

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. Maria Antonietta 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 muri imbocco

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T03_ST01_STR_RE02_A			
DPCA0029	E 21	CODICE ELAB.	T03ST01STRRE02	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	Giugno 2021	E. RICCI	G. CAPOGNA	G. PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

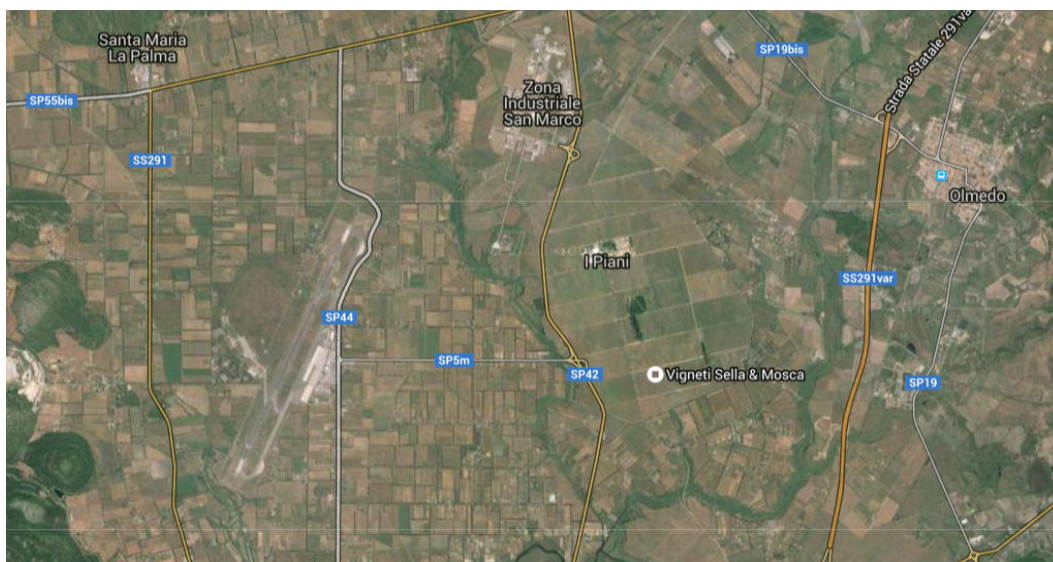
1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	4
3	UNITÀ DI MISURA.....	4
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
	4.1 Calcestruzzo	5
	4.1.1 Calcestruzzo magrone – classe di resistenza C12/15.....	5
	4.1.2 Calcestruzzo classe di resistenza C32/40	5
	4.1.3 Legame costitutivo del calcestruzzo	6
	4.1.4 Acciaio per cemento armato	6
	4.1.5 Legame costitutivo dell'acciaio	7
	4.2 Durabilità dei materiali	7
5	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	8
6	METODO DI CALCOLO	9
	6.1 Contesto Normativo e Metodo di Analisi	9
	6.2 Verifiche strutturali.....	9
	6.2.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione – pressoflessione.....	9
	6.2.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	10
	6.2.3 Verifica agli stati limite d'esercizio	11
7	SOFTWARE DI CALCOLO	11
8	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	12
	8.1 Periodo di riferimento per l'azione sismica	12
	8.2 Caratterizzazione sismica del terreno e condizioni topografiche.....	15
	8.3 Fattore di struttura	16
	8.4 Parametri sismici di calcolo.....	16
9	DEFINIZIONE DELLE AZIONI SULLA STRUTTURA	17
	9.1 Carichi unitari sulla struttura	17
	9.1.1 Carichi permanenti strutturali.....	17
	9.1.2 Carichi permanenti non strutturali	17
	9.1.3 Spinta statica del terreno	18
	9.1.4 Spinta del terreno in condizioni sismiche	18
	9.1.5 Spinta del terreno dovuta ai sovraccarichi accidentali.....	19
	9.1.6 Azione sismica	19
	9.2 Combinazioni di carico	20
10	ANALISI STRUTTURALE	22

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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

10.1 Riepilogo dei carichi applicati	23
10.1.1 Sezione caratterizzata dai piedritti di altezza massima – Modello N°1	23
10.1.2 Sezione caratterizzata dai piedritti nel tratto costante – Modello N°2	25
10.2 Combinazioni.....	26
10.3 Sollecitazioni	28
10.3.1 Modello N°1 – Piedritti di altezza massima	28
10.3.2 Riepilogo sollecitazioni - Modello N°1 – Piedritti di altezza massima	31
10.3.3 Modello N°2 – Piedritti di altezza costante	32
10.3.4 Riepilogo sollecitazioni - Modello N°2 – Piedritti di spessore costante	35
10.4 Verifiche strutturali a pressoflessione (SLU-SLE) – Modello N°1	36
10.4.1 Verifica soletta inferiore in appoggio (S_{inf-1})	37
10.4.2 Verifica piedritti allo spiccato (P_{inf-2})	40
10.5 Verifiche a taglio	43
10.6 Verifiche strutturali a pressoflessione (SLU-SLE) – Modello N°2	44
10.6.1 Verifica soletta inferiore in appoggio (S_{inf-1})	45
10.6.2 Verifica piedritti allo spiccato (P_{inf-2})	49
10.7 Verifiche a taglio	52

1 PREMESSA


La presente relazione riporta il dimensionamento e le verifiche delle strutture in cemento armato ordinario gettato in opera dei “Muri di imbocco” 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”.



Il muro a U in cemento armato ordinario gettato in opera, è giuntato allo scatolare e presenta una sezione trasversale avente le seguenti dimensioni geometriche:

- Fondazione 9.00x12.00m spess 1.10m;
- Piedritti Lungh 12.00m spess variabile 0.50÷0.90m altezza variabile tra 7.90÷1.25m.

Si analizzeranno due distinte sezioni caratterizzate rispettivamente dai piedritti di altezza massima (Modello N°1) e dai piedritti di altezza costante (Modello N°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 Muri Imbocco 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	Relazione tecnica e di calcolo Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

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

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

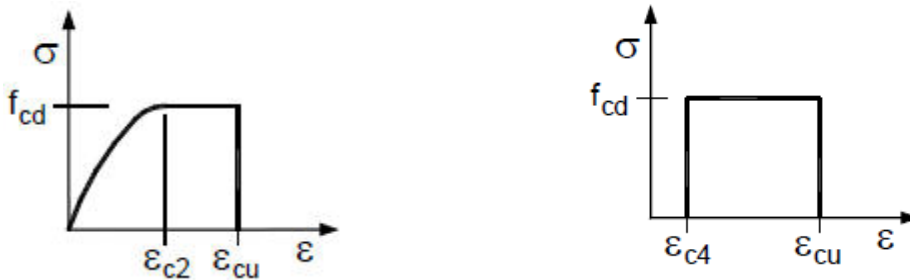
4.1.2 Calcestruzzo classe di resistenza C32/40

$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$	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
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	<i>Relazione tecnica e di calcolo Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752</i>	

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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

4.1.5 Legame costitutivo dell'acciaio

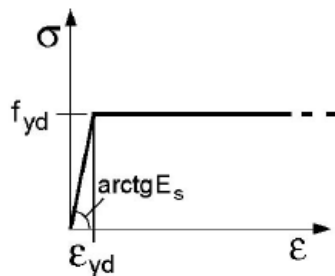
Per l'acciaio si adotta un legame costitutivo elastico perfettamente plastico, con rottura in corrispondenza di un valore della deformazione pari a:

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 Muri Imbocco 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

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

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

Terreno di rinfiacco

$$\varphi = 35^\circ$$


$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

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

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 Muri Imbocco 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 2018). 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 2018.

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		
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Muri Imbocco 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 Muri Imbocco 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:


$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

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

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

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 2018.

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 .

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.

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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

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

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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

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 2018.

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

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


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

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

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

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

Stati Limite	P_{VR} : 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 Muri Imbocco 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 2018.

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 Muri Imbocco 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 Muri Imbocco 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 inf :**

Peso del rinterro (1.30x19) 24.70kN/m²

Risvolti soletta inf :

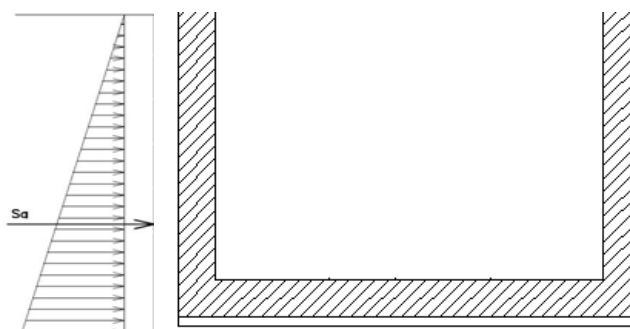
Pavimentazione superiore (0.10x20) 2.00kN/m²

Peso del rinterro Modello N°1 ((7.50)x19) 142.50kN/m²

Peso del rinterro Modello N°2 ((3.20)x19) 60.80kN/m²

9.1.3 Spinta statica del terreno

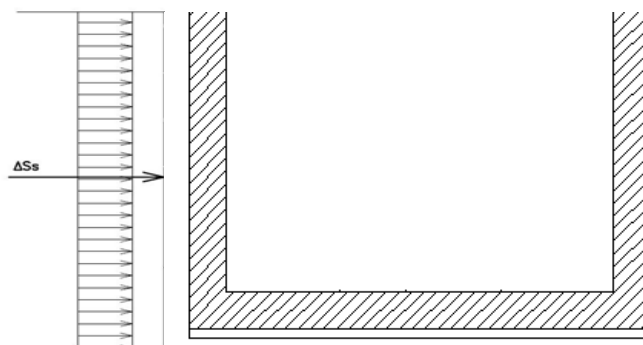
Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.




