

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 C

ST01C Sottovia al km 2+752

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T03_ST01_STR_RE01_A			
DPCA0029	E 21	CODICE ELAB.	T03ST01STRRE01	A	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 Sottovia Asse C al km 2+752</i>	

INDICE

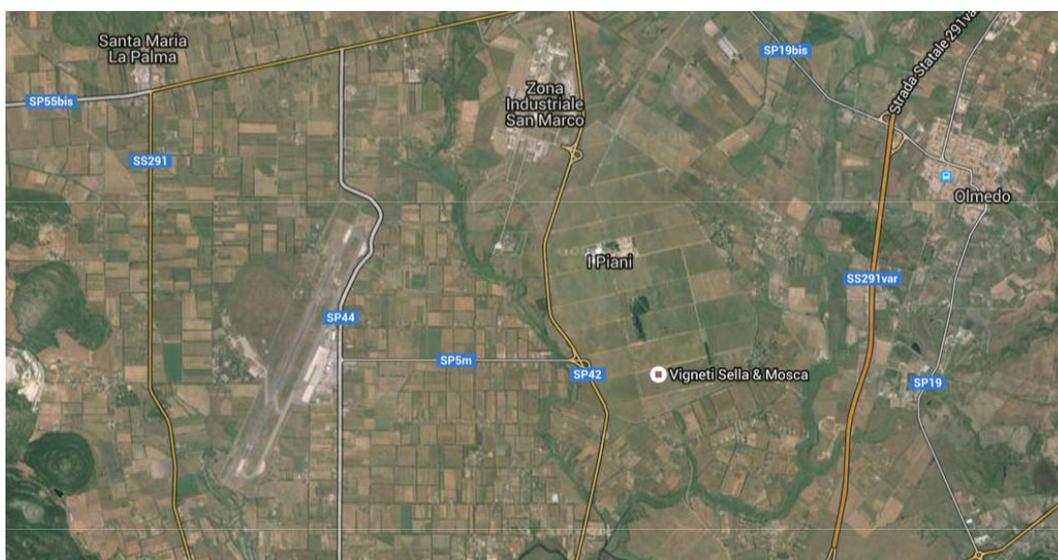
1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	5
3	UNITÀ DI MISURA	5
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
	4.1 Calcestruzzo	6
	4.1.1 Calcestruzzo magrone – classe di resistenza C12/15.....	6
	4.1.2 Calcestruzzo classe di resistenza C32/40	6
	4.1.3 Legame costitutivo del calcestruzzo	8
	4.1.4 Acciaio 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		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA-029	<i>Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752</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	65

1 PREMESSA

La presente relazione riporta il dimensionamento e le verifiche delle strutture in cemento armato ordinario gettato in opera del sottovia denominato “ST01C Sottovia al km 2+752” 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”.



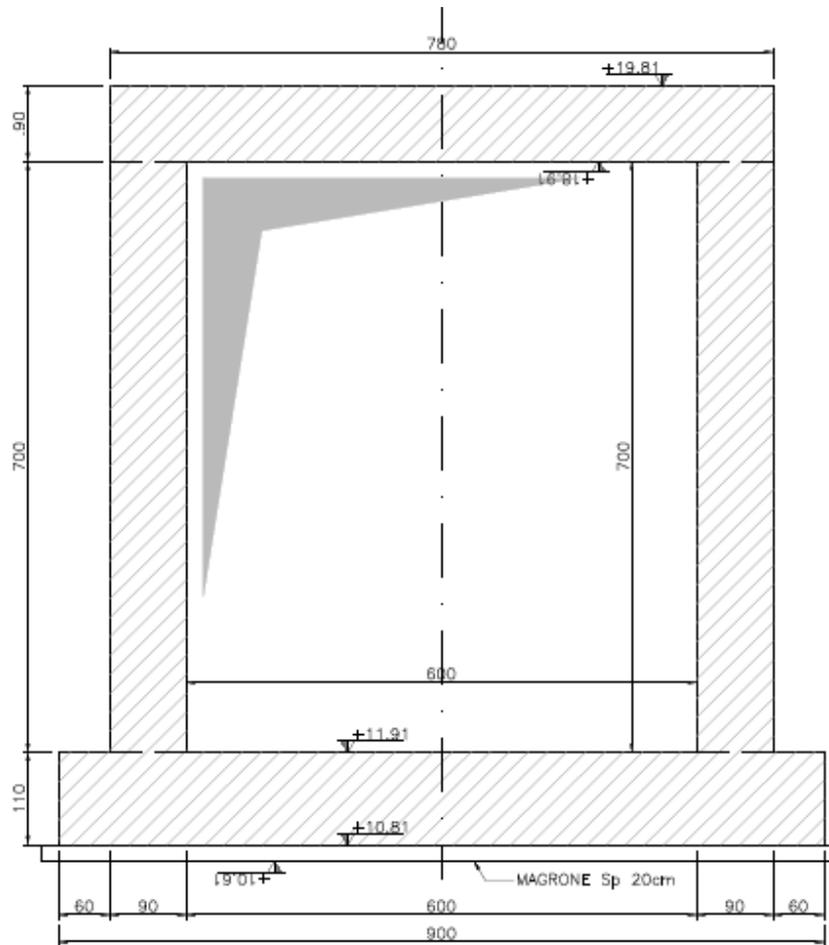
Lo scatolare in cemento armato ordinario gettato in opera presenta una sezione trasversale a singola canna con sezione utile interna di 7.00m x 6.00 m.

Lo scatolare ha le seguenti dimensioni geometriche:

- Fondazione 9.00x15.50m spess 1.10m;
- Piedritti Lungh 15.50m spess 0.90m;
- Soletta superiore Luce interna 6.00m spess 0.90m

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752



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 Sottovia Asse C al km 2+752</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 Sottovia Asse C al km 2+752</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
$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Coefficiente di espansione termica lineare

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 Sottovia Asse C al km 2+752</i>	

XC2+XA1

Classe di esposizione (norme UNI EN 206-1)

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		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752	

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 Sottovia Asse C al km 2+752	

4.1.5 Legame costitutivo dell'acciaio

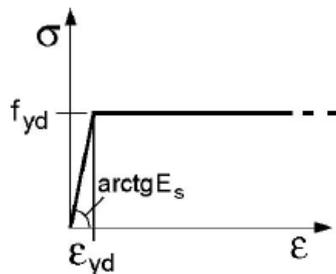
Per l'acciaio si adotta un legame costitutivo elastico perfettamente plastico, con rottura in corrispondenza di un valore della deformazione pari a:

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 _≥ C _o	C _{min} ≤C<C _o	C _≥ C _o	C _{min} ≤C<C _o	C _≥ C _o	C _{min} ≤C<C _o	C _≥ C _o	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 Sottovia Asse C al km 2+752</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 Sottovia Asse C al km 2+752</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		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752	

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:

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

di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

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

, 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 Sottovia Asse C al km 2+752	

$\alpha_{cw} = 1$ 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 Sottovia Asse C al km 2+752</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 20108.

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 Sottovia Asse C al km 2+752	

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 $VR = 100$ 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 Sottovia Asse C al km 2+752

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 Sottovia Asse C al km 2+752	

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	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.
B	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.
C	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.
D	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.
E	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.

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 Sottovia Asse C al km 2+752</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				
"Stato Limite"	perio di ritorno T_r [anni]	accelerazione orizzontale a_g [g]	amplificazione spettrale F_o [-]	Periodo inizio tratto velocità cost. T^*_c [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 Sottovia Asse C al km 2+752</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 (0.20x19) 3.80kN/m²

- **Soletta inf :**

Peso del rinterro (1.40x19) 26.60kN/m²

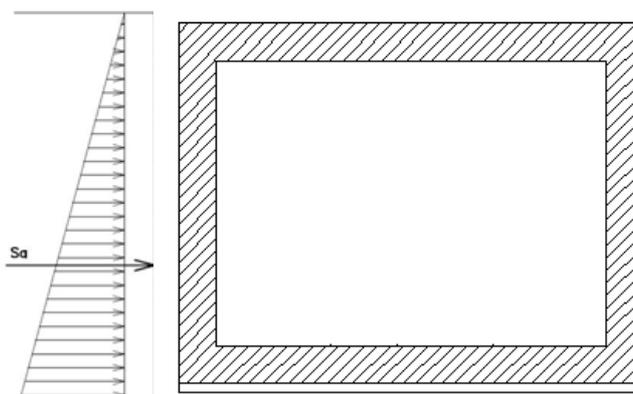
Risvolti soletta inf :

Pavimentazione superiore (0.10x20) 2.00kN/m²

Peso del rinterro ((0.20+0.90+7.00)x19) 153.90kN/m²

9.1.3 Spinta statica del terreno

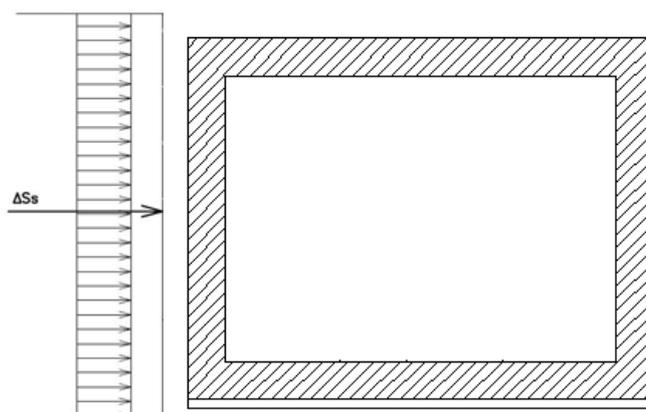
Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.



