

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

Il Direttore Tecnico: *Il Responsabile di Progetto*
Dott. Ing. Luca Bondanelli

Il Geologo:

NA

PROGETTAZIONE DI:



A.T.I.:



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3581

Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

NA

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:

Impresa Pizzarotti & C. S.p.A. Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**Asse Principale
Smaltimento e trattamento acque di piattaforma
Relazione tecnica e di calcolo**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	I	AP	ST	00	S	RE	001	A
A	01/07/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO				POLUZZI	NIGRELLI	MAZZOLI			
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto	Controllato	Approvato			

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
	Figura 1-9 – Sezione Tipo – Interventi migliorativi	9
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	10
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	12
3.1	CALCESTRUZZO PER MAGRONE	12
3.2	CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE ED ELEVAZIONE	12
3.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	12
3.3.1	BARRE	12
3.3.2	RETI	12
3.4	TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1 13	
3.5	PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE	14
4	COPRIFERRI	15
5	CODICI DI CALCOLO	16
5.1	VCASLU	16
5.2	FOGLI DI CALCOLO	16
6	GEOMETRIA	17
6.1	CANALLETTE DI CALCOLO	17
6.1.1	SEZIONE TIPO E - Parete (H=1,15m – S=0,70m)	17
6.1.2	SEZIONE TIPO B - Parete (H=1,05m – S=0,30m)	18
7	AZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	19
7.1	AZIONI SULLE PARETI	19
7.2	AZIONI SULLA FONDAZIONE	21
7.3	COMBINAZIONI DI CARICO E SOLLECITAZIONI	22
8	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	24
9	VERIFICHE STRUTTURALI	25
9.1	PARETE (H=1,15m – S=0,70m)	26
9.2	PARETE (H=1,05m – S=0,30m)	31
10	VERIFICHE GEOTECNICHE	36
10.1	VERIFICA A RIBALTAMENTO	36
10.2	VERIFICA A SCORRIMENTO	36
10.3	VERIFICA A CARICO ULTIMO	36
11	SCHEMA ARMATURA	38
12	CONCLUSIONI	40

1 PREMESSA

La presente Relazione di Calcolo si inserisce nell'ambito dei lavori per il "Progetto del "Raccordo Autostradale A15/A22 - Corridoio plurimodale Tirreno-Brennero - Raccordo autostradale tra l'Autostrada della Cisa - Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero - Nogarole Rocca (VR) - I Lotto".

In particolare si tratta del progetto delle canalette spartitraffico per lo smaltimento e trattamento delle acque di piattaforma. Le canalette si suddividono in 5 tratti sull'Asse Principale e due tratti sui due rami secondari (svincolo Interconnessione e svincolo Treccasali). Si riporta nella tabella successiva una sintesi dei vari tratti di canalette. Ogni tratto è suddiviso in conci da 12 m.

	TRATTO:	SEZIONE:	PROGRESSIVE:	LUNGHEZZA:	N° CONCI:	
ASSE PRINCIPALE	1	SEZIONE TIPO A (Barriera lato corsia Nord)	da n°23 a n°57	679.65m	56 da 12m + 1 da 7.65m	
			da n°62 a n°69	159.36m	12 da 12m + 1 da 15.35m	
	2	SEZIONE TIPO A (Barriera lato corsia Nord)	da n°88 n°92	95.27m	7 da 2m + 1 da 11.27m	
			SEZIONE TIPO A (Barriera lato corsia Sud)	da n°93 n°107	241.54m	19 da 12m + 1 da 13.54m
			SEZIONE TIPO B (Senza barriere)	da n°107 n°112	76.31m	6 da 12m + 1 da 4.31m
	3	SEZIONE TIPO C (Barriera doppia)	da n°136 n°136	19.07m	1 da 12m + 1 da 7.07m	
			da n°143 n°148	108.37m	8 da 12m + 1 da 12.37m	
	4	SEZIONE TIPO D (Barriera doppia)	da n°200 n°223	468.72m	38 da 12m + 1 da 12.72m	
			da n°228 n°229	20m	1 da 12m + 1 da 8m	
			SEZIONE TIPO E (Barriera doppia)	da n°229 a n°271	846.1m	70 da 12m + 1 da 6.1m
	5	SEZIONE TIPO E (Barriera doppia)	da n°305 a n°380	1522.25m	126 da 12m + 1 da 10.25m	
			da n°386 a n°414	582.88m	48 da 12m + 1 da 6.88m	
INTERCONNESSIONE	6	SEZIONE TIPO E (Barriera doppia)	da n° F2_8 a n° F2_4	87.95m	6 da 12m + 1 da 15.95m	
			da n° CF_4 a n° CF_12	180.5m	14 da 12m + 1 da 12,5m	
			da n° CF_20 a n° CF_21	21.3m	1 da 12m + 1 da 9,3m	
			da n° CF_33 a n° C2_5	179.28m	14 da 12m + 1 da 11.28m	

SVINCOLO TRECASALI	7	SEZIONE TIPO E (Barriera doppia)	da n° A1_10 a n°A2_10	243.97m	19 da 12m + 1 da 15.97m
			da n°A2_15 a n°A2_23	171.03m	13 da 12m + 1 da 15.03m

Ciascun tratto presenta una suddivisione in più conci.

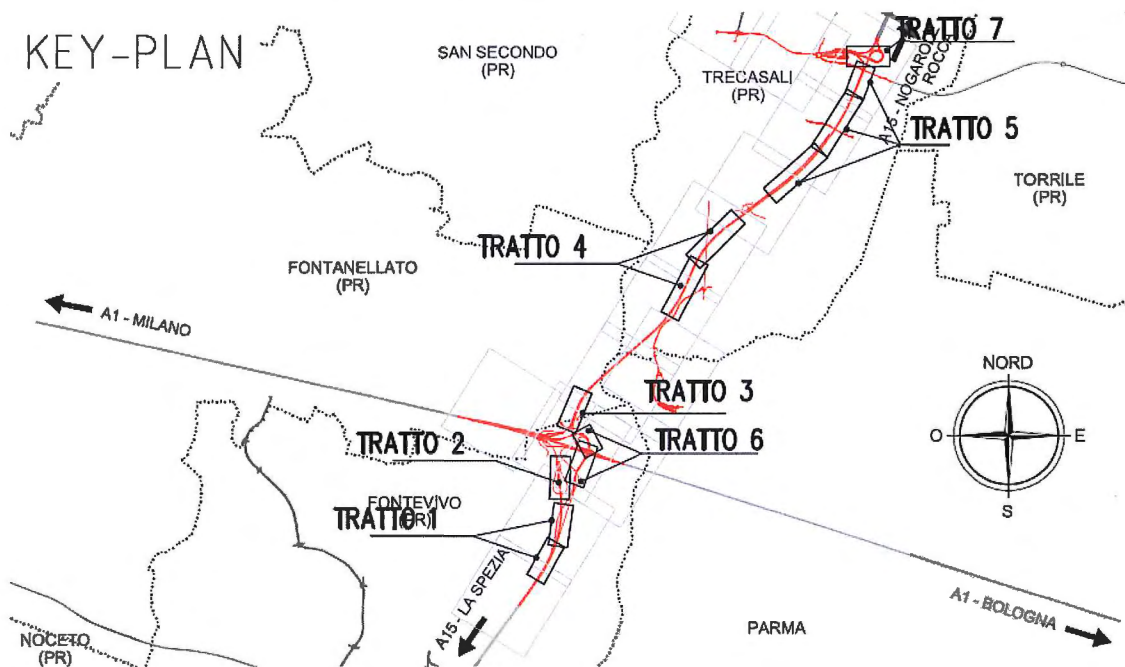


Figura 1-1 – Pianta chiave dei vari tratti di canalette.

La così detta “Canaletta spartitraffico” presenta una configurazione di base che per lunghi tratti rimane costante e risponde alle sezioni tipiche indicate in seguito.

In alcuni tratti la canaletta è interessata longitudinalmente dal passaggio della tubazione fognaria rinfiata di calcestruzzo e tale configurazione non sposta i termini statico-strutturali (armature metalliche).

Il terreno che affianca le canalette, trattandosi di materiale di corpo stradale, si assumono i seguenti parametri meccanici: $\gamma=20\text{kN/m}^2$; $\phi=36^\circ$; $c=0.00\text{kPa}$; $c_a=0.00\text{kPa}$.

La canaletta vera e propria di profondità cm 50 presenta una sezione trapezia con base minore in profondità larga cm 70, base maggiore in sommità larga cm 90 su di uno spessore sottostante di cm 40. La canaletta è delimitata da due blocchi (pareti) in elevazione non simmetrici, in grado entrambi di ospitare i montanti della barriera di sicurezza e con larghezza di sommità rispettivamente di cm 100 e 70: il blocco di cm 100 è localmente, e con ricorrenza, interessato da pozzetti di ispezione per i cavidotti che si inseriscono longitudinalmente in detto blocco. Nello sviluppo longitudinale della canaletta la posizione del blocco di larghezza cm 100 è sistematicamente a destra con riferimento ad una percorrenza Parma-Nogarole Rocca.

La suddetta canaletta è realizzata sopra uno strato di magrone di spessore cm 10 (classe C12/15).

L'altezza delle parti di canaletta (blocchi) in alcuni tratti è variabile e, ferma restando la larghezza minima di cm 70 e 100, i tratti superiori rispetto alla canaletta trapezia, si elevano “a piombo”.

Il dimensionamento e le verifiche strutturali vengono effettuate per le situazioni più impegnative (parete di cm 70, altezza parete cm 115, barriera di sicurezza, e terreno spingente interessato da un sovraccarico di transito pari a 20kN/m^2); viene considerata anche una condizione “sismica”.