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

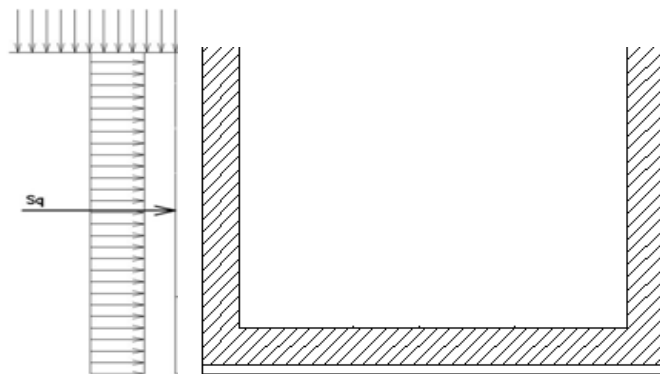
In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una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

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

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

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.

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 aperto. 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:

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


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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

10.1 Riepilogo dei carichi applicati

10.1.1 Sezione caratterizzata dai piedritti di altezza massima – Modello N°1


(a) 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
(b) Ricoprimento			
Spessore pacchetto stradale	Hp	0.00	m
Spessore del rinterro soletta superiore	Hr	0.00	m
Spessore del rinterro soletta inferiore		1.30	m
(c) Geometria			
Spessore soletta superiore	Ss	0.00	m
Spessore soletta di fondazione	Sf	1.10	m
Spessore piedritti	Sp	0.90	m
Altezza netta	Hint	7.50	m
Larghezza netta	Lint	6.00	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr	0.67	m
(d) Rigidezze molle			
Interasse molle	i	$(0.90/2 + 6.00 + 0.90/2) / 10 =$	0.69 m
Molle centrali	K1	$15000 \cdot 0.69 =$	10,350 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.69 =$	15,525 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 15000 \cdot (0.69/2 + 0.90/2) =$	23,850 kN/m
Molle risvolto	K4	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.67 =$	15,075 kN/m
(e) Carichi permanenti			
Soletta inferiore			
Peso del rinterro	Pr	$1,30 \cdot 19 =$	24.70 kN/m²
Risvolti soletta inferiore			
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.10 \cdot 20 =$	2.00 kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	$(0.00+0.00+7.50) \cdot 19 =$	142.50 kN/m ²
Totale			144.50 kN/m²
(l) Spinta del terreno			
K0		$1 - \text{sen}(35^\circ) =$	0.426
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 7.50 + 1.10/2)] =$	65.22 kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 7.50 + 1.10)] =$	69.68 kN/m ²
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(65.22 + 69.68) / 2 \cdot 1.10 / 2 =$	37.10 kN/m
(n) Sisma orizzontale			
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV
Vita nominale	Vr	50	anni
Classe d'uso	Cu	IV	
accelerazione orizzontale	a _g /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	=a _g /g · S	0.0720
Fattore di struttura	q	1.00	
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.072 \cdot (0.90 \cdot 25) / 1.00 =$	1.62 kN/m²
(o) Spinta del terreno in fase sismica			
Coefficiente sismico orizzontale	k _h	=a _{max} /g	0.072
Coefficiente sismico verticale	k _v	= ±0.5 · k _h	0.036
Risultante della spinta sismica	ΔSe	= (a _{max} /g) · γ · (Hint+Ss+Sf+Hr) ²	101.2 kN/m
Pressione risultante	Δpe	= ΔSE / (Hint+Ss+Sf)	12.6 kN/m²

(a) 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		
(b) Ricoprimento					
Spessore pacchetto stradale	Hp		0.00	m	
Spessore del rinterro soletta superiore	Hr		0.00	m	
Spessore del rinterro soletta inferiore			1.30	m	
(c) Geometria					
Spessore soletta superiore	Ss		0.00	m	
Spessore soletta di fondazione	Sf		1.10	m	
Spessore piedritti	Sp		0.90	m	
Altezza netta	Hint		6.12	m	
Larghezza netta	Lint		6.00	m	
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.67	m	
(d) Rigidezze molle					
Interasse molle	i	$(0.90/2 + 6.00 + 0.90/2) / 10 =$	0.69	m	
Molle centrali	K1	$15000 \cdot 0.69 =$	10,350	kN/m	
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.69 =$	15,525	kN/m	
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 15000 \cdot (0.69/2 + 0.90/2) =$	23,850	kN/m	
Molle risvolto	K4	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.67 =$	15,075	kN/m	
(e) Carichi permanenti					
Soletta inferiore					
Peso del rinterro	Pr	$1,30 \cdot 19 =$	24.70	kN/m²	
Risvolti soletta inferiore					
Peso pacchetto stradale	Ps	$0,10 \cdot 20 =$	2.00	kN/m ²	
Peso del rinterro	Pr	$(0.00+0.00+6.12) \cdot 19 =$	116.28	kN/m ²	
Totale			118.28	kN/m²	
(l) Spinta del terreno					
K0		$1 - \text{sen}(35^\circ) =$	0.426		
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 6.12 + 1.10/2)] =$	54.04	kN/m²	
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 6.12 + 1.10)] =$	58.50	kN/m ²	
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(54.04 + 58.50) / 2 \cdot 1.10 / 2 =$	30.95	kN/m	
(n) Sisma orizzontale					
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV		
Vita nominale	Vr		50	anni	
Classe d'uso	Cu		IV		
accelerazione orizzontale	a _g /g		0.06		
amplificazione spettrale	Fo		2.88		
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B		
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss		1.200		
Coeff. Amplificazione topografica	St		1		
Coefficiente S	S	$= Ss \cdot St$	1.200		
accelerazione orizzontale max	a _{max} /g	$= a_g/g \cdot S$	0.0720		
Fattore di struttura	q		1.00		
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.072 \cdot (0.90 \cdot 25) / 1.00 =$	1.62	kN/m²	
(o) Spinta del terreno in fase sismica					
Coefficiente sismico orizzontale	k _h	$= a_{max}/g$	0.072		
Coefficiente sismico verticale	k _v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$	0.036		
Risultante della spinta sismica	ΔS _E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (Hint+Ss+Sf+Hr)^2$	71.3	kN/m	
Pressione risultante	Δp _E	$= \Delta S_E / (Hint+Ss+Sf)$	10.7	kN/m²	

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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

10.1.2 Sezione caratterizzata dai piedritti nel tratto costante – Modello N°2

(a) 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	K _w		15000 kN/m ³
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive
(b) Ricoprimento			
Spessore pacchetto stradale	H _p		0.00 m
Spessore del rinterro soletta superiore	H _r		0.00 m
Spessore del rinterro soletta inferiore			1.30 m
(c) Geometria			
Spessore soletta superiore	S _s		0.00 m
Spessore soletta di fondazione	S _f		1.10 m
Spessore piedritti	S _p		0.66 m
Altezza netta	H _{int}		3.20 m
Larghezza netta	L _{int}		6.00 m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L _r		0.84 m
(d) Rigidezze molle			
Interasse molle	i	$(0.66/2 + 6.00 + 0.66/2) / 10 =$	0.67 m
Molle centrali	K1	$15000 \cdot 0.67 =$	9,990 kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.67 =$	14,985 kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 15000 \cdot (0.67/2 + 0.66/2) =$	19,890 kN/m
Molle risolto	K4	$1.5 \cdot 15000 \cdot 0.84 =$	18,900 kN/m
(e) Carichi permanenti			
Soletta inferiore			
Peso del rinterro	Pr	$1,30 \cdot 19 =$	24.70 kN/m ²
Risvolti soletta inferiore			
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.10 \cdot 20 =$	2.00 kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	$(0.00+0.00+3.20) \cdot 19 =$	60.80 kN/m ²
Totale			62.80 kN/m ²
(l) Spinta del terreno			
K0		$1 - \sin(35^\circ) =$	0.426
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 3.20 + 1.10/2)] =$	30.38 kN/m ²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [0.00 + 19 \cdot (0.00/2 + 3.20 + 1.10)] =$	34.84 kN/m ²
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(30.38 + 34.84) / 2 \cdot 1.10 / 2 =$	17.94 kN/m
(n) Sisma orizzontale			
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV
Vita nominale	V _r		50 anni
Classe d'uso	C _u		IV
accelerazione orizzontale	a _g /g		0.06
amplificazione spettrale	F _o		2.88
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	B
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S _s		1.200
Coeff. Amplificazione topografica	S _t		1
Coefficiente S	S	$= S_s \cdot S_t =$	1.200
accelerazione orizzontale max	a _{max} /g	$= a_g / g \cdot S =$	0.0720
Fattore di struttura	q		1.00
Forza orizz. sui piedritti	F _{Hp}	$0.072 \cdot (0.66 \cdot 25) / 1.00 =$	1.19 kN/m ²
(o) Spinta del terreno in fase sismica			
Coefficiente sismico orizzontale	k _h	$= a_{max} / g =$	0.072
Coefficiente sismico verticale	k _v	$= \pm 0.5 \cdot k_h =$	0.036
Risultante della spinta sismica	ΔS _E	$= (a_{max} / g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_r)^2 =$	25.3 kN/m
Pressione risultante	Δp _E	$= \Delta S_E / (H_{int} + S_s + S_f) =$	6.7 kN/m 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		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-029	Relazione tecnica e di calcolo Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

