	1.35
41S2-22M			Linear Static	SPACCSX	1.0125
41S2-22M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
41S2-22M			Linear Static	TERM	-0.9
41S2-22M			Linear Static	RITIRO	1.2
42S2-22T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
42S2-22T			Linear Static	Q1-T	1.0125
42S2-22T			Linear Static	Q2	0.54
42S2-22T			Linear Static	Q3	1.35
42S2-22T			Linear Static	SPTSX	1.35
42S2-22T			Linear Static	SPTDX	1.35
42S2-22T			Linear Static	SPACCSX	1.0125
42S2-22T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
42S2-22T			Linear Static	TERM	-0.9
42S2-22T			Linear Static	RITIRO	1.2
43S2-23M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
43S2-23M			Linear Static	Q1-M	1.0125
43S2-23M			Linear Static	Q2	0.54
43S2-23M			Linear Static	Q3	1.35
43S2-23M			Linear Static	SPTSX	1
43S2-23M			Linear Static	SPTDX	1.35
43S2-23M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
43S2-23M			Linear Static	TERM	-0.9
43S2-23M			Linear Static	RITIRO	1.2
44S2-23T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
44S2-23T			Linear Static	Q1-T	1.0125
44S2-23T			Linear Static	Q2	0.54
44S2-23T			Linear Static	Q3	1.35
44S2-23T			Linear Static	SPTSX	1
44S2-23T			Linear Static	SPTDX	1.35
44S2-23T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
44S2-23T			Linear Static	TERM	-0.9
44S2-23T			Linear Static	RITIRO	1.2
45S2T11M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
45S2T11M			Linear Static	Q1-M	1.0125
45S2T11M			Linear Static	Q2	0.54
45S2T11M			Linear Static	SPTSX	1
45S2T11M			Linear Static	SPTDX	1
45S2T11M			Linear Static	TERM	1.5
46S2T11T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
46S2T11T			Linear Static	Q1-T	1.0125
46S2T11T			Linear Static	Q2	0.54
46S2T11T			Linear Static	SPTSX	1
46S2T11T			Linear Static	SPTDX	1
46S2T11T			Linear Static	TERM	1.5
47S2T12M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
47S2T12M			Linear Static	Q1-M	1.0125
47S2T12M			Linear Static	Q2	0.54
47S2T12M			Linear Static	SPTSX	1.35
47S2T12M			Linear Static	SPTDX	1.35
47S2T12M			Linear Static	SPACCSX	1.0125
47S2T12M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
47S2T12M			Linear Static	TERM	1.5
48S2T12T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
48S2T12T			Linear Static	Q1-T	1.0125
48S2T12T			Linear Static	Q2	0.54
48S2T12T			Linear Static	SPTSX	1.35
48S2T12T			Linear Static	SPTDX	1.35
48S2T12T			Linear Static	SPACCSX	1.0125
48S2T12T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
48S2T12T			Linear Static	TERM	1.5
49S2T13M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
49S2T13M			Linear Static	Q1-M	1.0125
49S2T13M			Linear Static	Q2	0.54

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
49S2T13M			Linear Static	SPTSX	1
49S2T13M			Linear Static	SPTDX	1.35
49S2T13M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
49S2T13M			Linear Static	TERM	1.5
50S2T13T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
50S2T13T			Linear Static	Q1-T	1.0125
50S2T13T			Linear Static	Q2	0.54
50S2T13T			Linear Static	SPTSX	1
50S2T13T			Linear Static	SPTDX	1.35
50S2T13T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
50S2T13T			Linear Static	TERM	1.5
51S2T21M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
51S2T21M			Linear Static	Q1-M	1.0125
51S2T21M			Linear Static	Q2	0.54
51S2T21M			Linear Static	SPTSX	1
51S2T21M			Linear Static	SPTDX	1
51S2T21M			Linear Static	TERM	-1.5
51S2T21M			Linear Static	RITIRO	1.2
52S2T21T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
52S2T21T			Linear Static	Q1-T	1.0125
52S2T21T			Linear Static	Q2	0.54
52S2T21T			Linear Static	SPTSX	1
52S2T21T			Linear Static	SPTDX	1
52S2T21T			Linear Static	TERM	-1.5
52S2T21T			Linear Static	RITIRO	1.2
53S2T22M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
53S2T22M			Linear Static	Q1-M	1.0125
53S2T22M			Linear Static	Q2	0.54
53S2T22M			Linear Static	SPTSX	1.35
53S2T22M			Linear Static	SPTDX	1.35
53S2T22M			Linear Static	SPACCSX	1.0125
53S2T22M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
53S2T22M			Linear Static	TERM	-1.5
53S2T22M			Linear Static	RITIRO	1.2
54S2T22T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
54S2T22T			Linear Static	Q1-T	1.0125
54S2T22T			Linear Static	Q2	0.54
54S2T22T			Linear Static	SPTSX	1.35
54S2T22T			Linear Static	SPTDX	1.35
54S2T22T			Linear Static	SPACCSX	1.0125
54S2T22T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
54S2T22T			Linear Static	TERM	-1.5
54S2T22T			Linear Static	RITIRO	1.2
55S2T23M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
55S2T23M			Linear Static	Q1-M	1.0125
55S2T23M			Linear Static	Q2	0.54
55S2T23M			Linear Static	SPTSX	1
55S2T23M			Linear Static	SPTDX	1.35
55S2T23M			Linear Static	SPACCDX	1.0125
55S2T23M			Linear Static	TERM	-1.5
55S2T23M			Linear Static	RITIRO	1.2
56S2T23T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
56S2T23T			Linear Static	Q1-T	1.0125
56S2T23T			Linear Static	Q2	0.54
56S2T23T			Linear Static	SPTSX	1
56S2T23T			Linear Static	SPTDX	1.35
56S2T23T			Linear Static	SPACCDX	1.0125
56S2T23T			Linear Static	TERM	-1.5
56S2T23T			Linear Static	RITIRO	1.2
57SED1-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
57SED1-			Linear Static	Q1-M	0.2
57SED1-			Linear Static	Q2	0.2
57SED1-			Linear Static	SPTSX	0.7
57SED1-			Linear Static	SPTDX	1
57SED1-			Linear Static	TERM	0.5
57SED1-			Linear Static	SISMAH	1

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
57SED1-			Linear Static	SPSDX	1
58SED2-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
58SED2-			Linear Static	Q1-M	0.2
58SED2-			Linear Static	Q2	0.2
58SED2-			Linear Static	SPTSX	0.7
58SED2-			Linear Static	SPTDX	1
58SED2-			Linear Static	TERM	-0.5
58SED2-			Linear Static	RITIRO	1
58SED2-			Linear Static	SISMAH	1
58SED2-			Linear Static	SPSDX	1
59Q1-11-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
59Q1-11-			Linear Static	SPTSX	0.7
59Q1-11-			Linear Static	SPTDX	0.7
59Q1-11-			Linear Static	TERM	0.5
60Q1-12-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
60Q1-12-			Linear Static	SPTSX	1
60Q1-12-			Linear Static	SPTDX	1
60Q1-12-			Linear Static	TERM	0.5
61Q1-13-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
61Q1-13-			Linear Static	SPTSX	0.7
61Q1-13-			Linear Static	SPTDX	1
61Q1-13-			Linear Static	TERM	0.5
62Q1-21-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
62Q1-21-			Linear Static	SPTSX	0.7
62Q1-21-			Linear Static	SPTDX	0.7
62Q1-21-			Linear Static	TERM	-0.5
62Q1-21-			Linear Static	RITIRO	1
63Q1-22-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
63Q1-22-			Linear Static	SPTSX	1
63Q1-22-			Linear Static	SPTDX	1
63Q1-22-			Linear Static	TERM	-0.5
63Q1-22-			Linear Static	RITIRO	1
64Q1-23-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
64Q1-23-			Linear Static	SPTSX	0.7
64Q1-23-			Linear Static	SPTDX	1
64Q1-23-			Linear Static	TERM	-0.5
64Q1-23-			Linear Static	RITIRO	1
65F1-11M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
65F1-11M			Linear Static	Q1-M	0.75
65F1-11M			Linear Static	Q2	0.4
65F1-11M			Linear Static	SPTSX	0.7
65F1-11M			Linear Static	SPTDX	0.7
65F1-11M			Linear Static	TERM	0.5
66F1-11T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
66F1-11T			Linear Static	Q1-T	0.75
66F1-11T			Linear Static	Q2	0.4
66F1-11T			Linear Static	SPTSX	0.7
66F1-11T			Linear Static	SPTDX	0.7
66F1-11T			Linear Static	TERM	0.5
67F1-12M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
67F1-12M			Linear Static	Q1-M	0.75
67F1-12M			Linear Static	Q2	0.4
67F1-12M			Linear Static	SPTSX	1
67F1-12M			Linear Static	SPTDX	1
67F1-12M			Linear Static	SPACCSX	0.75
67F1-12M			Linear Static	SPACCDX	0.75
67F1-12M			Linear Static	TERM	0.5
68F1-12T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
68F1-12T			Linear Static	Q1-T	0.75
68F1-12T			Linear Static	Q2	0.4
68F1-12T			Linear Static	SPTSX	1
68F1-12T			Linear Static	SPTDX	1
68F1-12T			Linear Static	SPACCSX	0.75
68F1-12T			Linear Static	SPACCDX	0.75
68F1-12T			Linear Static	TERM	0.5
69F1-13M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
69F1-13M			Linear Static	Q1-M	0.75
69F1-13M			Linear Static	Q2	0.4
69F1-13M			Linear Static	SPTSX	0.7
69F1-13M			Linear Static	SPTDX	1
69F1-13M			Linear Static	SPACCDX	0.75
69F1-13M			Linear Static	TERM	0.5
70F1-13T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
70F1-13T			Linear Static	Q1-T	0.75
70F1-13T			Linear Static	Q2	0.4
70F1-13T			Linear Static	SPTSX	0.7
70F1-13T			Linear Static	SPTDX	1
70F1-13T			Linear Static	SPACCDX	0.75
70F1-13T			Linear Static	TERM	0.5
71F1-14-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
71F1-14-			Linear Static	SPTSX	1
71F1-14-			Linear Static	SPTDX	1
71F1-14-			Linear Static	SPACCSX	0.75
71F1-14-			Linear Static	SPACCDX	0.75
71F1-14-			Linear Static	TERM	0.5
72F1-15-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
72F1-15-			Linear Static	SPTSX	0.7
72F1-15-			Linear Static	SPTDX	1
72F1-15-			Linear Static	SPACCDX	0.75
72F1-15-			Linear Static	TERM	0.5
73F1-21M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
73F1-21M			Linear Static	Q1-M	0.75
73F1-21M			Linear Static	Q2	0.4
73F1-21M			Linear Static	SPTSX	0.7
73F1-21M			Linear Static	SPTDX	0.7
73F1-21M			Linear Static	TERM	-0.5
73F1-21M			Linear Static	RITIRO	1
74F1-21T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
74F1-21T			Linear Static	Q1-T	0.75
74F1-21T			Linear Static	Q2	0.4
74F1-21T			Linear Static	SPTSX	0.7
74F1-21T			Linear Static	SPTDX	0.7
74F1-21T			Linear Static	TERM	-0.5
74F1-21T			Linear Static	RITIRO	1
75F1-22M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
75F1-22M			Linear Static	Q1-M	0.75
75F1-22M			Linear Static	Q2	0.4
75F1-22M			Linear Static	SPTSX	1
75F1-22M			Linear Static	SPTDX	1
75F1-22M			Linear Static	SPACCSX	0.75
75F1-22M			Linear Static	SPACCDX	0.75
75F1-22M			Linear Static	TERM	-0.5
75F1-22M			Linear Static	RITIRO	1
76F1-22T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
76F1-22T			Linear Static	Q1-T	0.75
76F1-22T			Linear Static	Q2	0.4
76F1-22T			Linear Static	SPTSX	1
76F1-22T			Linear Static	SPTDX	1
76F1-22T			Linear Static	SPACCSX	0.75
76F1-22T			Linear Static	SPACCDX	0.75
76F1-22T			Linear Static	TERM	-0.5
76F1-22T			Linear Static	RITIRO	1
77F1-23M	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
77F1-23M			Linear Static	Q1-M	0.75
77F1-23M			Linear Static	Q2	0.4
77F1-23M			Linear Static	SPTSX	0.7
77F1-23M			Linear Static	SPTDX	1
77F1-23M			Linear Static	SPACCDX	0.75
77F1-23M			Linear Static	TERM	-0.5
77F1-23M			Linear Static	RITIRO	1
78F1-23T	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
78F1-23T			Linear Static	Q1-T	0.75