L'entità delle armature che risultano necessarie è tale da prevedere una tipologia uniforme.

I noti fenomeni di ritiro del calcestruzzo suggeriscono un frazionamento longitudinale in tratti di lunghezza ridotta prevista in m 12, da gettare in successione e con l'interruzione delle armature longitudinali.

Quando lo sviluppo in altezza delle pareti supera l'altezza ricorrente dei 50 cm, alle armature di base si

aggiungono delle staffe di altezza variabile con conveniente uncinatura di ancoraggio dalla parte "contro terra".

Per l'elemento canaletta e le rispettive pareti, è previsto un conglomerato cementizio con classe di resistenza C25/30 e un'armatura B450C (ex FeB44k).

Nel progetto sono stati considerati i seguenti carichi:

- pesi propri ($\gamma_{clis}=25\text{kN/m}^3$);
- spinta del terreno;
- carico accidentale dovuto ai mezzi (20kN/m);
- urto veicoli in svio (45kN ad altezza 60 cm, sul montante della barriera di sicurezza);
- azione sismica.

I valori caratteristici delle azioni sono stati opportunamente combinati ed incrementati tramite coefficienti di partecipazione secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento. Il calcolo sismico delle canalette è stato eseguito seguendo le prescrizioni dell'Ord. 3274 del 20 marzo 2003, adottando la zona sismica 3 ($a_g=15\%$) e un coefficiente di importanza $\gamma_I=1.3$.

Le verifiche delle sezioni della mensola della parete è stata svolta con il codice VcaSlu e con l'ausilio di fogli di calcolo Excel appositamente realizzati internamente allo studio, per effettuare le verifiche di resistenza a taglio (SLU) e per la verifica delle tensioni ed a fessurazione (SLE).

Le sezioni tipo sono riportate di seguito con le quote caratteristiche:

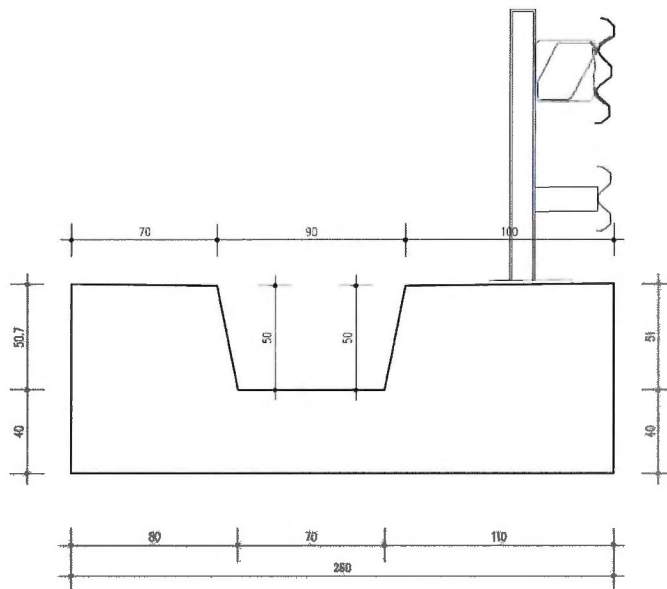


Figura 1-2 – Sezione Tipo A (Barriera lato Nord) – Tratto 1 e Tratto 2

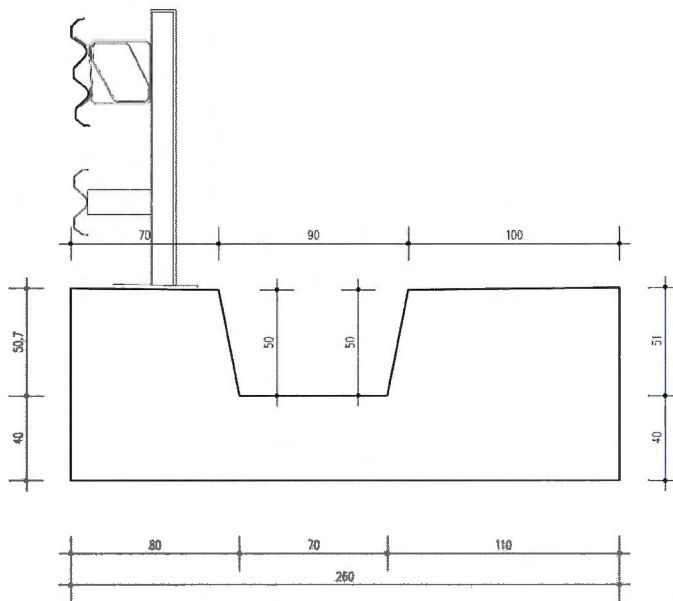


Figura 1-3 – Sezione Tipo A (Barriera lato Sud) – Tratto 2

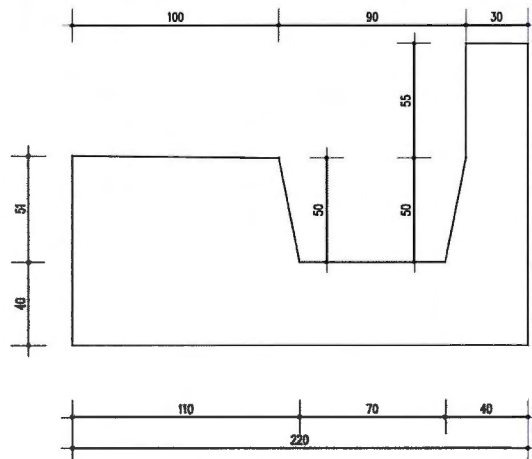


Figura 1-4 – Sezione Tipo B (Senza Barriere) – Tratto 2

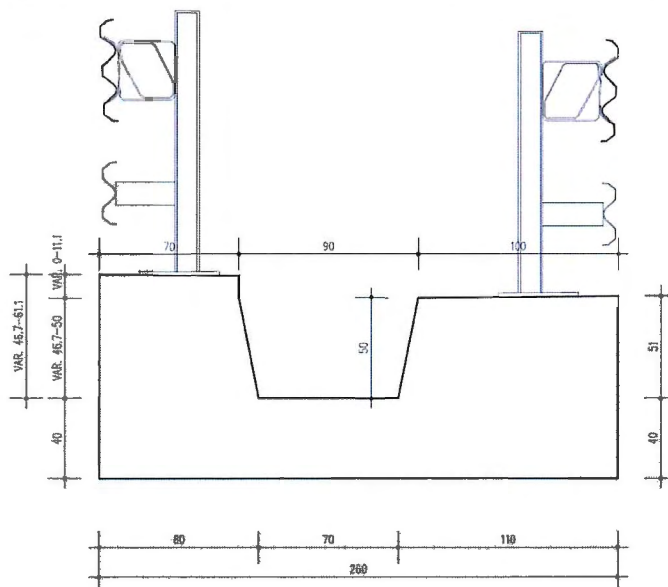
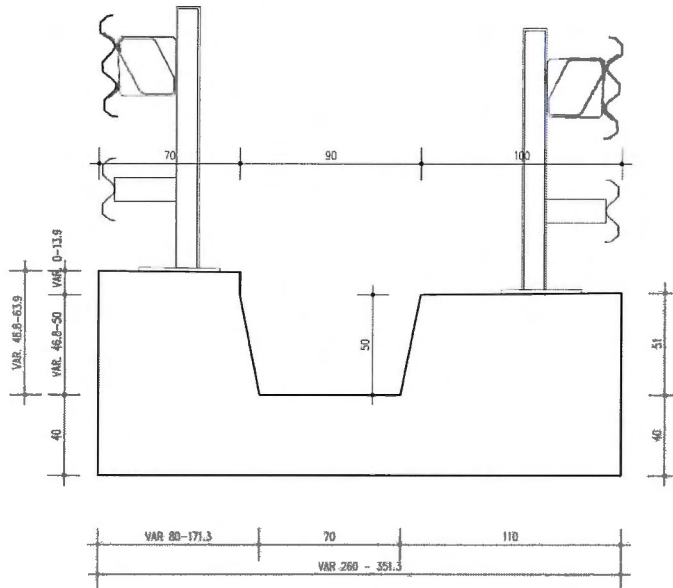
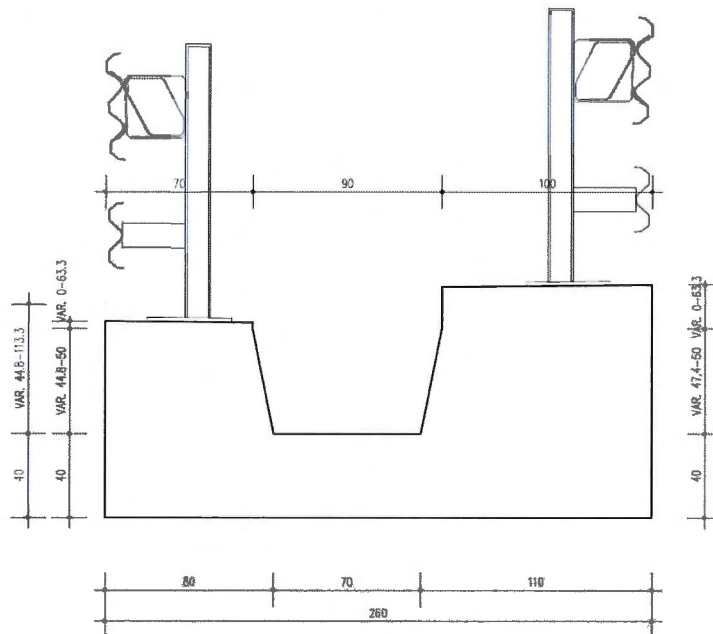


