



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

AUTOSTRADA A3 SALERNO - REGGIO CALABRIA AMMODERNAMENTO DEL TRONCO 1°- TRATTO 6° - LOTTO 3°

NUOVO SVINCOLO DI PADULA-BUONABITACOLO AL KM 103+200
(COLLEGAMENTO DELLA S.S. 517 "BUSSENTINA" CON LA A3)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. PIA IASIELLO
Ordine Ing. di Foggia n. 1895

Dott. Ing. GIANFRANCO FUSANI
Ordine Ing. di Roma n. 18008

Dott. Arch. GIANLUCA BONOLI
Ordine Arch. di Roma n. 16639

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. STEFANO SERANGELI
Ordine Geol. del Lazio n. 659

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Dott. Arch. FRANCESCA JETTO
Ordine Arch. di Roma n. 15857

Dott. Ing. GINEVRA BERETTA
Ordine Ing. di Roma n. 20458

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. ANTONIO VALENTE

PROTOCOLLO

DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

Ing. Luca Zampaglione	- Responsabile di Progetto
Ing. Francesca Bario	- Strutture
Ing. Francesco Bezzi	- Impianti
Ing. Pierluigi Fabbro	- Interferenze
Ing. Fiorenzo Forcone	- Monitoraggio Ambientale
Ing. Gabriele Giovannini	- Cartografia
Ing. Attilio Petrillo	- Idraulica
Arch. Roberto Roggi	- Sicurezza
Geom. Valerio Altomare	- Espropri
Geom. Alessandro Cortese	- Geotecnica
Geom. Michele Pacelli	- Strade
Geom. Marco Spinucci	- Computi, Stime e Capitolati

RESPONSABILI UNITA' DI INGEGNERIA :

Ing. Fulvio Maria Soccodato	- Ingegneria Territorio
Ing. Alessandro Micheli	- Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille Devitofranceschi	- Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio Quondam	- Ingegneria Computi, Stime e Capitolati

OPERE D'ARTE MINORI SCATOLARI

TOMBINI SCATOLARE 3X5 RELAZIONE DI CALCOLO

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00_OM02_STR_RE01_A		
LO411J	D	1101	CODICE ELAB. T00OM02STRRE01	A	VAR
D	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
A	EMISSIONE	GIU 2012	Arch. G. Bonoli	Ing. F. Bario	Ing. Devitofranceschi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1. GENERALITA'	4
1.1 PREMessa	4
1.2 PRESCRIZIONI SUI MATERIALI STRUTTURALI	4
1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI	5
2. TOMBINO DI LUNGHEZZA PARI A 13,90 M	5
2.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
2.2 ANALISI DEI CARICHI	6
2.2.1 CARICHI PERMANENTI	6
2.2.2 AZIONI DA TRAFFICO	6
2.2.3 AZIONE SISMICA	8
2.2.4 COMBINAZIONE DI CARICO	10
2.3 MODELLO DI CALCOLO	11
2.4 VERIFICHE DI RESISTENZA.....	13
2.5 VERIFICA DI FESSURAZIONE.....	16
2.6 MURI D'ALA	18
2.7 PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE	21
3. TOMBINO DI LUNGHEZZA PARI A 35.00 M	22
3.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	22
3.2 ANALISI DEI CARICHI	22

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

3.2.1	CARICHI PERMANENTI.....	22
3.2.2	AZIONI DA TRAFFICO.....	23
3.2.3	AZIONE SISMICA.....	24
3.2.4	COMBINAZIONE DI CARICO	27
3.3	MODELLO DI CALCOLO	28
3.4	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	30
3.5	VERIFICA DI FESSURAZIONE.....	33
3.6	MURI D'ALA	35
3.7	PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE	38

1. GENERALITA'

1.1 PREMESSA

La seguente relazione descrive le caratteristiche dell'intervento riporta i calcoli di stabilità e le verifiche di resistenza dei tombini di nuova realizzazione aventi dimensioni 5,0 x 3,0m e lunghezza rispettivamente pari a 13,90 m e pari a 35.00m, nell'ambito dei lavori per la realizzazione del nuovo svincolo di Padula - Buonabitacolo al Km 103+200 sull'Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria.

L'intervento è stato progettato in ottemperanza a quanto previsto dalle "Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni" di cui al D.Min.Infrastrutture del 14 gennaio 2008.

La presente opera strutturale è stata progettata per una vita nominale $V_N \geq 50$ anni e considerata con una Classe d'uso IV con riferimento alle conseguenze di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche.

Ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto prevista dalla Normativa (D.M.14/01/2008) il profilo stratigrafico del suolo di fondazione (alla cui relazione geologica si rimanda per i dettagli) a meno del primo strato superficiale di profondità pari a circa 5m, può rientrare, nella categoria C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti".

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato con gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni basati sulla elasticità lineare dei materiali. L'azione sismica è stata calcolata mediante un'analisi statica.

Le verifiche degli elementi strutturali sono state eseguite con il metodo semiprobabilistico agli stati limite (ultimi e di esercizio); infine per i particolari costruttivi si rimanda agli allegati elaborati grafici di progetto.

1.2 PRESCRIZIONI SUI MATERIALI STRUTTURALI

Opere in c.a.

Calcestruzzo gettato in opera

Magrone di sottofondazione e rinfiacco: **C 12/15** (ex Rck 150)

Strutture in c.a.: **C 25/30** (ex Rck 300)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \times 25 / 1,5 = 14,17 \text{ N/mm}^2$$

Acciaio in barre ad aderenza migliorata

tipo **B450C** (FeB 44k)

$$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_d = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391 \text{ N/mm}^2$$

1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le opere sono progettate e verificate in ottemperanza a quanto previsto dalle “Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni” di cui al D.Min.Infrastrutture del 14 gennaio 2008 e dalla Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

2. Tombino di lunghezza pari a 13,90 m

2.1 DESCRIZIONE DELL’INTERVENTO

Per risolvere l’interferenza stradale nell’ambito del progetto del nuovo svincolo autostradale, è emersa la necessità di realizzare un nuovo tombino scatolare che permetta il passaggio del fosso esistente.

Dal punto di vista strutturale, il presente progetto consiste nella realizzazione sotto il nuovo corpo stradale dell’asta principale dello svincolo, di un nuovo tombino con struttura scatolare in c.a. di dimensioni interne nette pari a 5,0m x 3,0m e spessori della soletta superiore, dei ritti e della fondazione pari a 60cm.

La pavimentazione sovrastante di spessore pari a 11cm sarà realizzata su uno strato di riempimento in cls magro dello spessore variabile tra 28cm e 45cm realizzato sull’estradosso della soletta superiore.

Alle estremità del sottovia sono presenti i muri d’imbocco di lunghezza adeguata, con profilo superiore inclinato l/h=2/1.

2.2 ANALISI DEI CARICHI

2.2.1 Carichi Permanenti

Nel calcolo delle sollecitazioni agenti sul sottovia sono stati considerati i seguenti carichi caratteristici:

- peso unitario calcestruzzo armato	25,0 kN/m ³
- sovrastruttura stradale (0,11m x 20,0kN/m ³)	2,2 kN/m ²
- riempimento in cls magro $s_{\text{medio}} = 32\text{cm}$	7,7 kN/m ²

Lo strato di riempimento e la pavimentazione stradale sono stati considerati ai fine del calcolo equivalenti ad uno strato di spessore medio pari a 45cm con peso specifico 22 kN/m².

L'interazione della struttura con il terreno è stata valutata considerando i seguenti parametri geotecnici:

- peso specifico	19,0 kN/m ³
- angolo di attrito	35°

Il coefficiente di spinta viene calcolato utilizzando la formula $k_0 = 1 - \sin \varphi$, per cui si ottiene un valore di $k_0 = 0,426$.

2.2.2 Azioni da Traffico

Nel calcolo delle sollecitazioni è stato considerato un sovraccarico uniformemente distribuito di 20 kN/m² agente nella zona esterna al sottovia e la corrispondente spinta agente sui ritti del sottovia mediante la formula $q = Q \times k_0$.

La valutazione dell'azione dovuta al frenamento è stata condotta, come previsto dalla Normativa, considerando il carico verticale totale agente sulla corsia di carico convenzionale n.1.

$$q_3 = 0,6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} \times w_1 \times L =$$
$$= 0,6 \times 600\text{kN} + 0,1 \times 9,0 \text{ kN/m}^2 \times 3,0\text{m} \times 6,2\text{m} = 376,7 \text{ kN}$$

Tale forza è stata considerate uniformemente ripartita sulla lunghezza del sottovia ottenendo un valore pari a $376,7 \text{ kN} / 13,9\text{m} = 27,10 \text{ kN/m}$.

Coerentemente con le indicazioni fornite dal D.M. 2008, per le azioni variabili da traffico stradale, il carico accidentale agente sulla soletta superiore è dato dal tandem di carico così composto:

Corsia n.1 (larghezza $w = 3,0\text{m}$):

N.2 Carichi concentrati mobili in tandem a 1,20m: $2 \times Q_{1k} = 2 \times 300 \text{ kN}$

Carico distribuito sulla luce dello scatolare: $q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$

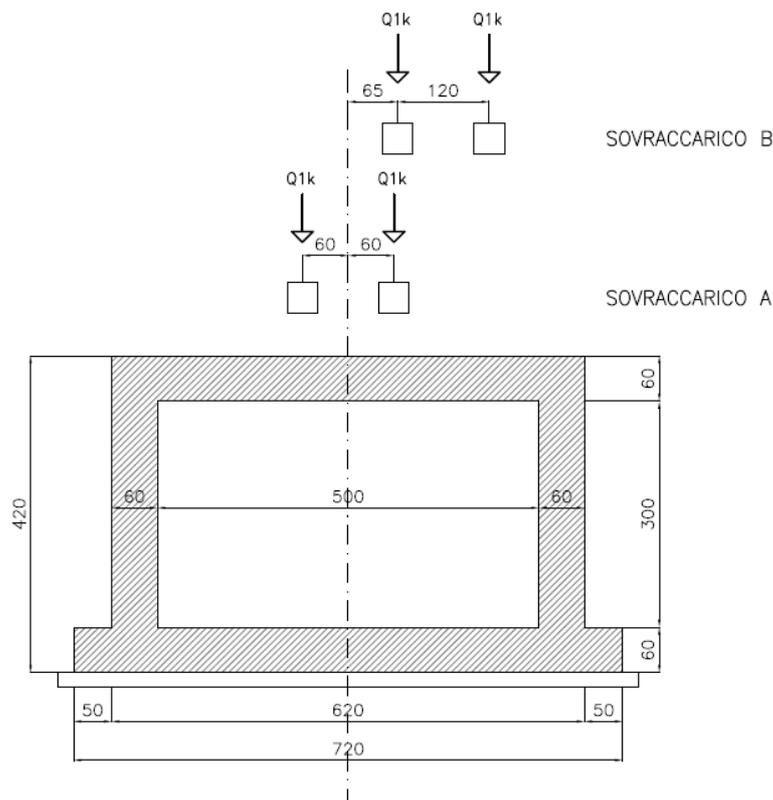
Tali carichi sono ripartiti su una larghezza collaborante pari 5,00m che risulta essere coerente con valutazioni di larghezze collaboranti calcolate secondo procedure analitiche riportate in letteratura (vedi O. Belluzzi – *Scienza delle costruzioni*).

Si è considerato il carico accidentale distribuito pari a $9,0 \text{ kN/m}^2$, che moltiplicato per la larghezza in senso longitudinale delle corsie caricate fornisce un carico distribuito pari a 45 kN/m .