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

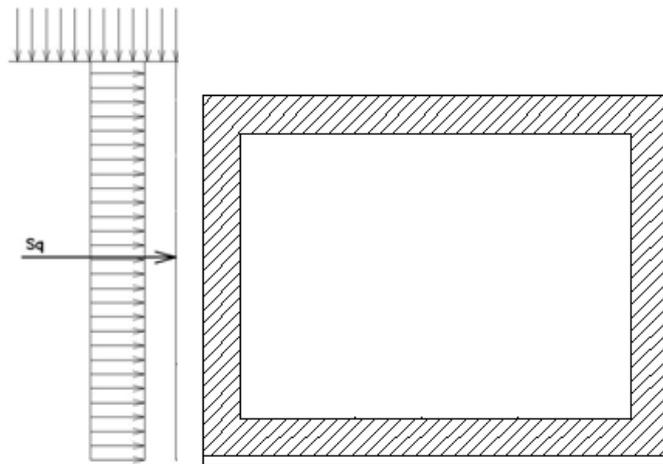
In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una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



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 Sottovia Asse C al km 2+752</i>	

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.

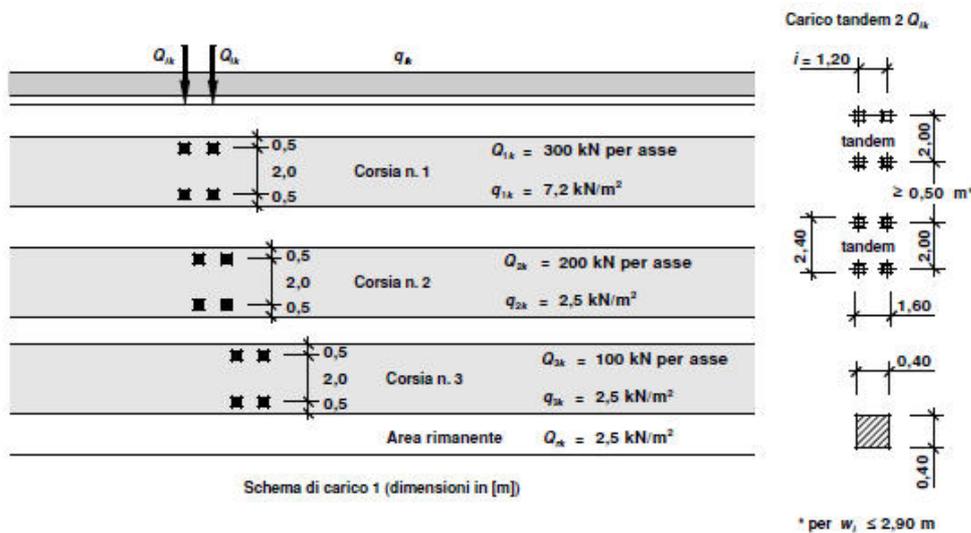


9.1.6 Carichi mobili (stradale)

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 Sottovia Asse C al km 2+752	

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:

$$q_3 \quad 180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN} \quad \mathbf{381.06 \quad kN/m}$$

Tale azione sarà ripartita trasversalmente per una larghezza pari

$$L_{d3} \quad 3.00 + 2x(0.10+0.20+0.90/2) = \quad 4.50 \quad \text{m}$$

Pertanto il carico applicato alla soletta superiore sarà pari a **84.68 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 Sottovia Asse C al km 2+752	

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 Sottovia Asse C al km 2+752	

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.

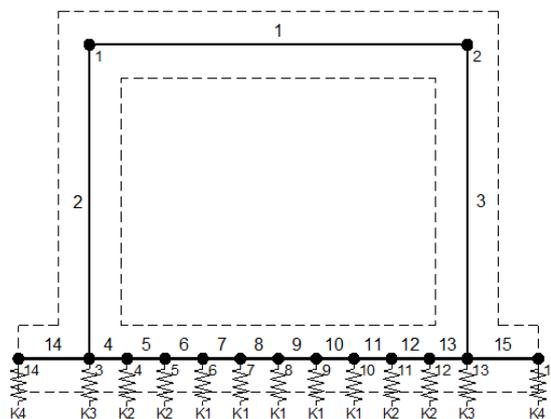
Convenzione assi

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 viene determinato con la seguente relazione:

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

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

10.1 Riepilogo dei carichi applicati

Caratteristiche materiali e terreno

Calcestruzzo armato - Peso specifico	Y		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	Y		20	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	Y		19	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		35	°
Terreno di fondazione	Kw		15000	kN/m ³
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione				aggressive

Ricoprimento

Spessore pacchetto stradale	H _p		0.10	m
Spessore del rinterro soletta superiore	H _r		0.20	m
Spessore del rinterro soletta inferiore			1.40	m

Geometria

Spessore soletta superiore	S _s		0.90	m
Spessore soletta di fondazione	S _f		1.10	m
Spessore piedritti	S _p		0.90	m
Altezza netta	H _{int}		7.00	m
Larghezza netta	L _{int}		6.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L _r		0.60	m

Rigidezze molle

Interasse molle	i	$(0.90/2 + 6.00 + 0.90/2) / 10 =$	0.69	m
Molle centrali	K ₁	$15000 \cdot 0.69 =$	10,350	kN/m
Molle intermedie	K ₂	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.69 =$	15,525	kN/m
Molle laterali	K ₃	$2.0 \cdot 15000 \cdot (0.69/2 + 0.90/2) =$	23,850	kN/m
Molle risolto	K ₄	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.60 =$	13,500	kN/m

Carichi permanenti

Soletta superiore				
Peso pacchetto stradale	P _s	$0.10 \cdot 20 =$	2.00	kN/m ²
Peso del rinterro	P _r	$0.20 \cdot 19 =$	3.80	kN/m ²
Totale			5.80	kN/m²
Soletta inferiore				
Peso del rinterro	P _r	$1.40 \cdot 19 =$	26.60	kN/m²
Risvolti soletta inferiore				
Peso pacchetto stradale	P _s	$0.10 \cdot 20 =$	2.00	kN/m ²
Peso del rinterro	P _r	$(0.20+0.90+7.00) \cdot 19 =$	153.90	kN/m ²
Totale			155.90	kN/m²

Carichi accidentali sulla copertura

Tandem				
Ldiffusione x			1.60	m
Ldiffusione y			2.40	m
Impronta di carico x	L _{d1}	$1.60 + 2 \cdot (0.10+0.20+0.90/2) =$	3.10	m
Impronta di carico y	L _{d2}	$2.40 + 2 \cdot (0.10+0.20+0.90/2) =$	3.00	m
Impronta sull'impalcato		$3.10 \cdot 3.00 =$	9.30	m ²
carico q ₁ (totale)			600	kN
carico q ₁ (ripartito)	Q _{1k}	$600 / 9.30 =$	64.52	kN/m²
Carico distribuito				
L _{d3}	L _{d3}	$3.00 + 2 \cdot (0.10+0.20+0.90/2) =$	4.50	m
q _{1k}	q _{1k}	$9.00 \cdot (3.00 / 4.50) =$	6.00	kN/m²

Frenamento q3

q ₃	q ₃	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L / L_{d3} < 900$	84.68	kN/m
----------------	----------------	--	--------------	-------------

Azione termica

Zona			1	
as			107	m
T _{min}			14.57	°
T _{max}			41.36	°
To			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	°
Ritiro (applicato alla soletta superiore)	ΔT _R		-10	°

Spinta del terreno

K ₀		$1 - \text{sen}(35^\circ) =$	0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p ₁	$0.426 \cdot 5.80 =$	2.47	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p ₂	$0.426 \cdot (5.80 + 19 \cdot 0.90/2) =$	6.12	kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p ₃	$0.426 \cdot [5.80 + 19 \cdot (0.90/2 + 7.00 + 1.10/2)] =$	70.94	kN/m²