Figura 1-5 – Sezione Tipo C (Barriera Doppia) – Tratto 3

Figura 1-6 – Sezione Tipo D (Barriera Doppia) – Tratto 4

Figura 1-7 – Sezione Tipo E (Barriera Doppia) – Tratto 4

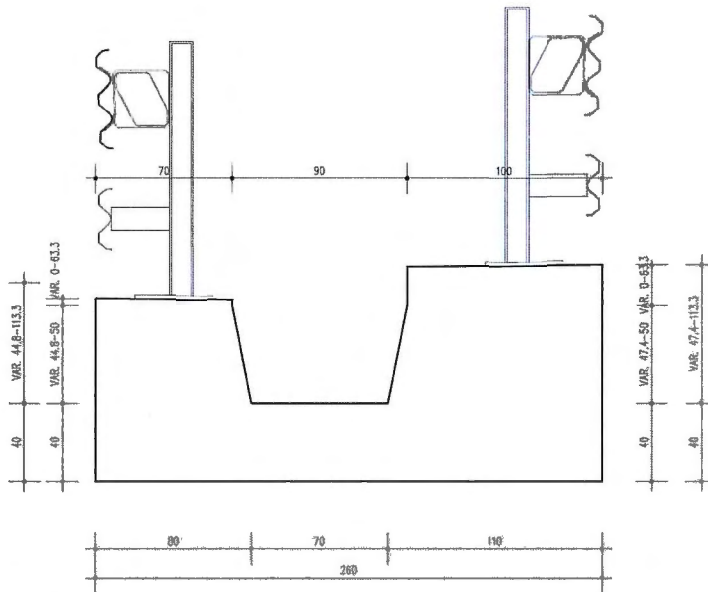


Figura 1-8 – Sezione Tipo E (Barriera Doppia) – Tratto 5

Nel progetto sono stati adottati opportuni accorgimenti aventi l'obiettivo di garantire una maggiore durabilità alle opere, in particolare, oltre all'aumento della classe di esposizione del calcestruzzo (XC2 – variante migliorativa 1G), si prevede:

- protezione delle armature metalliche mediante il sistema catodico galvanico (variante migliorativa 1A);
- trattamento protettivo dei cordoli dei muri mediante membrana poliuretanic ibrida bicomponente tipo PURTOP 400 M (variante migliorativa 1B).

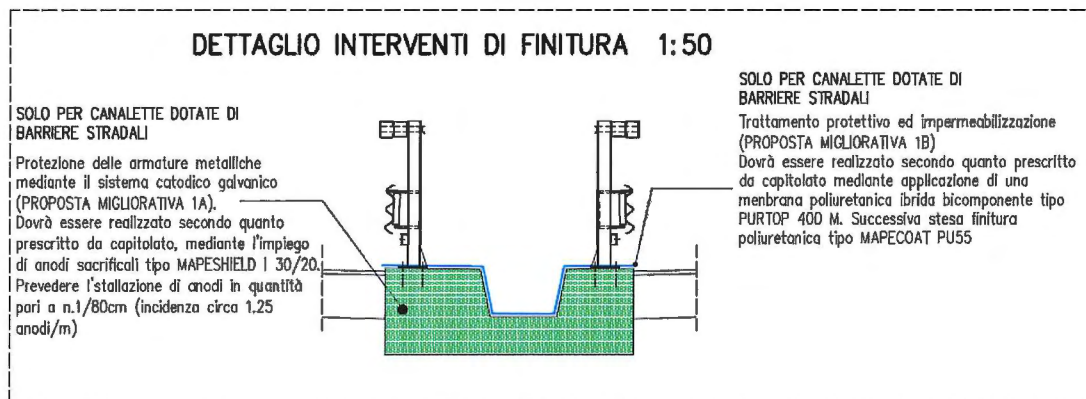


Figura 1-9 – Sezione Tipo – Interventi migliorativi

Nel progetto sono stati adottati opportuni accorgimenti aventi l'obiettivo di garantire una maggiore durabilità alle opere, nel progetto è stata considerata una classe di esposizione del calcestruzzo XC2.

:

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento statico e la verifica dei muri sono stati redatti nel rispetto della sotto riportata normativa:

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971. "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge nr. 64 del 02/02/1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 03/12/1987. "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate";
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare Ministero LL. PP. 16/03/1989 N. 31104. "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate";
- D.M. LL. PP. del 04/05/1990. "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali" e Allegato "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali";
- Circolare Ministero LL. PP. del 25/02/1991. Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992. "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- **D.M. 9 Gennaio 1996.** "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 16 Gennaio 1996. "Norme Tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- D.M. 16 Gennaio 1996. "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- Circolare Ministero LL.PP. 4 Luglio 1996 N. 156 AA.GG./STC. "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16 Gennaio 1996;
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche" di cui al D.M. 9 Gennaio 1996;
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 Gennaio 1996;
- CNR 10011/97. "Costruzioni in acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione";
- CNR 10016/2000. "Strutture composte di acciaio e calcestruzzo – Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni";
- UNI EN 206-1:2001. "Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- **O.P.C.M. 3274 20/03/2003.** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Norma Italiana UNI EN 1794-1. "Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale – Prestazioni non acustiche";
- Eurocodice 2 / UNI ENV 1992-1-1. "Progettazione delle strutture di calcestruzzo" e relativi D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) come riportato nel D.M. 09/01/1996;
- Eurocodice 3 / UNI ENV 1993-1-1. "Progettazione delle strutture di acciaio" e relativi D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) come riportato nel D.M. 09/01/1996;
- Eurocodice 4 / UNI ENV 1994-1-1. "Progetto delle strutture composite acciaio calcestruzzo" e relativi D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) come riportato nel D.M. 09/01/1996;
- Eurocodice 7 / UNI ENV 1997-1-1. "Progettazione geotecnica" e relativi D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) come riportato nel D.M. 09/01/1996;
- Eurocodice 8 / UNI ENV 1998-1-1. "Progetto delle strutture resistenti al sisma" e relativi D.A.N.

(Documento di Applicazione Nazionale) come riportato nel D.M. 09/01/1996;

- Model Code CEB-FIP 1990;
- CEB Manual on "Structural effect of time-dependent behaviour of concrete" 1990;
- Structural Concrete – Textbook on behavior, Design and Performance, CEB-FIP.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale **9 Gennaio 1996**. "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".

3.1 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe C12/15 ($R_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$).

3.2 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE ED ELEVAZIONE

Per la realizzazione delle opere di elevazione in cemento armato (piedritti, solette, e muri) si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe C25/30 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$), che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→ $f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$	24.90 N/mm^2
Resistenza di calcolo a compressione	→ $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.6 =$	14.17 N/mm^2
Resistenza a trazione media	→ $f_{ctm} = 0.27 * f_{ck}^{2/3} =$	2.31 N/mm^2
Resistenza a trazione	→ $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	1.61 N/mm^2
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.07 N/mm^2
Modulo elastico	$E = 5700 R_{ck}^{1/2}$	31220 [MPa]

Come da proposta migliorativa 1G della Busta B, cap.3 a base di gara: "Qualità dei materiali da utilizzare nella realizzazione dell'opera anche in relazione alle modalità e agli oneri di manutenzione"

3.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

3.3.1 BARRE

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	$\geq 430 \text{ MPa}$
Limite di rottura f_t	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 12\%$

Tensione di snervamento caratteristica	→ $f_{yk} \geq$	430.00 N/mm^2
Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{tk} \geq$	540.00 N/mm^2
Fattore di sicurezza acciaio	→ $\gamma_s =$	1.15
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	373.91 N/mm^2

3.3.2 RETI

Per le reti metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450A controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	$\geq 390 \text{ MPa}$
Limite di rottura f_t	$\geq 440 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 8\%$
Rapporto f_t/f_y	≥ 1.10

Tensione di snervamento caratteristica	→ $f_{yk} \geq$	390.00 N/mm^2
Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{tk} \geq$	440.00 N/mm^2
Fattore di sicurezza acciaio	→ $\gamma_s =$	1.15
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	339.13 N/mm^2

3.4 TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1

Questa tabella è da compilarsi in funzione dell'opera da eseguire: associare ad ogni elemento progettuale (fondazione, canaletta.....).

Tab 2

Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9888	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m ³	Rck minima N/mm ²	Contenuto minimo di aria %	Copertura minima Min
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco								
X1	Molto secco	Cis per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
2 Corrosione delle armature per effetto della carbonatazione								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cis per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,85	280	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in ds a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cis per interni con umidità relativa moderata o alta e cis all'esterno protetto dalla pioggia	3a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Debolmente bagnato ed asciutto	Superfici in ds a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
3 Corrosione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cis esposte a nebbia salina	3a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; ds esposte ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Debolmente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggio	5c	0,45	320	C35/45	-	40
4 Corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
5 Attacco dei cicli di gelo/sgelo con o senza sali disciolti								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disciolti	Superfici verticali in ds esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disciolti	Superfici verticali in ds di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dai sali disciolti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0	30 e aggregati resistenti al gelo/sgelo
XF3	Blevata saturazione d'acqua in assenza di sali disciolti	Superfici orizzontali in ds esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0	30 e aggregati resistenti al gelo/sgelo
XF4	Blevata saturazione d'acqua in presenza di sali disciolti e acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disciolti. Superfici in ds esposte direttamente a nebbia contenente sali disciolti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0	40 e aggregati resistenti al gelo/sgelo
6 Attacco chimico								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	3a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	380 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40

Conglomerato cementizio per elementi strutturali opere secondarie (canalette)

ELEMENTO	CLASSE DI ESPOSIZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA (Mpa)	COPRIFERRO (mm)	CLASSE DI CONSISTENZA	RAPPORTO ACQUA/CEMENTO (+Aria %)	DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DEGLI AGGREGATI (mm)
CANALETTA	XC2	C25/30	50	S4	0.50	25

3.5 PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE

Come riportato nel D.M. 9 Gennaio 1996 (prospetto 7-I) si seguono le seguenti impostazioni di verifica per le fessurazioni:

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Moderatamente aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco Sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.10$

$w_2 = 0.20$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Rara $\sigma_s < 0.70 f_{yk}$

Prospetto 7-I

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambiente	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
a	Poco aggressivo	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	decomp. o ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Moderatamente aggressivo	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompress.	—	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressivo	rara	ap. fessure e formaz. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		frequente	decompress.	—	ap. fessure	$\leq w_1$

w_k è definito al punto 4.3.1.7.1.3 w_1, w_2, w_3 sono definiti al punto 4.3.4.2.