Il carico concentrato viene applicato su un'impronta di larghezza pari a 40cm che si ripartisce con un angolo di 45° sulla soletta e sulla pavimentazione stradale ottenendosi all'asse mediano strutturale, una larghezza di ripartizione trasversale pari a $1,90\text{m}$.

Sono state considerate due ipotesi di carico:

- sovraccarico A con il tandem di carichi a cavallo della mezzeria dello scatolare
- sovraccarico B con il tandem di carichi in corrispondenza del nodo soletta-ritto



2.2.3 Azione Sismica

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso.

Lo stato limite di esercizio considerato è così definito:

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Lo stato limite ultimo considerato è così definito:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Si riportano di seguito i parametri sismici relativi alla struttura ed al sito in esame ed i diagrammi dei relativi spettri di progetto.

Coordinate geografiche **Long. 15°6445** **Lat. 40°3060**

Vita nominale **≥ 50 anni**

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
 Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
 TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

- Classe d'uso **IV** Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione particolarmente dopo un evento sismico
- Coefficiente d'uso **C_u = 2,0**
- Categoria di sottosuolo **C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti
- Categoria topografica **T1** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$

DATI GENERALI	
Comune	PADULA
Latitudine	40,306°
Longitudine	15,6445°
Classi d'uso	Classe IV
C _u	2,00
Vita Nominale (V _N)	50
Periodo di riferimento (V _R)	100
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1

Determinazione coefficiente S	SLO	SLD	SLV	SLC
S _S	1,50	1,50	1,29	1,15
$h/H \leq 1,00$ ($h=Q_{\text{sito}}$; $H=Q_{\text{rilievo}}$)	1,00	1,00	1,00	1,00
S _T	1,00	1,00	1,00	1,00
S = S_S x S_T	1,50	1,50	1,29	1,15

Parametri che definiscono l'azione sismica				
Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
P _{VR}	81%	63%	10%	5%
T _R	60	101	949	1950
a _g	0,075	0,098	0,292	0,383
F ₀	2,375	2,373	2,341	2,41
T _C	0,307	0,328	0,398	0,422
T _B	0,159	0,166	0,189	0,196
T _C	0,476	0,498	0,566	0,589
T _D	1,900	1,992	2,768	3,132

L'accelerazione di progetto $a_{\text{max}} = a_g \times S_S \times S_T$

Le azioni sismiche inerziali vengono computate tramite il coefficiente moltiplicativo dei pesi propri dello scatolare k_h che risulta pari a:

$$k_h = \beta_m \times a_g/g \times S_S \times S_T = 1,0 \times 0,292 \times 1,29 \times 1,00 = 0,377$$

L'incremento delle spinte dovuto al sisma può essere calcolato con le espressioni di Wood. Questa nel caso in cui il terreno a monte sia in condizioni prossime a quelle di riposo fornisce direttamente:

$$\Delta s = a_g/g \times S \times \gamma \times H^2 = 0,292 \times 1,29 \times 19 \times 4,20^2 = 126,25 \text{ kN/m}$$

considerata applicata solo come incremento su una parete e decremento sull'altra.

$$q_{\text{sismico}} = \Delta s / H = 126,25 / 4,20 = 30,06 \text{ kN/m}^2$$

2.2.4 Combinazione di Carico

I carichi applicati sono stati combinati secondo i criteri indicati dalla Normativa vigente relativa ai ponti autostradali per gli Stati Limite Ultimi e di Esercizio e per la combinazione in fase sismica.

Di seguito si riportano le combinazioni di carico adottate per le verifiche allo stato limite ultimo:

Combinazioni Stato Limite Ultimo					
condizioni di carico	1	2	3	4	5
peso proprio + perm.	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
falda + spinta terreno	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
sovraccarico A		1,35			
sovraccarico B			1,35	1,00	
sovraccarico terreno sn		1,35	1,35	1,00	
sovraccarico terreno dx		1,35			
frenatura				1,35	
sisma					1,00

Le verifiche allo stato limite di esercizio sono state condotte utilizzando le seguenti combinazioni di carico.

Combinazioni Stato Limite di Esercizio					
condizioni di carico	Quasi Permanente			Frequente	
	1	2	3	4	5
peso proprio + perm.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
falda + spinta terreno	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
sovraccarico A				0,75	
sovraccarico B					0,75
sovraccarico terreno sn		1,00	1,00	0,75	0,75
sovraccarico terreno dx		1,00		0,75	
frenatura					0,75
sisma					

2.3 MODELLO DI CALCOLO

La struttura del tombino ha dimensioni interne pari a 6,20 x 6,15 m con spessore degli elementi pari a 60cm.

Per il calcolo della struttura si fa riferimento ad una striscia di calcolo disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare.

Per il calcolo delle sollecitazioni e delle verifiche (N, M, T) si assume la geometria comprensiva degli spessori delle "predalle" (ove il sistema costruttivo le preveda).

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso composto da quattro aste (soletta, piedritti e fondazione) su letto di molle alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

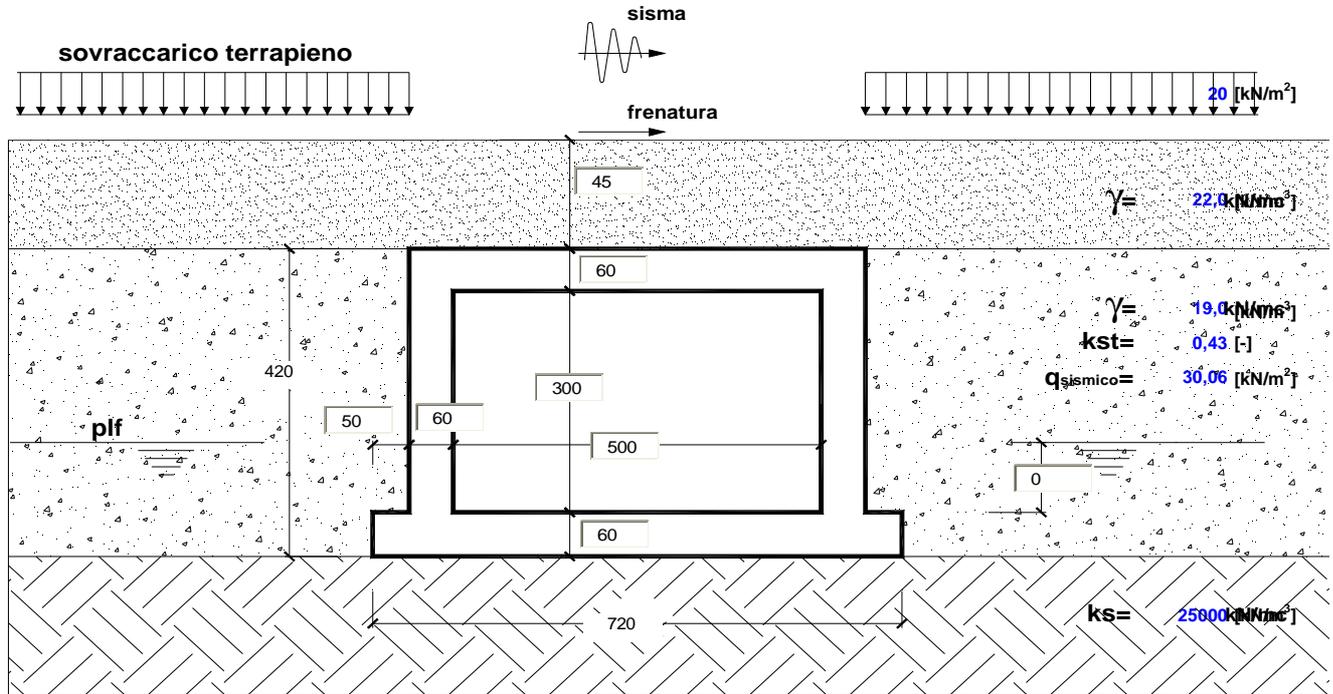
Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria soggetto alle azioni da traffico stradale, a quelle permanenti ed al sisma.

Nelle analisi è stata considerata una larghezza collaborante in senso longitudinale pari a 5,00m.

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
 Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
 TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

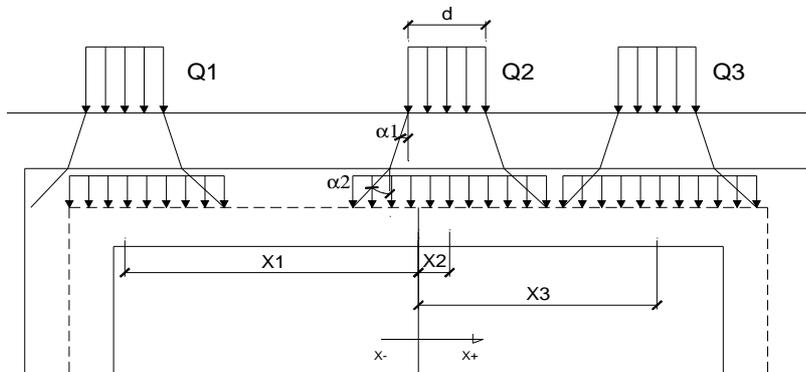
OPERA

Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria - Tombino 5,0 x 3,0m L=13,9m



(dimensioni in cm)

modulo elastico cls E **3,00E+07 [kN/m²]** γ_{cls} **25 [kN/m³]**
 acc. sismica or. k_h **0,38 [-]** γ_w **10 [kN/m³]**



SOVRACCARICHI

angolo di diffusione nel ricoprimento	$\alpha 1$ [°]	45
angolo di diffusione nella soletta	$\alpha 2$ [°]	45
CONDIZIONI DI CARICO		
impronta del carico	d [m]	0,40
area influenza long.	l [m]	5,00
Carico 1	Q1 [kN]	300
	X1 [m]	-0,6
Carico 2	Q2 [kN]	300
	X2 [m]	0,6
Carico 3	Q3 [kN]	0
	X3 [m]	0
Carico distribuito	[kN/m]	45