10.2 Combinazioni

dove:

PERM : carichi permanenti

FALDA (F) : spinta idraulica

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

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

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

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

Q3 : azione longitudinale di frenamento

SPTSx : spinta del terreno sulla parete sx

SPTDx : spinta del terreno sulla parete dx

SPACCSx : spinta del carico accidentale sulla parete sx

SPACCDx : spinta del carico accidentale sulla parete dx

TERM : termica

RITIRO : ritiro

SISMAH : azione sismica

SPSDX : incremento sismico della spinta del terreno

SPSSX : incremento sismico della spinta del terreno

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
CB1	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
CB1			Linear Static	SPTSX	1
CB1			Linear Static	SPTDX	1
CB2	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
CB2			Linear Static	SPTSX	1.35
CB2			Linear Static	SPTDX	1.35
CB3	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
CB3			Linear Static	SPTSX	1
CB3			Linear Static	SPTDX	1.35
CB4	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1.35
CB4			Linear Static	SPTSX	1.35
CB4			Linear Static	SPTDX	1
CB5_ED	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
CB5_ED			Linear Static	SPTSX	1
CB5_ED			Linear Static	SPTDX	0.7
CB5_ED			Linear Static	SISMAH+	1
CB5_ED			Linear Static	SPSSX	1
CB6_ED	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
CB6_ED			Linear Static	SPTSX	0.7
CB6_ED			Linear Static	SPTDX	1
CB6_ED			Linear Static	SISMAH-	1
CB6_ED			Linear Static	SPSDX	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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
INVSLU	Envelope	No	Response Combo	CB1	1
INVSLU			Response Combo	CB2	1
INVSLU			Response Combo	CB3	1
INVSLU			Response Combo	CB4	1
INVSLU			Response Combo	CB5_ED	1
INVSLU			Response Combo	CB6_ED	1
CB7_QP_FQ	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
CB7_QP_FQ			Linear Static	SPTSX	0.7
CB7_QP_FQ			Linear Static	SPTDX	0.7
CB8_QP_FQ	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
CB8_QP_FQ			Linear Static	SPTSX	1
CB8_QP_FQ			Linear Static	SPTDX	1
CB9_QP_FQ	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
CB9_QP_FQ			Linear Static	SPTSX	0.7
CB9_QP_FQ			Linear Static	SPTDX	1
CB10_QP_FQ	Linear Add	No	Linear Static	PERM	1
CB10_QP_FQ			Linear Static	SPTSX	1
CB10_QP_FQ			Linear Static	SPTDX	0.7
INVQP	Envelope	No	Response Combo	CB7_QP_FQ	1
INVQP			Response Combo	CB8_QP_FQ	1
INVQP			Response Combo	CB9_QP_FQ	1
INVQP			Response Combo	CB10_QP_FQ	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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