4 COPRIFERRI

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore viene misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina.

Per elementi canaletta spartitraffico si adottano copriferri pari a:

	Copriferro - c_{min} [mm]
CANALETTA	50

5 CODICI DI CALCOLO

5.1 VCASLU

Il software VcaSlu consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo stato limite ultimo che con il metodo n.

5.2 FOGLI DI CALCOLO

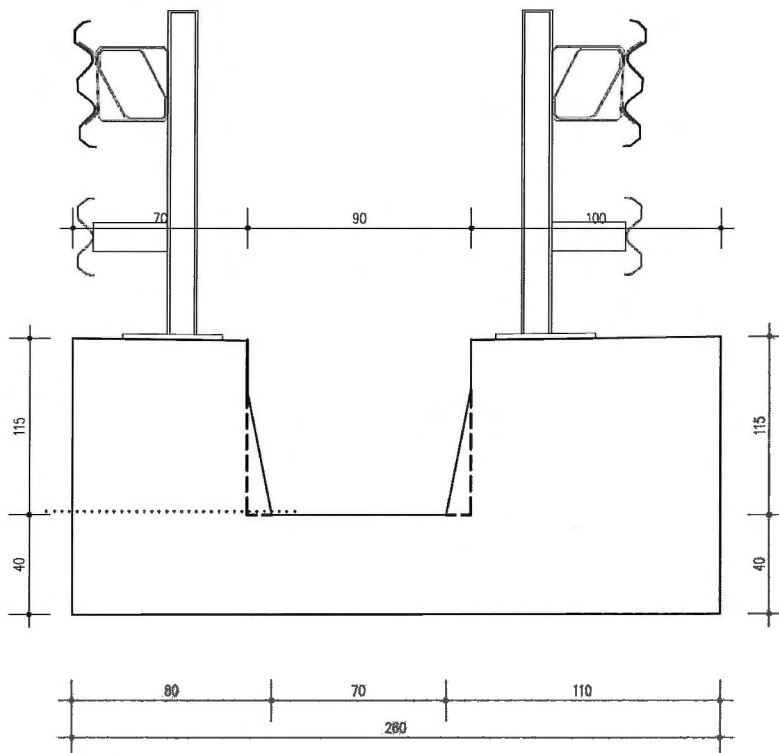
Sono stati utilizzati fogli di calcolo Excel appositamente realizzati internamente allo studio, per effettuare le verifiche di resistenza a taglio (SLU) e per la verifica delle tensioni ed a fessurazione (SLE)

6 GEOMETRIA

6.1 CANALETTE DI CALCOLO

6.1.1 SEZIONE TIPO E - PARETE (H=1,15M - S=0,70M)

La geometria più significativa ai fini del dimensionamento risponde alla Sezione Tipo E dei tratti 4 e 5, caratterizzata dalla seguente geometria:



Geometria Parete

Descrizione: **Parete a mensola in c.a.**

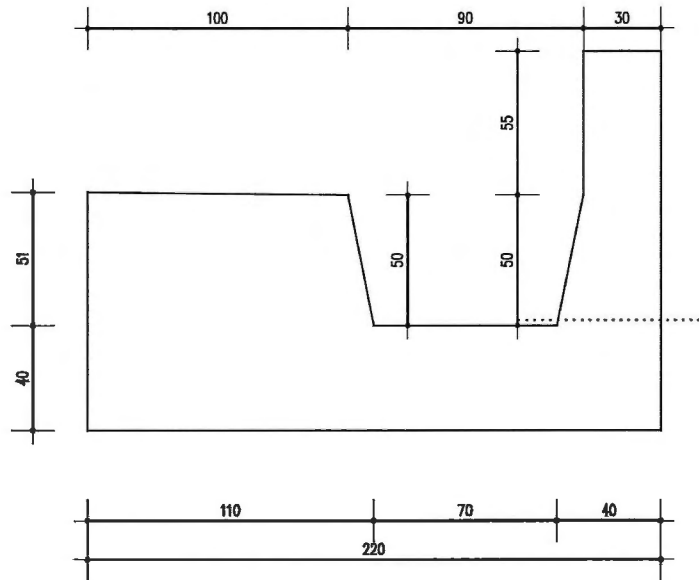
Altezza della parete 1.15 [m]
 Spessore in sommità 0.70 [m]
 Spessore all'attacco con la fondazione 0.70 [m]
 Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]
 Inclinazione paramento interno 0.00 [°]
 Lunghezza della parete 1.00 [m]

Geometria Fondazione

Lunghezza totale fondazione 2.60 [m]
 Spessore fondazione 0.40 [m]
 Spessore magrone 0.10 [m]

6.1.2 SEZIONE TIPO B - PARETE (H=1,05M – S=0,30M)

Si effettuano inoltre le verifiche anche sulla parete della Sezione Tipo B del tratto 2, che risulta priva di barriere. La geometria in questo caso è la seguente:



Geometria Parete

Descrizione: **Parete a mensola in c.a.**

Altezza della parete	1.05 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza della parete	1.00 [m]

Geometria Fondazione

Lunghezza totale fondazione	2.20 [m]
Spessore fondazione	0.40 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

7 AZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

7.1 AZIONI SULLE PARETI

Ai fini delle verifiche, la parete è stata considerata come una mensola incastrata alla base di altezza pari a cm 115. Il calcolo è stato effettuato considerando uno spessore di 70 cm.

Condizione SLU Statica:

Spinta del terreno in regime di spinta a riposo con effetto di un sovraccarico uniforme sul piano stradale di 20 KN/m^2 ;

Azione spingente della barriera di sicurezza (urto) secondo le norme dei ponti D. Min. LL.PP. 4 maggio 1990.

Condizione Sismica:

Spinta statica a riposo e incremento secondo M.O., effetto della presenza di un sovraccarico ridotto (20%) in analogia a quanto si prevede per i punti con grande volume di traffico;

Urto barriera assente (in quanto azione eccezionale).

Condizione SLE:

Spinta del terreno in regime di spinta a riposo con effetto di un sovraccarico uniforme sul piano stradale di 20 KN/m^2 ridotto in base alla combinazione considerata (RARA 1 – FREQ. 0,7 – Q.P. 0,0).

L'azione di 45kN applicata ad un'altezza di m 0.60 determina uno sforzo di taglio $T= 45\text{KN}$ ed un momento $M= 27\text{KNm}$.

Dette sollecitazioni comportano un'attenzione locale in sommità per il taglio, ove è importante la presenza di barre trasversali, $\phi 14/20 \text{ cm}$, di cui almeno due sono prossime se non addirittura coincidenti con piastra e tirafondi del montante barriera. Tali barre, risvoltate in continuità, sono in grado di resistere abbondantemente alla forza tagliante di 45kN e di trasmetterla in profondità col conseguente incremento del momento già presente, in sommità, nella misura di 27 KNm.

Quanto alle sollecitazioni allo spicco della fondazione, si osserva che una ripartizione a 45° nell'altezza della parete (blocco) comporterebbe una larghezza collaborante di $50\text{cm} + 50\text{cm} + \text{larghezza piastra}$, quindi comunque maggiore di cm 100: tale larghezza viene considerata in via conservativa anche per le altezze assai maggiori alle quali il calcolo di verifica è rivolto.

L'eventuale plasticizzazione del montante, che nel funzionamento d'insieme della barriera è previsto, determina una chiamata in causa di montanti vicini quindi agli effetti delle strutture di C.A. resta solo un beneficio: maggiore larghezza di ripartizione a parità di sforzi.