Inesia terreno ricoprimento SI NO
 F frenatura **27,1 [kN/m]**

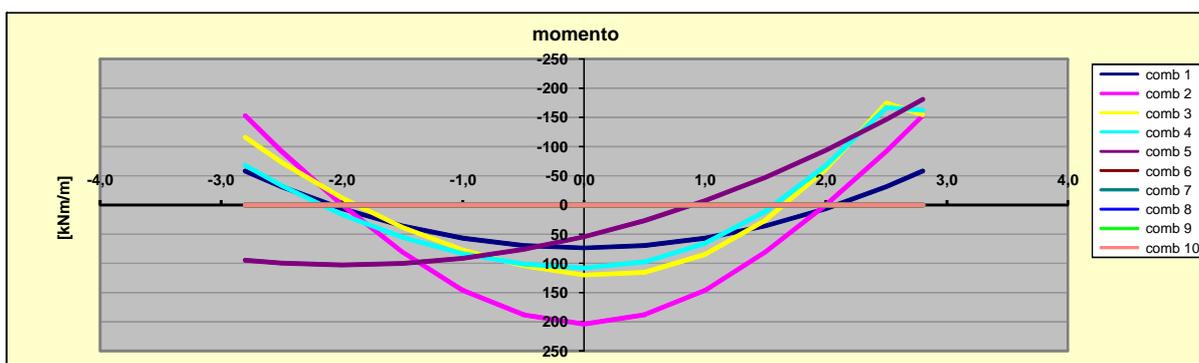
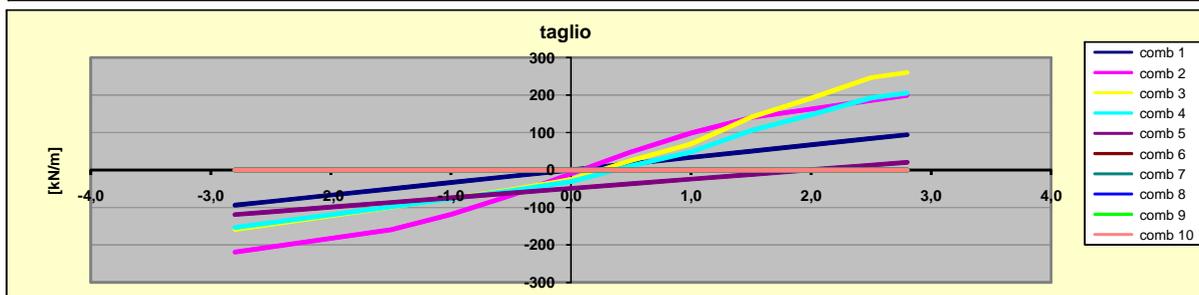
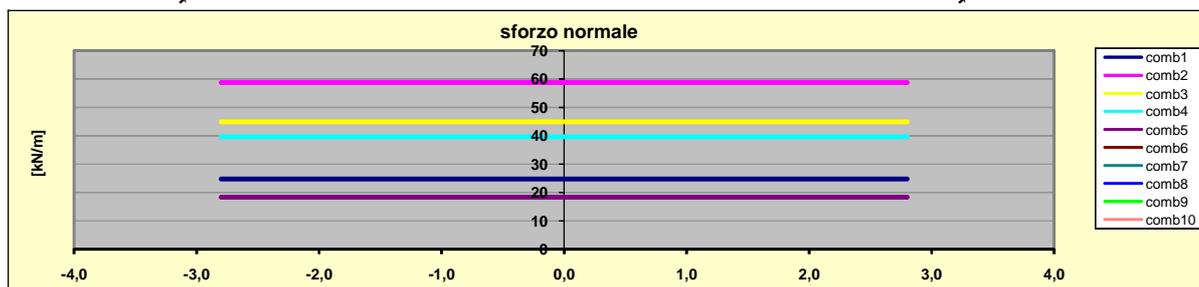
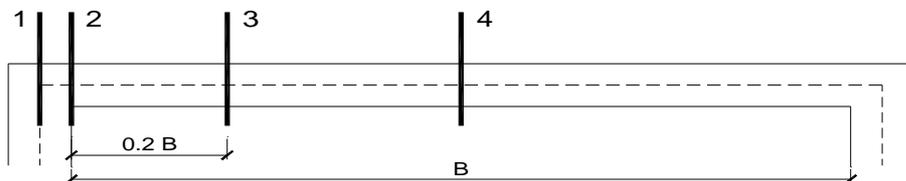
combinazioni di carico

condizioni di carico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
peso proprio + perm.	1,35	1,35	1,35	1,35	1					
falda + spinta terreno	1,35	1,35	1,35	1,35	1					
sovraccarico A		1,35								
sovraccarico B			1,35	1						
sovraccarico terreno sn		1,35	1,35	1						
sovraccarico terreno dx		1,35								
frenatura				1,35						
sisma					1					

2.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano le verifiche sezionali per gli elementi costituenti gli elementi dello scatolare:

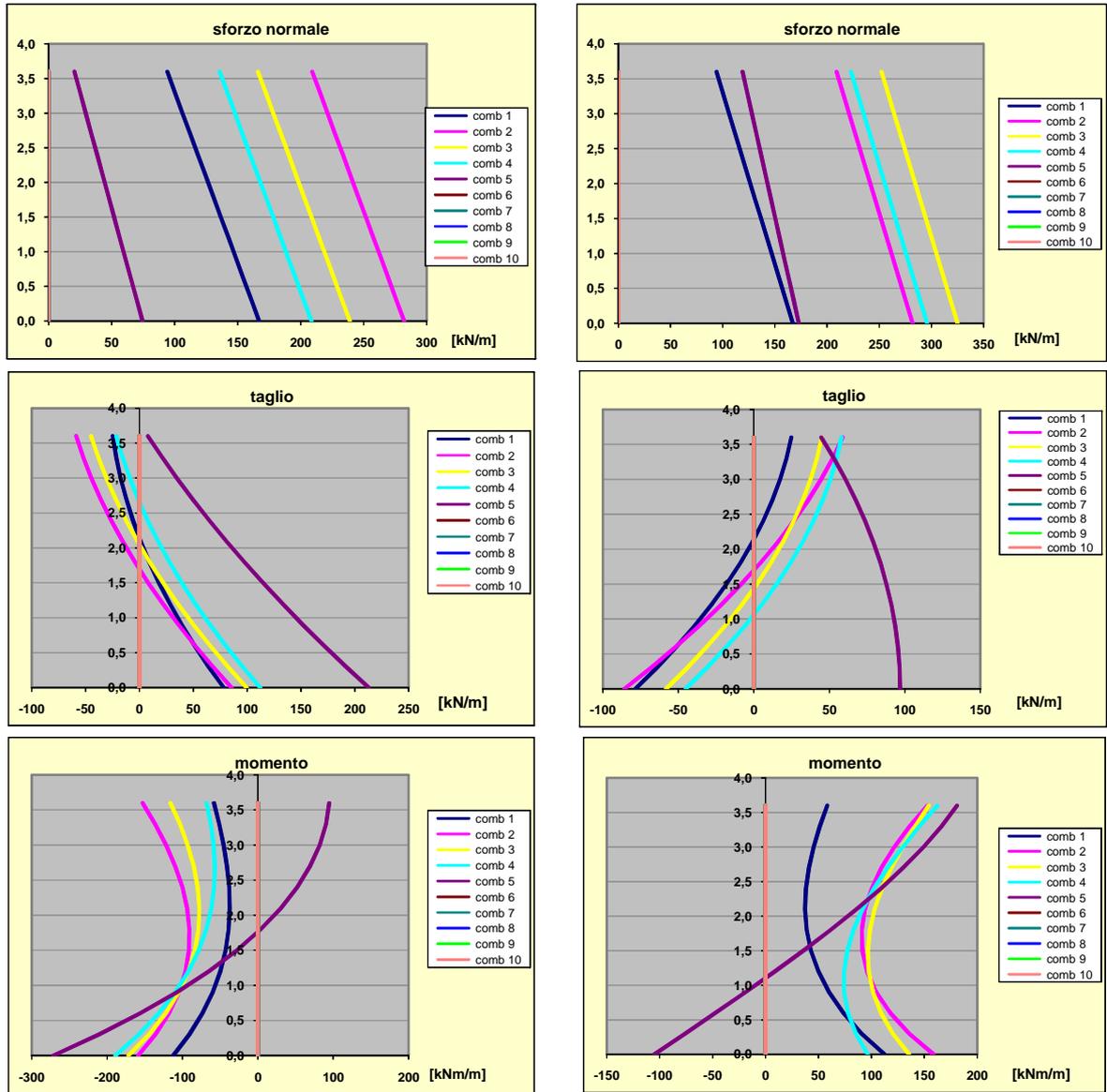
SOLETTA



sez.	M	N	Af	A'f	Mu
	[kNm/m]	[kN/m]	[cmq/m]	[cmq/m]	[kNm/m]
1	-180,9	18,3	15,7	15,7	326,3
2	-174,6	44,9	15,7	15,7	333,0
3 min	-47,4	18,3	15,7	15,7	326,3
3 max	100,3	18,3	15,7	15,7	326,3
4	203,8	58,8	15,7	15,7	336,5

Sez.	V _{Ed}	V _{Rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN/m)	(kN/m)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN/m)	
1	260,0	209,87	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
2	246,2	209,87	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
3	159,6	211,78	0	40,0	40,0	21,80	0,00	Armatura a taglio non necessaria
4	49,2	206,21	0	40,0	40,0	21,80	0,00	Armatura a taglio non necessaria

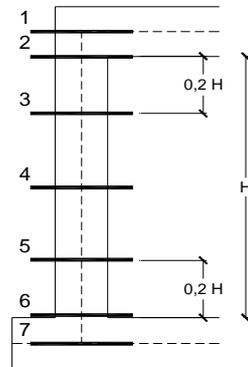
PARETI



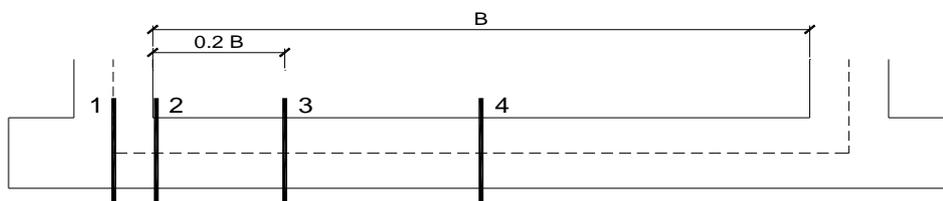
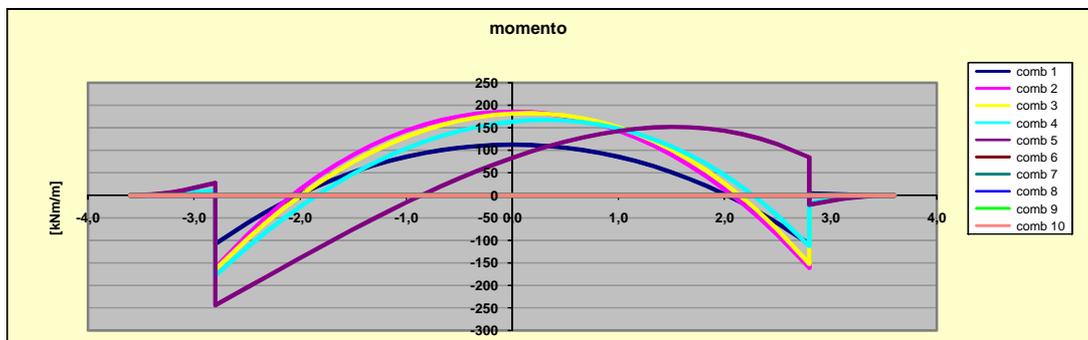
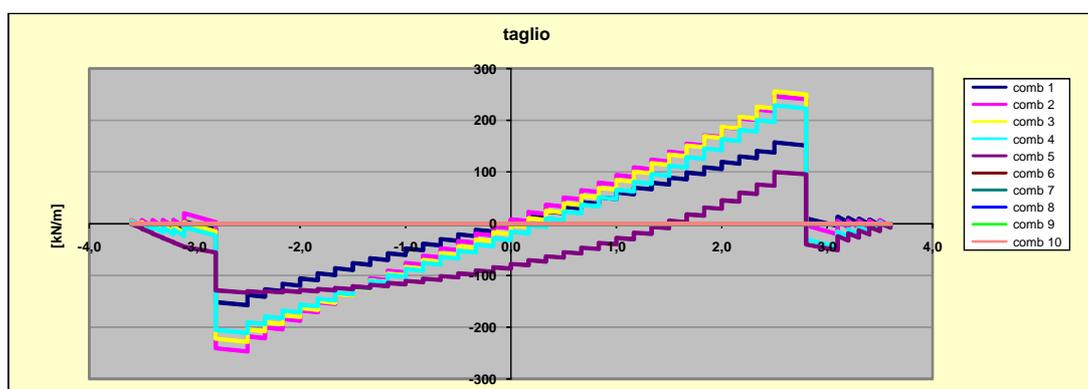
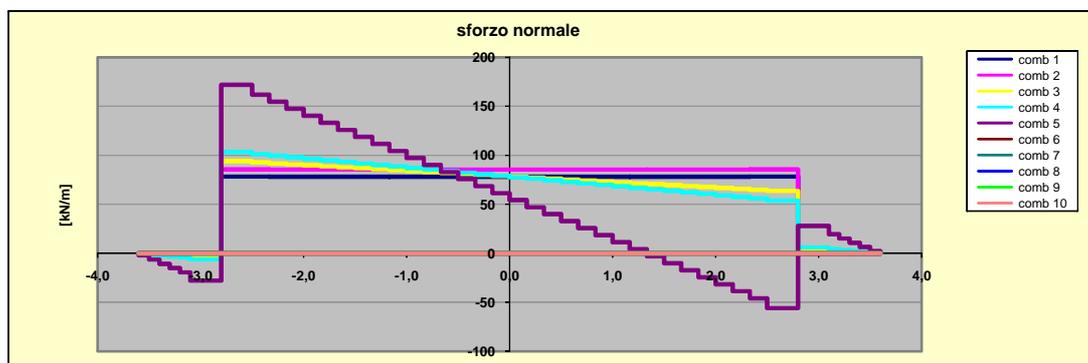
sez.	M	N	Af	A'f	Mu
	[kNm/m]	[kN/m]	[cmq/m]	[cmq/m]	[kNm/m]
1	-180,9	118,9	15,7	15,7	351,5
2	-166,3	123,4	15,7	15,7	352,7
3 min	-130,0	132,4	15,7	15,7	354,9
3 max	69,3	34,0	15,7	15,7	330,2
4 min	-103,1	282,5	15,7	15,7	392,4
4 max	30,5	43,0	15,7	15,7	332,5
5 min	-109,8	190,4	15,7	15,7	369,4
5 max	18,9	159,4	15,7	15,7	361,7
6	-210,8	70,0	15,7	15,7	339,3
7	-271,4	74,5	15,7	15,7	340,4