10.3 Sollecitazioni

10.3.1 Modello N°1 – Piedritti di altezza massima

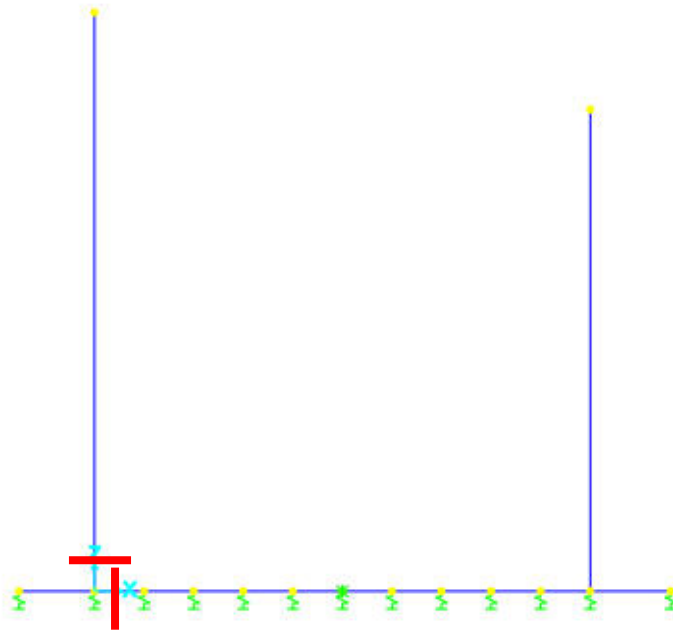


Figura 1 – Sezioni di verifica

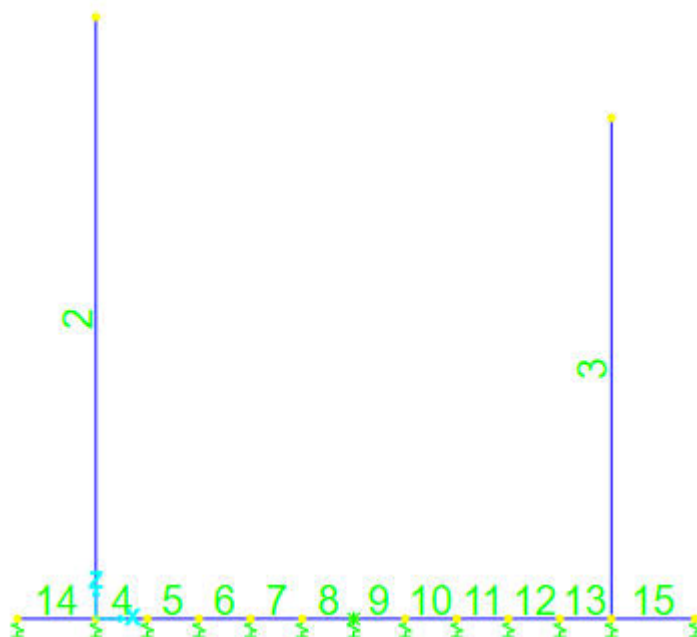


Figura 2 - Nomenclatura frame

CA-029

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

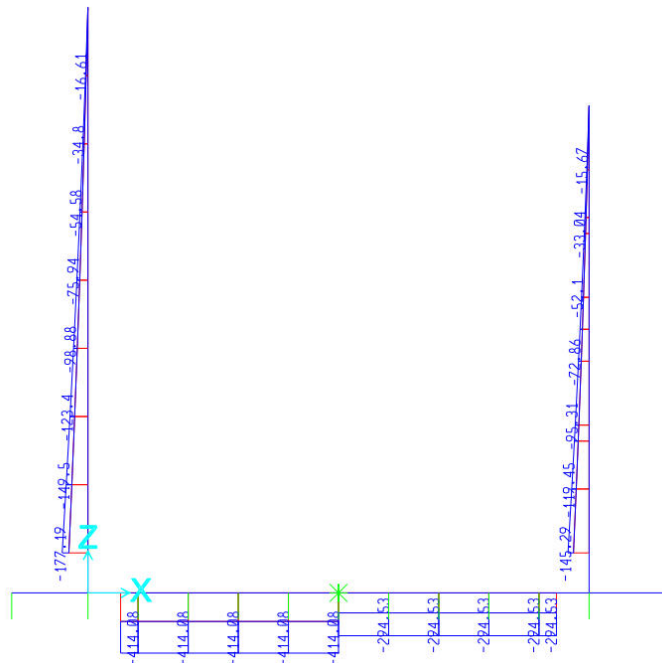


Figura 3 – Sforzo Normale – Involuppo SLU-SLV

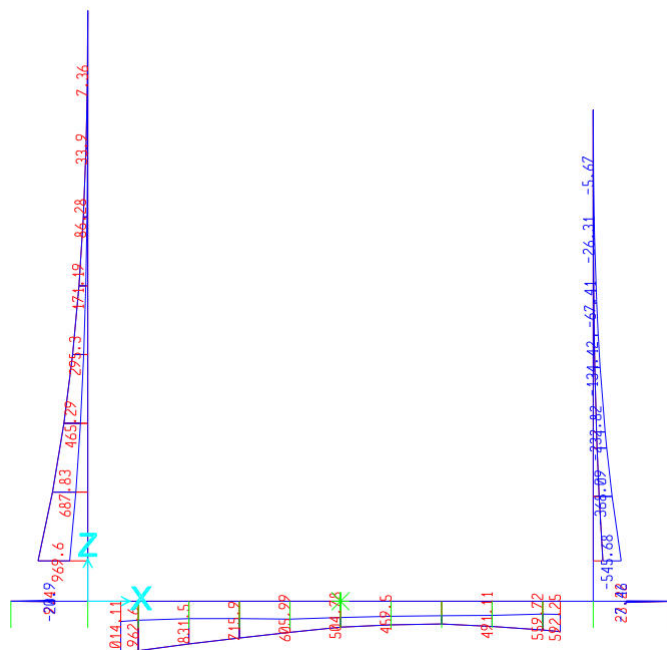


Figura 4 – Momento flettente – Involuppo SLU-SLV

CA-029

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

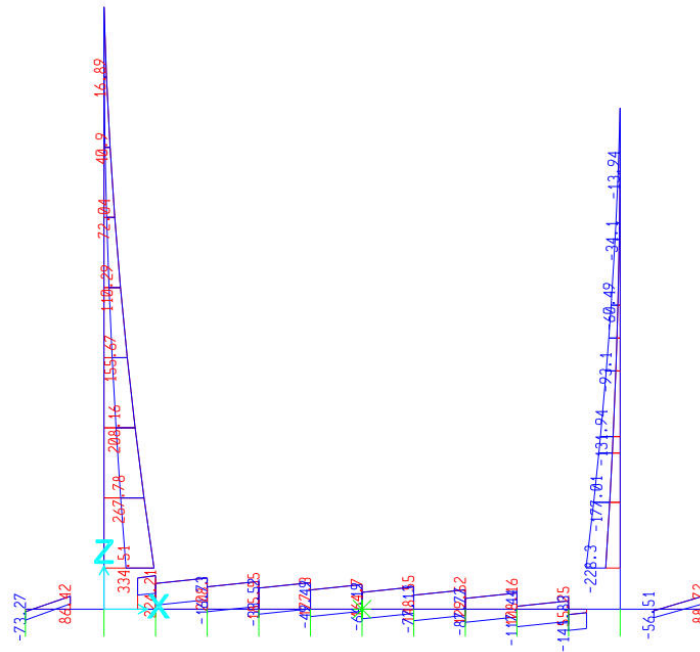


Figura 5 - Taglio - Involuppo SLU-SLV

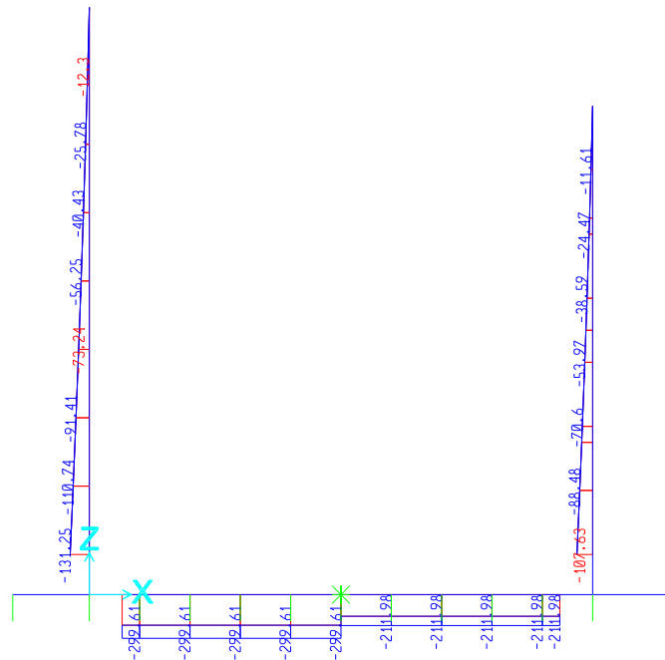


Figura 6 - Sforzo Normale - Involuppo SLE freq

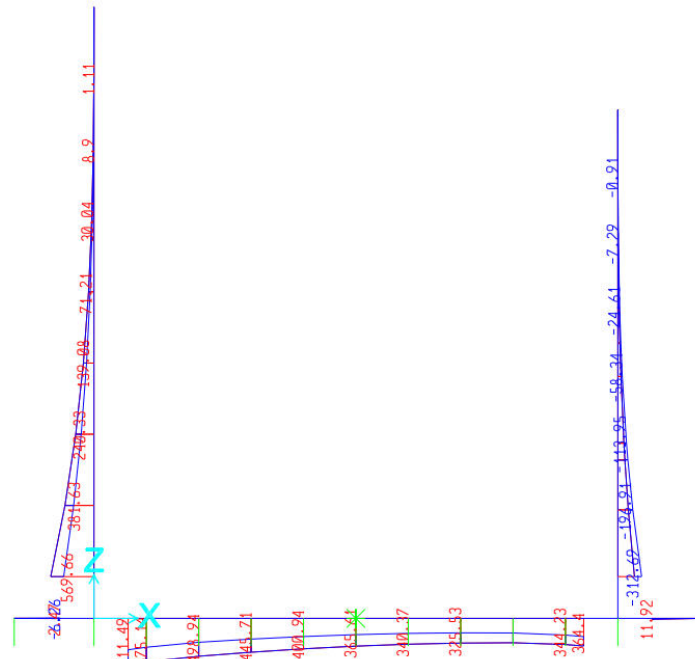



Figura 7 – Momento flettente – Involuppo SLE freq

10.3.2 Riepilogo sollecitazioni - Modello N°1 – Piedritti di altezza massima

Pied spicc	P_inf1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	CB1	177	570	
	(Nmin)	CB5_ED	131	970	
	(Mmax)	CB2	177	769	
	(Mmin)	CB6_ED	131	353	
	Ved,max	CB5_ED			335
SLE	(Mmax)	CB8_QP_FQ	131	570	

Sol_inf	S_inf_1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	CB5_ED	414	1014	
	(Nmin)	CB6_ED	197	394	
	(Mmax)	CB5_ED	414	1014	
	(Mmin)	CB1	300	594	
	Ved,max	CB5_ED			208
SLE	(Mmax)	CB8_QP_FQ	300	611	

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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