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
78F1-23T			Linear Static	Q2	0.4
78F1-23T			Linear Static	SPTSX	0.7
78F1-23T			Linear Static	SPTDX	1
78F1-23T			Linear Static	SPACCDX	0.75
78F1-23T			Linear Static	TERM	-0.5
78F1-23T			Linear Static	RITIRO	1
79F1-24-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
79F1-24-			Linear Static	SPTSX	1
79F1-24-			Linear Static	SPTDX	1
79F1-24-			Linear Static	SPACCSX	0.75
79F1-24-			Linear Static	SPACCDX	0.75
79F1-24-			Linear Static	TERM	-0.5
79F1-24-			Linear Static	RITIRO	1
80F1-25-	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
80F1-25-			Linear Static	SPTSX	0.7
80F1-25-			Linear Static	SPTDX	1
80F1-25-			Linear Static	SPACCDX	0.75
80F1-25-			Linear Static	TERM	-0.5
80F1-25-			Linear Static	RITIRO	1
INVSLU	Envelope	No	Response Combo	01S1-11M	1
INVSLU			Response Combo	02S1-11T	1
INVSLU			Response Combo	03S1-12M	1
INVSLU			Response Combo	04S1-12T	1
INVSLU			Response Combo	05S1-13M	1
INVSLU			Response Combo	06S1-13T	1
INVSLU			Response Combo	07S1-14-	1
INVSLU			Response Combo	08S1-15-	1
INVSLU			Response Combo	09S1-21M	1
INVSLU			Response Combo	10S1-21T	1
INVSLU			Response Combo	11S1-22M	1
INVSLU			Response Combo	12S1-22T	1
INVSLU			Response Combo	13S1-23M	1
INVSLU			Response Combo	14S1-23T	1
INVSLU			Response Combo	15S1-24-	1
INVSLU			Response Combo	16S1-25-	1
INVSLU			Response Combo	17S1T11M	1
INVSLU			Response Combo	18S1T11T	1
INVSLU			Response Combo	19S1T12M	1
INVSLU			Response Combo	20S1T12T	1
INVSLU			Response Combo	21S1T13M	1
INVSLU			Response Combo	22S1T13T	1
INVSLU			Response Combo	23S1T14-	1
INVSLU			Response Combo	24S1T15-	1
INVSLU			Response Combo	25S1T21M	1
INVSLU			Response Combo	26S1T21T	1
INVSLU			Response Combo	27S1T22M	1
INVSLU			Response Combo	28S1T22T	1
INVSLU			Response Combo	29S1T23M	1
INVSLU			Response Combo	30S1T23T	1
INVSLU			Response Combo	31S1T24-	1
INVSLU			Response Combo	32S1T25-	1
INVSLU			Response Combo	33S2-11M	1
INVSLU			Response Combo	34S2-11T	1
INVSLU			Response Combo	35S2-12M	1
INVSLU			Response Combo	36S2-12T	1
INVSLU			Response Combo	37S2-13M	1
INVSLU			Response Combo	38S2-13T	1
INVSLU			Response Combo	39S2-21M	1
INVSLU			Response Combo	40S2-21T	1
INVSLU			Response Combo	41S2-22M	1
INVSLU			Response Combo	42S2-22T	1
INVSLU			Response Combo	43S2-23M	1
INVSLU			Response Combo	44S2-23T	1
INVSLU			Response Combo	45S2T11M	1
INVSLU			Response Combo	46S2T11T	1
INVSLU			Response Combo	47S2T12M	1

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto
 Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con
 l'aeroporto di Fertilia



CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Table: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
INVSLU			Response Combo	48S2T12T	1
INVSLU			Response Combo	49S2T13M	1
INVSLU			Response Combo	50S2T13T	1
INVSLU			Response Combo	51S2T21M	1
INVSLU			Response Combo	52S2T21T	1
INVSLU			Response Combo	53S2T22M	1
INVSLU			Response Combo	54S2T22T	1
INVSLU			Response Combo	55S2T23M	1
INVSLU			Response Combo	56S2T23T	1
INVSLU			Response Combo	57SED1-	1
INVSLU			Response Combo	58SED2-	1
INVQP	Envelope	No	Response Combo	59Q1-11-	1
INVQP			Response Combo	60Q1-12-	1
INVQP			Response Combo	61Q1-13-	1
INVQP			Response Combo	62Q1-21-	1
INVQP			Response Combo	63Q1-22-	1
INVQP			Response Combo	64Q1-23-	1
INVFR	Envelope	No	Response Combo	65F1-11M	1
INVFR			Response Combo	66F1-11T	1
INVFR			Response Combo	67F1-12M	1
INVFR			Response Combo	68F1-12T	1
INVFR			Response Combo	69F1-13M	1
INVFR			Response Combo	70F1-13T	1
INVFR			Response Combo	71F1-14-	1
INVFR			Response Combo	72F1-15-	1
INVFR			Response Combo	73F1-21M	1
INVFR			Response Combo	74F1-21T	1
INVFR			Response Combo	75F1-22M	1
INVFR			Response Combo	76F1-22T	1
INVFR			Response Combo	77F1-23M	1
INVFR			Response Combo	78F1-23T	1
INVFR			Response Combo	79F1-24-	1
INVFR			Response Combo	80F1-25-	1