Sez.	V _{Ed}	V _{Rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}
(-)	(kN/m)	(kN/m)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN/m)
1	58,8	232,45	12	40,0	40,0	21,80	393,63
2	54,8	235,18	12	40,0	40,0	21,80	393,63
3	67,5	221,90	12	40,0	40,0	21,80	393,63
4	97,3	210,23	12	40,0	40,0	21,80	393,63
5	151,8	212,08	12	40,0	40,0	21,80	393,63
6	191,8	213,32	12	40,0	20,0	21,80	787,26
7	212,9	213,94	12	40,0	20,0	21,80	787,26

Armatura a taglio non necessaria
 Armatura a taglio non necessaria



FONDAZIONE



sez.	M	N	Af	A'f	Mu
	[kNm/m]	[kN/m]	[cmg/m]	[cmg/m]	[kNm/m]
1	-244,0	171,9	15,7	15,7	364,8
2	-204,7	171,9	15,7	15,7	364,8
3 min	-75,5	125,9	15,7	15,7	353,3
3 max	151,9	-10,2	15,7	15,7	319,1
4	185,8	85,4	15,7	15,7	343,1

Sez.	V _{Ed}	V _{rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
	(-) [kN/m]	[kN/m]	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	[kN/m]	
1	249,7	212,42	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
2	255,8	212,42	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
3	139,5	215,75	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Armatura a taglio non necessaria
4	101,2	215,09	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Armatura a taglio non necessaria

2.5 VERIFICA DI FESSURAZIONE

Le verifiche di fessurazione sono state condotte considerando gli stati limite di esercizio nelle combinazioni quasi permanenti e frequenti. La Normativa fornisce per le diverse condizioni ambientali, il valore limite di apertura delle fessure.

La verifica è stata condotta considerando i seguenti valori limite:

Condizioni ambientali: **aggressivo**
 Armatura: **poco sensibile**
 Combinazione frequente: **$w_d \leq w_2 = 0,3\text{mm}$**
 Combinazione quasi permanente: **$w_d \leq w_1 = 0,2\text{mm}$**

Si riportano le verifiche per la combinazione quasi permanente.

SOLETTA

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-54,7	24,7	20	20	16	16	1,47	62,84	0,072
2	-33,8	24,7	20	20	16	16	0,92	35,99	0,041
3 min	0,0	0,0	20	20	16	16	0,00		
3 max	30,8	24,7	20	20	16	16	0,84	32,14	0,036
4	54,5	18,3	20	20	16	16	1,46	64,53	0,074

PARETI

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-54,7	73,4	20	20	15,7	15,7	1,49	48,60	0,053
2	-47,6	77,9	20	20	15,7	15,7	1,30	38,40	0,042
3 min	-36,1	86,9	20	20	15,7	15,7	0,97	21,86	0,023
3 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
4 min	-31,8	101,2	20	20	15,7	15,7	0,83	13,68	0,014
4 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
5 min	-49,2	106,5	20	20	15,7	15,7	1,33	32,75	0,035
5 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
6	-83,5	115,5	20	20	15,7	15,7	2,28	73,34	0,080
7	-106,3	120,0	20	20	15,7	15,7	2,90	100,98	0,112

FONDAZIONE

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-97,5	78,1	20	20	15,7	15,7	2,65	101,92	0,115
2	-61,0	78,1	20	20	15,7	15,7	1,66	55,26	0,061
3 min	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
3 max	46,4	60,0	20	20	15,7	15,7	1,27	41,91	0,046
4	86,4	75,6	20	20	15,7	15,7	2,35	88,51	0,099

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

Si riportano le verifiche per la combinazione frequente.

SOLETTA

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-114,8	29,5	20	20	16	16	3,08	138,77	0,160
2	-119,2	29,5	20	20	16	16	3,19	144,45	0,167
3 min	0,0	0,0	20	20	16	16	0,00		
3 max	51,3	37,2	20	20	16	16	1,39	54,74	0,062
4	126,8	37,2	20	20	16	16	3,40	151,95	0,175

PARETI

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-114,8	164,1	20	20	15,7	15,7	3,13	99,29	0,109
2	-103,2	168,6	20	20	15,7	15,7	2,81	83,44	0,090
3 min	-82,7	177,6	20	20	15,7	15,7	2,24	55,59	0,059
3 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
4 min	-67,3	186,6	20	20	15,7	15,7	1,79	34,93	0,036
4 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
5 min	-78,6	143,7	20	20	15,7	15,7	2,14	59,37	0,064
5 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
6	-112,4	152,7	20	20	15,7	15,7	3,07	99,40	0,109
7	-134,5	157,2	20	20	15,7	15,7	3,67	126,27	0,140

FONDAZIONE

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-127,3	74,2	20	20	15,7	15,7	3,44	141,34	0,161
2	-80,9	74,2	20	20	15,7	15,7	2,20	81,84	0,092
3 min	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
3 max	77,1	48,6	20	20	15,7	15,7	2,09	84,53	0,096
4	124,0	61,9	20	20	15,7	15,7	3,35	140,89	0,161

2.6 MURI D'ALA

Si riporta il calcolo delle sollecitazioni e la verifica a pressoflessione per la condizione più gravosa per i muri d'ala.

Il calcolo è stato eseguito considerando uno schema statico di mensola utilizzando i seguenti valori per i coefficienti di spinta del terreno.

Coefficienti di spinta		
<i>(teoria di Mononobe-Okabe)</i>		
Dati sismici		
Accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido	a_g / g	0,292
Coeff. di riduzione	β_m	0,31
Coeff. di amplificazione stratigrafica	S_S	1,29
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	1
Coefficienti sismici		
$k_h = \beta_m S_S S_T a_g / g$		0,117
$k_v = \pm 0,5 k_h$		$\pm 0,058$
Dati geotecnici		
Angolo di resistenza al taglio in comb M1 ($\varphi = \varphi_k$)	φ_1	35,0 °
Angolo di resistenza al taglio muro-terreno in comb M1	δ_1	17,5 °
Angolo della parete interna	ψ	90,0 °
Angolo d'inclinazione del terreno a monte	β	0,0 °
Angolo di comportamento sismico ($\theta_A = \arctg(k_h / (1 + k_v))$)	θ_A	6,3 °
Angolo di comportamento sismico ($\theta_B = \arctg(k_h / (1 - k_v))$)	θ_B	7,1 °
Coefficienti di spinta		M1
Spinta a riposo	K_o	0,426
Spinta attiva in condizione statica ($\theta = 0$)	Ka_{ST}	0,246
Spinta attiva in condizione sismica ($\theta = \theta_A$)	Ka_A	0,312
Spinta attiva in condizione sismica ($\theta = \theta_B$)	Ka_B	0,322
Spinta passiva in condizione statica ($\theta = 0$)	Kp_{ST}	3,690
Spinta passiva in condizione sismica ($\theta = \theta_A$)	Kp_A	3,472
Spinta passiva in condizione sismica ($\theta = \theta_B$)	Kp_B	3,445
<i>combinazione M1 ($\varphi = \varphi_1 = \varphi_k$)</i>		

Muro d'ala - Calcolo delle sollecitazioni

Caratteristiche Geometriche	
H_{max} (m)	3,7
$H_{calcolo}$ (m)	3,3
s (m)	0,4

γ (kN/m ³)	19,0
k_{aST}	0,246
$k_{aSismico}$	0,312

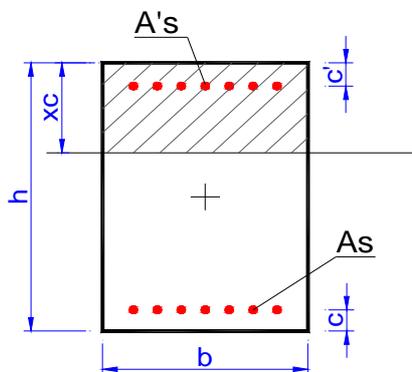
Coefficienti Sismici	
k_h	0,117
k_v	0,058

S_{ST} (kN)	25,9	Spinta del terreno in fase statica
S_{Sisma} (kN)	34,84	Spinta del terreno in fase sismica

Azioni allo Spiccato del Muro

Condizione di Esercizio	
N (kN/m)	43,29
V (kN/m)	33,71
M (kNm/m)	37,41

Condizione Sismica	
N (kN/m)	33,3
V (kN/m)	38,73
M (kNm/m)	45,15



Geometria della sezione		
[cm]		
Altezza	h	40
Base	b	100

Sollecitazioni		
M	45,15	[kNm]
N	33,3	[kN]

Armatura tesa As			
n°ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	16	10,05	5
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		10,05	

Armatura compressa A's			
n°ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	16	10,05	5
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		10,05	

Materiali										
C25/30	γ_c	α_{cc}	Rck [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fcc/fcd	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}		
	1,5	0,85	30	25	14,2	0,8	0,200%	0,350%		
B450C	γ_s	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ϵ_{ys}	ϵ_{uk}	α_s	$\epsilon_{ud} = \epsilon_{uk} \alpha_s$		
	1,15	210000	450	391,3	0,186%	7,500%	1	7,500%		

- N costante
 e costante

N ultimo
33,3 [kN]

xc
4,48 [cm]

M ultimo
139,1 [kNm]

FS
3,08

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
 Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
 TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

Sezione in C.A.
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
VERIFICA SENZA ARMATURA