Le sollecitazioni caratteristiche (taglio e momento), calcolate per la sezione di base della parete risultano:

- Spinta del terreno, considerata a riposo:

$$\lambda_0 = 1 - \sin(36^\circ) = 0.412$$

$$S_0 = \text{spinta a riposo} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1,15^2}{2} \cdot 0.412 = 5.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_0 = m \cdot \text{spinta} = 5.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1,15}{3} = 2.09 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

- Sovraccarico (20kN/m^2):

$$S_q = \text{spinta sovraccarico} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.15 \cdot 0.412 = 9.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_q = m. \text{sovraccarico} = 9.48 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,15}{2} = 5.45 \frac{kNm}{m}$$

- Incremento sismico di spinta del terreno (Mononobe-Okabe) in zona sismica 3 ($a_g=15\%$):

$$\Delta S = \text{incremento di spinta} = 1.61 \frac{kN}{m^2} \cdot 1.15m = 1.85 \frac{kN}{m}$$

$$M_{\Delta S} = m. \text{sisma} = 1.85 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,15}{2} m = 1.06 \frac{kNm}{m}$$

- Urto:

Considerando una piastra di dimensioni 35x35cm, ed una diffusione a 45° fino alla sezione di spiccato della parete, le sollecitazioni da urto risultano:

$$H = \frac{45kN}{(0,5 + 0,5 + 0,35)} = 33.3 \frac{kN}{m}$$

$$M_H = m. \text{urto} = 33.3 \frac{kN}{m} \cdot (0.6m + 1.15m) = 58.33 \frac{kNm}{m}$$

- Peso proprio parete:

$$N = 25 \frac{kN}{m^3} \cdot (1.15 \cdot 0.70) = 20.12 \frac{kN}{m}$$

Si effettuano inoltre le verifiche della parete di spessore 30 cm, della Sezione Tipo B (Tratto 2) priva di barriere. Si ottengono per la sezione di base le seguenti sollecitazioni caratteristiche:

- Spinta del terreno, considerata a riposo:

$$\lambda_0 = 1 - \sin(36^\circ) = 0.412$$

$$S_0 = \text{spinta a riposo} = 20 \frac{kN}{m^3} \cdot \frac{1,05^2}{2} \cdot 0.412 = 4.54 \frac{kN}{m}$$

$$M_0 = m. \text{spinta} = 4.54 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,05}{3} = 1.58 \frac{kNm}{m}$$

- Sovraccarico (20kN/m²):

$$S_q = \text{spinta sovraccarico} = 20 \frac{kN}{m^2} \cdot 1.05 \cdot 0.412 = 8.65 \frac{kN}{m}$$

$$M_q = m. \text{sovraccarico} = 8,65 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,05}{2} = 4.54 \frac{kNm}{m}$$

- Incremento sismico di spinta del terreno (Mononobe-Okabe) in zona sismica 3 ($a_g=15\%$):

$$\Delta S = \text{incremento di spinta} = 1.50 \frac{kN}{m^2} \cdot 1.05m = 1.58 \frac{kN}{m}$$

$$M_{\Delta S} = m. \text{sisma} = 1.58 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,15}{2} m = 0.91 \frac{kNm}{m}$$

- Peso proprio parete:

$$N = 25 \frac{kN}{m^3} \cdot (1.05 \cdot 0.30) = 7.88 \frac{kN}{m}$$

7.2 AZIONI SULLA FONDAZIONE

Si calcolano ora le azioni che giungono all'intradosso della canaletta spartitraffico (altezza 1,15m+0,4m), ai fini della verifiche classiche della fondazione (base 2,60 m).

Relativamente all'interazione con il terreno, quindi al calcolo geotecnico, la normativa del '96 non dava indicazioni specifiche, quindi occorre fare riferimento al D.M.11/03/88 "... opere di sostegno delle terre e opere di fondazione", operando con lo schema delle tensioni ammissibili. Quindi non si opera la fattorizzazione delle azioni sollecitanti facendo poi riferimento ai coefficienti di sicurezza richiesti dallo stesso D.M.11/03/88.

L'eventuale urto sul montante, grazie alla forte rigidezza nel piano orizzontale della struttura della canaletta, ha una raguardevole diffusione: la condizione peggiore si avrebbe quando l'urto avvenisse sul primo montante di canaletta (la lunghezza sistematica del tratto di canaletta è 12 metri e si hanno comunque situazioni di misure parziali da prevedere di lunghezza non inferiore a 4 m).

Da un'analisi di diffusione dell'effetto della forza d'urto (45 kN), si è potuto valutare che per lunghezze pari a 12 m, la forza sul primo metro di estremità è pari al 30% della forza d'urto e per tratti lunghi 4 metri tale forza è del 70%:

Si fa quindi riferimento a tale situazione più svantaggiosa adottando una forza pari a $0,70 \cdot 45 = 61.5 \text{ kN}$.

- Spinta del terreno, considerata a riposo:

$$\lambda_0 = 1 - \sin(36^\circ) = 0.412$$

$$S_0 = \text{spinta a riposo} = 20 \frac{kN}{m^3} \cdot \frac{1,55^2}{2} \cdot 0.412 = 9.90 \frac{kN}{m}$$

$$M_0 = m \cdot \text{spinta} = 9.90 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,55}{3} = 5.12 \frac{kNm}{m}$$

- Sovraccarico (20kN/m²):

$$S_q = \text{spinta sovraccarico} = 20 \frac{kN}{m^2} \cdot 1.55 \cdot 0.412 = 12.77 \frac{kN}{m}$$

$$M_q = m \cdot \text{sovraccarico} = 12.77 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,55}{2} = 9.90 \frac{kNm}{m}$$

- Incremento sismico di spinta del terreno (Mononobe-Okabe) in zona sismica 3 ($a_g=15\%$):

$$\Delta S = \text{incremento di spinta} = 1.61 \frac{kN}{m^2} \cdot 1.55m = 2.50 \frac{kN}{m}$$

$$M_{\Delta S} = m \cdot \text{sisma} = 2.50 \frac{kN}{m} \cdot \frac{1,55}{2} m = 1.94 \frac{kNm}{m}$$

- Urto:

Considerando una piastra di dimensioni 35x35cm, ed una diffusione a 45° fino al piano medio della base di fondazione (spessore 40 cm), le sollecitazioni da urto risultano:

$$H = \frac{0.70 \cdot 45kN}{(0,7 + 0,7 + 0,35)} = 18.00 \frac{kN}{m}$$

$$M_H = m \cdot \text{urto} = 18.00 \frac{kN}{m} \cdot (0.6m + 1.15m + 0.40m) = 38.70 \frac{kNm}{m}$$

- Peso proprio canaletta (base 260 cm):

$$N_{p.p.} = 25 \frac{kN}{m^3} \cdot (2.36 m^2) = 59.00 \frac{kN}{m}$$

$$M_{p.p.} = 59.00 \frac{kN}{m} \cdot \frac{2.60}{2} m = 76.70 \frac{kNm}{m}$$

- Reazione passiva del terreno, sulla parete di valle ($h_{min}=0,90m$), considerata al 50% della passiva:

$$\lambda_p = \frac{1 + \sin(36^\circ)}{1 - \sin(36^\circ)} = 3.85$$

$$S_p = \text{spinta passiva (50\%)} = 0.5 \cdot 20 \frac{kN}{m^3} \cdot \frac{0.90^2}{2} \cdot 3.85 = 15.59 \frac{kN}{m}$$

$$M_p = m \cdot \text{spinta passiva} = 15.59 \frac{kN}{m} \cdot \frac{0.90}{3} = 4.68 \frac{kNm}{m}$$

7.3 COMBINAZIONI DI CARICO E SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano in modo sintetico le combinazioni di carico esaminate così come previsto dal D.M. LL.PP. 4 Maggio 1990 e dal D.M. 16 Gennaio 1996.

N. Comb.	Tipo	g ₁ (p.propri)	g ₂ (perm.portati)	q ₁ (mobili)	q ₂ (urto)	q ₃ (sisma)
1	SLU-STATICA	1.5	1.5	1.5	1.5	-
2	SLU-SISMICA	1	1	0.2	0	1
3	SLE RARA	1	1	1	0	-
4	SLE FREQUENTE	1	1	0.7	0	-
5	SLE Q.PERM.	1	1	0	0	-

Da cui si ottengono le seguenti sollecitazioni:

Base parete h=1,15m - spessore 0,70 m:

	SLU Statica	SISM	SLE Rara	SLE Freq.	SLE Q.P.
MEd (kNm):	98.81	4.24	7.54	5.91	2.09
VEd (kN):	72.35	9.20	14.93	12.09	5.45
Ned (kN):	30.18	20.12	20.12	20.12	20.12

Base parete h=1,05m - spessore 0,30 m:

	SLU Statica	SISM	SLE Rara	SLE Freq.	SLE Q.P.
MEd (kNm):	9.18	3.40	6.12	4.76	1.58
VEd (kN):	19.79	7.85	13.19	10.60	4.54
Ned (kN):	11.82	7.88	7.88	7.88	7.88

Intradosso fondazione canaletta (Base 2,60m):

	SLU Statica	SISM
MEd (kNm):	53.72	9.04
VEd (kN):	40.67	14.95
NEd (kN):	59.00	59.00

8 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Per quanto riguarda invece le verifiche dell'armatura si è preferito utilizzare un verificatore esterno ultra convalidato quale VcaSlu.

Si ritiene quindi che i risultati ottenuti dalle elaborazioni siano accettabili.

9 VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano le seguenti verifiche strutturali a:

- pressoflessione della sezione posta alla base del paramento sia per l'involuppo delle combinazioni SLU statiche che per la combinazione SLU sismica.
- flessione della sezione maggiormente sollecitata della fondazione sia per l'involuppo delle combinazioni SLU statiche che per la combinazione SLU sismica.
- fessurazione per la combinazione frequente e quasi permanente sia per la sezione posta alla base del paramento che per la sezione maggiormente sollecitata della fondazione. Come previsto dal D.M.9 Gennaio 1996 nel caso di armature *Poco sensibili* e condizione ambientale *Moderatamente aggressiva* la verifica consiste nel verificare che l'apertura delle fessure w sia inferiore a $w_2=0.2\text{mm}$ per la combinazione SLE frequente e che w sia inferiore a $w_1=0.1\text{mm}$ per la combinazione SLE quasi permanente. Inoltre si deve verificare che le tensioni nel calcestruzzo compresso siano inferiori a: $0.60f_{ck}$ ($=19.92\text{N/mm}^2$) per la combinazione rara e siano inferiori a $0.45f_{ck}$ ($=14.94\text{N/mm}^2$) per la combinazione quasi permanente. Infine vi è la verifica alle tensioni dell'armatura: la massima trazione nell'acciaio non deve superare $0.70f_{yk}$ ($=315\text{N/mm}^2$).
- taglio alla base del muro, per la sollecitazione di involuppo delle combinazioni SLU (sia statiche che sismica);
- taglio nella sezione più sollecitata della fondazione, per la sollecitazione di involuppo delle combinazioni SLU (sia statiche che sismica).