10.3 Sollecitazioni

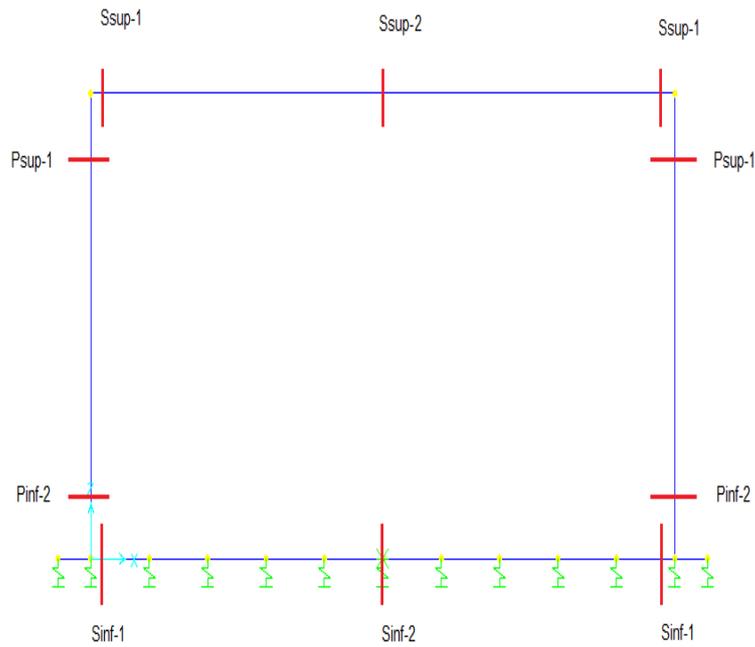


Figura 1 – Sezioni di verifica

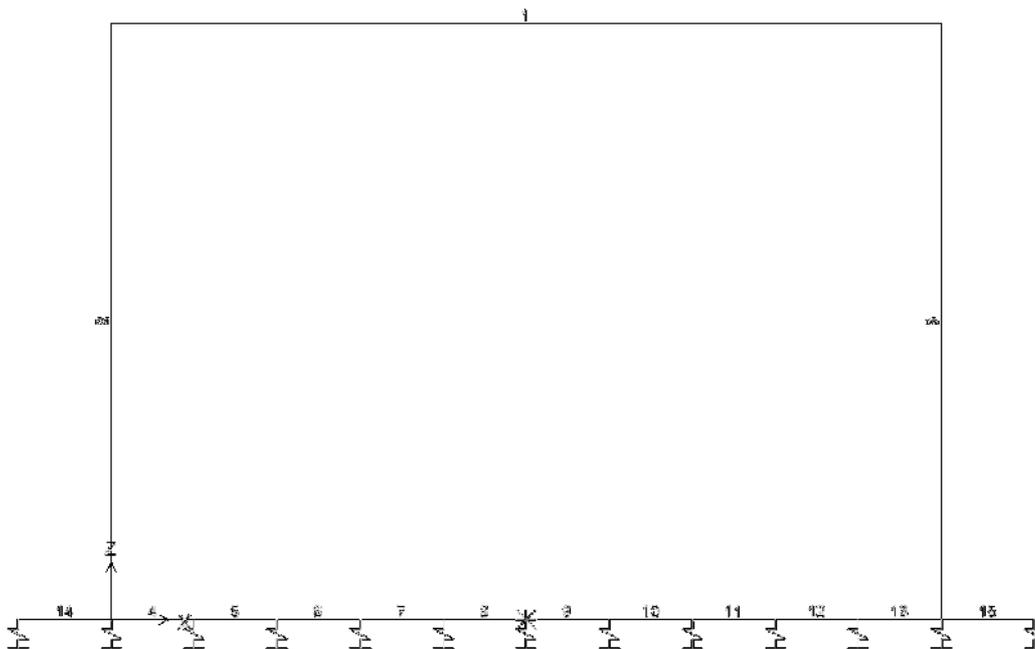


Figura 2 - Nomenclatura frame

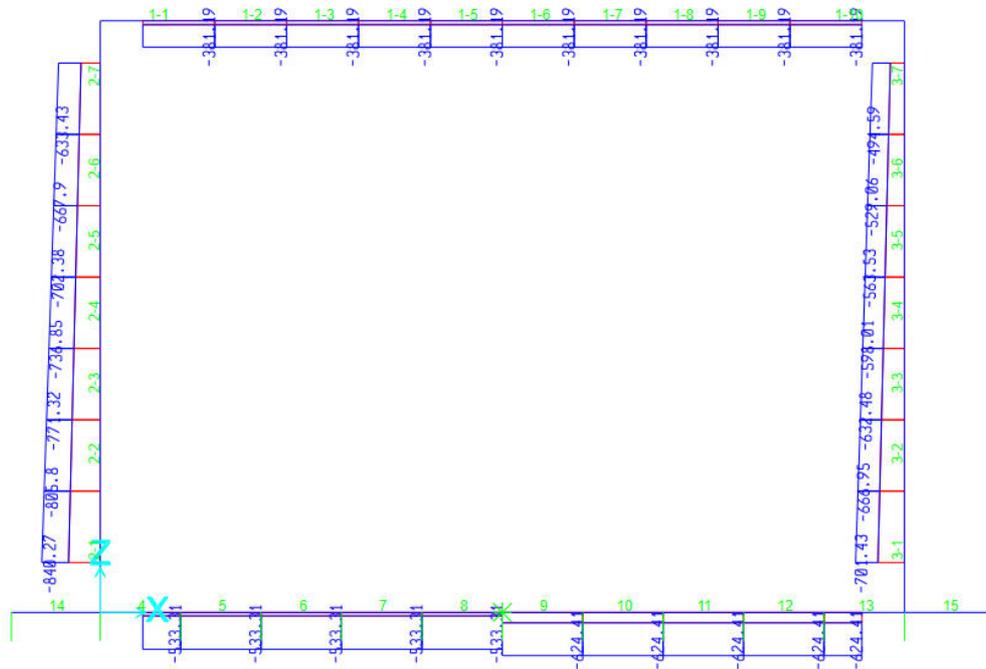


Figura 3 – Sforzo Normale – Involuppo SLU-SLV

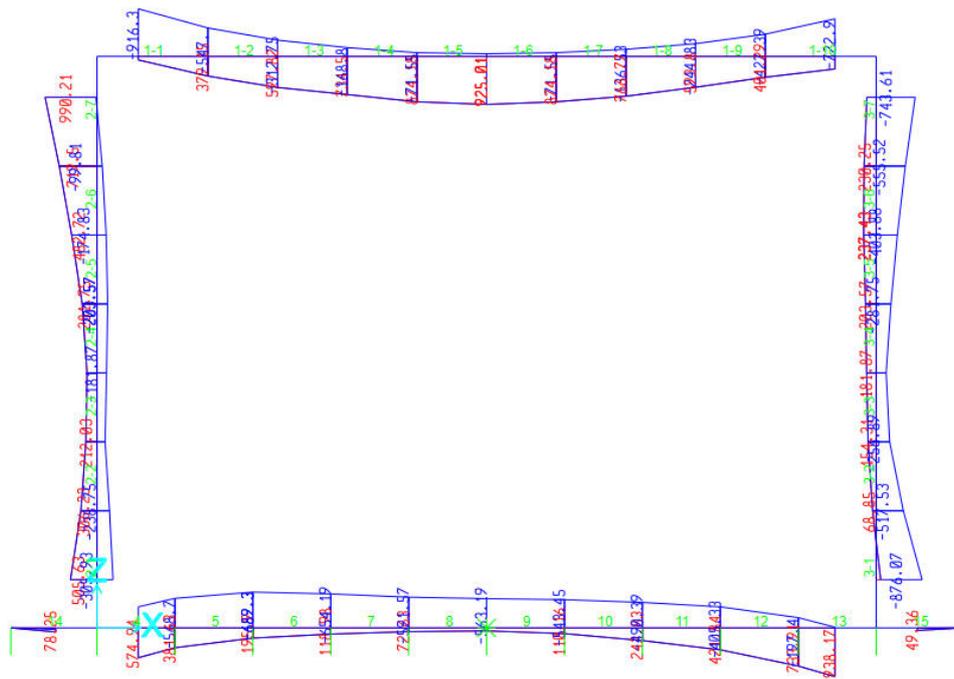


Figura 4 – Momento flettente – Involuppo SLU-SLV

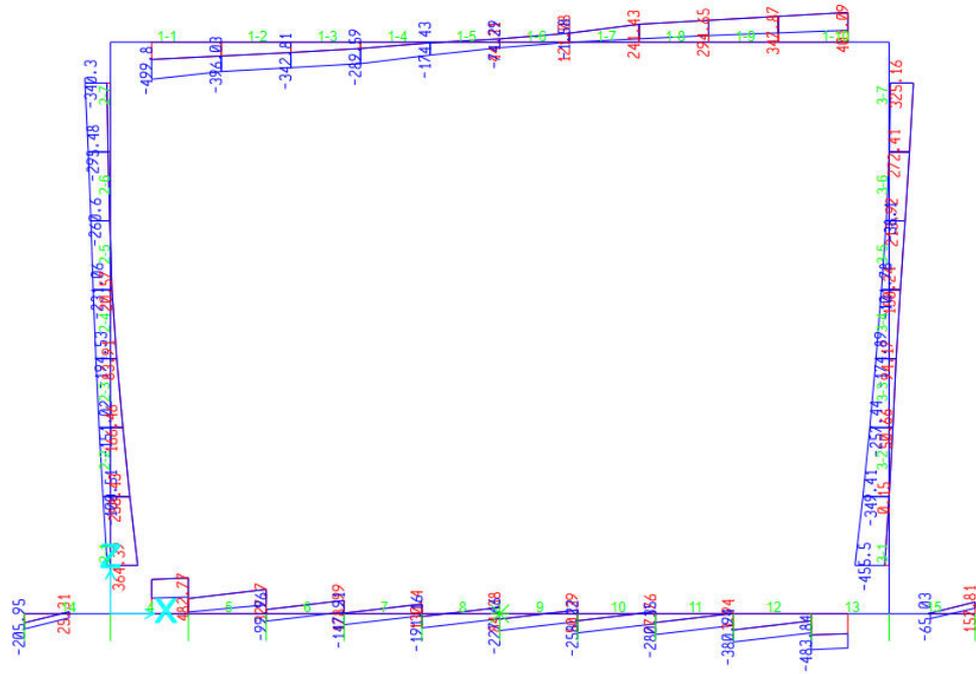


Figura 5 - Taglio - Involuppo SLU-SLV

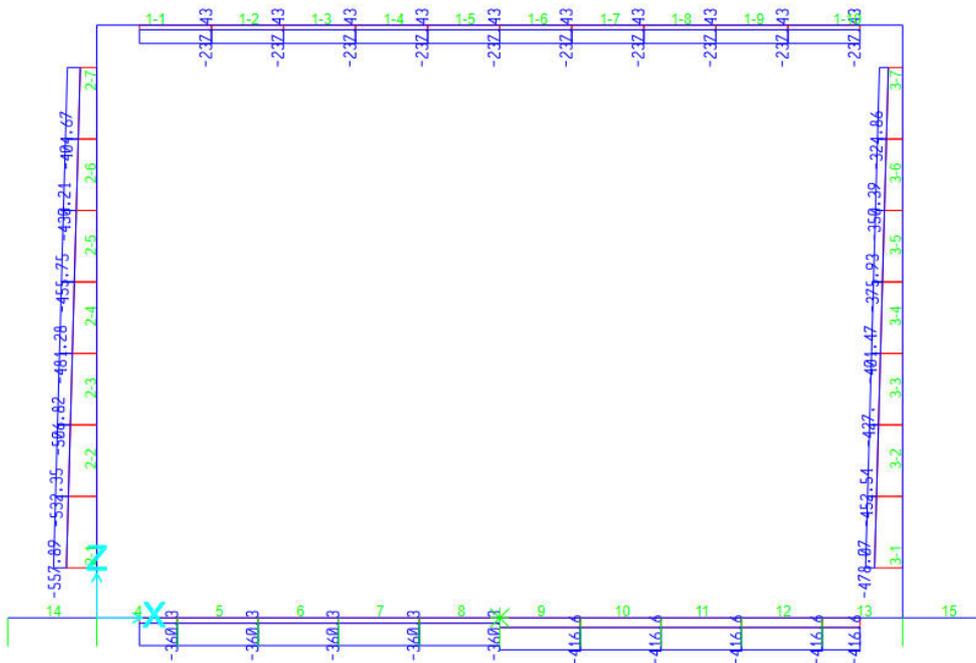


Figura 6 - Sforzo Normale - Involuppo SLE freq

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

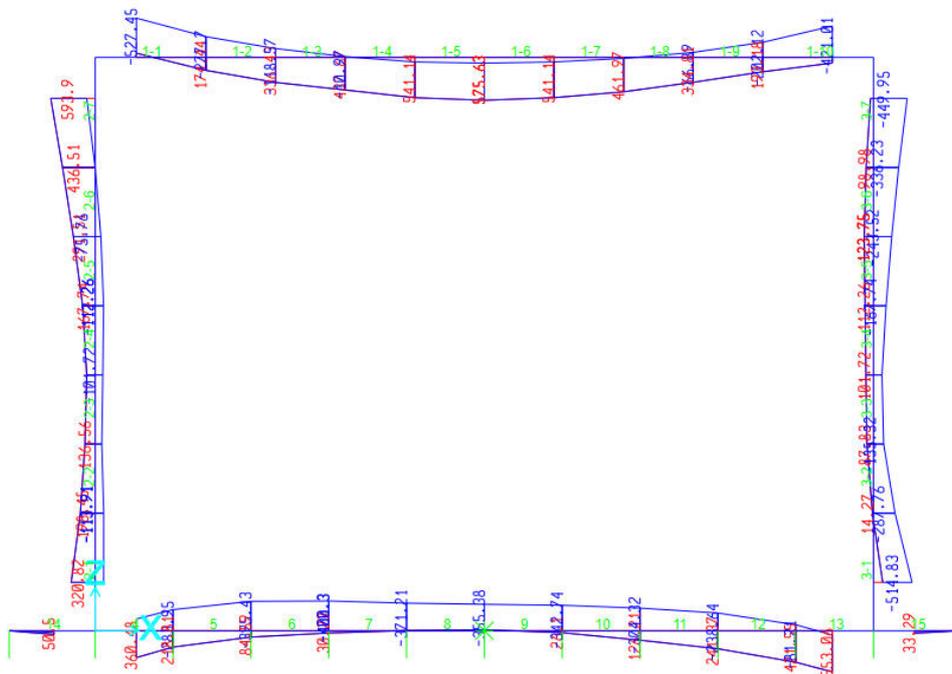


Figura 7 – Momento flettente – Involuppo SLE freq

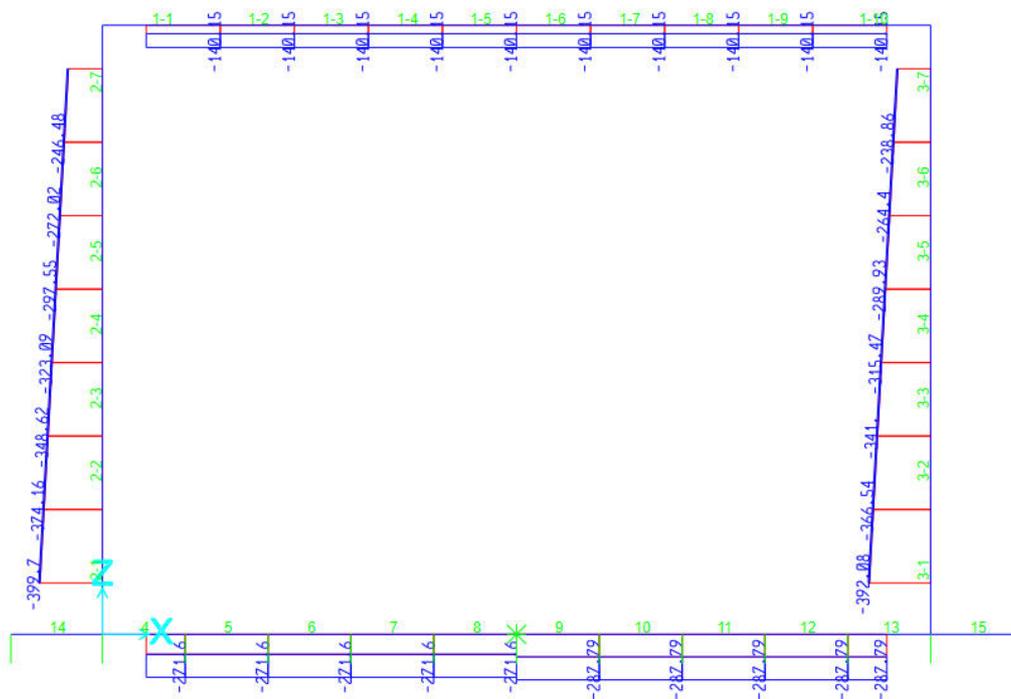


Figura 8 - Sforzo Normale - Involuppo SLE QP

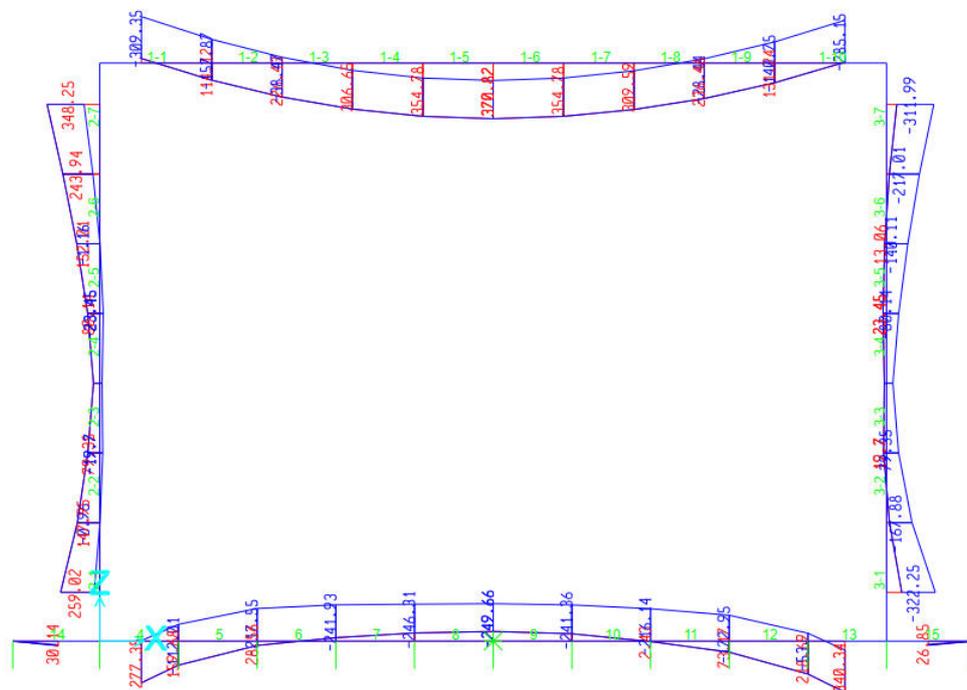


Figura 9 – Momento flettente – Involuppo SLE QP

10.3.1 Riepilogo sollecitazioni

Solsup-App	S_sup-1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	35S2-12M	381	777	
	(Nmin)	26S1T21T	57	-67	
	(Mmax)	37S2-13M	308	916	
	(Mmin)	26S1T21T	57	-67	
	Ved,max	14S1-23T			500
SLE - FQ	(Mmax)	69F1-13M	181	527	
SLE - QP	(Mmax)	61Q1-13-	124	-309.3	
Solsup-camp	S_sup-2	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	35S2-12M	381	340	
	(Nmin)	26S1T21T	57	757	
	(Mmax)	09S1-21M	104	925	
	(Mmin)	23S1T14-	331	-50	
	Ved,max	43S2-23M			74
SLE - FQ	(Mmax)	73F1-21M	70	576	
SLE - QP	(Mmax)	62Q1-21-	54	371	

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Pied spicc	P_inf-2	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	01S1-11M	701	165	
	(Nmin)	57SED1-	380	386	
	(Mmax)	43S2-23M	571	876	
	(Mmin)	18S1T11T	577	86	
	Ved,max	43S2-23M			456
SLE - FQ	(Mmax)	77F1-23M	449	515	
SLE - QP	(Mmax)	64Q1-23-	385	322	
Pied somm	P_sup-1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	06S1-13T	599	883	
	(Nmin)	57SED1-	276	533	
	(Mmax)	37S2-13M	478	990	
	(Mmin)	31S1T24-	288	21	
	Ved,max	35S2-12M			340
SLE - FQ	(Mmax)	77F1-23M	329	594	
SLE - QP	(Mmax)	61Q1-13-	221	348	