10.3.3 Modello N°2 – Piedritti di altezza costante

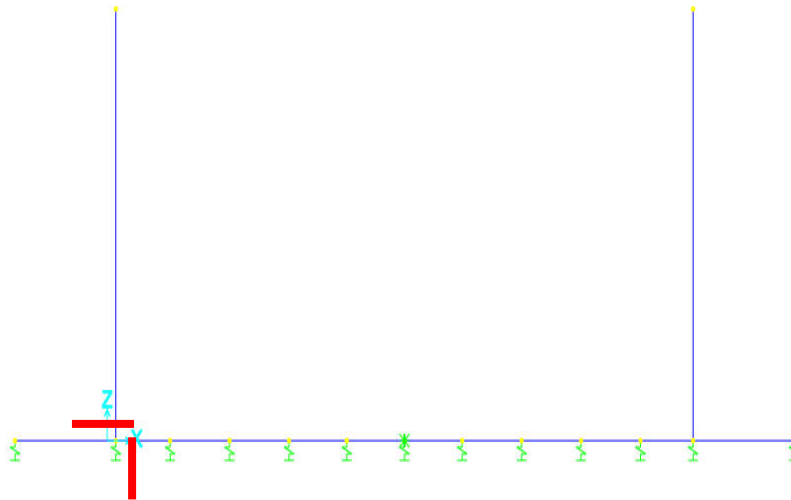


Figura 8 – Sezioni di verifica

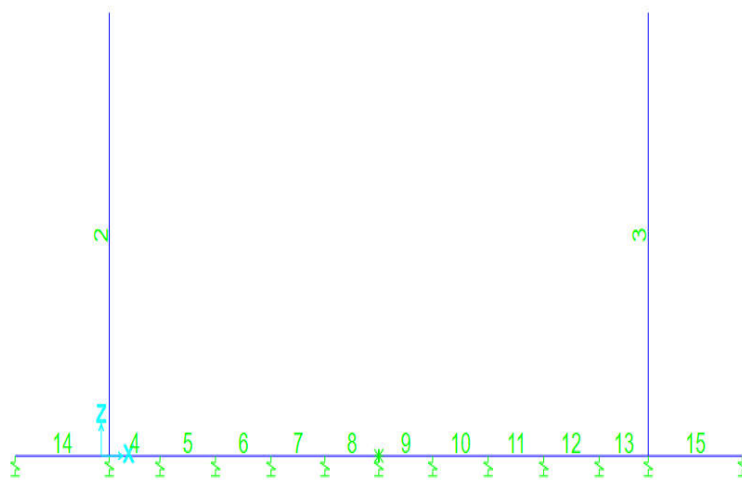


Figura 9 - Nomenclatura frame

CA-029

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

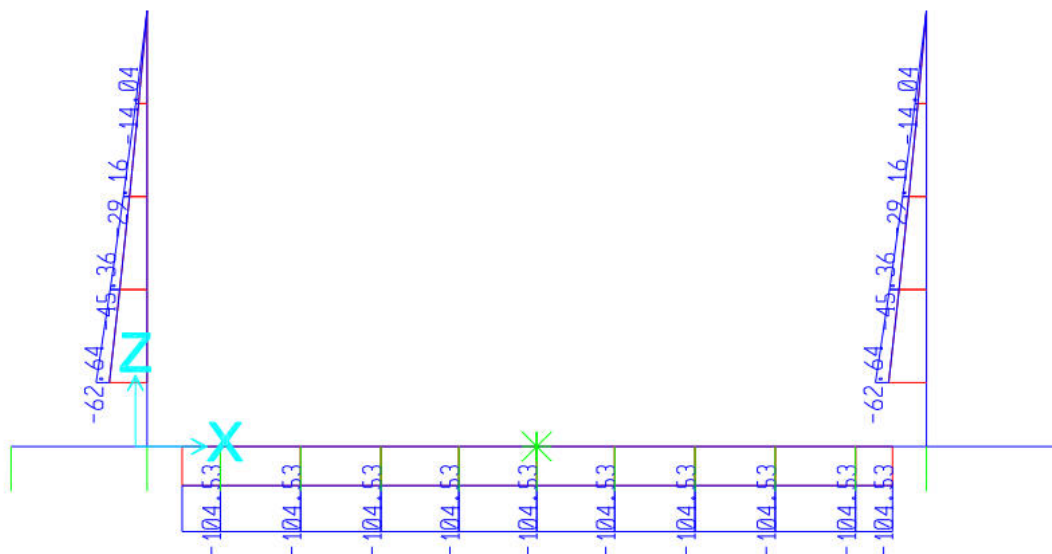


Figura 10 – Sforzo Normale – Inviluppo SLU-SLV

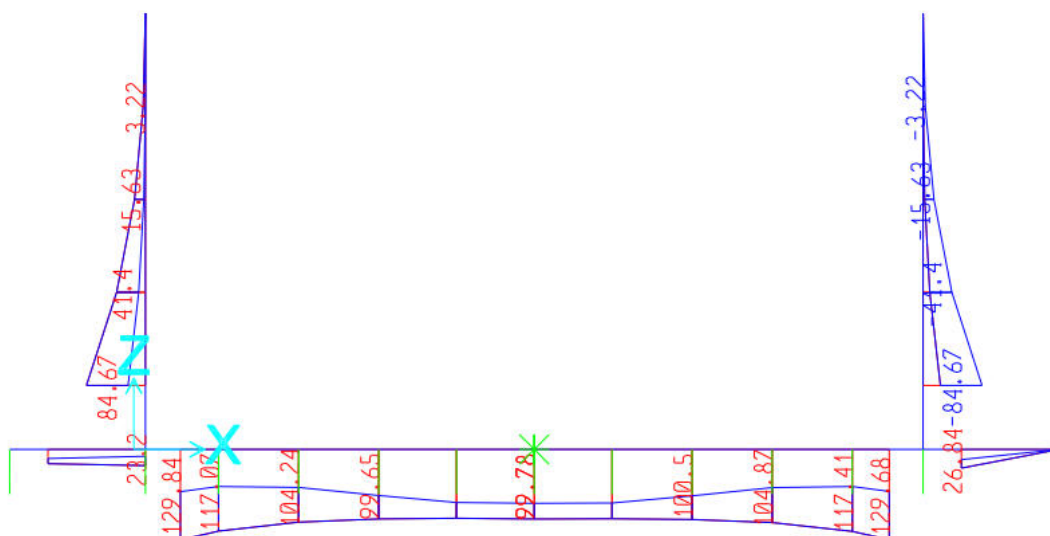


Figura 11 – Momento flettente – Inviluppo SLU-SLV

CA-029

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

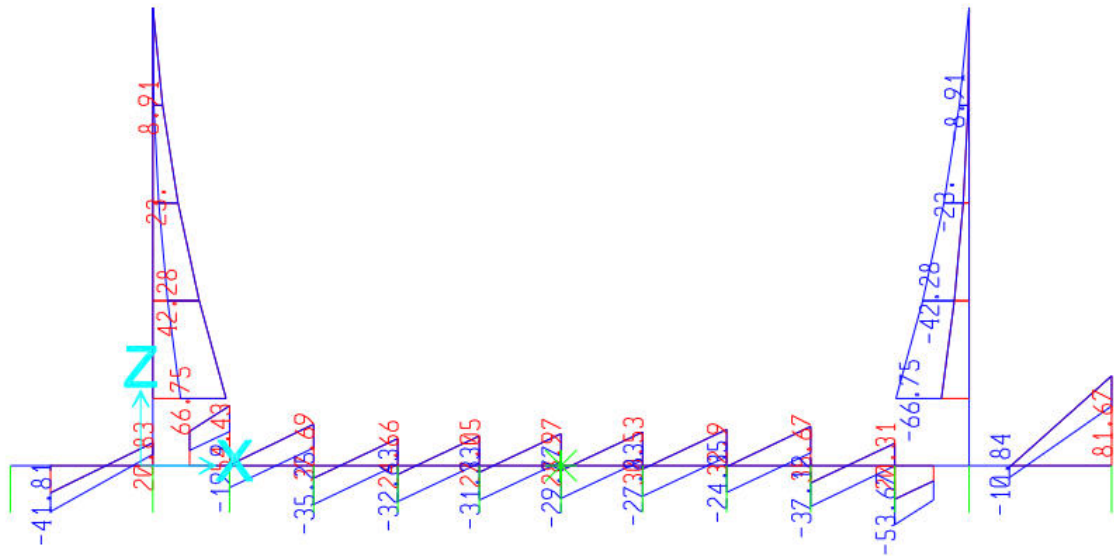


Figura 12 - Taglio - Involuppo SLU-SLV

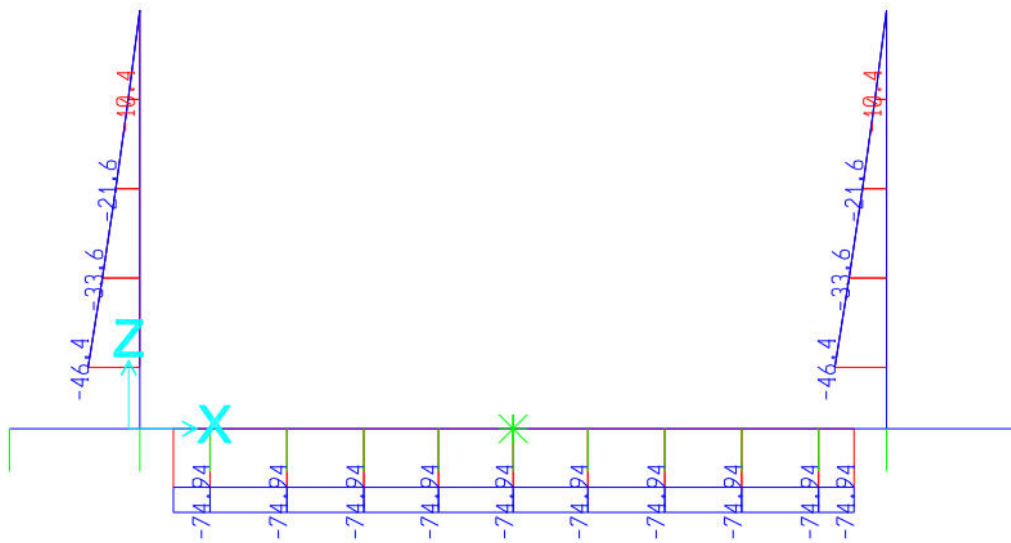


Figura 13 - Sforzo Normale - Involuppo SLE freq

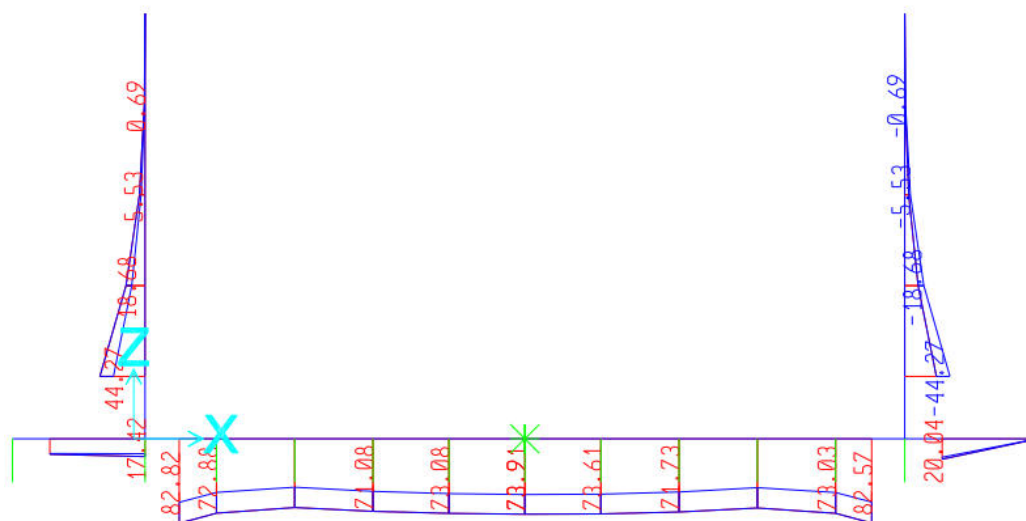



Figura 14 – Momento flettente – Involuppo SLE freq

10.3.4 Riepilogo sollecitazioni - Modello N°2 – Piedritti di spessore costante

Pied_spicc	P_inf_1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	CB1	63	44	
	(Nmin)	CB5_ED	46	85	
	(Mmax)	CB5_ED	46	85	
	(Mmin)	CB6_ED	46	25	
	Ved,max	CB5_ED			67
SLE	(Mmax)	CB8_QP_FQ	46	44	