Per quanto riguarda le verifiche a pressoflessione esse sono state effettuate tramite il software free **Vca.Slu del Prof. Gelfi**. Per le verifiche a fessurazione e per le verifiche a taglio si utilizza un foglio Excel appositamente redatto internamente allo studio. Si precisa che, per quanto riguarda il taglio, a favore di sicurezza, la verifica si conduce secondo le formule riportate nelle NTC2008 per sezioni non armate a taglio:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1}/(b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02);

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

9.1 PARETE (H=1,15M – S=0,70M)

Geometria sezione di verifica e armatura:

Pos.Sez.Ver.	B	H	$A_{s,vale}$	$A_{s,monte}$
	[m]	[m]		
Base parete	1.00	0.70	$5\phi 14=770 \text{ mm}^2$	$5\phi 14 =770 \text{ mm}^2$

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pressflex_h1,15m

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

Titolo: Base parete - h=1,15m

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	70	1	7.70	7.1
			2	7.70	62.9

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 30.18 0 kN
 M_{xEd} 98.81 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

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

Materiali

B450C C25/30

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} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 % $\sigma_{c,adm}$ 97.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 205.1 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_s 3.5 %
 ϵ_s 41.12 %
 d 62.9 cm
 x 4.934 x/d 0.07845
 δ 0.7

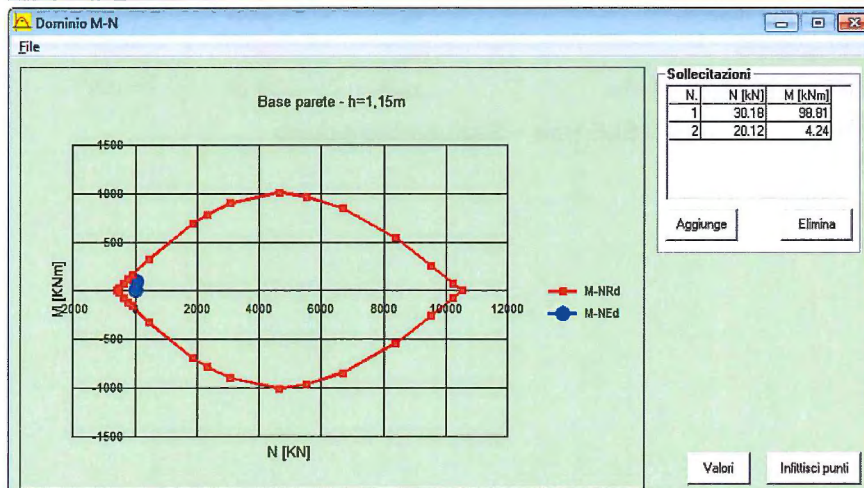


Figura 9-1 – Verifica Pressoflessione - SLU-STATICA/SISMICA - Sezione base muro

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	70	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio teso	$c_s =$	7.1	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio compresso	$c'_s =$	7.1	cm
Ricoprimento barre più esterne tese	$c =$	6.4	cm
Ricoprimento barre più interne tese	$c+S =$	6.4	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi =$	1.4	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Momento flettente in condizioni di esercizio	$M_{es} =$	7.54	kNm
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	$N_{es} =$	-20.12	kN
Rapporto sforzo normale/momento	$res =$	-0.0267	cm ⁻¹
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$\sigma_t =$	2.13	N/mm ²
Distanza baricentro da lembo compresso	$x_g =$	35.00	cm
Modulo di resistenza non fessurato	$W_{sr} =$	86804	cm ³
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	185.05	kNm
Trazione nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es}	$\sigma_{ct} =$	0.06	N/mm ² < σ_{ct}

Sezione fessurata: apertura fessure

Momento flettente in condizioni di fessurazione	$M =$	7.54	kNm
Sforzo assiale in condizioni di fessurazione	$N =$	-20.12	kN
Distanza asse neutro da lembo compresso	$x_p =$	23.37	cm
Tensione cls	$\sigma_c =$	-0.191	N/mm ² < 14.94
Tensione barra esterna tesa	$\sigma_s =$	4.843	N/mm ² < 315
Momento di fessurazione	$M_{sr} =$	326.7	kNm
Tensione nell'acciaio prodotta da M_{sr}	$\sigma_{sr} =$	209.84	N/mm ²

Figura 9-2 – Verifica tensioni – SLE rara – Sezione base muro

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	70	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio teso	$c_s =$	7.1	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio compresso	$c'_s =$	7.1	cm
Ricoprimento barre più esterne tese	$c =$	6.4	cm
Ricoprimento barre più interne tese	$c+S =$	6.4	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi =$	1.4	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Momento flettente in condizioni di esercizio	$M_{es} =$	5.91	kNm
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	$N_{es} =$	-20.12	kN
Rapporto sforzo normale/momento	$r_{es} =$	-0.0340	cm ⁻¹
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$\sigma_t =$	2.13	N/mm ²
Distanza baricentro da lembo compresso	$x_g =$	35.00	cm
Modulo di resistenza non fessurato	$W_{sr} =$	86804	cm ³
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	185.05	kNm
Trazione nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es}	$\sigma_{ct} =$	0.04	N/mm ² < σ_{ct}

Figura 9-3 – Verifica tensioni e fessurazione – SLE frequente – Sezione base muro

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	70	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio teso	$c_s =$	7.1	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio compresso	$c'_s =$	7.1	cm
Ricoprimento barre più esterne tese	$c =$	6.4	cm
Ricoprimento barre più interne tese	$c+S =$	6.4	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi =$	1.4	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Momento flettente in condizioni di esercizio	$M_{es} =$	2.09	kNm
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	$N_{es} =$	-20.12	kN
Rapporto sforzo normale/momento	$res =$	-0.0963	cm ⁻¹
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$\sigma_t =$	2.13	N/mm ²
Distanza baricentro da lembo compresso	$x_g =$	35.00	cm
Modulo di resistenza non fessurato	$W_{sr} =$	86804	cm ³
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	185.05	kNm
Trazione nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es}	$\sigma_{ct} =$	0.00	N/mm ² < σ_{ct}

Sezione fessurata: apertura fessure

Momento flettente in condizioni di fessurazione	$M =$	2.09	kNm
Sforzo assiale in condizioni di fessurazione	$N =$	-20.12	kN
Distanza asse neutro da lembo compresso	$x_p =$	70.00	cm
Tensione cls	$\sigma_c =$	-0.052	N/mm ² < 11.205
Tensione barra esterna tesa	$\sigma_s =$	-0.129	N/mm ² < 315
Momento di fessurazione	$M_{sr} =$	-1426.7	kNm
Tensione nell'acciaio prodotta da M_{sr}	$\sigma_{sr} =$	88.38	N/mm ²

Figura 9-4 – Verifica tensioni e fessurazione – SLE q.permanente – Sezione base muro

	V_{Ed}	72.35	kN
	N_{Ed}	0	kN
	R_{ck}	30	N/mm ²
	f_{ck}	24.9	N/mm ²
	γ_c	1.5	
	f_{cd}	14.1	
Geometria c/c	b_w	1000	mm
	h	700	mm
	c	7.1	mm
	d	692.9	mm
Geometria acciaio	f	16	mm
	n°	5	
	A_{st}	770.00	mm ²
	ρ_l	0.001	
	σ_{op}	0.0	N/mm ²
	k	1.5373	
	V_{min}	0.3329	
		143.56	kN
		184.52	kN
	V_{rd}	184.52	kN
SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO			

Figura 9-5 – Verifica a taglio – SLU-STATICA/SISMICA – Sezione base muro

9.2 PARETE (H=1,05M – S=0,30M)

Geometria sezione di verifica e armatura:

Pos.Sez.Ver.	B	H	$A_{s, valle}$	$A_{s, monte}$
	[m]	[m]		
Base parete	1.00	0.30	$5\phi 14=770 \text{ mm}^2$	$5\phi 14 =770 \text{ mm}^2$

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pressflex_h1,05m

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

Titolo: Base parete - h=1,05m

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	A_s [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	7.7	7.1
			2	7.7	22.9

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 11.82 0 kN
M_{xEd} 9.18 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

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRD Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C25/30

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} 14.17
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 97.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 76.9 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 12.95%
d 22.9 cm
x 4.873 x/d 0.2128
 δ 0.706