Sol inf camp	S_inf-2	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	15S1-24-	533	-156	
	(Nmin)	37S2-13M	49	689	
	(Mmax)	37S2-13M	49	689	
	(Mmin)	31S1T24-	518	-196	
	Ved,max	54S2T22T			302
SLE - FQ	(Mmax)	69F1-13M	69	400	
SLE - QP	(Mmax)	61Q1-13-	126	218	
Sol inf app	S_inf-1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	16S1-25-	624	848	
	(Nmin)	17S1T11M	150	-13	
	(Mmax)	44S2-23T	609	938	
	(Mmin)	17S1T11M	150	-13	
	Ved,max	54S2T22T			484
SLE - FQ	(Mmax)	78F1-23T	417	553	
SLE - QP	(Mmax)	64Q1-23-	288	340	

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

10.4 Verifiche strutturali a pressoflessione (SLU-SLE)

Nella tabella seguente sono riportate le armature di calcolo.

	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
Soletta superiore - Campata	10 Ø24	-	5 Ø24	-
Soletta superiore - Appoggio	7.5 Ø24	-	5 Ø20	-
Piedritto - Spiccato	7.5 Ø20	-	5 Ø20	-
Piedritto - Sommità	7.5 Ø24	-	5 Ø20	-
Soletta inferiore - Campata	5 Ø24	-	5 Ø20	-
Soletta inferiore - Appoggio	7.5 Ø24	-	5 Ø20	-

Nel prosieguo del documento sono esibite le verifiche di norma nelle sezioni significative.

10.4.1 Verifica soletta inferiore in appoggio (S_inf-1)

Verifiche in presso-tenso flessione

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
Resistenza a compressione	$R_{ck} = 40$ N/mm ²
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 33.2$ N/mm ²
Modulo elastico	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 22.1$ N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = 18.8$ N/mm ²

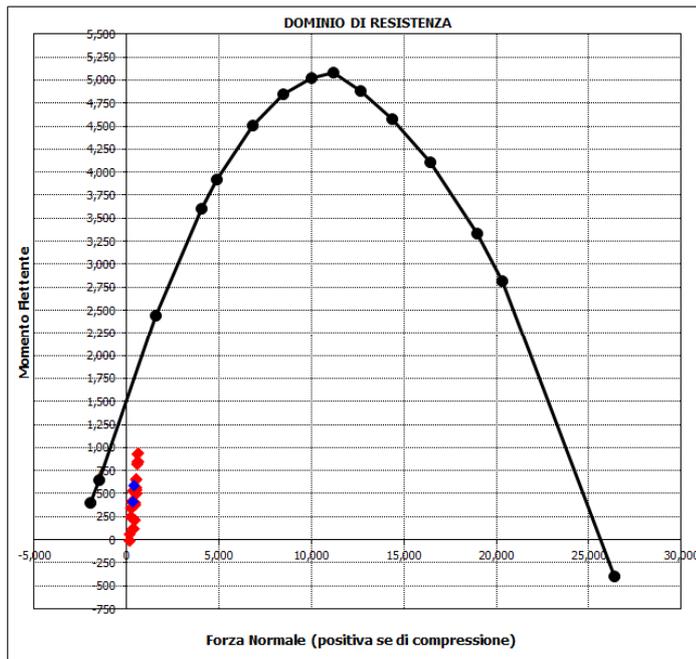
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 130$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 6.8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 122$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
2.5	24	11.31	cm ²
		0.00	cm ²
			33.93 cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
			15.71 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	16S1-25-	624	848
(Nmin)	17S1T11M	150	-13
(Mmax)	44S2-23T	609	938
(Mmin)	17S1T11M	150	-13