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [5.80 + 19 \cdot (0.90/2 + 7.00 + 1.10)] =$	75.39	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(2.47 + 6.12)/2 \cdot 0.90/2$	1.93	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(70.94 + 75.39)/2 \cdot 1.10/2$	40.24	kN/m
Spinta del carico accidentale				
Spinta dovuta al q1	p	$0.426 \cdot (64.52 + 6.00) =$	30.07	kN/m²
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 · St	1.200	
accelerazione orizzontale max	a _{max} /g	= ag/g · S	0.0720	
Fattore di struttura	q		1.00	
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FHs	$0.072 \cdot (0.90 \cdot 25 + 5.80 + 0.2 \cdot 34.99) / 1.00 =$	2.54	kN/m²
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.072 \cdot (0.90 \cdot 25) / 1.00 =$	1.62	kN/m²
Spinta del terreno in fase sismica				
Coefficiente sismico orizzontale	kh	= a _{max} /g	0.072	
Coefficiente sismico verticale	kv	= ±0.5 · kh	0.036	
Risultante della spinta sismica	ΔS _E	= (a _{max} /g) · γ · (Hint+Ss+Sf+Hr) ²	118.3	kN/m
Pressione risultante	Δp _E	= ΔS _E / (Hint+Ss+Sf)	14.8	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 sx

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

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

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

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

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

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 Sottovia Asse C al km 2+752