Sol_inf	S_inf_1	Comb.	Nsd	Msd	Ved
			kN	kNm	kN
SLU/SLV	(Nmax)	CB5_ED	105	130	
	(Nmin)	CB6_ED	48	61	
	(Mmax)	CB5_ED	105	130	
	(Mmin)	CB6_ED	48	61	
	Ved,max	CB5_ED			31
SLE	(Mmax)	CB9_QP_FQ	75	83	

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

10.4 Verifiche strutturali a pressoflessione (SLU-SLE) – Modello N°1

Modello N°1				
	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
	Piedritto - Spiccato	5 Ø24	5 Ø24	5 Ø20
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø20	-	5 Ø20	-

Modello N°2				
	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
	Piedritto - Spiccato	5 Ø24	5 Ø24	5 Ø20
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø20	-	5 Ø20	-

10.4.1 Verifica soletta inferiore in appoggio (S_inf-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	$h = 110 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 7.8 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 101.2 \text{ cm}$

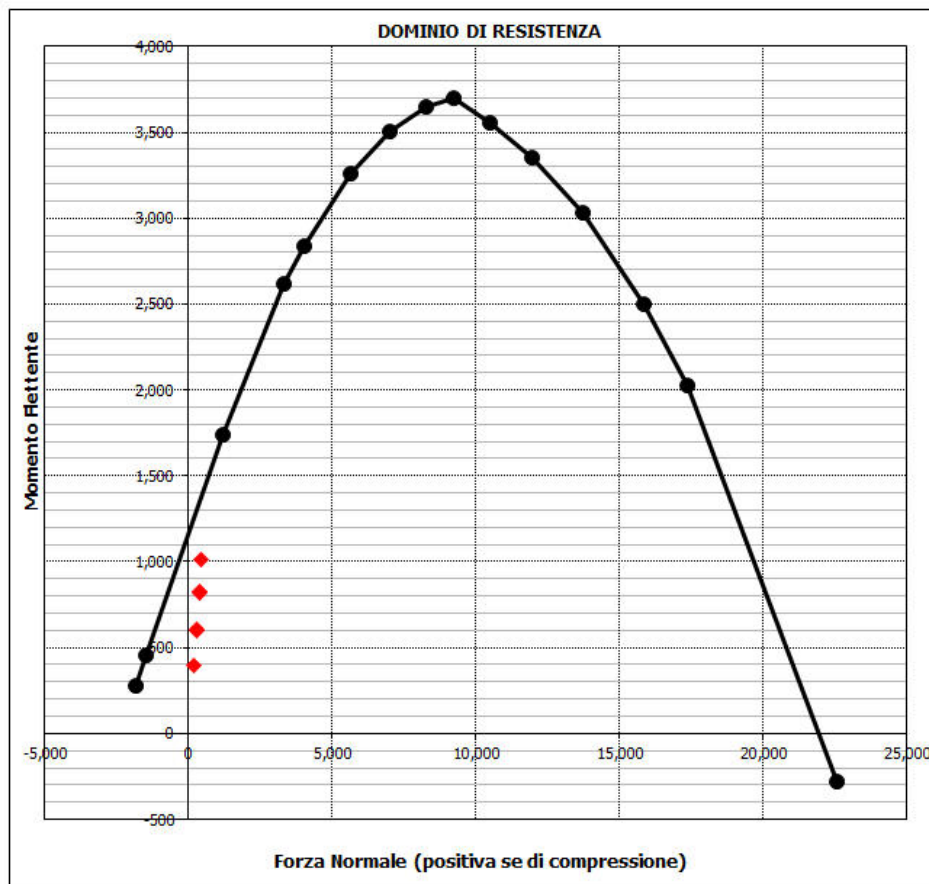
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm^2
5	20	15.71	cm^2
		0.00	cm^2
			31.42 cm^2

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

1412
1020
1.384313725

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	CB5_ED 414	1014
(Nmin)	CB6_ED 197	394
(Mmax)	CB5_ED 414	1014
(Mmin)	CB6_ED 197	394

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
CB1	300	594
CB2	404	826
CB3	300	604
CB4	404	816
CB5_ED	414	1014
CB6_ED	197	394



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione CB5ED-.
 L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{s,d} = 414 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 1014$ kNm.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title is 'Soletta inferiore in appoggio'. The section type is 'Rettan.re'. The design moment is $M_{xEd} = 1014$ kNm and the design axial force is $N_{Ed} = 414$ kN. The design moment capacity is $M_{xRd} = 1412$ kNm. The safety factor is $\delta = 0.7$. The design moment is $M_{xRd} = 1412$ kNm, which is greater than the design moment $M_{S,d} = 1014$ kNm. The safety factor is $FS = 1.39$. The verification is satisfied.

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	15.71	7.8
			2	31.42	102.2

Materiali	B450C	C32/40
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd} 18.81
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co} 0.7333
		τ_{c1} 2.114

$M_{xRd} = 1412$ kNm
 $M_{xEd} = 1014$ kNm
 $N_{Ed} = 414$ kN
 $\delta = 0.7$
 $\sigma_c = -18.81$ N/mm²
 $\sigma_s = 391.3$ N/mm²
 $\epsilon_c = 3.5$ ‰
 $\epsilon_s = 34.2$ ‰
 $d = 102.2$ cm
 $x = 9.488$ $x/d = 0.09284$
 $\delta = 0.7$

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1412.00$ kNm > $M_{S,d} = 1014.00$ kNm
- Fattore di sicurezza $FS=1.39$.

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	611	kN m
Sforzo normale	N	300	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	31.42	cm ²
		5	\emptyset 20 $c_{s1} =$ 7.8 cm
		\emptyset	$c_{s2} =$ cm
		\emptyset	$c_{t2} =$ cm
		10	\emptyset 20 $c_{t1} =$ 7.8 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.7	N/mm ²	<	σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	164.4	N/mm ²	<	σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	203.7	cm	>	H/6	Sez. parzializzata
	u (M)	148.7	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	30.9	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}^*	3504118	cm ⁴			

Risolve

0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	568	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	787	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	262.2	cm	
	u (M_{fess})	207.2	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.1		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	223.7	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	29.6	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	0.00031		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	21.8	cm	
Area efficace	A_{Ceff}	2180	cm ²	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	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_{rm}	22.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.07	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.12	mm	

Risolve

0.00000

10.4.2 Verifica piedritti allo spiccato (P_{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	$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

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 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 8 cm
Altezza utile della sezione d	= 80.8 cm

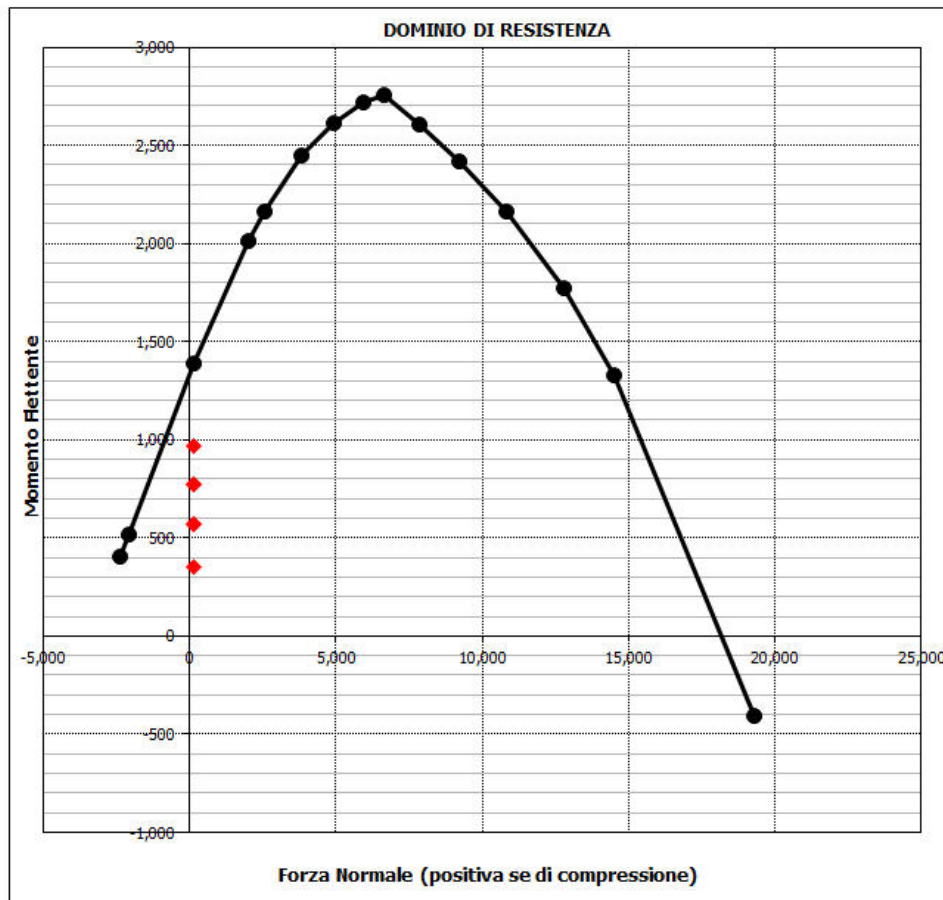
Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	24	22.62	cm^2
5	24	22.62	cm^2
		0.00	cm^2
			45.24 cm^2