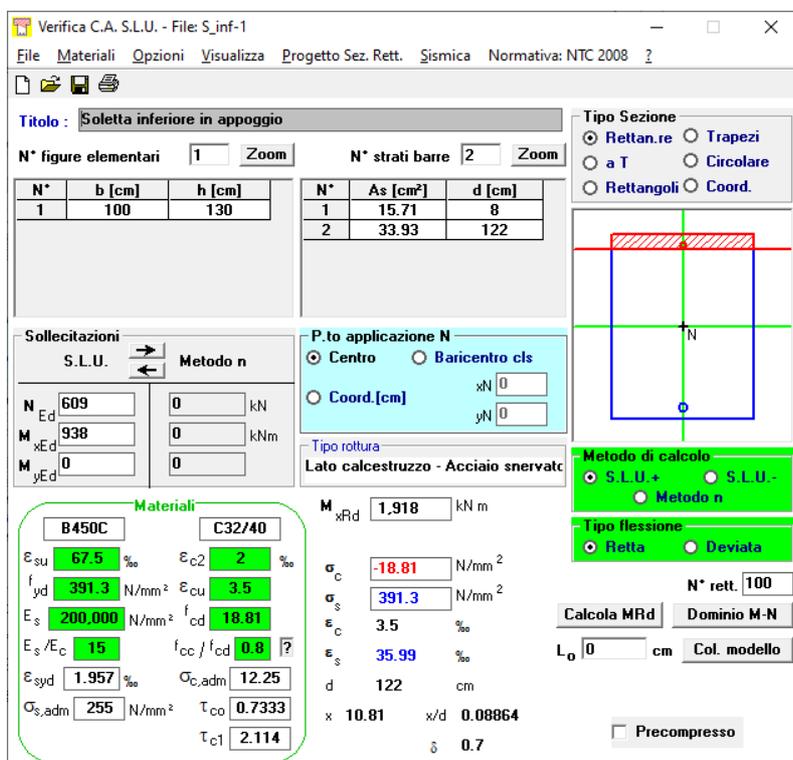
Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	164	58	
02S1-11T	182	63	
03S1-12M	411	214	
04S1-12T	429	219	
05S1-13M	502	560	
06S1-13T	520	566	
07S1-14-	444	217	
08S1-15-	535	564	
09S1-21M	254	341	
10S1-21T	271	347	
11S1-22M	501	497	
12S1-22T	518	503	
13S1-23M	592	844	
14S1-23T	609	850	
15S1-24-	533	501	
16S1-25-	624	848	
17S1T11M	150	-13	
18S1T11T	163	-9	
19S1T12M	357	115	
20S1T12T	370	120	
21S1T13M	430	394	
22S11131	443	398	
23S1T14-	380	119	
24S1T15-	453	398	
25S1T21M	288	412	
26S1T21T	301	416	
27S1T22M	495	541	
28S1T22T	508	545	
29S1T23M	568	819	
30S1T23T	581	823	
31S1T24-	518	544	
32S1T25-	591	823	
33S2-11M	226	243	
34S2-11T	239	247	
35S2-12M	433	372	
36S2-12T	446	376	
37S2-13M	506	650	
38S2-13T	519	654	
39S2-21M	315	527	
40S2-21T	329	531	
41S2-22M	522	655	
42S2-22T	536	660	
43S2-23M	595	934	
44S2-23T	609	938	
45S2T11M	150	-13	
46S2T11T	163	-9	
47S2T12M	357	115	
48S2T12T	370	120	
49S2T13M	430	394	
50S2T13T	443	398	
51S2T21M	288	412	
52S2T21T	301	416	
53S2T22M	495	541	
54S2T22T	508	545	
55S2T23M	568	819	
56S2T23T	581	823	
57SED1-	351	413	
58SED2-	406	590	



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione 44S2-23T.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 609$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 938$ kNm.



Verifica C.A. S.L.U. - File: S_inf-1

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

Titolo: Soletta inferiore in appoggio

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	130	1	15.71	8
			2	33.93	122

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 609 kN
M_{xEd}: 938 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

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

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso:

Materiali: B450C C32/40

ε_{su}: 67.5‰ ε_{c2}: 2‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5‰
E_s: 200,000 N/mm² f_{cd}: 18.81
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957‰ σ_{c,adm}: 12.25
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.7333
τ_{c1}: 2.114

M_{xRd}: 1,918 kNm
σ_c: -18.81 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5‰
ε_s: 35.99‰
d: 122 cm
x: 10.81 x/d: 0.08864
δ: 0.7

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1918,00$ kNm > $M_{S,d} = 938$ kNm
- Fattore di sicurezza FS=2.04.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	553	kN m
Sforzo normale	N	417	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{Camm}	12.3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{Samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	130	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ² 5 Ø 20 $C_{S1} = \mathbf{7.8}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ² Ø $C_{S2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ² Ø $C_{I2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	33.93	cm ² 7.5 Ø 24 $C_{I1} = \mathbf{8.0}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	3.2	N/mm ² < σ_{Camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	91.7	N/mm ² < σ_{Samm}

Eccentricità	e (M)	132.6	cm > H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	67.6	cm
Posizione asse neutro	y (M)	41.8	cm
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	13695	cm ²
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2.1E+07	cm ⁴
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	5982891	cm ⁴

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	802	kN m La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	1104	kN m
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	264.8	cm
	u (M_{fess})	199.8	cm
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.3	
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	234.4	N/mm ²
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	35.0	cm
	β_1	1	
	β_2	0.5	
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00017	
Copri ferro netto	c'	6.8	cm
Altezza efficace	d_{eff}	24.8	cm
Area efficace	A_{Ceff}	2480	cm ²
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	33.9	cm ²
	ρ_r	0.01368	
Distanza tra le barre	s	13.3	cm
	K_2	0.4	
	K_3	0.125	
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	25.0	cm
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.04	mm
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	-	mm

Risolvi

0.00000

10.4.2 Verifica soletta inferiore in mezzeria (S_{inf-2})

Verifiche in presso-tenso flessione

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

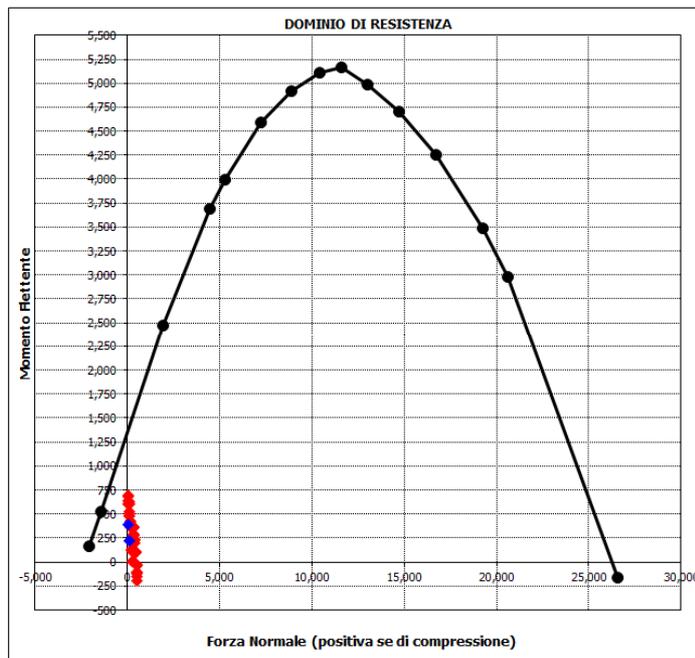
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 130 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 6.8 cm
Altezza utile della sezione d	= 122 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
2.5	20	7.85	cm ²
		0.00	cm ²
			30.47 cm²

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	24	22.62
		0.00
		0.00
		22.62 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	15S1-24-	533	-156
(Nmin)	37S2-13M	49	689
(Mmax)	37S2-13M	49	689
(Mmin)	31S1T24-	518	-196

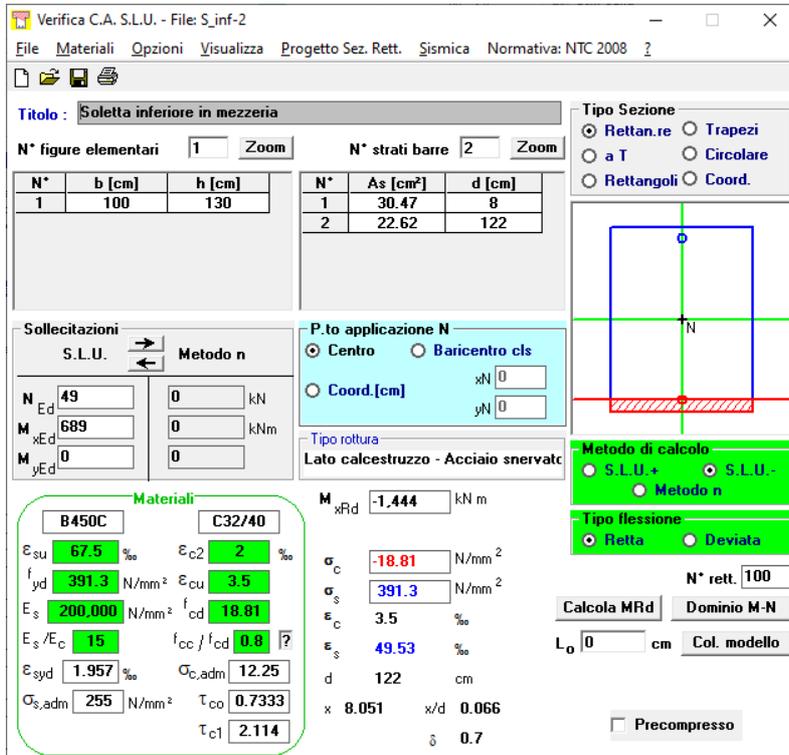
Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	164	381
02S1-11T	182	372
03S1-12M	411	237
04S1-12T	429	228
05S1-13M	73	635
06S1-13T	91	626
07S1-14-	444	107
08S1-15-	106	505
09S1-21M	254	118
10S1-21T	271	109
11S1-22M	501	-26
12S1-22T	518	-35
13S1-23M	163	372
14S1-23T	180	363
15S1-24-	533	-156
16S1-25-	195	243
17S1T11M	150	405
18S1T11T	163	399
19S1T12M	357	286
20S1T12T	370	280
21S1T13M	77	609
22S1113I	90	602
23S1T14-	380	198
24S1T15-	99	520
25S1T21M	288	12
26S1T21T	301	5
27S1T22M	495	-107
28S1T22T	508	-114
29S1T23M	215	215
30S1T23T	228	209
31S1T24-	518	-196
32S1T25-	238	127
33S2-11M	122	486
34S2-11T	135	479
35S2-12M	329	367
36S2-12T	343	360
37S2-13M	49	689
38S2-13T	62	683
39S2-21M	212	223
40S2-21T	225	217
41S2-22M	419	104
42S2-22T	432	97
43S2-23M	139	427
44S2-23T	152	420
45S2T11M	150	405
46S2T11T	163	399
47S2T12M	357	286
48S2T12T	370	280
49S2T13M	77	609
50S2T13T	90	602
51S2T21M	288	12
52S2T21T	301	5
53S2T22M	495	-107
54S2T22T	508	-114
55S2T23M	215	215
56S2T23T	228	209
57SED1-	62	388
58SED2-	116	224



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione 37S2-13M.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 49 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 689 \text{ kNm}$.