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

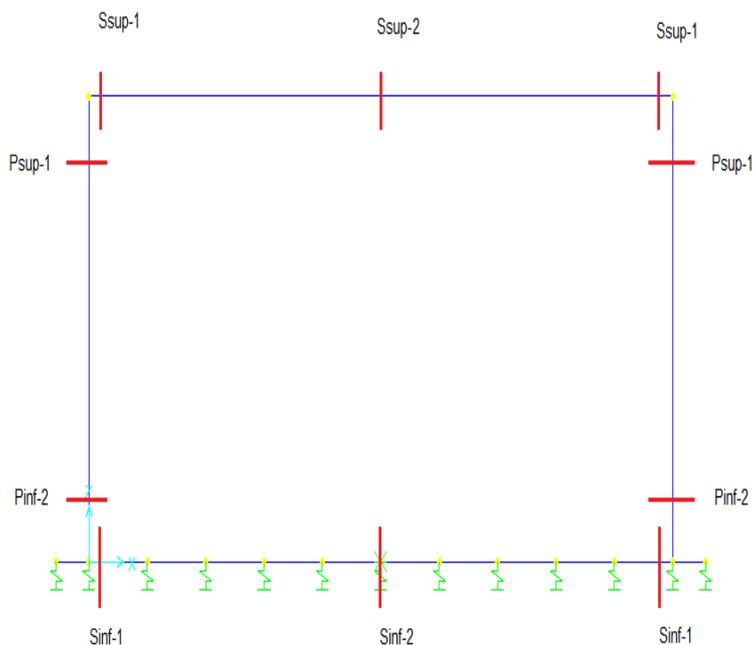


Figura 1 – Sezioni di verifica

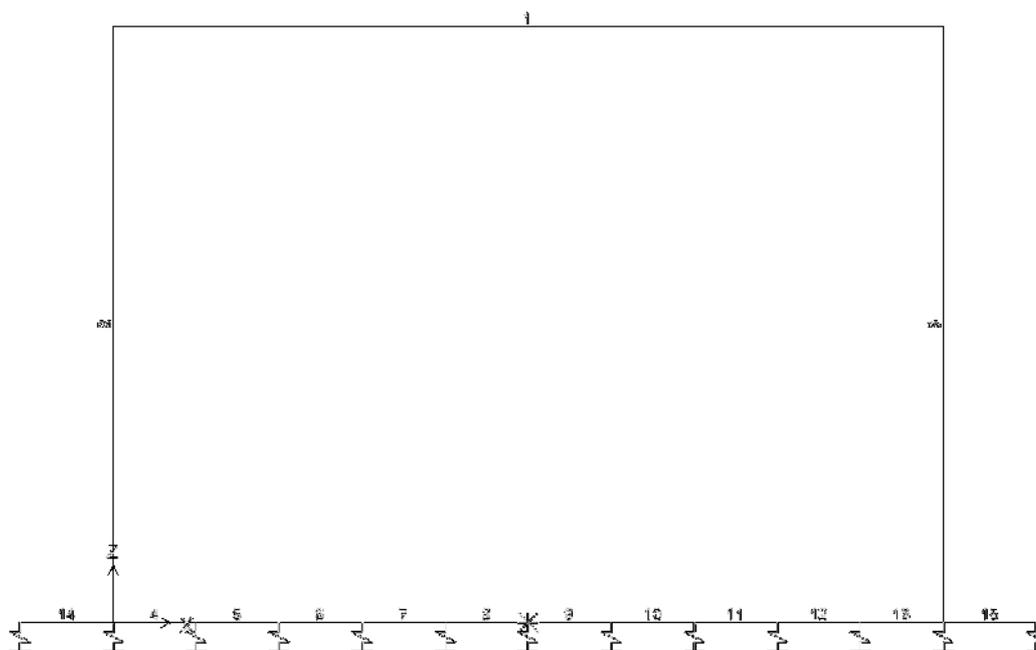


Figura 2 - Nomenclatura frame

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

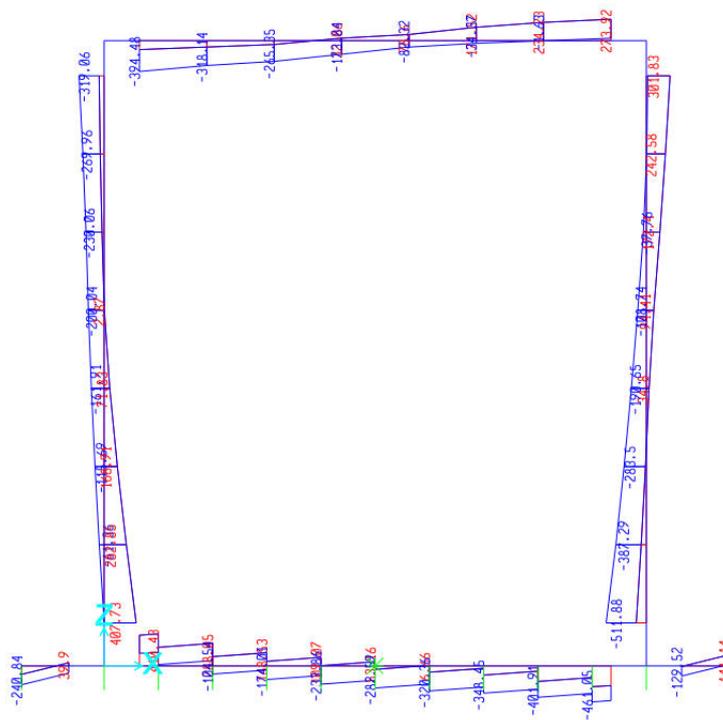


Figura 5 - Taglio - Involuppo SLU-SLV

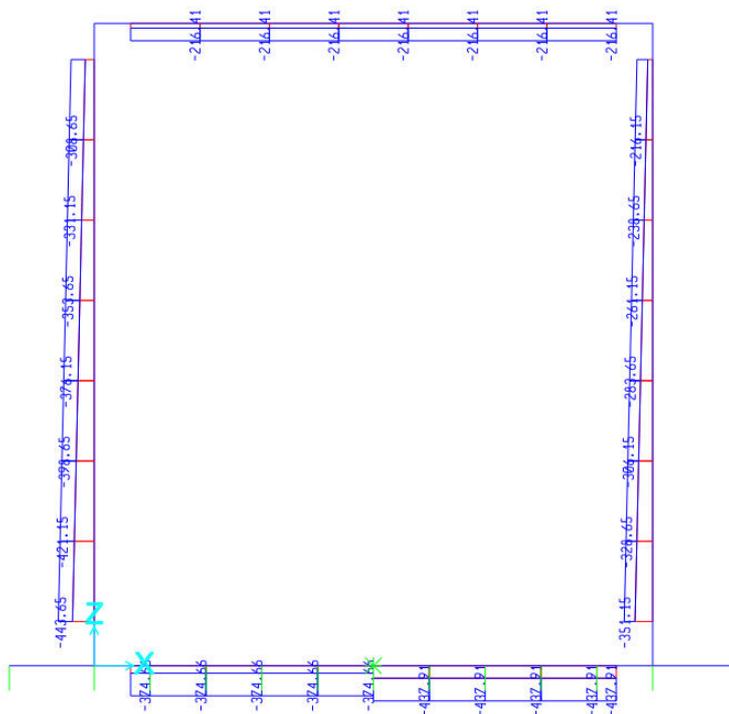


Figura 6 - Sforzo Normale - Involuppo SLE freq

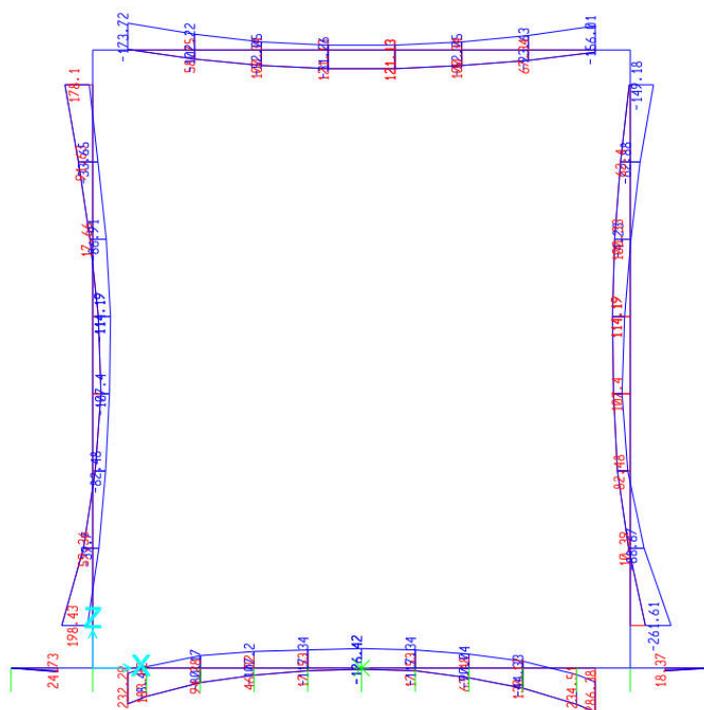


Figura 9 – Momento flettente – Involuppo SLE QP

10.3.1 Riepilogo sollecitazioni

Solsup-App	S_sup-1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	35S2-12M	354	561	
	(Nmin)	26S1T21T	68	-62	
	(Mmax)	37S2-13M	271	699	
	(Mmin)	26S1T21T	68	-62	
	Ved,max	14S1-23T			395
SLE - FQ	(Mmax)	69F1-13M	153	365	
SLE - QP	(Mmax)	61Q1-13-	95	-174	
Solsup-camp	S_sup-2	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	35S2-12M	354	38	
	(Nmin)	26S1T21T	68	346	
	(Mmax)	09S1-21M	92	439	
	(Mmin)	23S1T14-	295	-206	
	Ved,max	05S1-13M			84
SLE - FQ	(Mmax)	73F1-21M	63	259	
SLE - QP	(Mmax)	62Q1-21-	52	124	
Pied spicc	P_inf-2	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN

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 Sottovia Asse C al km 2+752	

SLU/SLV	(Nmax)	01S1-11M	525	126	
	(Nmin)	57SED1-	245	389	
	(Mmax)	44S2-23T	289	888	
	(Mmin)	17S1T11M	474	93	
	Ved,max	16S1-25-			512
SLE - FQ	(Mmax)	78F1-23T	259	504	
SLE - QP	(Mmax)	64Q1-23-	-257	-262	
Pied somm	P_sup-1	Comb.	Nsd kN	Msd kNm	Ved kN
SLU/SLV	(Nmax)	06S1-13T	472	625	
	(Nmin)	07S1-14-	149	268	
	(Mmax)	37S2-13M	390	742	
	(Mmin)	31S1T24-	149	11	
	Ved,max	35S2-12M			319
SLE - FQ	(Mmax)	69F1-13M	244	398	
SLE - QP	(Mmax)	61Q1-13-	121	178	
Sol inf camp	S_inf-2	Comb.	Nsd kN	Msd kNm	Ved kN
SLU/SLV	(Nmax)	15S1-24-	558	-302	
	(Nmin)	37S2-13M	79	485	
	(Mmax)	37S2-13M	79	485	
	(Mmin)	15S1-24-	558	-302	
	Ved,max	04S1-12T			284
SLE - FQ	(Mmax)	69F1-13M	92	248	
SLE - QP	(Mmax)	63Q1-22-	268	94	
Sol inf app	S_inf-1	Comb.	Nsd kN	Msd kNm	Ved kN
SLU/SLV	(Nmax)	16S1-25-	662	858	
	(Nmin)	17S1T11M	206	62	
	(Mmax)	43S2-23M	635	915	
	(Mmin)	18S1T11T	212	61	
	Ved,max	13S1-23M			461
SLE - FQ	(Mmax)	80F1-25-	438	548	
SLE - QP	(Mmax)	64Q1-23-	283	286	

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 Sottovia Asse C al km 2+752</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	5 Ø24	-	5 Ø20	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø20	-	5 Ø24	-
Piedritto - Spiccato	5 Ø24	5 Ø20	5 Ø20	-
Piedritto - Sommità	10 Ø20	-	5 Ø20	-
Soletta inferiore - Campata	5 Ø20	-	5 Ø20	-
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø20	-	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
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

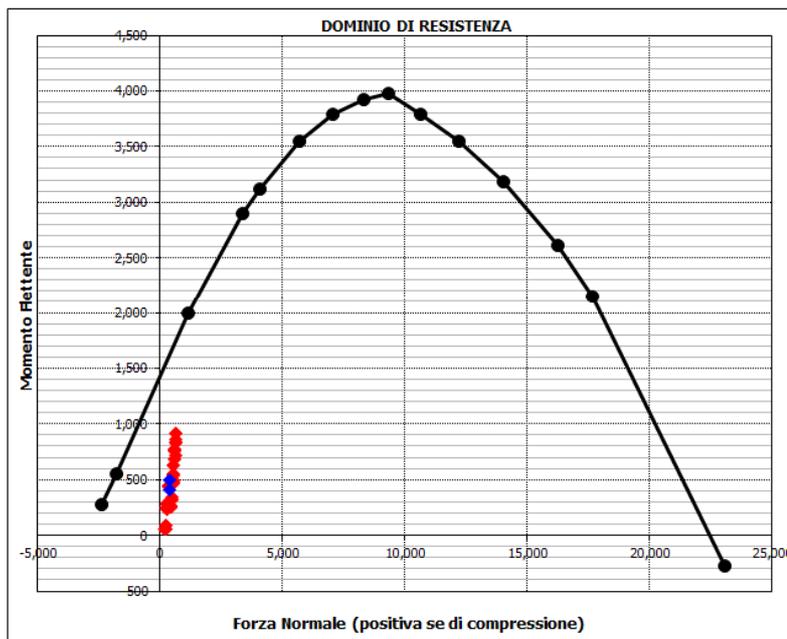
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 110 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 6.8 cm
Altezza utile della sezione d	= 102 cm

Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	24	22.62 cm ²
5	20	15.71 cm ²
		0.00 cm ²
38.33 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)	16S1-25-	662	858
(Nmin)	17S1T11M	206	62
(Mmax)	43S2-23M	635	915
(Mmin)	18S1T11T	212	61

Caratteristiche di sollecitazione			
	Comb.	Nsd	Msd
	01S1-11M	213	92
	02S1-11T	221	91
	03S1-12M	493	324
	04S1-12T	500	323
	05S1-13M	597	688
	06S1-13T	604	687
	07S1-14-	513	348
	08S1-15-	617	712
	09S1-21M	258	238
	10S1-21T	266	237
	11S1-22M	538	469
	12S1-22T	545	469
	13S1-23M	642	833
	14S1-23T	649	833
	15S1-24-	558	494
	16S1-25-	662	858
	17S1T11M	206	62
	18S1T11T	212	61
	19S1T12M	438	250
	20S1T12T	443	249
	21S1T13M	520	539
	22S1T13T	526	538
	23S1T14-	452	268
	24S1T15-	535	556
	25S1T21M	276	283
	26S1T21T	282	282
	27S1T22M	508	471
	28S1T22T	514	471
	29S1T23M	590	760
	30S1T23T	596	759
	31S1T24-	522	489
	32S1T25-	605	777
	33S2-11M	276	292
	34S2-11T	282	291
	35S2-12M	507	481
	36S2-12T	513	480
	37S2-13M	590	770
	38S2-13T	596	769
	39S2-21M	321	438
	40S2-21T	327	437
	41S2-22M	553	627
	42S2-22T	558	626
	43S2-23M	635	915
	44S2-23T	641	915
	45S2T11M	206	62
	46S2T11T	212	61
	47S2T12M	438	250
	48S2T12T	443	249
	49S2T13M	520	539
	50S2T13T	526	538
	51S2T21M	276	283
	52S2T21T	282	282
	53S2T22M	508	471
	54S2T22T	514	471
	55S2T23M	590	760
	56S2T23T	596	759
	57SED1-	365	411
	58SED2-	392	501



CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	548	kN m
Sforzo normale	N	438	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			
Armadura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5	\emptyset 20	$c_{s1} =$ 7.8 cm
Armadura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²		\emptyset	$c_{s2} =$ cm
Armadura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²		\emptyset	$c_{t2} =$ cm
Armadura tesa (1° strato)	AS_1	31.42	cm ²	10	\emptyset 20	$c_{t1} =$ 7.8 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.3	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	124.8	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	125.1	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	70.1	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	34.9	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11660	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}^*	3722419	cm ⁴			

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	596	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	814	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	185.8	cm	
	u (M_{fess})	130.8	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.3		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	213.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	31.5	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00024		
Copnferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	21.8	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2180	cm ²	
Armadura nell'area efficace	AS_{eff}	31.4	cm ²	
	ρ_r	0.01441		
Distanza tra le barre	s	10.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	22.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.05	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	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