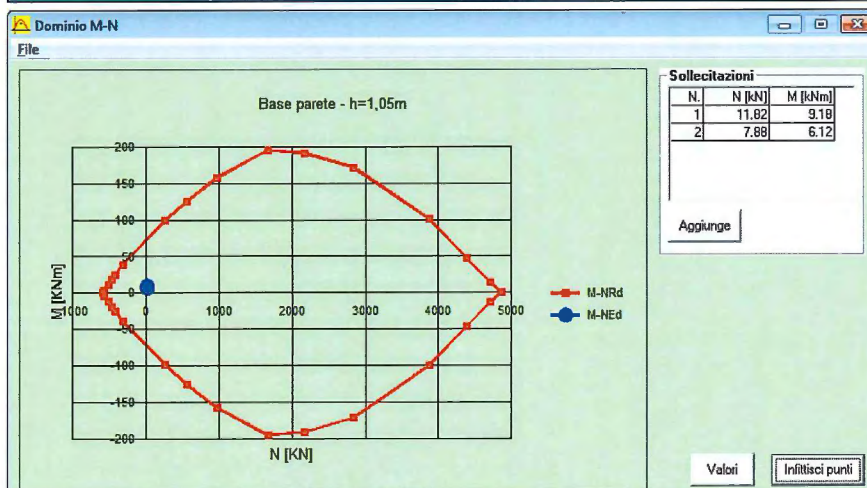


Figura 9-6 – Verifica Pressoflessione - SLU-STATICA/SISMICA - Sezione base muro

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	30	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio teso	$c_s =$	7.1	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio compresso	$c's =$	7.1	cm
Ricoprimento barre più esterne tese	$c =$	6.4	cm
Ricoprimento barre più interne tese	$c+S =$	6.4	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi =$	1.4	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Momento flettente in condizioni di esercizio	$M_{es} =$	6.12	kNm
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	$N_{es} =$	-7.88	kN
Rapporto sforzo normale/momento	$res =$	-0.0129	cm ⁻¹
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$\sigma_t =$	2.13	N/mm ²
Distanza baricentro da lembo compresso	$x_g =$	15.00	cm
Modulo di resistenza non fessurato	$W_{sr} =$	15961	cm ³
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	34.03	kNm
Trazione nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es}	$\sigma_{ct} =$	0.36	N/mm ² < σ_{ct}

Sezione fessurata: apertura fessure

Momento flettente in condizioni di fessurazione	$M =$	6.12	kNm
Sforzo assiale in condizioni di fessurazione	$N =$	-7.88	kN
Distanza asse neutro da lembo compresso	$x_p =$	6.98	cm
Tensione cls	$\sigma_c =$	-0.943	N/mm ² < 14.94
Tensione barra esterna tesa	$\sigma_s =$	32.272	N/mm ² < 315
Momento di fessurazione	$M_{sr} =$	43.6	kNm
Tensione nell'acciaio prodotta da M_{sr}	$\sigma_{sr} =$	229.93	N/mm ²

Figura 9-7 – Verifica tensioni – SLE rara – Sezione base muro

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	30	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	7.70	cm ²
Coprifero baricentro acciaio teso	$c_s =$	7.1	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	7.70	cm ²
Coprifero baricentro acciaio compresso	$c's =$	7.1	cm
Ricoprimento barre più esterne tese	$c =$	6.4	cm
Ricoprimento barre più interne tese	$c+S =$	6.4	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi =$	1.4	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Momento flettente in condizioni di esercizio	$M_{es} =$	4.76	kNm
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	$N_{es} =$	-7.88	kN
Rapporto sforzo normale/momento	$res =$	-0.0166	cm ⁻¹
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$\sigma_t =$	2.13	N/mm ²
Distanza baricentro da lembo compresso	$x_g =$	15.00	cm
Modulo di resistenza non fessurato	$W_{sr} =$	15961	cm ³
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	34.03	kNm
Trazione nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es}	$\sigma_{ct} =$	0.27	N/mm ² < σ_{ct}

Figura 9-8 – Verifica tensioni e fessurazione – SLE frequente – Sezione base muro

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	30	N/mm ²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	30	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio teso	$c_s =$	7.1	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	7.70	cm ²
Copriferro baricentro acciaio compresso	$c'_s =$	7.1	cm
Ricoprimento barre più esterne tese	$c =$	6.4	cm
Ricoprimento barre più interne tese	$c+S =$	6.4	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi =$	1.4	cm

Sezione non fessurata: formazione fessure

Momento flettente in condizioni di esercizio	$M_{es} =$	1.58	kNm
Sforzo assiale in condizioni di esercizio	$N_{es} =$	-7.88	kN
Rapporto sforzo normale/momento	$r_{es} =$	-0.0499	cm ⁻¹
Resistenza media a trazione semplice del cls	$f_{ctm} =$	2.56	N/mm ²
Resistenza limite per formazione fessure	$\sigma_t =$	2.13	N/mm ²
Distanza baricentro da lembo compresso	$x_g =$	15.00	cm
Modulo di resistenza non fessurato	$W_{sr} =$	15961	cm ³
Momento di formazione delle fessure	$M_{ff} =$	34.03	kNm
Trazione nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es}	$\sigma_{ct} =$	0.07	N/mm ² < σ_{ct}

Sezione fessurata: apertura fessure

Momento flettente in condizioni di fessurazione	$M =$	1.58	kNm
Sforzo assiale in condizioni di fessurazione	$N =$	-7.88	kN
Distanza asse neutro da lembo compresso	$x_p =$	9.70	cm
Tensione cls	$\sigma_c =$	-0.220	N/mm ² < 11.205
Tensione barra esterna tesa	$\sigma_s =$	4.484	N/mm ² < 315
Momento di fessurazione	$M_{sr} =$	54.2	kNm
Tensione nell'acciaio prodotta da M_{sr}	$\sigma_{sr} =$	153.76	N/mm ²

Figura 9-9 – Verifica tensioni e fessurazione – SLE q.permanente – Sezione base muro

	V_{Ed}	19.79	kN
	N_{Ed}	0	kN
	R_{ck}	30	N/mm ²
	f_{ck}	24.9	N/mm ²
	γ_c	1.5	
	f_{cd}	14.1	
Geometria cls	b_w	1000	mm
	h	300	mm
	c	7.1	mm
	d	292.9	mm
Geometria acciaio	f	16	mm
	n°	5	
	A_{sl}	770.00	mm ²
	ρ_l	0.003	
	σ_{cp}	0.0	N/mm ²
	k	1.8263	
	V_{min}	0.4311	
		96.06	kN
		101.01	kN
	V_{rd}	101.01	kN
SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO			

Figura 9-10 – Verifica a taglio – SLU-STATICA/SISMICA – Sezione base muro

10 VERIFICHE GEOTECNICHE

Coefficienti di sicurezza verifiche geotecniche

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.50
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.30
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.00

Nei paragrafi seguenti sono riportati i calcoli dei coefficienti di sicurezza relativi alle verifiche geotecniche della fondazione della canaletta avente una base di cm 260.

10.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

SLU Statica:

$$M_{stab} = M_{Rd} = 59.00 \text{ kN} \cdot \frac{2.60 \text{ m}}{2} + 4.68 \text{ kNm} = 81.38 \text{ kNm}$$

$$M_{rib} = M_{Ed} = 53.72 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{stab}}{M_{rib}} = 1.51 > 1.50$$

SLU Sismica:

$$M_{stab} = M_{Rd} = 59.00 \text{ kN} \cdot \frac{2.60 \text{ m}}{2} + 4.68 \text{ kNm} = 81.38 \text{ kNm}$$

$$M_{rib} = M_{Ed} = 9.04 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{stab}}{M_{rib}} = 9.00 > 1.50$$

10.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

SLU Statica:

$$V_{Rd} = 59.00 \text{ kN} \cdot \tan(36^\circ) + 15.59 \text{ kN} = 58.46 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 40.67 \text{ kNm}$$

$$\frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} = 1.43 > 1.30$$

SLU Sismica:

$$V_{stab} = 59.00 \text{ kN} \cdot \tan(36^\circ) = 42.87 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 14.95 \text{ kNm}$$

$$\frac{V_{Rd}}{V_{Ed}} = 2.87 > 1.30$$

10.3 VERIFICA A CARICO ULTIMO

Il calcolo del carico limite di fondazione viene effettuato tramite la formulazione di Brinch-Hansen.

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi

dalla canaletta sul terreno di fondazione, deve essere superiore a 3,00. Cioè, detto Q_{lim} il carico limite ed Q_{Ed} la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_{Ed}}{Q_{lim}} > 3,00$$

Larghezza della fondazione	2.60 m
Lunghezza della fondazione	1.00 m
Approfondimento della fondazione	0.90 m
Inclinazione della base	0.00 °
Sforzo normale	59.00 kN
Taglio in direzione larghezza	40.67 kN
Taglio in direzione lunghezza	0.00 kN
Mom. flett. in direzione larghezza	53.72 kNm
Mom. flett. in direzione lunghezza	0.00 kNm
Angolo di attrito del terreno	36.00 °
Coesione drenata	0.00 kPa
Peso specifico totale del terreno	20.00 kN/mc
Peso specifico immerso del terreno	10.00 kN/mc
Profondità della falda dal piano di campagna	10.00 m
Pressione in superficie	0.00 kPa
Pressione al piano di posa delle fondazioni	18.00 kPa
Eccentricità in direzione larghezza	0.91 m
Eccentricità in direzione lunghezza	0.00 m
Larghezza ridotta	0.78 m
Lunghezza ridotta	1.00 m
Coefficiente di sicurezza	3.00

RISULTATI

Termine di superficie $0.5 \cdot \gamma \cdot B = 7.79$	Termine di coesione $c' = 0.00$	Termine di profondità $q' = 18.00$
--	------------------------------------	---------------------------------------

fattori:

di capacità portante	N	57.31	50.59	37.75
di forma	s	0.90	1.58	1.57
di approfondimento	d		1.22	1.21
di incl. del carico	i	0.05	0.14	0.16
di incl. della base	b	1.00	1.00	1.00
		<u>20.10</u>	<u>0.00</u>	<u>207.64</u>

Pressione limite=	227.75 kPa	Carico limite=	177.41 kN
Pressione ammissibile=	75.92 kPa	Carico ammissibile=	59.14 kN

$$\frac{Q_{lim}}{Q_{Ed}} = \frac{177,41}{59,00} = 3.01 > 3.00$$

11 SCHEMA ARMATURA

Di seguito si riportano alcuni stralci degli elaborati grafici di riferimento dai quali si evince l'armatura adottata per i vari conchi delle canalette spartitraffico.