Verifica C.A. S.L.U. - File: S_inf-2

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

Titolo: Soletta inferiore in mezzeria

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	130	1	30.47	8
			2	22.62	122

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 49 kN
M_{xEd}: 689 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

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

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

Tipo flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

ε_{su}: 67.5‰ ε_{c2}: 2‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5‰
E_s: 200,000 N/mm² f_{cd}: 18.81
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957‰ σ_{c,adm}: 12.25
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.7333
τ_{c1}: 2.114

M_{xRd}: -1.444 kNm
σ_c: -18.81 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5‰
ε_s: 49.53‰
d: 122 cm
x: 8.051 x/d: 0.066
δ: 0.7

Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1444,00 \text{ kNm} > M_{S,d} = 689 \text{ kNm}$
- **Fattore di sicurezza FS=2.13.**

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	400	kN m
Sforzo normale	N	69	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	12.3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	130	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	22.62	cm ²

$5 \text{ } \emptyset \text{ } 20 \text{ } c_{s1} = 7.8 \text{ cm}$
 $\emptyset \text{ } c_{s2} = \text{ cm}$
 $\emptyset \text{ } c_2 = \text{ cm}$
 $5 \text{ } \emptyset \text{ } 24 \text{ } c_{t1} = 8.0 \text{ cm}$

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.6	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	141.1	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	580.1	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	515.1	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	26.5	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	13537	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2E+07	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	3796677	cm ⁴		

Risolvi

-0.00013

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	702	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	996	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	1443.9	cm	
	u (M_{fess})	1378.9	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.4		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	372.2	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	25.1	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00027		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	24.8	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2480	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	22.6	cm ²	
	ρ_r	0.00912		
Distanza tra le barre	s	20.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{rm}	30.8	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.08	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	-	mm	

Risolvi

0.00000

10.4.3 Verifica piedritti allo spiccato (P_{inf-2})

Verifiche in presso-tenso flessione

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{yk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{ctc}	18.8 N/mm ²

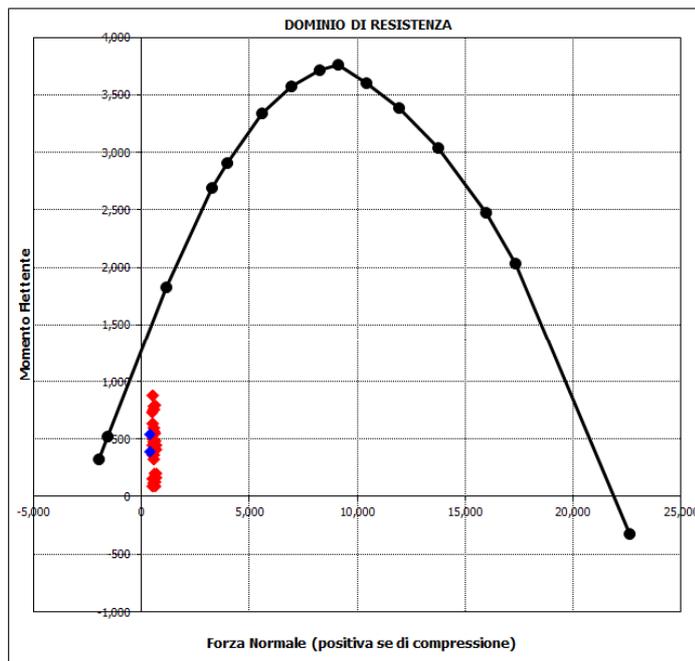
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 110 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 6.8 cm
Altezza utile della sezione d	= 102 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
2.5	24	11.31	cm ²
		0.00	cm ²
			33.93 cm²

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71
		0.00
		0.00
		15.71 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	01S1-11M	701	165
(Nmin)	57SED1-	380	386
(Mmax)	43S2-23M	571	876
(Mmin)	18S1T11T	577	86

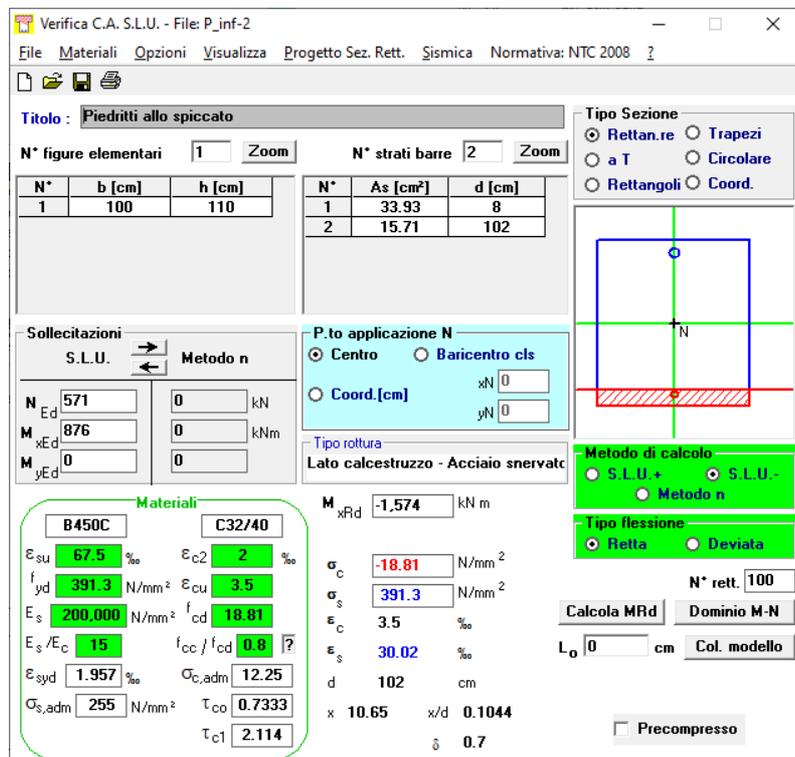
Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	701	165
02S1-11T	611	161
03S1-12M	701	206
04S1-12T	611	202
05S1-13M	653	550
06S1-13T	563	546
07S1-14-	529	156
08S1-15-	481	500
09S1-21M	701	405
10S1-21T	611	401
11S1-22M	701	446
12S1-22T	611	442
13S1-23M	653	790
14S1-23T	563	786
15S1-24-	529	396
16S1-25-	481	740
17S1T11M	645	89
18S1T11T	577	86
19S1T12M	645	122
20S1T12T	577	119
21S1T13M	607	399
22S11131	539	396
23S1T14-	529	89
24S1T15-	491	366
25S1T21M	645	446
26S1T21T	577	444
27S1T22M	645	479
28S1T22T	577	477
29S1T23M	607	756
30S1T23T	539	753
31S1T24-	529	447
32S1T25-	491	723
33S2-11M	609	327
34S2-11T	541	324
35S2-12M	609	359
36S2-12T	541	357
37S2-13M	571	636
38S2-13T	503	633
39S2-21M	609	567
40S2-21T	541	564
41S2-22M	609	600
42S2-22T	541	597
43S2-23M	571	876
44S2-23T	503	873
45S2T11M	645	89
46S2T11T	577	86
47S2T12M	645	122
48S2T12T	577	119
49S2T13M	607	399
50S2T13T	539	396
51S2T21M	645	446
52S2T21T	577	444
53S2T22M	645	479
54S2T22T	577	477
55S2T23M	607	756
56S2T23T	539	753
57SED1-	380	386
58SED2-	380	537



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione 43S2-23M.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 571$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 876$ kNm.



Verifica C.A. S.L.U. - File: P_inf-2

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

TITOLO: Piedritti allo spiccato

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	33.93	8
			2	15.71	102

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} : 571 kN
 M_{xEd} : 876 kNm
 M_{yEd} : 0 kNm

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

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

Tipo flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

ϵ_{su} : 67.5‰ ϵ_{c2} : 2‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5‰
 E_s : 200,000 N/mm² f_{cd} : 18.81
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957‰ $\sigma_{c,adm}$: 12.25
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.7333
 τ_{c1} : 2.114

Calcoli: M_{xRd} : -1,574 kNm
 σ_c : -18.81 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5‰
 ϵ_s : 30.02‰
 d: 102 cm
 x: 10.65 x/d: 0.1044
 δ : 0.7

Calcola MRd Dominio M-N
 L_0 : 0 cm Col. modello

Precompresso

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1574,00$ kNm $>$ $M_{S,d} = 876$ kNm
- Fattore di sicurezza FS=1.80.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	515	kN m
Sforzo normale	N	449	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	12.3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS ₁ '	15.71	cm ²
Armatura compressa (2° strato)	AS ₂ '	0.00	cm ²
Armatura tesa (2° strato)	AS ₂	0.00	cm ²
Armatura tesa (1° strato)	AS ₁	23.56	cm ²

$5 \ \emptyset \ 20 \ c_{s1} = 7.8 \ \text{cm}$
 $\emptyset \ c_{s2} = \text{cm}$
 $\emptyset \ c_{t2} = \text{cm}$
 $7.5 \ \emptyset \ 20 \ c_{t1} = 7.8 \ \text{cm}$

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.4	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	145.5	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	114.8	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	59.8	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	32.1	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	A _{id}	11550	cm ²			
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J _{id}	1.2E+07	cm ⁴			
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J _{id} *	2977573	cm ⁴			

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	586	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	800	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	178.3	cm	
	u (M_{fess})	123.3	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	271.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	28.2	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00028		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d _{eff}	21.8	cm	
Area efficace	A _{Ceff}	2180	cm ²	
Armatura nell'area efficace	A _{Seff}	23.6	cm ²	
	pr	0.01081		
Distanza tra le barre	s	13.3	cm	
	K ₂	0.4		
	K ₃	0.125		
Distanza media tra le fessure	s _{fm}	25.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.07	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	-	mm	

Risolvi

0.00026

10.4.4 Verifica piedritti in sommità (P_sup-1)

Verifiche in presso-tenso flessione

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{yk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{ctc}	18.8 N/mm ²

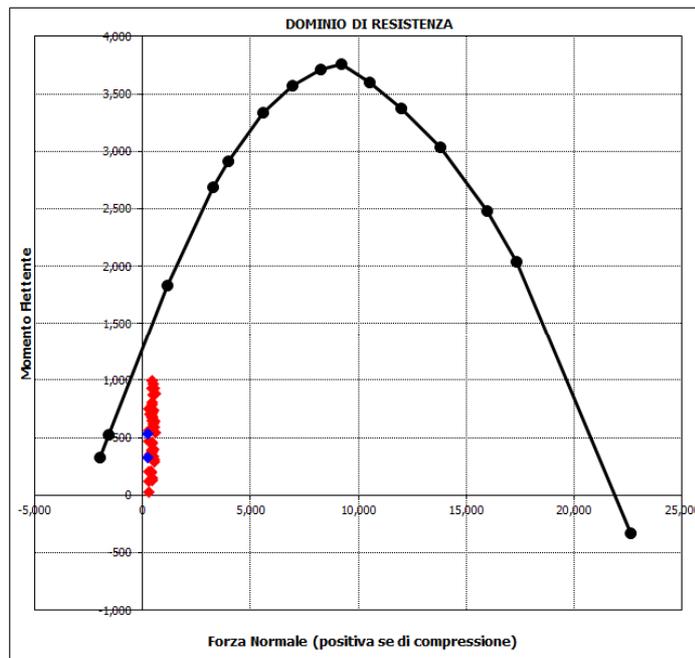
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 110 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 6.8 cm
Altezza utile della sezione d	= 102 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
2.5	24	11.31	cm ²
		0.00	cm ²
			33.93 cm²

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71
		0.00
		0.00
		15.71 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	06S1-13T	599	883
(Nmin)	57SED1-	276	533
(Mmax)	37S2-13M	478	990
(Mmin)	31S1T24-	288	21