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

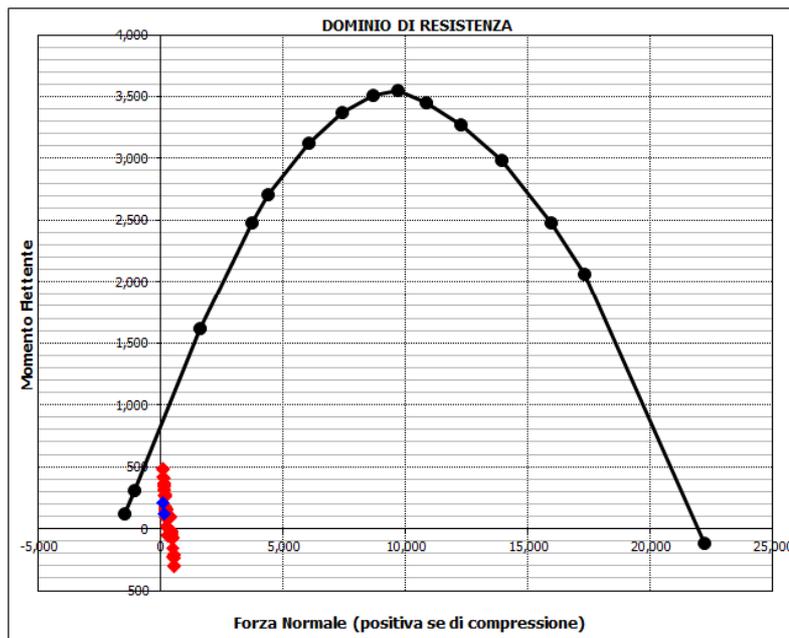
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 110 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 6.8 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 102 \text{ cm}$

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

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

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	15S1-24-	558 -302
(Nmin)	37S2-13M	79 485
(Mmax)	37S2-13M	79 485
(Mmin)	15S1-24-	558 -302

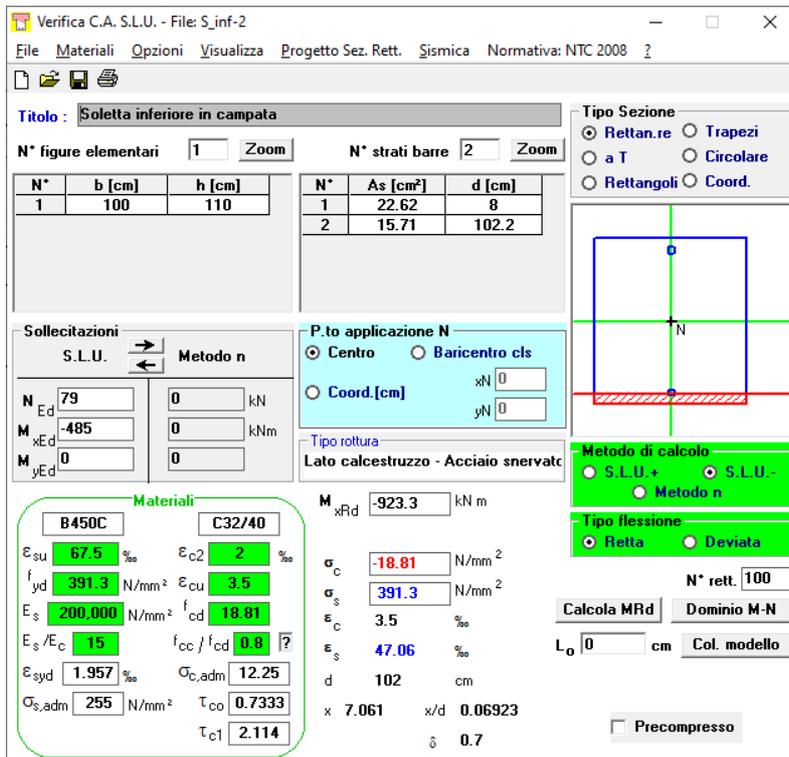
Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	213	158
02S1-11T	221	145
03S1-12M	493	-67
04S1-12T	500	-79
05S1-13M	109	415
06S1-13T	116	403
07S1-14-	513	-160
08S1-15-	129	321
09S1-21M	258	16
10S1-21T	266	4
11S1-22M	538	-209
12S1-22T	545	-221
13S1-23M	154	273
14S1-23T	161	261
15S1-24-	558	-302
16S1-25-	174	180
17S1T11M	206	166
18S1T11T	212	157
19S1T12M	438	-17
20S1T12T	443	-27
21S1T13M	124	369
22S1T13T	129	360
23S1T14-	452	-83
24S1T15-	138	304
25S1T21M	276	-49
26S1T21T	282	-58
27S1T22M	508	-232
28S1T22T	514	-241
29S1T23M	194	154
30S1T23T	199	145
31S1T24-	522	-297
32S1T25-	208	89
33S2-11M	162	282
34S2-11T	167	273
35S2-12M	393	99
36S2-12T	399	89
37S2-13M	79	485
38S2-13T	85	476
39S2-21M	207	140
40S2-21T	212	131
41S2-22M	438	-43
42S2-22T	444	-52
43S2-23M	124	343
44S2-23T	130	334
45S2T11M	206	166
46S2T11T	212	157
47S2T12M	438	-17
48S2T12T	443	-27
49S2T13M	124	369
50S2T13T	129	360
51S2T21M	276	-49
52S2T21T	282	-58
53S2T22M	508	-232
54S2T22T	514	-241
55S2T23M	194	154
56S2T23T	199	145
57SED1-	98	209
58SED2-	125	121



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

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 79 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 485 \text{ kNm}$.



Titolo: Soletta inferiore in campata

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	22.62	8
			2	15.71	102.2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro

Metodo di calcolo: S.L.U. -

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 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333 N/mm²
 τ_{c1} 2.114 N/mm²

Calcoli: $M_{xRd} = -923.3 \text{ kNm}$, $\sigma_c = -18.81 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_c = 3.5 ‰$, $\epsilon_s = 47.06 ‰$, $d = 102 \text{ cm}$, $x = 7.061$, $x/d = 0.06923$, $\delta = 0.7$

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 923,30 \text{ kNm} > M_{S,d} = 485 \text{ kNm}$
- **Fattore di sicurezza FS=1.90.**

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	248	kN m
Sforzo normale	N	92	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
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	15.71	cm ²

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

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	2.5	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	137.0	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	269.6	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	214.6	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	21.8	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	11440	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}^*	1914501	cm ⁴		

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	506	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	715	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	777.0	cm	
	u (M_{fess})	722.0	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	7.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	446.9	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	19.6	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00026		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	21.8	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2180	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	15.7	cm ²	
	ρ_r	0.00721		
Distanza tra le barre	s	20.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{rm}	31.5	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	$f_{yk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

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_{cc}	18.8 N/mm^2

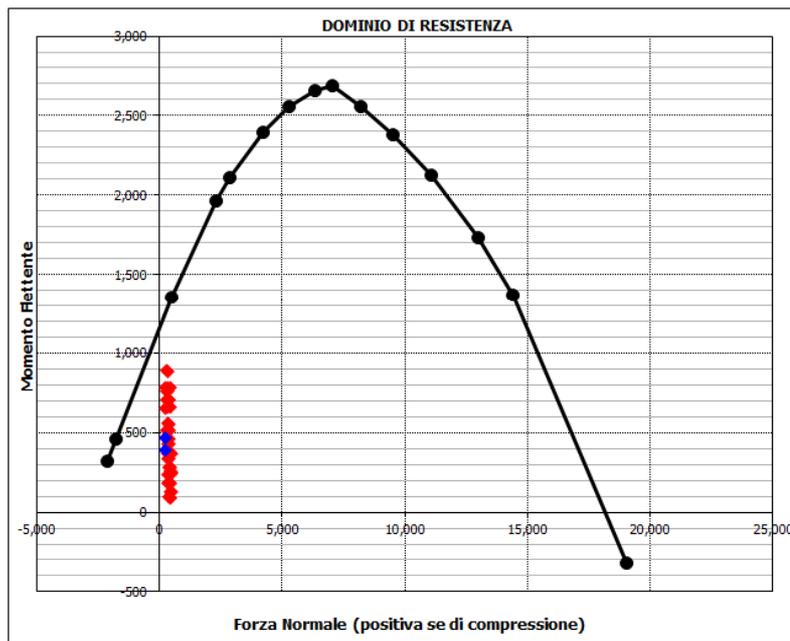
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 90 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 6.8 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 82.2 \text{ cm}$

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm^2
5	24	22.62	cm^2
		0.00	cm^2
		38.33	cm^2

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	01S1-11M	525	126
(Nmin)	57SED1-	245	389
(Mmax)	44S2-23T	289	888
(Mmin)	17S1T11M	474	93