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

1417
970
1.460824742

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax) CB1	177	570	
(Nmin) CB5_ED	131	970	
(Mmax) CB5_ED	131	970	
(Mmin) CB6_ED	131	353	

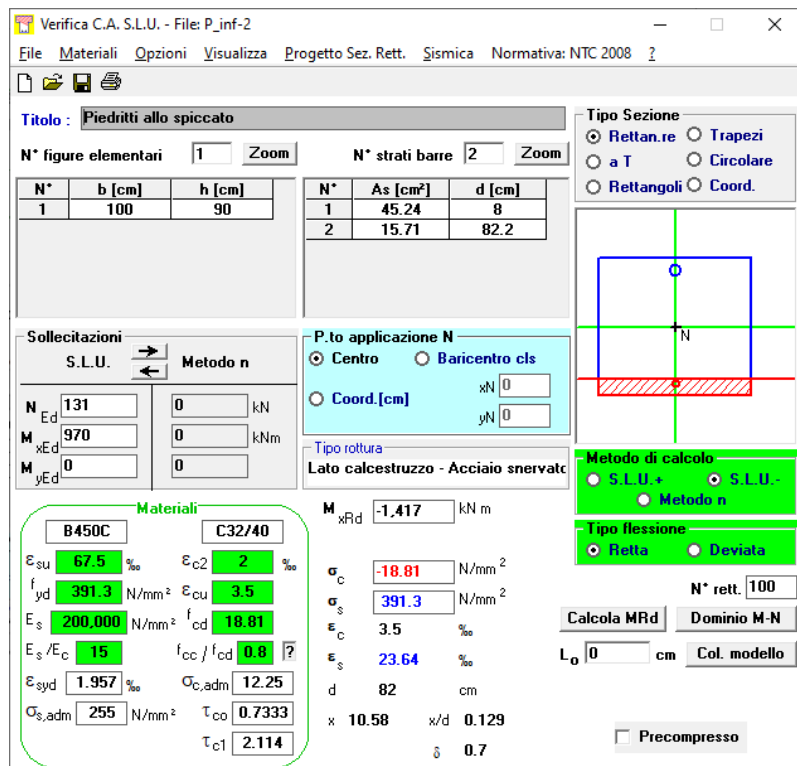
Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
CB1	177	570	
CB2	177	769	
CB3	177	570	
CB4	177	769	
CB5_ED	131	970	
CB6_ED	131	353	



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione CB5ED-.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{S,d} = 131$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{S,d} = 970$ kNm.



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	45.24	8
			2	15.71	82.2

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 131 kN M_{xEd} 970 kNm M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

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

M M_{xRd} -1,417 kNm

σ_c -18.81 N/mm² σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰ ϵ_s 23.64 ‰
 d 82 cm x 10.58 x/d 0.129
 δ 0.7

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

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_0 0 cm Col. modello

Precompresso

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 1417.00$ kNm > $M_{S,d} = 970.00$ kNm
- **Fattore di sicurezza FS=1.46.**

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	570	kN m
Sforzo normale	N	131	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	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	22.62	cm ² 5 Ø 24 $c_{t2} =$ 8 cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	22.62	cm ² 5 Ø 24 $c_{t1} =$ 8.0 cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.4	N/mm ² < σ_{amm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	158.6	N/mm ² < σ_{amm}

Eccentricità	e (M)	435.1	cm > H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	390.1	cm
Posizione asse neutro	y (M)	27.8	cm
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	9853	cm ²
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	7330041	cm ⁴
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	2804332	cm ⁴

Risolvi

-0.00012

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	382	kN m La sezione è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	536	kN m
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	409.2	cm
	u (M_{fess})	364.2	cm
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	5.1	
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	148.4	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}	0.00042	
Copriferro netto	c'	6.8	cm
Altezza efficace	d_{eff}	24.8	cm
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2480	cm ²
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	45.2	cm ²
	ρ_r	0.01824	
Distanza tra le barre	s	20.0	cm
	K_2	0.4	
	K_3	0.125	
Distanza media tra le fessure	s_{fm}	24.2	cm
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.10	mm
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	0.17	mm

Risolvi

-0.00002

CA-029

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

10.5 Verifiche a taglio

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sezioni

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	209	
N_{Ed}	kN	0	

Armatura a taglio

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

Armatura longitudinale

n_1		10.0	10.0
\varnothing_1	mm	20	24
n_2			
\varnothing_2	mm		
Asl	cm ²	31.42	45.24

Sezione


b_w	cm	100	100
H	cm	110	90
c	cm	7.8	7.8
d	cm	102.2	82.2
k	N/mm ²	1.44	1.49
v_{min}	N/mm ²	0.35	0.37
ρ		0.0031	0.0055
σ_{cp}	N/mm ²	0.00	0.00
α_c		1.00	1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	384	388
	FS	1.84	1.16

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	45	45
V_{Rsd}	kN	1018	819
V_{Rcd}	kN	4326	3480
V_{Rd}	kN	1018	819
	FS	4.87	2.44

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

10.6 Verifiche strutturali a pressoflessione (SLU-SLE) – Modello N°2

Modello N°2

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

10.6.1 Verifica soletta inferiore in appoggio (S_inf-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

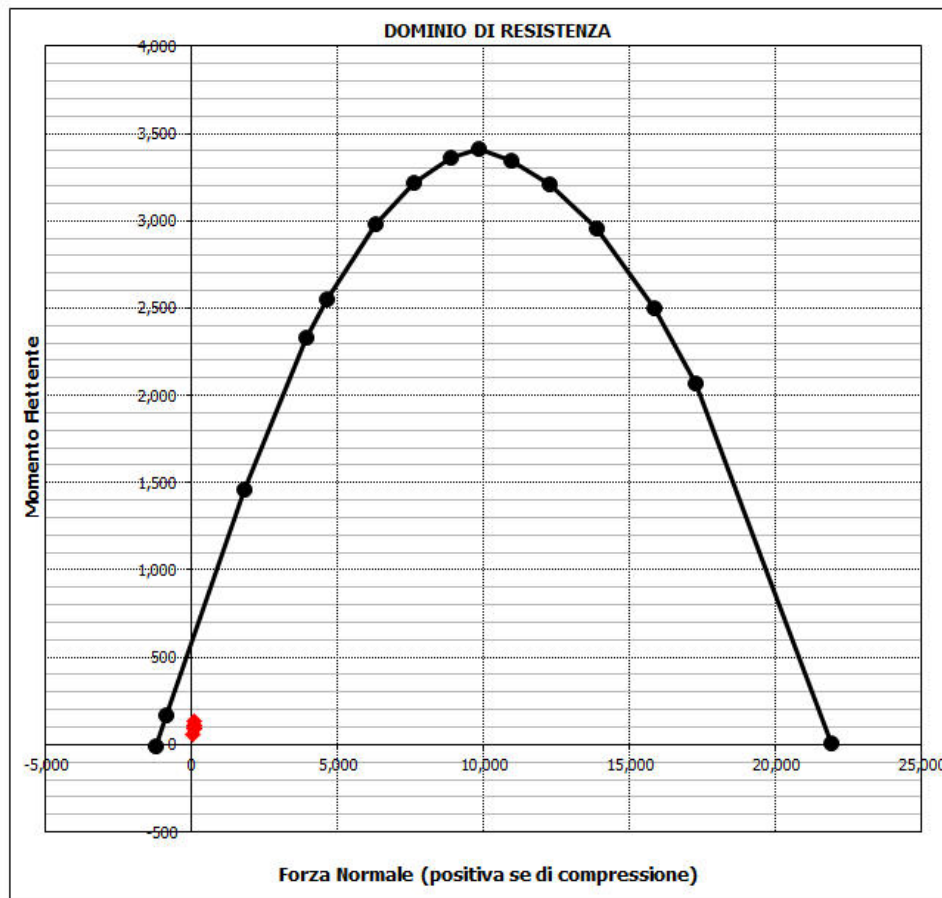
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione h	= 110 cm
Base della sezione b	= 100 cm
Copriferro d'	= 7.8 cm
Altezza utile della sezione d	= 101.2 cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		15.71	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
1412	(Nmax) CB5_ED	105	130
1020	(Nmin) CB6_ED	48	61
1.384313725	(Mmax) CB5_ED	105	130
	(Mmin) CB6_ED	48	61

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
CB1	75	88
CB2	101	112
CB3	75	90
CB4	101	110
CB5_ED	105	130
CB6_ED	48	61



La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione CB5ED-.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{s,d} = 105 \text{ kN}$.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{s,d} = 130 \text{ kNm}$.