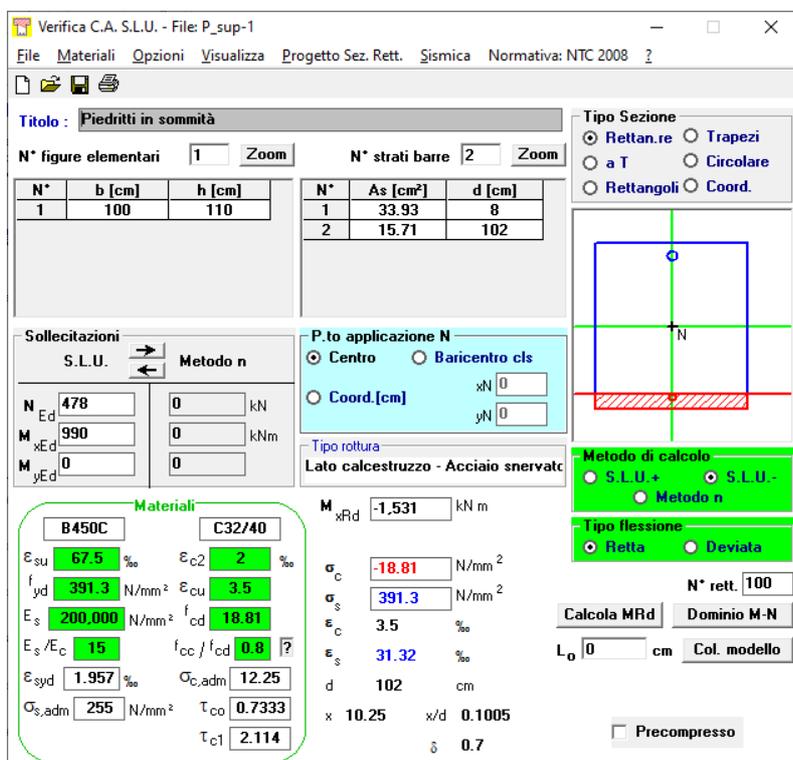
Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	460	714
02S1-11T	551	635
03S1-12M	460	726
04S1-12T	551	646
05S1-13M	508	962
06S1-13T	599	883
07S1-14-	288	464
08S1-15-	336	700
09S1-21M	460	372
10S1-21T	551	293
11S1-22M	460	384
12S1-22T	551	304
13S1-23M	508	620
14S1-23T	599	541
15S1-24-	288	122
16S1-25-	336	358
17S1T11M	404	733
18S1T11T	472	673
19S1T12M	404	744
20S1T12T	472	684
21S1T13M	442	931
22S11131	510	872
23S1T14-	288	561
24S1T15-	326	749
25S1T21M	404	193
26S1T21T	472	133
27S1T22M	404	204
28S1T22T	472	144
29S1T23M	442	391
30S1T23T	510	331
31S1T24-	288	21
32S1T25-	326	209
33S2-11M	440	792
34S2-11T	508	732
35S2-12M	440	803
36S2-12T	508	743
37S2-13M	478	990
38S2-13T	546	931
39S2-21M	440	450
40S2-21T	508	390
41S2-22M	440	460
42S2-22T	508	401
43S2-23M	478	648
44S2-23T	546	588
45S2T11M	404	733
46S2T11T	472	673
47S2T12M	404	744
48S2T12T	472	684
49S2T13M	442	931
50S2T13T	510	872
51S2T21M	404	193
52S2T21T	472	133
53S2T22M	404	204
54S2T22T	472	144
55S2T23M	442	391
56S2T23T	510	331
57SED1-	276	533
58SED2-	276	330



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione 37S2-13M.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 478$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 990$ kNm.



Verifica C.A. S.L.U. - File: P_sup-1

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

Titolo: Piedritti in sommità

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	33.93	8
			2	15.71	102

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 478 kN M_{xEd} 990 kNm M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

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

Tipo flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

ϵ_{su} 67.5‰ ϵ_{c2} 2‰ f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5‰ E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.81 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ϵ_{syd} 1.957‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333 τ_{c1} 2.114

Calcoli: M_{xRd} -1,531 kNm σ_c -18.81 N/mm² σ_s 391.3 N/mm² ϵ_c 3.5‰ ϵ_s 31.32‰ d 102 cm x 10.25 x/d 0.1005 δ 0.7

Calcola MRd Dominio M-N L_0 0 cm Col. modello

Precompresso

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1531,00$ kNm $>$ $M_{S,d} = 990$ kNm
- Fattore di sicurezza FS=1.55.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	594	kN m
Sforzo normale	N	329	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	12.3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5	Ø 20	$c_{s1} = 7.8$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø		$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø		$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	33.93	cm ²	7.5	Ø 24	$c_{t1} = 8.0$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.5	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	144.4	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	180.6	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	125.6	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	32.6	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11695	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	1.3E+07	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	3751531	cm ⁴		

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	577	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	797	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	242.3	cm	
	u (M_{fess})	187.3	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	207.9	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	30.9	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00027		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	24.8	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2480	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	33.9	cm ²	
	ρ_r	0.01368		
Distanza tra le barre	s	13.3	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	25.0	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.07	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.12	mm	

Risolvi

0.00088

10.4.5 Verifica soletta superiore in appoggio (S_sup-1)

Verifiche in presso-tenso flessione

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{yk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{ctc}	18.8 N/mm ²

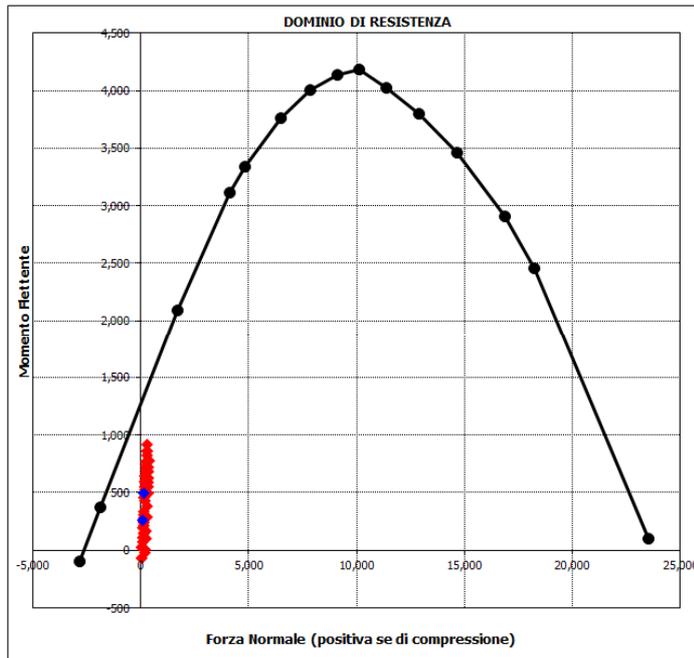
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 110 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 6.8 cm
Altezza utile della sezione d	= 102 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
2.5	24	11.31	cm ²
		0.00	cm ²
			33.93 cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
			38.33 cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	35S2-12M	381	777
(Nmin)	26S1T21T	57	-67
(Mmax)	37S2-13M	308	916
(Mmin)	26S1T21T	57	-67

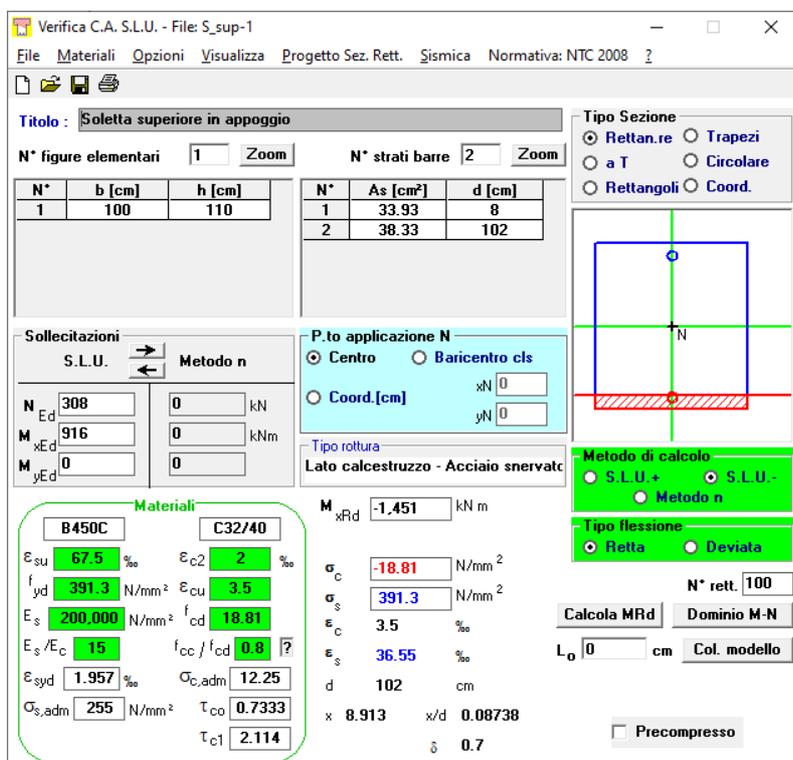
Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	193	588
02S1-11T	176	460
03S1-12M	375	683
04S1-12T	358	555
05S1-13M	284	859
06S1-13T	267	731
07S1-14-	343	496
08S1-15-	252	673
09S1-21M	104	197
10S1-21T	86	68
11S1-22M	286	292
12S1-22T	268	164
13S1-23M	195	468
14S1-23T	177	340
15S1-24-	253	105
16S1-25-	162	281
17S1T11M	208	645
18S1T11T	195	549
19S1T12M	354	723
20S1T12T	341	627
21S1T13M	281	862
22S11131	268	766
23S1T14-	331	591
24S1T15-	258	731
25S1T21M	70	29
26S1T21T	57	-67
27S1T22M	216	107
28S1T22T	203	11
29S1T23M	143	246
30S1T23T	130	150
31S1T24-	193	-25
32S1T25-	120	115
33S2-11M	235	699
34S2-11T	222	603
35S2-12M	381	777
36S2-12T	368	681
37S2-13M	308	916
38S2-13T	295	820
39S2-21M	146	308
40S2-21T	132	212
41S2-22M	292	386
42S2-22T	278	290
43S2-23M	219	525
44S2-23T	205	429
45S2T11M	208	645
46S2T11T	195	549
47S2T12M	354	723
48S2T12T	341	627
49S2T13M	281	862
50S2T13T	268	766
51S2T21M	70	29
52S2T21T	57	-67
53S2T22M	216	107
54S2T22T	203	11
55S2T23M	143	246
56S2T23T	130	150
57SED1-	172	491
58SED2-	117	259



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione 37S2-13M.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 308$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 916$ kNm.