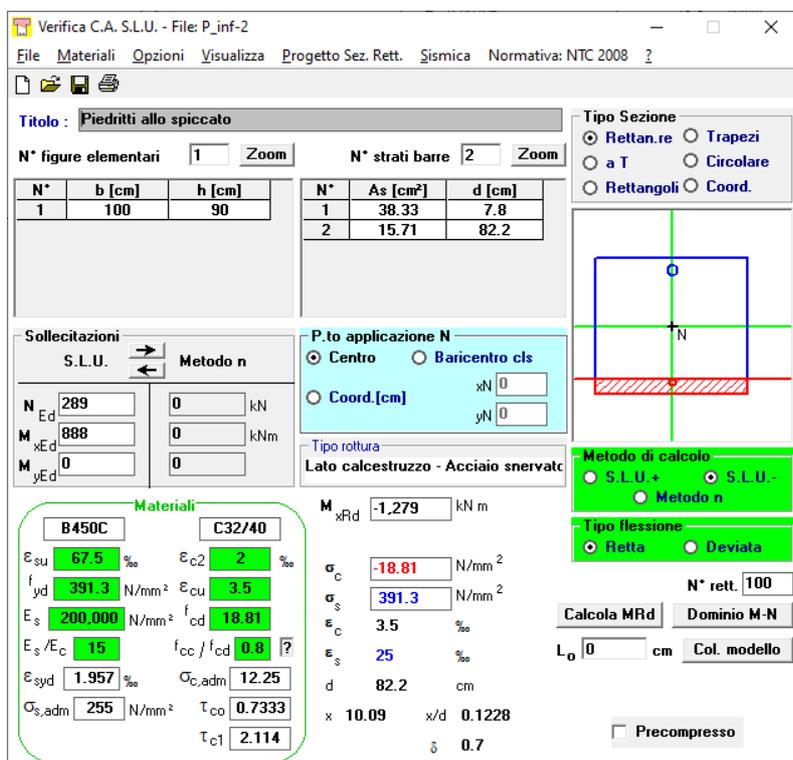
Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	525	126	
02S1-11T	448	130	
03S1-12M	525	241	
04S1-12T	448	245	
05S1-13M	441	657	
06S1-13T	365	661	
07S1-14-	362	238	
08S1-15-	278	654	
09S1-21M	525	252	
10S1-21T	448	256	
11S1-22M	525	367	
12S1-22T	448	371	
13S1-23M	441	783	
14S1-23T	365	787	
15S1-24-	362	364	
16S1-25-	278	780	
17S1T11M	474	93	
18S1T11T	417	96	
19S1T12M	474	186	
20S1T12T	417	189	
21S1T13M	408	516	
22S1T13T	351	519	
23S1T14-	362	184	
24S1T15-	296	514	
25S1T21M	474	283	
26S1T21T	417	286	
27S1T22M	474	376	
28S1T22T	417	378	
29S1T23M	408	706	
30S1T23T	351	709	
31S1T24-	362	374	
32S1T25-	296	704	
33S2-11M	412	336	
34S2-11T	355	339	
35S2-12M	412	429	
36S2-12T	355	432	
37S2-13M	346	759	
38S2-13T	289	762	
39S2-21M	412	462	
40S2-21T	355	465	
41S2-22M	412	555	
42S2-22T	355	558	
43S2-23M	346	885	
44S2-23T	289	888	
45S2T11M	474	93	
46S2T11T	417	96	
47S2T12M	474	186	
48S2T12T	417	189	
49S2T13M	408	516	
50S2T13T	351	519	
51S2T21M	474	283	
52S2T21T	417	286	
53S2T22M	474	376	
54S2T22T	417	378	
55S2T23M	408	706	
56S2T23T	351	709	
57SED1-	245	389	
58SED2-	245	467	



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

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 289$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 888$ 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	90	1	38.33	7.8
			2	15.71	82.2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 289 kN
 M_{xEd}: 888 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}: -1,279 kNm
 σ_c: -18.81 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5‰
 ε_s: 25‰
 d: 82.2 cm
 x: 10.09 x/d: 0.1228
 δ: 0.7

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

Precompresso

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1279,00$ kNm > $M_{S,d} = 888$ kNm
- Fattore di sicurezza FS=1.44.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	504	kN m
Sforzo normale	N	259	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	90	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	15.71	cm ² 5 Ø 20 $C_{I2} = 7.8$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	22.62	cm ² 5 Ø 24 $C_{I1} = 8.0$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.2	N/mm ² < σ_{Camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	147.2	N/mm ² < σ_{Samm}

Eccentricità	e (M)	194.6	cm	> H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	149.6	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	28.4	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	9756	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	7191610	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	2519013	cm ⁴		

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	396	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	547	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	211.2	cm	
	u (M_{fess})	166.2	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	162.3	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	28.0	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}	22.0	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2200	cm ²	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	38.3	cm ²	
	p_r	0.01742		
Distanza tra le barre	s	20.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	24.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.07	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.12	mm	

Risolvi

0.00000

10.4.4 Verifica piedritti in sommità (P_sup-1)

Verifiche in presso-tenso flessione

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

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

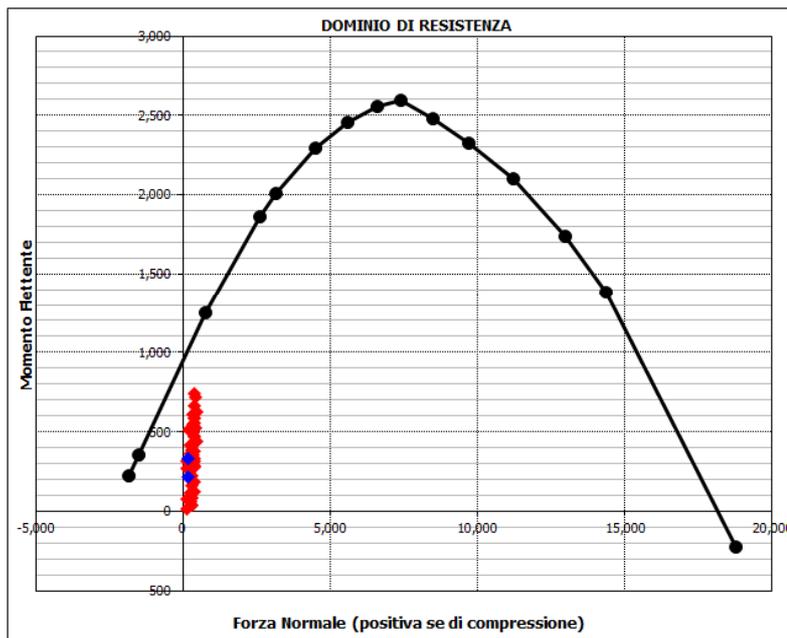
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 90 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 6.8 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 82.2 \text{ cm}$

Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
10	20	31.42 cm^2
		0.00 cm^2
		0.00 cm^2
		31.42 cm^2

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	06S1-13T	472	625
(Nmin)	07S1-14-	149	268
(Mmax)	37S2-13M	390	742
(Mmin)	31S1T24-	149	11

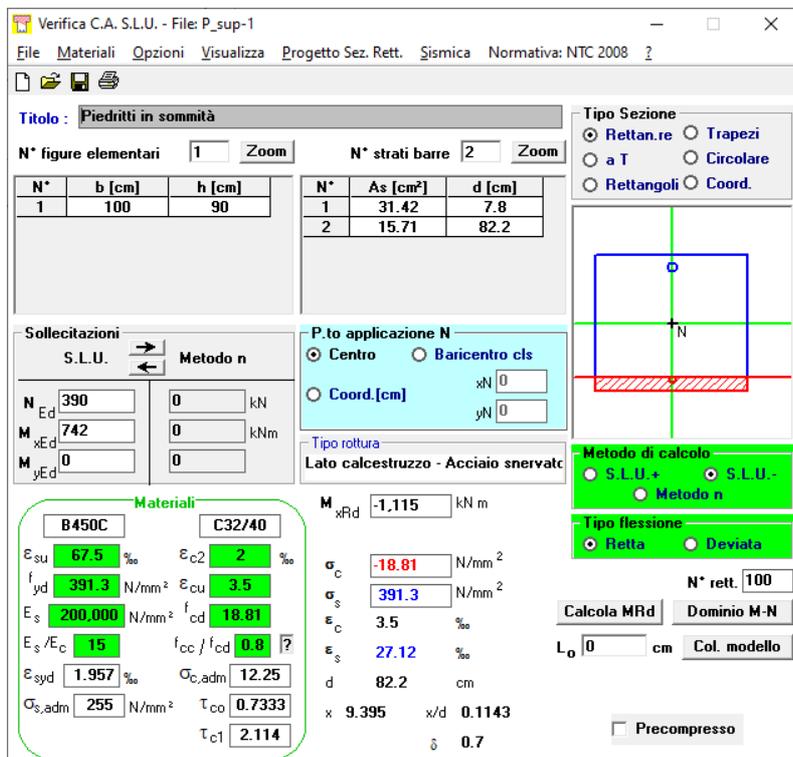
Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	312	348
02S1-11T	388	312
03S1-12M	312	411
04S1-12T	388	375
05S1-13M	395	661
06S1-13T	472	625
07S1-14-	149	268
08S1-15-	232	518
09S1-21M	312	158
10S1-21T	388	122
11S1-22M	312	221
12S1-22T	388	185
13S1-23M	395	471
14S1-23T	472	435
15S1-24-	149	78
16S1-25-	232	328
17S1T11M	261	361
18S1T11T	319	334
19S1T12M	261	413
20S1T12T	319	386
21S1T13M	327	609
22S1T13T	384	582
23S1T14-	149	312
24S1T15-	215	508
25S1T21M	261	60
26S1T21T	319	33
27S1T22M	261	112
28S1T22T	319	85
29S1T23M	327	308
30S1T23T	384	281
31S1T24-	149	11
32S1T25-	215	207
33S2-11M	324	495
34S2-11T	381	467
35S2-12M	324	546
36S2-12T	381	519
37S2-13M	390	742
38S2-13T	447	715
39S2-21M	324	305
40S2-21T	381	278
41S2-22M	324	357
42S2-22T	381	330
43S2-23M	390	553
44S2-23T	447	526
45S2T11M	261	361
46S2T11T	319	334
47S2T12M	261	413
48S2T12T	319	386
49S2T13M	327	609
50S2T13T	384	582
51S2T21M	261	60
52S2T21T	319	33
53S2T22M	261	112
54S2T22T	319	85
55S2T23M	327	308
56S2T23T	384	281
57SED1-	182	329
58SED2-	182	218