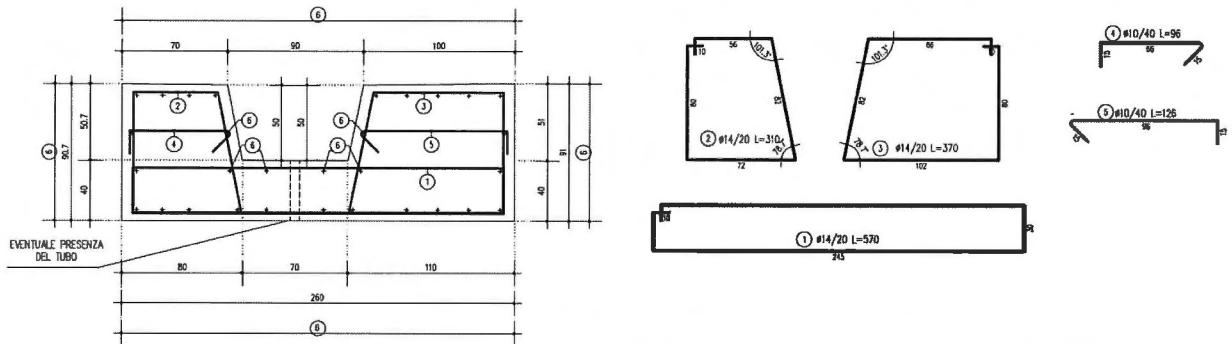


Figura 11-1 – Schema armatura - Sezione Tipo A (Barriera lato Nord) – Tratto 1 e 2

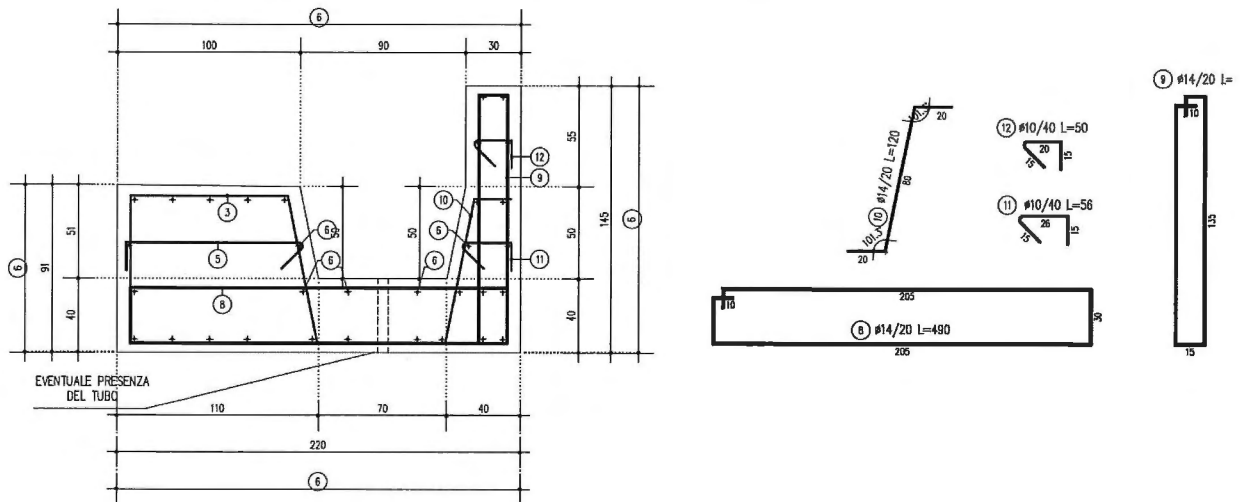


Figura 11-2 – Schema armatura - Sezione Tipo B (Senza Barriere) – Tratto 2

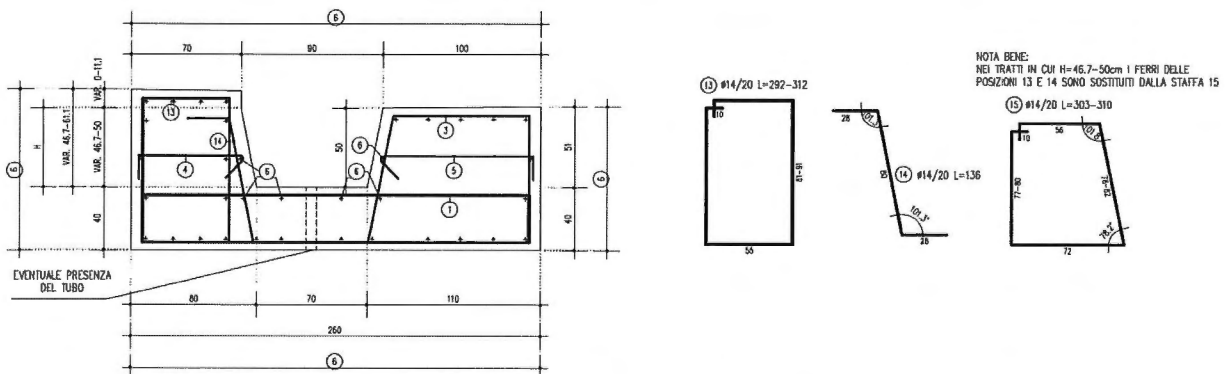


Figura 11-3 – Schema armatura - Sezione Tipo C (Barriera Doppia) – Tratto 3

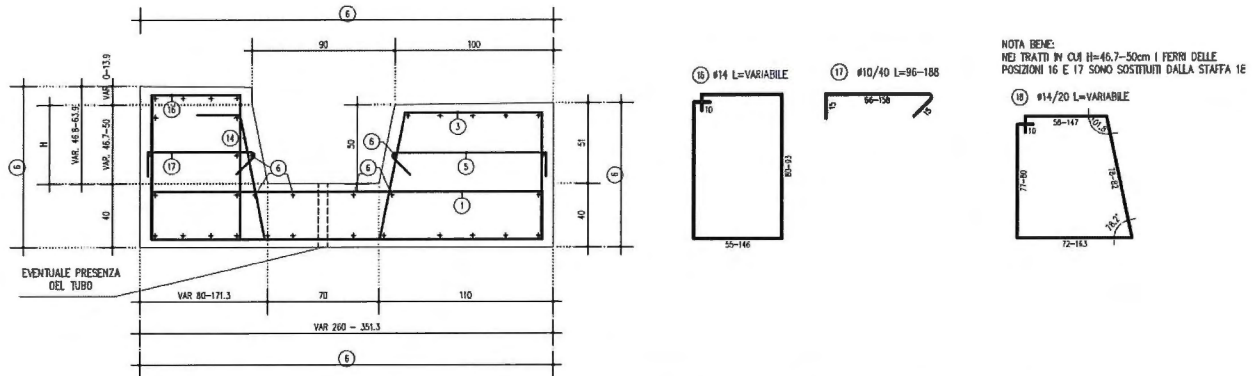


Figura 11-4 – Schema armatura - Sezione Tipo D (Barriera Doppia) – Tratto 4

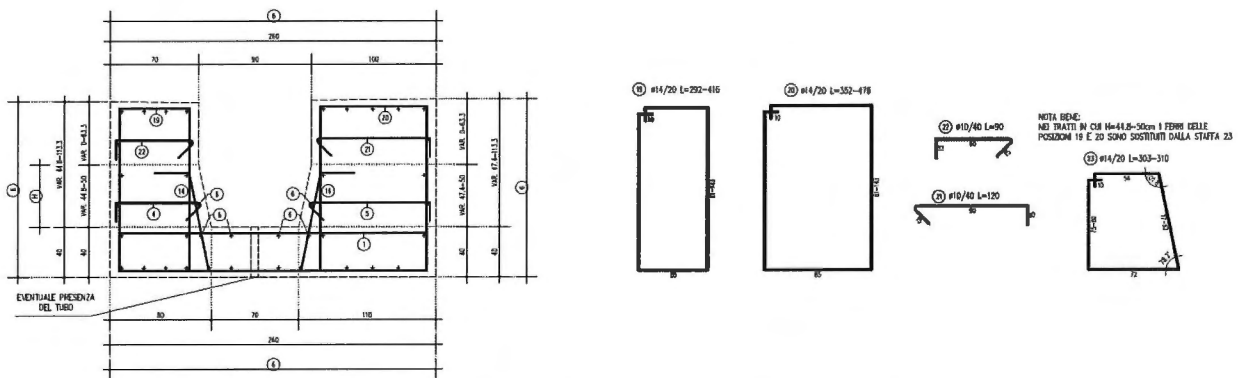


Figura 11-5 – Schema armatura - Sezione Tipo E (Barriera Doppia) – Tratto 4 e 5

12 CONCLUSIONI

Come si evince dalle verifiche strutturali e geotecniche riportate nei paragrafi precedenti, si conclude quindi che il sistema canaletta spartitraffico oggetto della presente relazione, risulta verificato sia nella geometria che nelle armature, considerando il contesto geotecnico in cui esso si inserisce.

Per i particolari relativi alle carpenterie, alle armature e al sistema di smaltimento delle acque si rimanda agli elaborati grafici di riferimento elencati in premessa.