Titolo: Soletta superiore in appoggio

N° figure elementari: 1 **N° strati barre:** 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	33.93	8
			2	38.33	102

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

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

Tipo flessione: Retta Deviata

Materiali: B450C C32/40

Calcoli: $M_{xRd} = -1.451$ kNm, $\sigma_c = -18.81$ N/mm², $\sigma_s = 391.3$ N/mm², $\epsilon_c = 3.5$ ‰, $\epsilon_s = 36.55$ ‰, $d = 102$ cm, $x = 8.913$, $x/d = 0.08738$, $\delta = 0.7$

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1451,00$ kNm $>$ $M_{S,d} = 916$ kNm
- **Fattore di sicurezza FS=1.58.**

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	527	kN m
Sforzo normale	N	181	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{Camm}	12.3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{Samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ² 5 Ø 20 $C_{S1} = 7.8$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ² Ø $C_{S2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ² Ø $C_{T2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	33.93	cm ² 7.5 Ø 24 $C_{T1} = 8.0$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.0	N/mm ² < σ_{Camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	142.4	N/mm ² < σ_{Samm}

Eccentricità	e (M)	291.2	cm > H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	236.2	cm
Posizione asse neutro	y (M)	30.0	cm
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11695	cm ²
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	1.3E+07	cm ⁴
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	3655497	cm ⁴

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	548	kN m La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	767	kN m
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	423.7	cm
	u (M_{fess})	368.7	cm
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.7	
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	218.0	N/mm ²
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	28.8	cm
	β_1	1	
	β_2	0.5	
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00027	
Copriferro netto	c'	6.8	cm
Altezza efficace	d_{eff}	24.8	cm
Area efficace	A_{Ceff}	2480	cm ²
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	33.9	cm ²
	ρ_r	0.01368	
Distanza tra le barre	s	13.3	cm
	K_2	0.4	
	K_3	0.125	
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	25.0	cm
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.07	mm
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	-	mm

Risolvi

0.00000

10.4.6 Verifica soletta superiore in mezzeria (S_sup-2)

Verifiche in presso-tenso flessione

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{yk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

4 copr
1.2 spilli
1.6 correnti

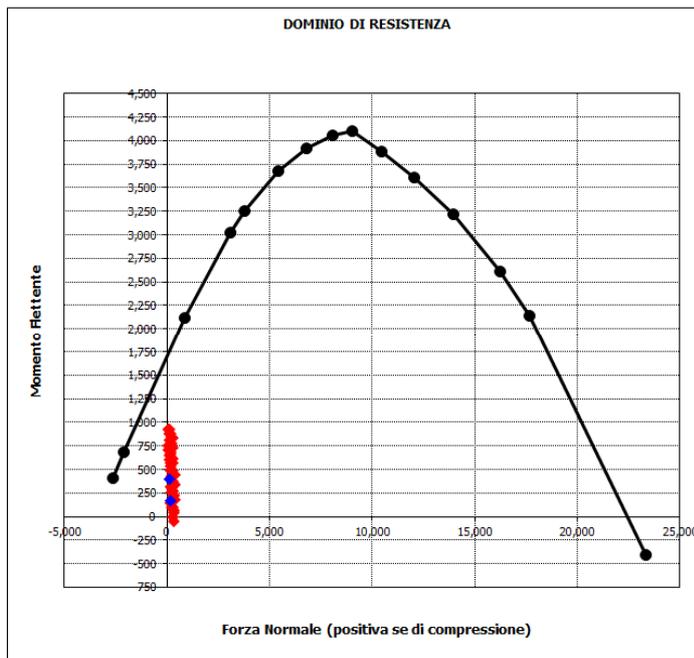
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 110 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 6.8 cm
Altezza utile della sezione d	= 102 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
		45.24	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		22.62	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	35S2-12M	381	340
(Nmin)	26S1T21T	57	757
(Mmax)	09S1-21M	104	925
(Mmin)	23S1T14-	331	-50

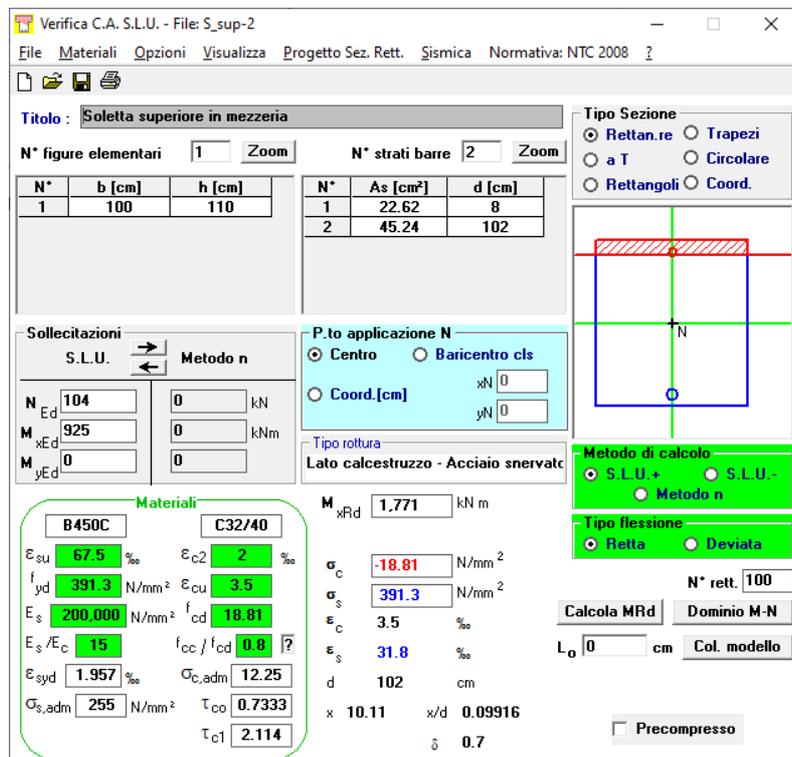
Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	193	534	
02S1-11T	176	315	
03S1-12M	375	438	
04S1-12T	358	220	
05S1-13M	284	486	
06S1-13T	267	267	
07S1-14-	343	45	
08S1-15-	252	93	
09S1-21M	104	925	
10S1-21T	86	706	
11S1-22M	286	830	
12S1-22T	268	611	
13S1-23M	195	877	
14S1-23T	177	659	
15S1-24-	253	436	
16S1-25-	162	484	
17S1T11M	208	305	
18S1T11T	195	141	
19S1T12M	354	227	
20S1T12T	341	63	
21S1T13M	281	266	
22S1T13T	268	102	
23S1T14-	331	-50	
24S1T15-	258	-11	
25S1T21M	70	921	
26S1T21T	57	757	
27S1T22M	216	843	
28S1T22T	203	679	
29S1T23M	143	882	
30S1T23T	130	718	
31S1T24-	193	566	
32S1T25-	120	605	
33S2-11M	235	418	
34S2-11T	222	254	
35S2-12M	381	340	
36S2-12T	368	176	
37S2-13M	308	379	
38S2-13T	295	215	
39S2-21M	146	809	
40S2-21T	132	645	
41S2-22M	292	731	
42S2-22T	278	567	
43S2-23M	219	770	
44S2-23T	205	606	
45S2T11M	208	305	
46S2T11T	195	141	
47S2T12M	354	227	
48S2T12T	341	63	
49S2T13M	281	266	
50S2T13T	268	102	
51S2T21M	70	921	
52S2T21T	57	757	
53S2T22M	216	843	
54S2T22T	203	679	
55S2T23M	143	882	
56S2T23T	130	718	
57SED1-	158	170	
58SED2-	103	402	



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione 09S1-21M.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 104$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 925$ kNm.



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title is 'Soletta superiore in mezzeria'. The section type is 'Rettan.re'. The design parameters are: $N_{Ed} = 104$ kN, $M_{xEd} = 925$ kNm, $M_{yEd} = 0$ kNm. The design moment is $M_{xRd} = 1.771$ kNm. The design axial force is $N = 104$ kN. The design stress is $\sigma_c = -18.81$ N/mm². The design strain is $\epsilon_s = 31.8$ ‰. The design moment capacity is $M_{Rd} = 1.771$ kNm. The design axial force capacity is $N_{ret} = 100$ kN. The design moment capacity is $M_{Rd} = 1.771$ kNm. The design axial force capacity is $N_{ret} = 100$ kN. The design moment capacity is $M_{Rd} = 1.771$ kNm. The design axial force capacity is $N_{ret} = 100$ kN.

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	22.62	8
			2	45.24	102

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1771,00$ kNm $>$ $M_{S,d} = 925$ kNm
- Fattore di sicurezza FS=1.92.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	576	kN m
Sforzo normale	N	70	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	40	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{camm}	12.3	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.2	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.2	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	22.62	cm ²	5	\emptyset 24	$C_{s1} =$ 8.0 cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²		\emptyset	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²		\emptyset	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	45.24	cm ²	10	\emptyset 24	$C_{t1} =$ 8.0 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	3.7	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	130.5	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	817.7	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	762.7	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	30.5	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11950	cm ²			
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	1.3E+07	cm ⁴			
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	4587047	cm ⁴			

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	550	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	780	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	1108.3	cm	
	u (M_{fess})	1053.3	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	179.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	30.2	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00025		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	24.8	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2480	cm ²	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	45.2	cm ²	
	ρ_r	0.01824		
Distanza tra le barre	s	10.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{rm}	22.2	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.06	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.09	mm	

Risolvi

0.00000

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172

10.5 Verifiche a taglio

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R _{ck}	40	N/mm ²
f _{ck}	33.2	N/mm ²
γ _c	1.5	
α _{cc}	0.85	
f _{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f _{tk}	540	N/mm ²
f _{yk}	450	N/mm ²
γ _s	1.15	
f _{yd}	391	N/mm ²

Sezioni

Sollecitazioni

V _{Ed}	kN	500	484	340	456
N _{Ed}	kN	0	0	0	0

Armatura a taglio

Diametro	mm	12	12	12	12
Numero barre		5	5	5	5
A _{sw}	cm ²	5.65	5.65	5.65	5.65
Passo s	cm	20	20	20	20
Angolo α	°	90	90	90	90

Armatura longitudinale

n ₁		7.5	7.5	7.5	7.5
Ø ₁	mm	24	24	24	24
n ₂					
Ø ₂	mm				
Asl	cm ²	33.93	33.93	33.93	33.93

Sezione

b _w	cm	100	100	100	100
H	cm	110	130	110	110
c	cm	8.0	8.0	8.0	8.0
d	cm	102	122	102	102
k	N/mm ²	1.44	1.40	1.44	1.44
v _{min}	N/mm ²	0.35	0.34	0.35	0.35
ρ		0.0033	0.0028	0.0033	0.0033
σ _{cp}	N/mm ²	0.00	0.00	0.00	0.00
α _c		1.00	1.00	1.00	1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V _{Rd}	kN	393	431	393	393
-----------------	----	------------	------------	------------	------------

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	45	45	45	45
V _{RSd}	kN	1016	1215	1016	1016
V _{RCD}	kN	4318	5164	4318	4318
V _{Rd}	kN	1016	1215	1016	1016
	FS	2.03	2.51	2.98	2.23

Nuova S.S.291 Collegamento Sassari - Alghero - Aeroporto Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas – Alghero e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia		
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Asse B Sottovia al km 2+172</i>	

11 CONCLUSIONI

Nel presente documento si è proceduto al progetto e alla verifica dell'opera d'arte sia allo stato limite ultimo che allo stato limite di esercizio.

Le verifiche, con esito positivo, rispettano le indicazioni delle Normative tecniche di riferimento.