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

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 390$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 742$ 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	90	1	31.42	7.8
			2	15.71	82.2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 390 kN
 M_{xEd}: 742 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}: -1,115 kNm

σ_c: -18.81 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5‰
 ε_s: 27.12‰
 d: 82.2 cm
 x: 9.395 x/d: 0.1143
 δ: 0.7

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

Precompresso

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1115,00$ kNm > $M_{S,d} = 742$ kNm
- Fattore di sicurezza FS=1.50.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	398	kN m
Sforzo normale	N	244	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	90	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	31.42	cm ²

$5 \text{ } \emptyset \text{ } 20 \text{ } C_{s1} = 7.8 \text{ cm}$
 $\emptyset \text{ } C_{s2} = \text{ cm}$
 $\emptyset \text{ } C_{t2} = \text{ cm}$
 $10 \text{ } \emptyset \text{ } 20 \text{ } C_{t1} = 7.8 \text{ cm}$

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.4	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	134.7	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	163.4	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	118.4	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	27.0	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	9660	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	7053179	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	2179057	cm ⁴	

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	386	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	535	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	219.3	cm	
	u (M_{fess})	174.3	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	192.4	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	25.7	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00026		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	21.8	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2180	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	31.4	cm ²	
	p_r	0.01441		
Distanza tra le barre	s	10.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	22.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.06	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.10	mm	

Risolvi

0.00000

10.4.5 Verifica soletta superiore in appoggio (S_sup-1)

Verifiche in presso-tenso flessione

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

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

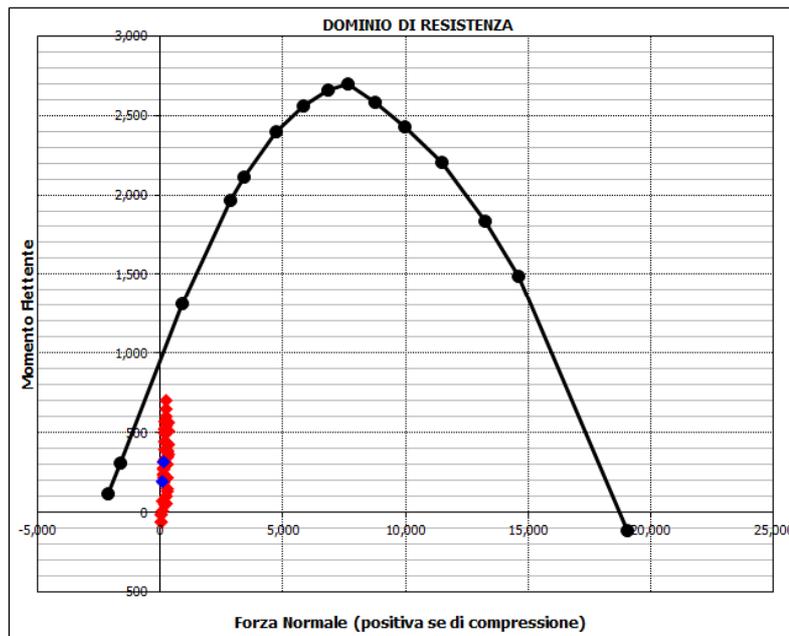
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 90 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 6.8 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 82.2 \text{ cm}$

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	20	31.42 cm^2	
		0.00 cm^2	
		0.00 cm^2	
		31.42 cm^2	

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

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	35S2-12M	354	561
(Nmin)	26S1T21T	68	-62
(Mmax)	37S2-13M	271	699
(Mmin)	26S1T21T	68	-62

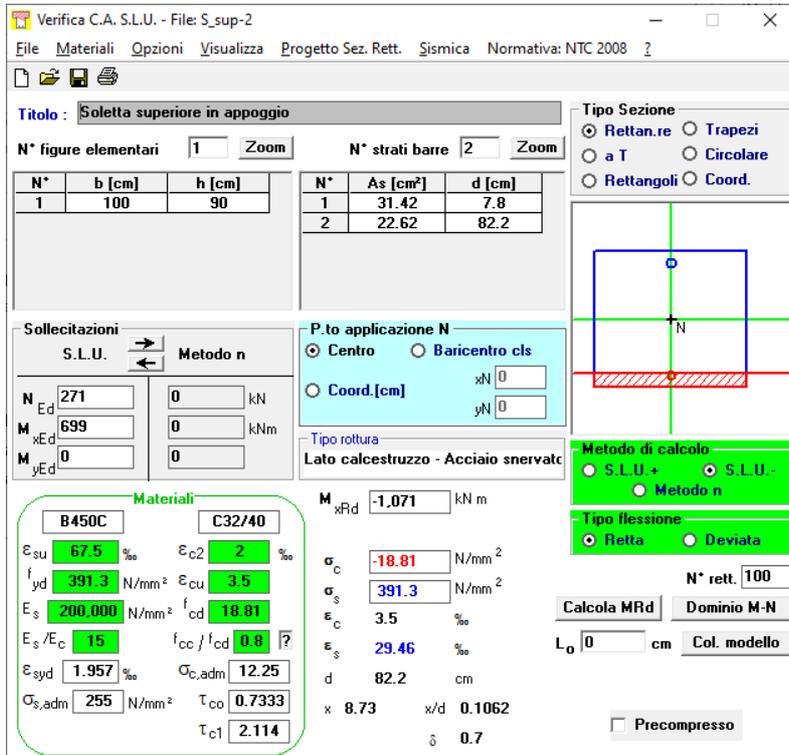
Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	137	280	
02S1-11T	130	215	
03S1-12M	346	424	
04S1-12T	338	359	
05S1-13M	242	602	
06S1-13T	234	538	
07S1-14-	326	345	
08S1-15-	222	523	
09S1-21M	92	70	
10S1-21T	85	5	
11S1-22M	301	214	
12S1-22T	293	149	
13S1-23M	197	393	
14S1-23T	189	328	
15S1-24-	281	135	
16S1-25-	177	313	
17S1T11M	144	319	
18S1T11T	139	270	
19S1T12M	309	435	
20S1T12T	304	386	
21S1T13M	227	574	
22S1T13T	221	525	
23S1T14-	295	378	
24S1T15-	213	517	
25S1T21M	74	-14	
26S1T21T	68	-62	
27S1T22M	239	103	
28S1T22T	234	54	
29S1T23M	157	242	
30S1T23T	151	193	
31S1T24-	225	46	
32S1T25-	142	185	
33S2-11M	189	444	
34S2-11T	183	395	
35S2-12M	354	561	
36S2-12T	348	512	
37S2-13M	271	699	
38S2-13T	266	651	
39S2-21M	144	234	
40S2-21T	138	185	
41S2-22M	309	351	
42S2-22T	303	302	
43S2-23M	226	490	
44S2-23T	221	441	
45S2T11M	144	319	
46S2T11T	139	270	
47S2T12M	309	435	
48S2T12T	304	386	
49S2T13M	227	574	
50S2T13T	221	525	
51S2T21M	74	-14	
52S2T21T	68	-62	
53S2T22M	239	103	
54S2T22T	234	54	
55S2T23M	157	242	
56S2T23T	151	193	
57SED1-	133	316	
58SED2-	106	192	



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

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 271$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 699$ kNm.