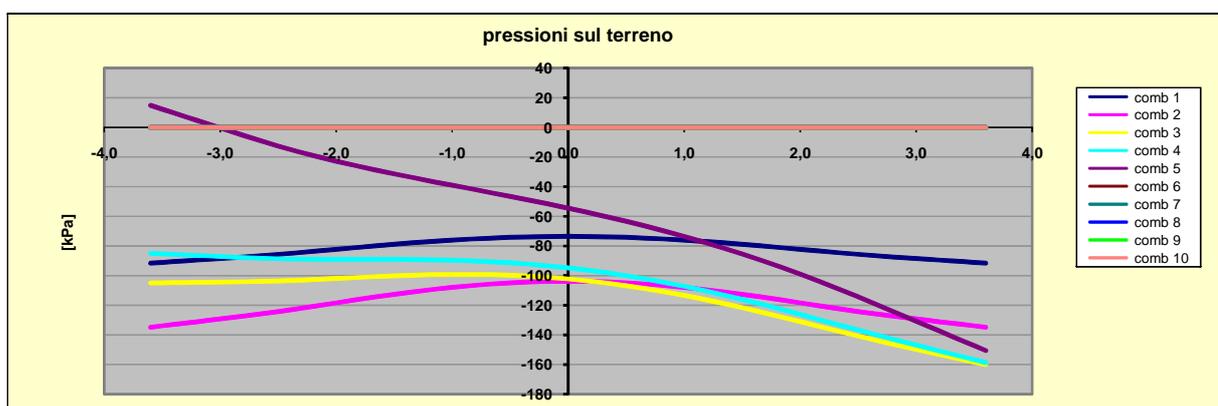
Materiali (Unità N,mm)	
Calcestruzzo ord.	Acciaio
$f_{ck} =$ 25	$f_{yk} =$ 450
$\gamma_c =$ 1,50	$f_{ywd} =$ 391
$f_{cd} =$ 14,17	

Dati sezione	
Altezza utile sezione (cm)	35
B_{min} della sezione in zona tesa (cm)	100
Armatura tesa (cm ²)	10,05
Sforzo Normale di compress. (kN)	33
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,09

Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd,c} > V_{sd}$	
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	38,73
Taglio resistente $V_{Rd,c}$ (kN)	147,47

2.7 PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE

Dal calcolo dello scatolare si ricavano i valori delle pressioni sul terreno di fondazione nelle differenti combinazioni di carico considerate per gli stati limite ultimi. Si riportano schematicamente i valori medi e massimi delle pressioni sul terreno.



Combinazione	$\sigma_{t,media}$ (kPa)	$\sigma_{t,max}$ (kPa)
1	81,9	91,6
2	118,1	134,8
3	116,2	160,0
4	107,3	158,8
5	60,7	150,6

3. Tombino di Lunghezza pari a 35.00 m

3.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Per risolvere l'interferenza stradale nell'ambito del progetto del nuovo svincolo autostradale, è emersa la necessità di realizzare un nuovo tombino scatolare che permetta il passaggio del fosso esistente.

Dal punto di vista strutturale, il presente progetto consiste nella realizzazione sotto il nuovo corpo stradale dell'asta principale dello svincolo, di un nuovo tombino con struttura scatolare in c.a. di dimensioni interne nette pari a 5,0m x 3,0m e spessori della soletta superiore, dei ritti e della fondazione pari a 60cm.

La pavimentazione sovrastante di spessore pari a 11cm sarà realizzata su uno strato di ricoprimento con spessore variabile tra 55cm e 120cm.

Alle estremità del sottovia sono presenti i muri d'imbocco di lunghezza adeguata, con profilo superiore inclinato $l/h=2/1$.

3.2 ANALISI DEI CARICHI

3.2.1 Carichi Permanenti

Nel calcolo delle sollecitazioni agenti sul sottovia sono stati considerati i seguenti carichi caratteristici:

- peso unitario calcestruzzo armato	25,0 kN/m ³
- sovrastruttura stradale (0,11m x 20,0kN/m ³)	2,2 kN/m ²
- ricoprimento $s_{\text{medio}} = 90\text{cm}$	17,1 kN/m ²

Lo strato di riempimento e la pavimentazione stradale sono stati considerati ai fine del calcolo equivalenti ad uno strato di spessore medio pari a 100cm con peso specifico 19kN/m².

L'interazione della struttura con il terreno è stata valutata considerando i seguenti parametri geotecnici:

- peso specifico	19,0 kN/m ³
- angolo di attrito	35°

Il coefficiente di spinta viene calcolato utilizzando la formula $k_0 = 1 - \sin \varphi$, per cui si ottiene un valore di $k_0 = 0,426$.

3.2.2 Azioni da Traffico

Nel calcolo delle sollecitazioni è stato considerato un sovraccarico uniformemente distribuito di 20 kN/m^2 agente nella zona esterna al sottovia e la corrispondente spinta agente sui ritti del sottovia mediante la formula $q = Q \times k_0$.

La valutazione dell'azione dovuta al frenamento è stata condotta, come previsto dalla Normativa, considerando il carico verticale totale agente sulla corsia di carico convenzionale n.1.

$$q_3 = 0,6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} \times w_1 \times L = \\ = 0,6 \times 600 \text{ kN} + 0,1 \times 9,0 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} \times 6,2 \text{ m} = 376,7 \text{ kN}$$

Tale forza è stata considerata uniformemente ripartita sulla lunghezza del tombino ottenendo un valore pari a $376,7 \text{ kN} / 35 \text{ m} = 10,8 \text{ kN/m}$.

Coerentemente con le indicazioni fornite dal D.M. 2008, per le azioni variabili da traffico stradale, il carico accidentale agente sulla soletta superiore è dato dal tandem di carico così composto:

Corsia n.1 (larghezza $w = 3,0 \text{ m}$):

N.2 Carichi concentrati mobili in tandem a 1,20m:	$2 \times Q_{1k} = 2 \times 300 \text{ kN}$
Carico distribuito sulla luce dello scatolare:	$q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$

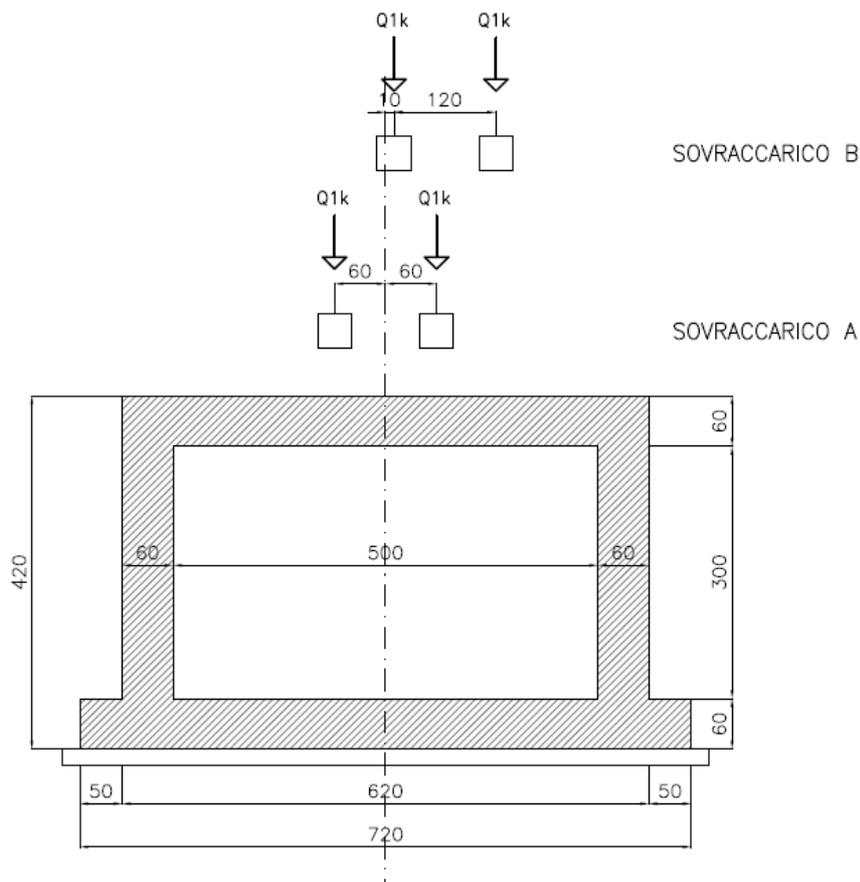
Tali carichi sono ripartiti su una larghezza collaborante pari $5,00 \text{ m}$ che risulta essere coerente con valutazioni di larghezze collaboranti calcolate secondo procedure analitiche riportate in letteratura (vedi O. Belluzzi – *Scienza delle costruzioni*).

Si è considerato il carico accidentale distribuito pari a $9,0 \text{ kN/m}^2$, che moltiplicato per la larghezza in senso longitudinale delle corsie caricate fornisce un carico distribuito pari a 45 kN/m ;

Il carico concentrato viene applicato su un'impronta di larghezza pari a 40 cm che si ripartisce con un angolo di 45° sulla soletta e sulla pavimentazione stradale ottenendosi all'asse mediano strutturale, una larghezza di ripartizione trasversale pari a $3,0 \text{ m}$.

Sono state considerate due ipotesi di carico:

- sovraccarico A con il tandem di carichi a cavallo della mezzeria dello scatolare
- sovraccarico B con il tandem di carichi in corrispondenza del nodo soletta-ritto



3.2.3 Azione Sismica

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso.

Lo stato limite di esercizio considerato è così definito:

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Lo stato limite ultimo considerato è così definito:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Si riportano di seguito i parametri sismici relativi alla struttura ed al sito in esame ed i diagrammi dei relativi spettri di progetto.

Coordinate geografiche	Long. 15°6445	Lat. 40°3060
Vita nominale	≥ 50 anni	
Classe d'uso	IV Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione particolarmente dopo un evento sismico	
Coefficiente d'uso	C_u = 2,0	
Categoria di sottosuolo	C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti	
Categoria topografica	T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≤ 15°	

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

DATI GENERALI	
Comune	PADULA
Latitudine	40,306°
Longitudine	15,6445°
Classi d'uso	Classe IV
C _u	2,00
Vita Nominale (V _N)	50
Periodo di riferimento (V _R)	100
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1

Determinazione coefficiente S	SLO	SLD	SLV	SLC
S _S	1,50	1,50	1,29	1,15
h/H ≤ 1,00 (h=Q _{sito} ; H=Q _{rilievo})	1,00	1,00	1,00	1,00
S _T	1,00	1,00	1,00	1,00
S = S _S x S _T	1,50	1,50	1,29	1,15

Parametri che definiscono l'azione sismica				
Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
P _{VR}	81%	63%	10%	5%
T _R	60	101	949	1950
a _g	0,075	0,098	0,292	0,383
F ₀	2,375	2,373	2,341	2,41
T _C *	0,307	0,328	0,398	0,422
T _B	0,159	0,166	0,189	0,196
T _C	0,476	0,498	0,566	0,589
T _D	1,900	1,992	2,768	3,132

L'accelerazione di progetto $a_{max} = a_g \times S_S \times S_T$

Le azioni sismiche inerziali vengono computate tramite il coefficiente moltiplicativo dei pesi propri dello scatolare k_h che risulta pari a:

$$k_h = \beta_m \times a_g/g \times S_S \times S_T = 1,0 \times 0,292 \times 1,29 \times 1,00 = 0,377$$

L'incremento delle spinte dovuto al sisma può essere calcolato con le espressioni di Wood. Questa nel caso in cui il terreno a monte sia in condizioni prossime a quelle di riposo fornisce direttamente:

$$\Delta s = a_g/g \times S \times \gamma \times H^2 = 0,292 \times 1,29 \times 19 \times 4,20^2 = 126,25 \text{ kN/m}$$

considerata applicata solo come incremento su una parete e decremento sull'altra.

$$q_{sismico} = \Delta s / H = 126,25 / 4,20 = 30,06 \text{ kN/m}^2$$

3.2.4 Combinazione di Carico

I carichi applicati sono stati combinati secondo i criteri indicati dalla Normativa vigente relativa ai ponti autostradali per gli Stati Limite Ultimi e di Esercizio e per la combinazione in fase sismica.