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

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

Titolo: **Soletta inferiore in appoggio**

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	110	1	15.71	7.8
			2	15.71	102.2

Tipologia sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione rettangolare con barre di armatura e forza normale N applicata.

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 $N_{Ed} = 105$ kN
 $M_{xEd} = 130$ kNm
 $M_{yEd} = 0$ kNm

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Materiali:
 B450C C32/40
 $\epsilon_{su} = 67.5$ ‰ $\epsilon_{c2} = 2$ ‰
 $f_{yd} = 391.3$ N/mm² $\epsilon_{cu} = 3.5$ ‰
 $E_s = 200,000$ N/mm² $f_{cd} = 18.81$ N/mm²
 $E_s/E_c = 15$ $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$?
 $\epsilon_{syd} = 1.957$ ‰ $\sigma_{c,adm} = 12.25$ N/mm²
 $\sigma_{s,adm} = 255$ N/mm² $\tau_{co} = 0.7333$ N/mm²
 $\tau_{c1} = 2.114$ N/mm²


Calcoli:
 $M_{xRd} = 679.7$ kNm
 $\sigma_c = -18.81$ N/mm²
 $\sigma_s = 391.3$ N/mm²
 $\epsilon_c = 3.5$ ‰
 $\epsilon_s = 52.85$ ‰
 $d = 102.2$ cm
 $x = 6.348$ cm $x/d = 0.06211$
 $\delta = 0.7$

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

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 679.70 \text{ kNm} > M_{s,d} = 130.0 \text{ kNm}$
- **Fattore di sicurezza FS=5.22.**

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

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

Verifiche in esercizio

CA-029 *Relazione tecnica e di calcolo Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752*

Sollecitazioni

Momento flettente	M	83	kN m
Sforzo normale	N	75	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	110	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ² 5 Ø 20 $c_{s1} = \mathbf{7.8}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ² Ø $c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ² Ø $c_2 =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ² 5 Ø 20 $c_1 = \mathbf{7.8}$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	0.8	N/mm ² < σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	33.2	N/mm ² < σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	110.7	cm > H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	55.7	cm
Posizione asse neutro	y (M)	27.6	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}^*	2106132	cm ⁴

Risolvi

-0.00003

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	502	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	712	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	948.8	cm	
	u (M_{fess})	893.8	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	7.0		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	449.9	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	19.4	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	6.3E-05		
Copri ferro 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}	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_{fm}	31.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.02	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	-	mm	

Risolvi

-0.00055

10.6.2 Verifica piedritti allo spiccato (P_{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	$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$

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

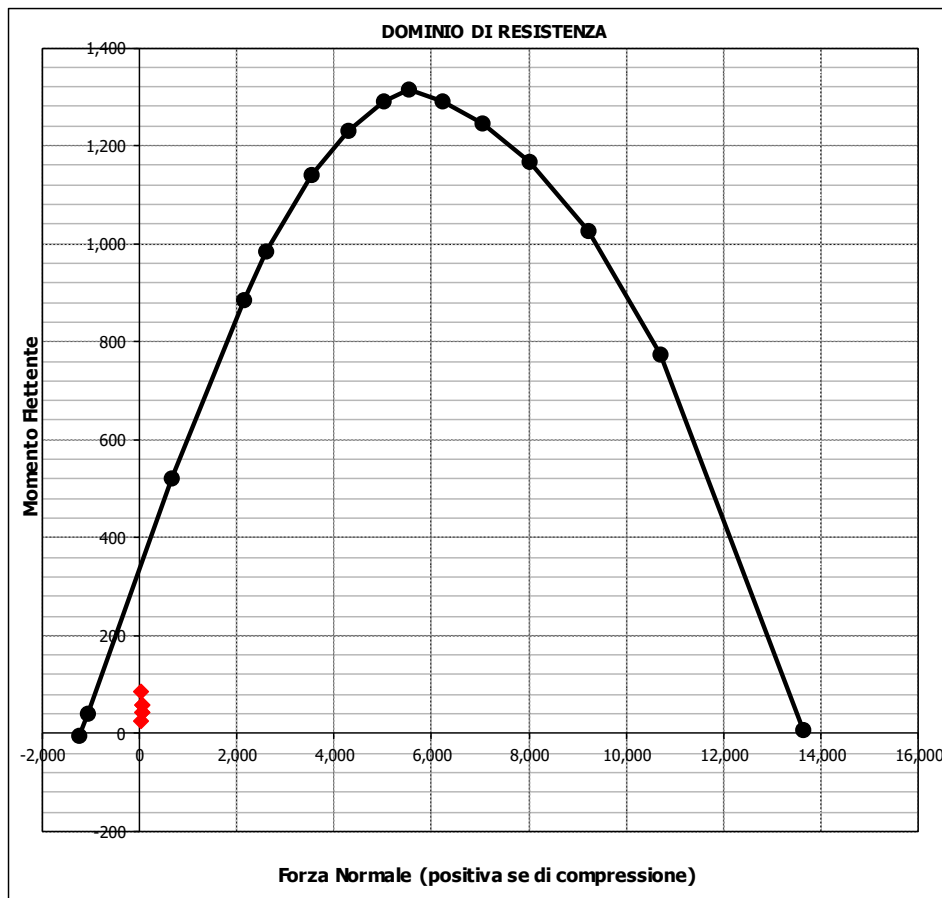
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 66 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 7.8 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 57.2 \text{ cm}$

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm^2
		0.00	cm^2
		0.00	cm^2
		15.71	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)	CB1	63	44
(Nmin)	CB5_ED	46	85
(Mmax)	CB5_ED	46	85
(Mmin)	CB6_ED	46	25

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
CB1	63	44
CB2	63	60
CB3	63	44
CB4	63	60
CB5_ED	46	85
CB6_ED	46	25



CA-029

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

La combinazione maggiormente gravosa è risultata la combinazione CB5ED-.

L'azione normale di calcolo è assunta pari a $N_{s,d} = 46$ kN.

Il momento flettente di calcolo è assunto pari a $M_{s,d} = 85$ kNm.

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

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

Titolo: Piedritti allo spiccatto

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	66	1	15.71	7.8
			2	15.71	58.2

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 46 0 kN
M_{xEd} 85 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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} 370.7 kNm
σ_c -18.81 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 29.37 ‰
d 58.2 cm
x 6.196 x/d 0.1065
δ 0.7

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

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

Il momento resistente della sezione vale:

- $M_{R,d} = 370.7$ kNm > $M_{s,d} = 85.00$ kNm
- **Fattore di sicurezza FS=4.36.**

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Verifiche in esercizio

Sollecitazioni

Momento flettente	M	47	kN m
Sforzo normale	N	45	kN

Materiali

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

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	66	cm
Larghezza sezione	B	100	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ² 5 Ø 20 $c_{s1} = 7.8$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ² Ø $c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ² Ø $c_2 =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ² 5 Ø 20 $c_1 = 7.8$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	1.2	N/mm ² < σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	42.4	N/mm ² < σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	104.4	cm > H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	71.4	cm
Posizione asse neutro	y (M)	16.9	cm
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7040	cm ²
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	2695056	cm ⁴
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	581647	cm ⁴

Risolvi


0.00000

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	186	kN m	La sezione non è fessurata
Momento di fessurazione (f_{ctm})	M_{fess}	263	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	584.7	cm	
	u (M_{fess})	551.7	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cr}	6.4		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sr}	300.4	N/mm ²	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	14.1	cm	
	β_1	1		
	β_2	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	ϵ_{sm}	8.1E-05		
Copriferro netto	c'	6.8	cm	
Altezza efficace	d_{eff}	21.8	cm	
Area efficace	AC_{eff}	2180	cm ²	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	15.7	cm ²	
	p_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_{fm}	31.5	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w _m	0.03	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w _k	-	mm	

Risolvi

0.00000

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 Muri Imbocco Sottovia Asse C al km 2+752	

10.7 Verifiche a taglio

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{ctd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sezioni

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	31	42
N_{Ed}	kN	0	0

Armatura a taglio

Diametro	mm	-	-
Numero barre		-	-
A_{sw}	cm ²	-	-
Passo s	cm	20	20
Angolo α	°	90	90

Armatura longitudinale

n_1		5.0	5.0
\varnothing_1	mm	20	20
n_2			
\varnothing_2	mm		
Asl	cm ²	15.71	15.71

Sezione

b_w	cm	100	100
H	cm	110	66
c	cm	7.8	7.8
d	cm	102.2	58.2
k	N/mm ²	1.44	1.59
v_{min}	N/mm ²	0.35	0.40
ρ		0.0015	0.0027
σ_{cp}	N/mm ²	0.00	0.00
α_c		1.00	1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	357	234
	FS	11.52	5.58