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

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

Titolo: Soletta superiore in appoggio

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	31.42	7.8
			2	22.62	82.2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 271 kN
 M_{xEd}: 699 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}: -1,071 kNm
 σ_c: -18.81 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5‰
 ε_s: 29.46‰
 d: 82.2 cm
 x: 8.73 x/d: 0.1062
 δ: 0.7

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

Precompresso

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1071.00$ kNm > $M_{S,d} = 699$ kNm
- Fattore di sicurezza FS=1.53.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	365	kN m
Sforzo normale	N	153	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	90	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	22.62	cm ² 5 Ø 24 $C_{S1} = \mathbf{8.0}$ 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	31.42	cm ² 10 Ø 20 $C_{I1} = \mathbf{7.8}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	3.9	N/mm ² < σ_{Camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	133.0	N/mm ² < σ_{Samm}

Eccentricità	e (M)	238.5	cm	> H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	193.5	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	24.9	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	9756	cm ²		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	7191610	cm ⁴		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	2159643	cm ⁴		

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	378	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	530	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	345.9	cm	
	u (M_{fess})	300.9	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.6		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	202.9	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	23.9	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}	21.8	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2180	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	31.4	cm ²	
	p_r	0.01441		
Distanza tra le barre	s	10.0	cm	
	K_2	0.4		
	K_3	0.125		
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	22.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.06	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	$f_{tk} = 540$ 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

4 copr
1.2 spilli
1.6 correnti

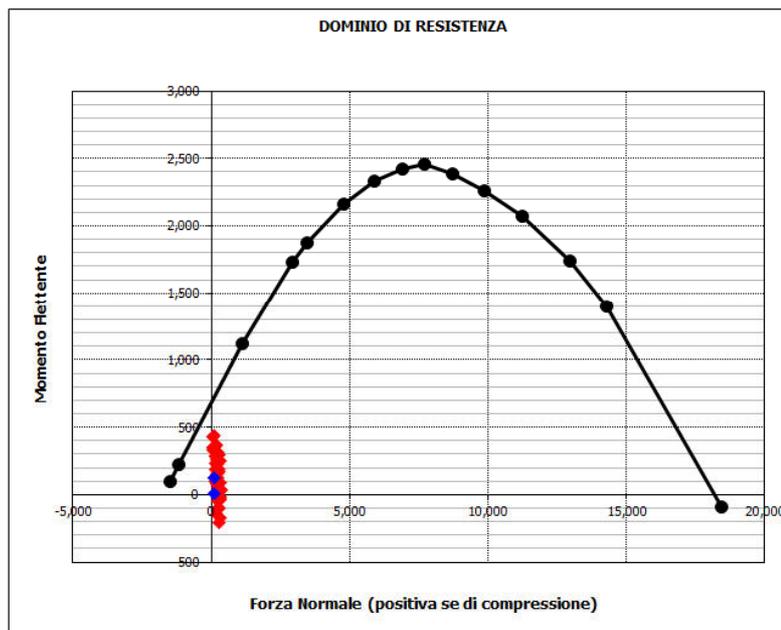
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 90$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 6.8$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 82$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		22.62	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)	35S2-12M	354	38
(Nmin)	26S1T21T	68	346
(Mmax)	09S1-21M	92	439
(Mmin)	23S1T14-	295	-206

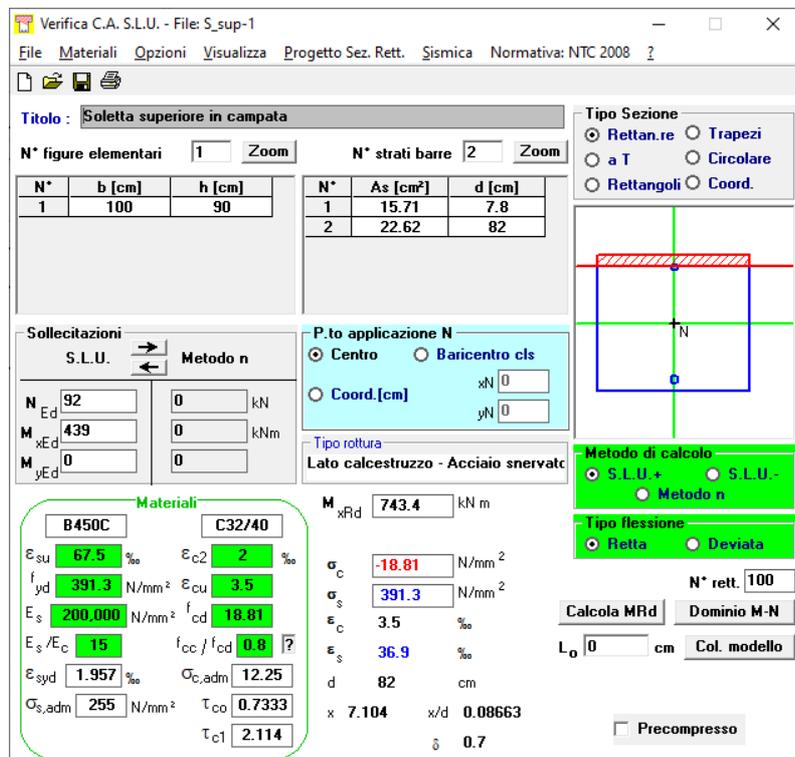
Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	137	229
02S1-11T	130	123
03S1-12M	346	85
04S1-12T	338	-21
05S1-13M	242	157
06S1-13T	234	51
07S1-14-	326	-173
08S1-15-	222	-101
09S1-21M	92	439
10S1-21T	85	333
11S1-22M	301	295
12S1-22T	293	189
13S1-23M	197	367
14S1-23T	189	261
15S1-24-	281	37
16S1-25-	177	109
17S1T11M	144	93
18S1T11T	139	14
19S1T12M	309	-23
20S1T12T	304	-103
21S1T13M	227	35
22S1T13T	221	-44
23S1T14-	295	-206
24S1T15-	213	-148
25S1T21M	74	426
26S1T21T	68	346
27S1T22M	239	309
28S1T22T	234	230
29S1T23M	157	367
30S1T23T	151	288
31S1T24-	225	126
32S1T25-	142	184
33S2-11M	189	155
34S2-11T	183	75
35S2-12M	354	38
36S2-12T	348	-41
37S2-13M	271	97
38S2-13T	266	17
39S2-21M	144	365
40S2-21T	138	285
41S2-22M	309	248
42S2-22T	303	169
43S2-23M	226	306
44S2-23T	221	227
45S2T11M	144	93
46S2T11T	139	14
47S2T12M	309	-23
48S2T12T	304	-103
49S2T13M	227	35
50S2T13T	221	-44
51S2T21M	74	426
52S2T21T	68	346
53S2T22M	239	309
54S2T22T	234	230
55S2T23M	157	367
56S2T23T	151	288
57SED1-	126	3
58SED2-	99	127



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

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 92$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 439$ kNm.



Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 743.40$ kNm $>$ $M_{S,d} = 439$ kNm
- **Fattore di sicurezza FS=1.69.**

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

CA-029

Relazione tecnica e di calcolo Sottovia Asse C al km 2+752

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	259	kN m
Sforzo normale	N	63	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	90	cm				
Larghezza sezione	B	100	cm				
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5	\emptyset 20	$C_{s1} =$	7.8 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	22.62	cm ²	5	\emptyset 24	$C_{t1} =$	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	138.8	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	413.0	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
Posizione asse neutro	u (M)	368.0	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	9537	cm ²			
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	6865550	cm ⁴			
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	1611229	cm ⁴			

Risolvi

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	347	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	492	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	783.8	cm	
	u (M_{fess})	738.8	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	275.2	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	20.1	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00026		
Copnferro 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

10.5 Verifiche a taglio

Calcestruzzo			Sezioni	S_Sup - 1	S_Inf - 1	P_Sup - 1	P_Inf - 2	
			Sollecitazioni	Soletta sup	Soletta inf	Piedritto sx	Piedritto dx	
Tipo	C32/40		V _{Ed}	kN	395	461	319	512
R _{ck}	40	N/mm ²	N _{Ed}	kN	0	0	0	0
f _{ck}	33.2	N/mm ²	Armatura a taglio					
γ _c	1.5		Diametro	mm	12	12	12	12
α _{cc}	0.85		Numero barre		5	5	5	5
f _{cd}	18.8	N/mm ²	A _{sw}	cm ²	5.65	5.65	5.65	5.65
Acciaio			Passo s	cm	20	20	20	20
f _{tk}	540	N/mm ²	Angolo α	°	90	90	90	90
f _{yk}	450	N/mm ²	Armatura longitudinale					
γ _s	1.15		n ₁		5.0	5.0	5.0	5.0
f _{yd}	391	N/mm ²	Ø ₁	mm	20	20	20	20
			n ₂					
			Ø ₂	mm				
			Asl	cm ²	15.71	15.71	15.71	15.71
			Sezione					
			b _w	cm	100	100	100	100
			H	cm	90	110	90	90
			c	cm	7.8	7.8	7.8	7.8
			d	cm	82.2	102.2	82.2	82.2
			k	N/mm ²	1.49	1.44	1.49	1.49
			v _{min}	N/mm ²	0.37	0.35	0.37	0.37
			ρ		0.0019	0.0015	0.0019	0.0019
			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	302	357	302	302
			Resistenza con armatura a taglio					
			Inclinazione puntone θ	°	45	45	45	45
			V _{RSd}	kN	819	1018	819	819
			V _{RCd}	kN	3480	4326	3480	3480
			V _{Rd}	kN	819	1018	819	819
				FS	2.07	2.21	2.57	1.60

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.