Di seguito si riportano le combinazioni di carico adottate per le verifiche allo stato limite ultimo:

Combinazioni Stato Limite Ultimo					
condizioni di carico	1	2	3	4	5
peso proprio + perm.	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
falda + spinta terreno	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00
sovraccarico A		1,35			
sovraccarico B			1,35	1,00	
sovraccarico terreno sn		1,35	1,35	1,00	
sovraccarico terreno dx		1,35			
frenatura				1,35	
sisma					1,00

Le verifiche allo stato limite di esercizio sono state condotte utilizzando le seguenti combinazioni di carico.

Combinazioni Stato Limite di Esercizio					
condizioni di carico	Quasi Permanente			Frequente	
	1	2	3	4	5
peso proprio + perm.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
falda + spinta terreno	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
sovraccarico A				0,75	
sovraccarico B					0,75
sovraccarico terreno sn		1,00	1,00	0,75	0,75
sovraccarico terreno dx		1,00		0,75	
frenatura					0,75
sisma					

3.3 MODELLO DI CALCOLO

La struttura del tombino ha dimensioni interne pari a 6,20 x 6,15 m con spessore degli elementi pari a 60cm.

Per il calcolo della struttura si fa riferimento ad una striscia di calcolo disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare.

Per il calcolo delle sollecitazioni e delle verifiche (N, M, T) si assume la geometria comprensiva degli spessori delle "predalle" (ove il sistema costruttivo le preveda).

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello del telaio chiuso composto da quattro aste (soletta, piedritti e fondazione) su letto di molle alla Winkler con un opportuno coefficiente di sottofondo.

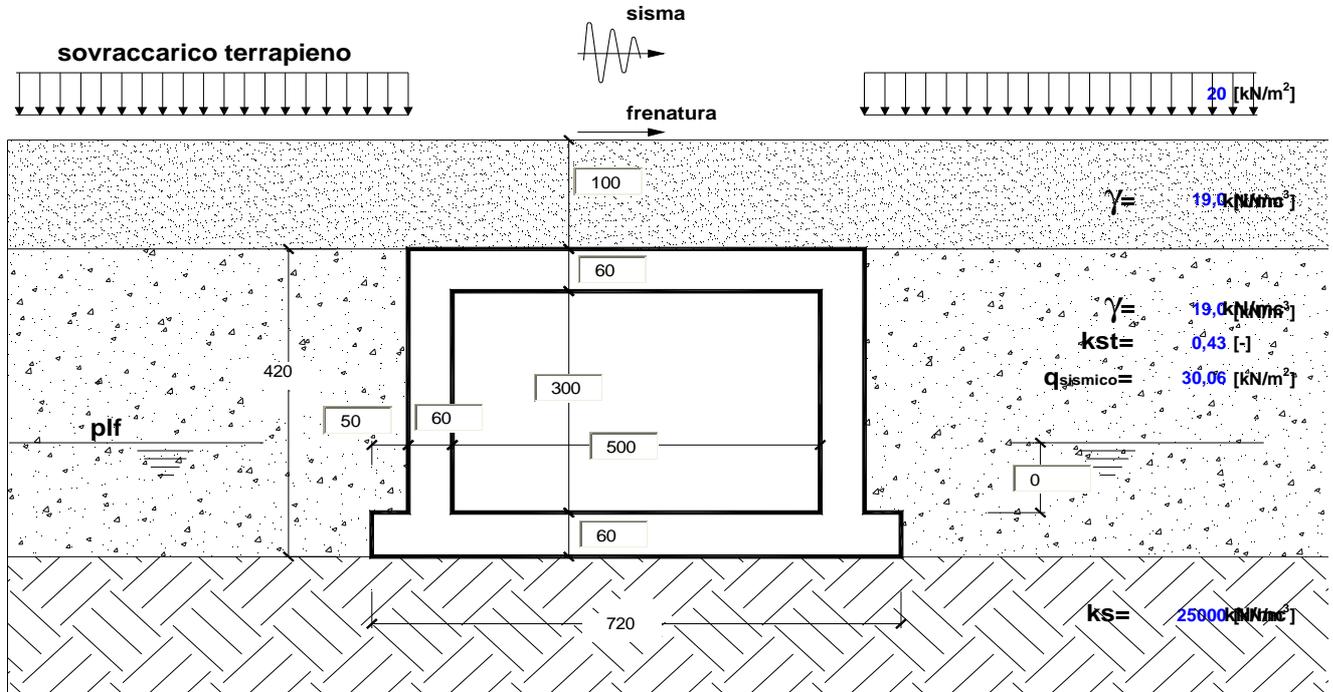
Il modello considerato per l'analisi è quello di uno scatolare di profondità unitaria soggetto alle azioni da traffico stradale, a quelle permanenti ed al sisma.

Nelle analisi è stata considerata una larghezza collaborante in senso longitudinale pari a 5,00m.

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
 Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
 TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

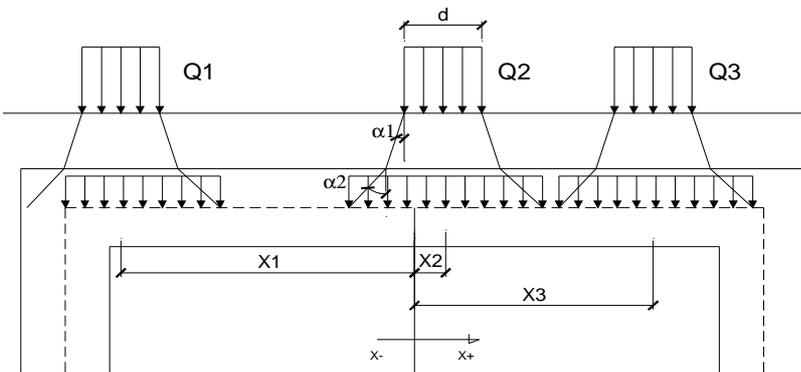
OPERA

Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria - Tombino 5,0 x 3,0m L=35m



(dimensioni in cm)

modulo elastico cls E **3,00E+07 [kN/m²]** γ_{cls} **25 [kN/m³]**
 acc. sismica or. kh **0,38 [-]** γ_w **10 [kN/m³]**



SOVRACCARICHI

angolo di diffusione nel ricoprimento	$\alpha 1$ [°]	45	
angolo di diffusione nella soletta	$\alpha 2$ [°]	45	
CONDIZIONI DI CARICO		A	B
impronta del carico	d [m]	0,40	0,40
area influenza long.	l [m]	5,00	5,00
Carico 1	Q1 [kN]	300	300
	X1 [m]	-0,6	0,1
Carico 2	Q2 [kN]	300	300
	X2 [m]	0,6	1,3
Carico 3	Q3 [kN]	0	0
	X3 [m]	0	0
Carico distribuito	[kN/m]	45	45

Iniezione terreno ricoprimento SI NO

F frenatura **10,8 [kN/m]**

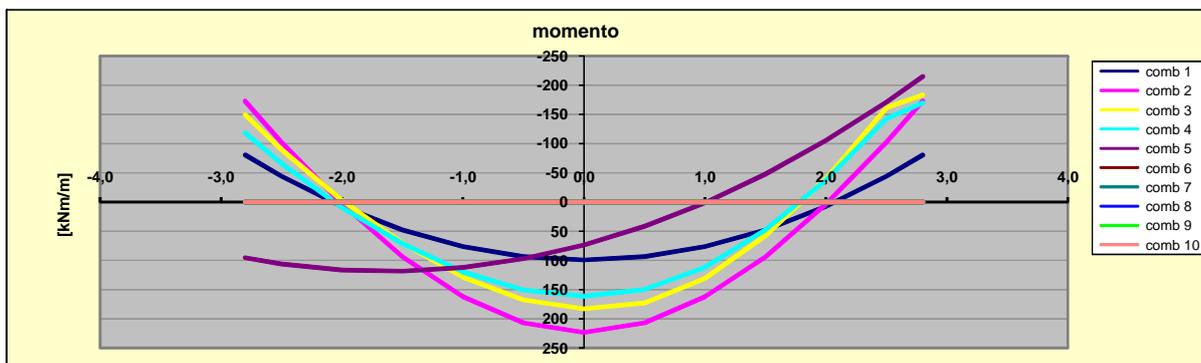
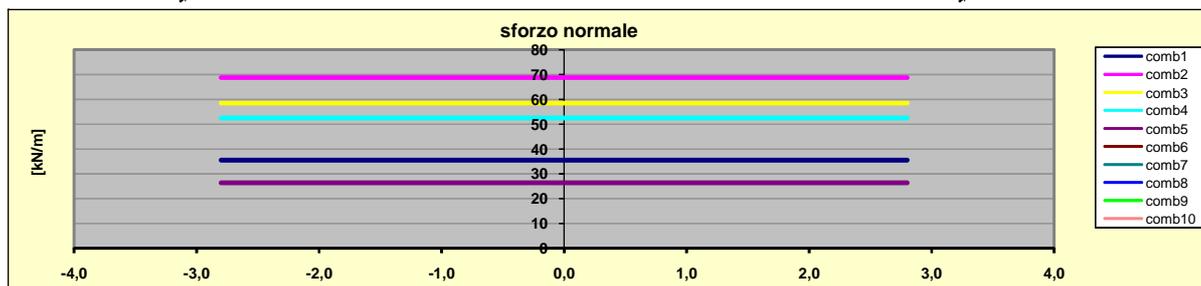
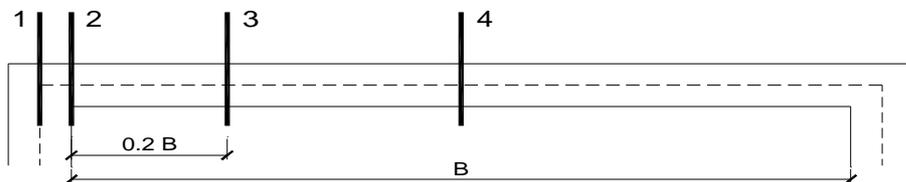
combinazioni di carico

condizioni di carico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
peso proprio + perm.	1,35	1,35	1,35	1,35	1					
falda + spinta terreno	1,35	1,35	1,35	1,35	1					
sovraccarico A		1,35								
sovraccarico B			1,35	1						
sovraccarico terreno sn		1,35	1,35	1						
sovraccarico terreno dx		1,35								
frenatura				1,35						
sisma					1					

3.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Si riportano le verifiche sezionali per gli elementi costituenti gli elementi dello scatolare:

SOLETTA

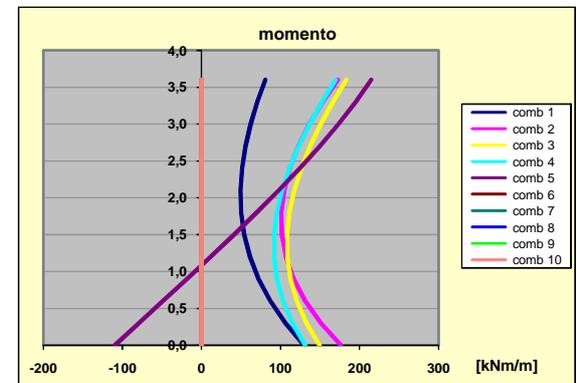
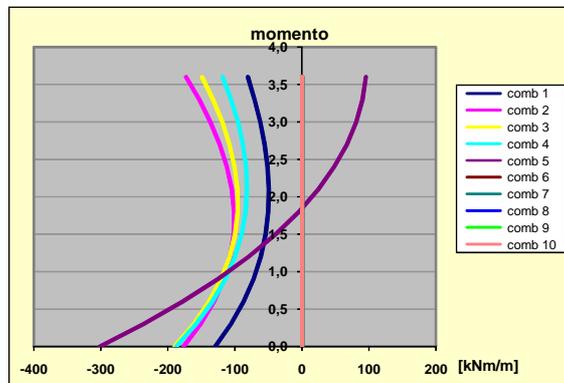
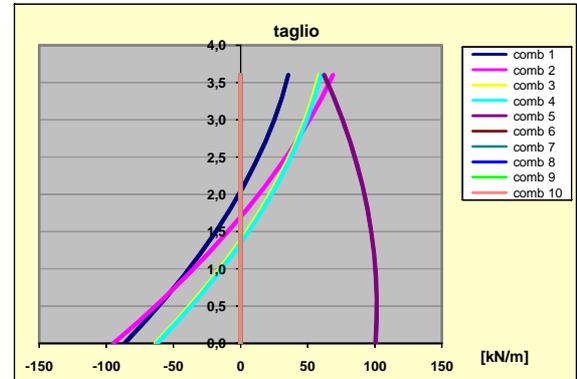
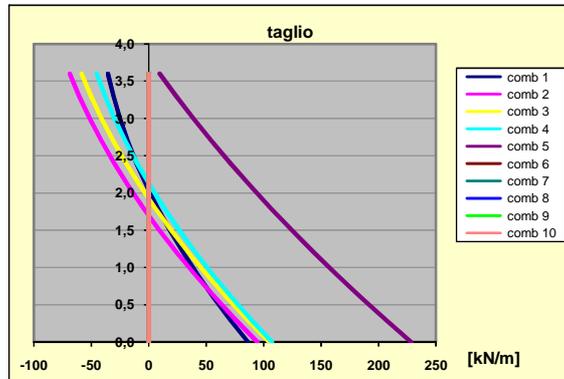
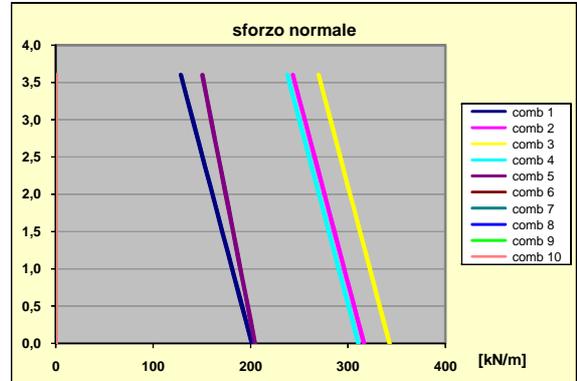
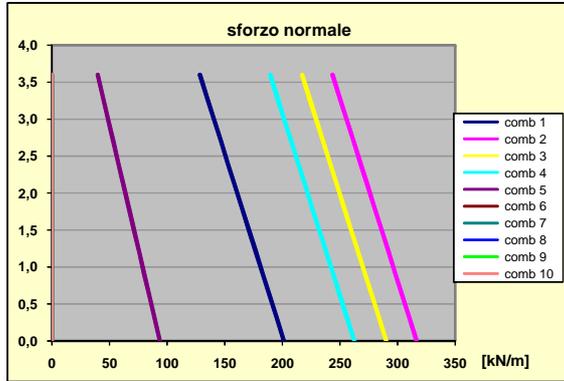


sez.	M	N	Af	A'f	Mu
	[kNm/m]	[kN/m]	[cmq/m]	[cmq/m]	[kNm/m]
1	-214,8	26,3	15,7	15,7	328,3
2	-171,2	26,3	15,7	15,7	328,3
3 min	-47,8	26,3	15,7	15,7	328,3
3 max	118,4	26,3	15,7	15,7	328,3
4	223,2	68,8	15,7	15,7	339,0

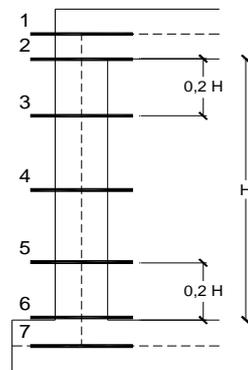
Sez.	V _{Ed}	V _{rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN/m)	(kN/m)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN/m)	
1	270,6	211,74	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
2	253,2	211,74	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
3	170,1	213,15	0	40,0	40,0	21,80	0,00	Armatura a taglio non necessaria
4	55,4	207,31	0	40,0	40,0	21,80	0,00	Armatura a taglio non necessaria

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
 Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
 TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

PARETI



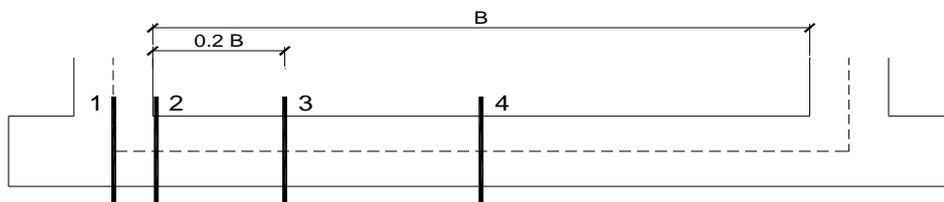
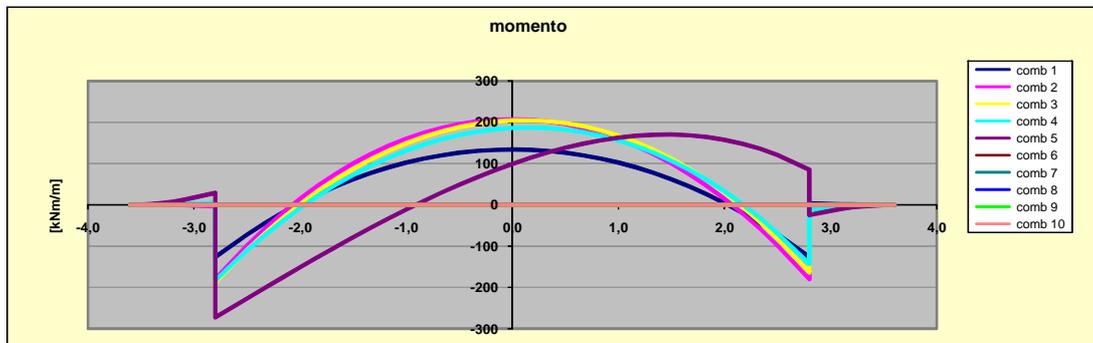
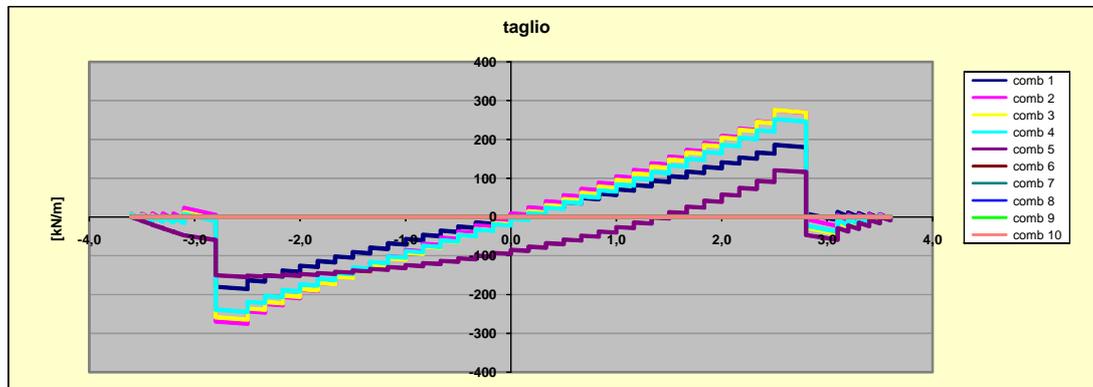
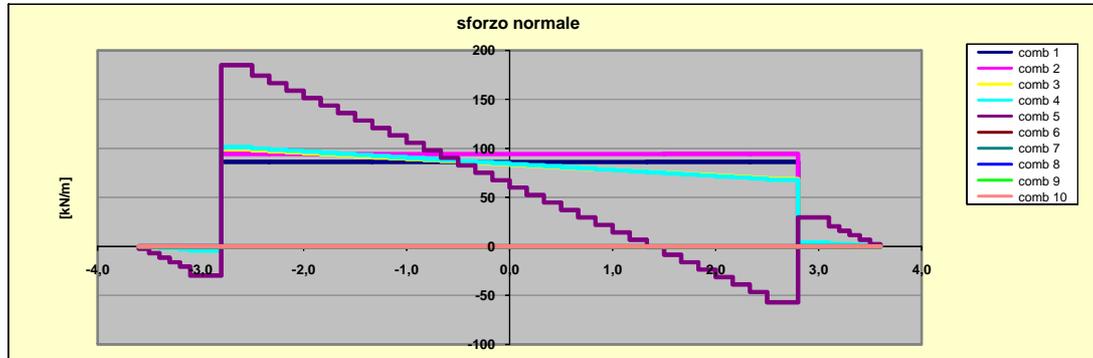
sez.	M	N	Af	A'f	Mu
	[kNm/m]	[kN/m]	[cmq/m]	[cmq/m]	[kNm/m]
1	-214,8	150,6	15,7	15,7	359,5
2	-195,0	155,1	15,7	15,7	360,6
3 min	-149,6	164,1	15,7	15,7	362,8
3 max	67,0	53,3	15,7	15,7	335,1
4 min	-117,5	300,3	15,7	15,7	396,8
4 max	24,4	62,3	15,7	15,7	337,3
5 min	-125,6	80,3	15,7	15,7	341,9
5 max	18,4	191,1	15,7	15,7	369,6
6	-236,5	89,3	15,7	15,7	344,1
7	-301,6	93,8	15,7	15,7	345,3



Sez.	V _{Ed}	V _{rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}
(-)	(kN/m)	(kN/m)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN/m)
1	68,8	237,18	12	40,0	40,0	21,80	393,63
2	69,4	225,02	12	40,0	40,0	21,80	393,63
3	81,6	226,25	12	40,0	40,0	21,80	393,63
4	105,9	212,88	12	40,0	40,0	21,80	393,63
5	163,9	214,74	12	40,0	40,0	21,80	393,63
6	206,2	215,97	12	40,0	20,0	21,80	787,26
7	228,5	216,59	12	40,0	20,0	21,80	787,26

Armatura a taglio non necessaria
 Sezione verificata

FONDAZIONE



sez.	M	N	Af	A'f	Mu
	[kNm/m]	[kN/m]	[cmq/m]	[cmq/m]	[kNm/m]
1	-272,4	184,9	15,7	15,7	368,0
2	-226,7	184,9	15,7	15,7	368,0
3 min	-78,3	136,1	15,7	15,7	355,8
3 max	170,4	-8,5	15,7	15,7	319,5
4	207,3	94,2	15,7	15,7	345,3

Sez.	V _{Ed}	V _{rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN/m)	(kN/m)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN/m)	
1	269,8	213,15	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
2	275,8	213,15	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Sezione verificata
3	157,1	216,47	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Armatura a taglio non necessaria
4	112,9	216,12	12	40,0	40,0	21,80	393,63	Armatura a taglio non necessaria

3.5 VERIFICA DI FESSURAZIONE

Le verifiche di fessurazione sono state condotte considerando gli stati limite di esercizio nelle combinazioni quasi permanenti e frequenti. La Normativa fornisce per le diverse condizioni ambientali, il valore limite di apertura delle fessure.

La verifica è stata condotta considerando i seguenti valori limite:

Condizioni ambientali: **aggressivo**
 Armatura: **poco sensibile**
 Combinazione frequente: **$w_d \leq w_2 = 0,3\text{mm}$**
 Combinazione quasi permanente: **$w_d \leq w_1 = 0,2\text{mm}$**

Si riportano le verifiche per la combinazione quasi permanente.

SOLETTA

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-71,2	32,7	20	20	16	16	1,92	81,76	0,093
2	-43,1	32,7	20	20	16	16	1,17	45,61	0,051
3 min	0,0	0,0	20	20	16	16	0,00		
3 max	39,6	32,7	20	20	16	16	1,08	41,13	0,046
4	73,6	26,3	20	20	16	16	1,98	86,67	0,100

PARETI

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-71,2	98,9	20	20	15,7	15,7	1,94	62,44	0,068
2	-61,9	103,4	20	20	15,7	15,7	1,69	49,45	0,054
3 min	-47,0	112,4	20	20	15,7	15,7	1,27	28,72	0,030
3 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
4 min	-40,1	126,7	20	20	15,7	15,7	1,05	17,48	0,018
4 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
5 min	-58,3	132,0	20	20	15,7	15,7	1,57	37,39	0,039
5 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
6	-94,9	141,0	20	20	15,7	15,7	2,59	80,51	0,088
7	-119,2	145,5	20	20	15,7	15,7	3,25	110,14	0,122

FONDAZIONE

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-111,2	84,1	20	20	15,7	15,7	3,02	117,75	0,133
2	-68,4	84,1	20	20	15,7	15,7	1,87	62,99	0,070
3 min	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
3 max	54,3	66,0	20	20	15,7	15,7	1,48	50,28	0,056
4	102,6	81,5	20	20	15,7	15,7	2,79	107,46	0,121

ANAS S.p.a. – Autostrada A3 Salerno Reggio Calabria
 Nuovo svincolo di Padula-Buonabitacolo al Km 103+200
 TOMBINI SCATOLARI 5x3 - RELAZIONE DI CALCOLO

Si riportano le verifiche per la combinazione frequente.

SOLETTA

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-124,0	39,1	20	20	16	16	3,33	147,68	0,170
2	-104,4	39,1	20	20	16	16	2,81	122,46	0,141
3 min	0,0	0,0	20	20	16	16	0,00		
3 max	61,0	44,8	20	20	16	16	1,66	65,01	0,073
4	142,4	44,8	20	20	16	16	3,82	169,69	0,195

PARETI

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-124,0	176,3	20	20	15,7	15,7	3,38	107,46	0,118
2	-111,5	180,8	20	20	15,7	15,7	3,04	90,53	0,098
3 min	-90,4	189,8	20	20	15,7	15,7	2,45	61,81	0,066
3 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
4 min	-75,7	198,8	20	20	15,7	15,7	2,02	41,84	0,043
4 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
5 min	-84,0	182,4	20	20	15,7	15,7	2,27	55,91	0,059
5 max	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
6	-115,3	191,4	20	20	15,7	15,7	3,14	92,43	0,100
7	-136,8	195,9	20	20	15,7	15,7	3,73	118,23	0,129

FONDAZIONE

sez.	M	N	i	ϕ	Af	A'f	σ_c	σ_f	wk
	[kNm/m]	[kN/m]	[cm]	[mm]	[cmq/m]	[cmq/m]	[Mpa]	[Mpa]	[mm]
1	-133,7	74,1	20	20	15,7	15,7	3,61	149,65	0,170
2	-79,8	74,1	20	20	15,7	15,7	2,17	80,54	0,090
3 min	0,0	0,0	20	20	15,7	15,7	0,00		
3 max	78,2	55,7	20	20	15,7	15,7	2,12	83,84	0,095
4	140,0	68,3	20	20	15,7	15,7	3,78	159,51	0,182

3.6 MURI D'ALA

Si riporta il calcolo delle sollecitazioni e la verifica a pressoflessione per la condizione più gravosa per i muri d'ala.

Il calcolo è stato eseguito considerando uno schema statico di mensola utilizzando i seguenti valori per i coefficienti di spinta del terreno.

Coefficienti di spinta <i>(teoria di Mononobe-Okabe)</i>		
Dati sismici		
Accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido	a_g / g	0,292
Coeff. di riduzione	β_m	0,31
Coeff. di amplificazione stratigrafica	S_S	1,29
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	1
Coefficienti sismici		
$k_h = \beta_m S_S S_T a_g / g$		0,117
$k_v = \pm 0,5 k_h$		$\pm 0,058$
Dati geotecnici		
Angolo di resistenza al taglio in comb M1 ($\varphi = \varphi_k$)	φ_1	35,0 °
Angolo di resistenza al taglio muro-terreno in comb M1	δ_1	17,5 °
Angolo della parete interna	ψ	90,0 °
Angolo d'inclinazione del terreno a monte	β	0,0 °
Angolo di comportamento sismico ($\theta_A = \arctg(k_h / (1 + k_v))$)	θ_A	6,3 °
Angolo di comportamento sismico ($\theta_B = \arctg(k_h / (1 - k_v))$)	θ_B	7,1 °
Coefficienti di spinta		M1
Spinta a riposo	K_o	0,426
Spinta attiva in condizione statica ($\theta = 0$)	Ka_{ST}	0,246
Spinta attiva in condizione sismica ($\theta = \theta_A$)	Ka_A	0,312
Spinta attiva in condizione sismica ($\theta = \theta_B$)	Ka_B	0,322
Spinta passiva in condizione statica ($\theta = 0$)	Kp_{ST}	3,690
Spinta passiva in condizione sismica ($\theta = \theta_A$)	Kp_A	3,472
Spinta passiva in condizione sismica ($\theta = \theta_B$)	Kp_B	3,445
<i>combinazione M1 ($\varphi = \varphi_1 = \varphi_k$)</i>		

Muro d'ala - Calcolo delle sollecitazioni

Caratteristiche Geometriche	
H _{max} (m)	3,8
H _{calcolo} (m)	3,4
s (m)	0,4

γ (kN/m ³)	19,0
k _{aST}	0,246
k _{aSismico}	0,312

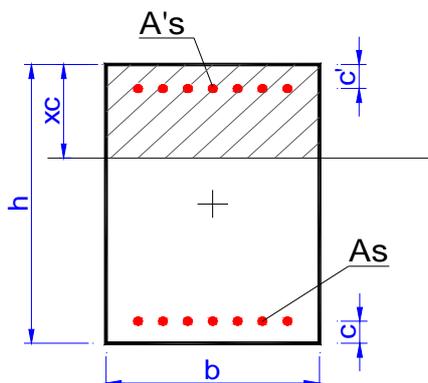
Coefficienti Sismici	
k _h	0,117
k _v	0,058

S _{ST} (kN)	27,3	Spinta del terreno in fase statica
S _{Sisma} (kN)	36,75	Spinta del terreno in fase sismica

Azioni allo Spiccatto del Muro

Condizione di Esercizio	
N (kN)	44,46
V (kN)	35,55
M (kNm)	40,53

Condizione Sismica	
N (kN)	34,2
V (kN)	40,74
M (kNm)	48,72



Geometria della sezione		
[cm]		
Altezza	h	40
Base	b	100

Sollecitazioni		
M	48,72	[kNm]
N	34,2	[kN]

Armatura tesa As			
n°ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	16	10,05	5
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		10,05	

Armatura compressa A's			
n°ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	16	10,05	5
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		0,00	
		10,05	

Materiali								
C25/30 ▼	γ _c	α _{cc}	R _{ck} [Mpa]	f _{ck} [Mpa]	f _{cd} [Mpa]	f _{cc} /f _{cd}	ε _{c2}	ε _{cu2}
	1,5	0,85	30	25	14,2	0,8	0,200%	0,350%
B450C ▼	γ _s	E _s [Mpa]	f _{yk} [Mpa]	f _{yd} [Mpa]	ε _{ys}	ε _{uk}	α _s	ε _{ud} =ε _{uk} α _s
	1,15	210000	450	391,3	0,186%	7,500%	1	7,500%

- N costante
 e costante

N ultimo
34,2 [kN]

xc
4,48 [cm]

M ultimo
139,2 [kNm]

FS
2,86

Sezione in C.A.
Verifiche allo stato limite ultimo di taglio
VERIFICA SENZA ARMATURA

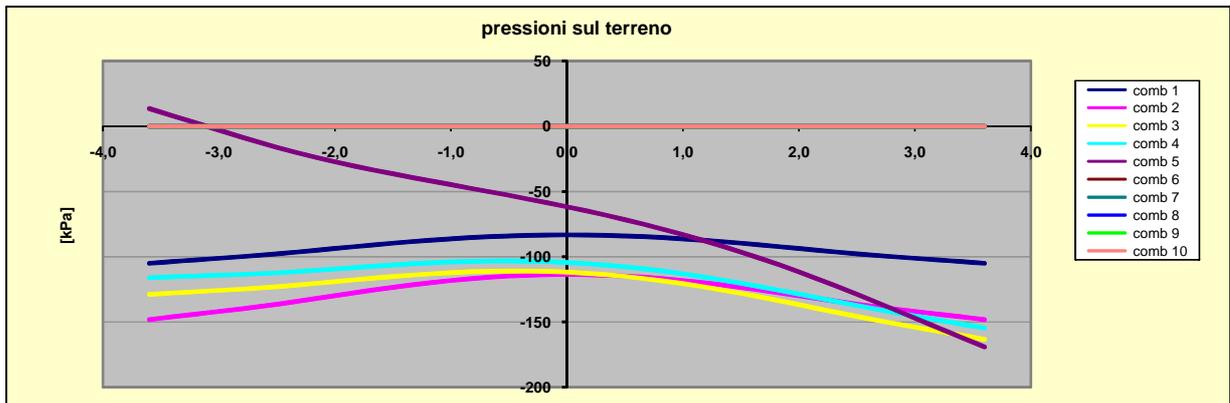
Materiali (Unità N,mm)			
Calcestruzzo ord.		Acciaio	
$f_{ck} =$	25	$f_{ywk} =$	450
$\gamma_c =$	1,50	$f_{ywd} =$	391
$f_{cd} =$	14,17		

Dati sezione	
Altezza utile sezione (cm)	35
B_{min} della sezione in zona tesa (cm)	100
Armatura tesa (cm ²)	10,05
Sforzo Normale di compress. (kN)	34
σ_{cp} tensione media di compressione (N/mm ²)	0,10

Verifiche allo SLU per taglio $V_{Rd,c} > V_{sd}$	
Taglio di calcolo V_{sd} (kN)	40,74
Taglio resistente $V_{Rd,c}$ (kN)	147,62

3.7 PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE

Dal calcolo dello scatolare si ricavano i valori delle pressioni sul terreno di fondazione nelle differenti combinazioni di carico considerate per gli stati limite ultimi. Si riportano schematicamente i valori medi e massimi delle pressioni sul terreno.



Combinazione	$\sigma_{t,media}$ (kPa)	$\sigma_{t,max}$ (kPa)
1	93,3	105,0
2	129,4	148,1
3	127,6	163,3
4	118,7	154,7
5	69,1	169,2