

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA
RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO

GALLERIE ARTIFICIALI STRADALI

Relazione di predimensionamento Gallerie Artificiali Lotto 2

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IR0F 02 R 11 CL GA0A00 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	P. Cucino	Set 2021	G.Meneschineri	Set 2021	C. Urgiuoli	Set 2021	L. Berardi Settembre 2021
				M.E.D'Effremo				



File: IR0F02R11CLGA0000001A.doc

n. Elab.:

Sommario

1.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA	4
1.1	GEOTECNICA GENERALE	4
1.2	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	4
2.	GENERALITA'	5
2.1	NV03	8
3.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	9
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3.2	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)	9
3.3	SOFTWARE IMPIEGATI	10
3.4	ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO	11
4.	CARATTERISTICHE MATERIALI	12
4.1	CALCESTRUZZO	12
4.1.1	<i>Magrone</i>	12
4.1.2	<i>Calcestruzzo per gli scatolari</i>	12
4.2	ACCIAIO	13
4.2.1	<i>Acciaio di armatura per c.a.</i>	13
5.	CLASSE DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRO	14
6.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	16
7.	DESCRIZIONE DELL'OPERA E SOLUZIONI PROGETTUALI	17
8.	CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DELLE OPERE	19
9.	MODELLO DI CALCOLO AGLI ELEMENTI FINITI	21
10.	ANALISI DEI CARICHI	23
10.1	G1: PESO PROPRIO	23
10.1.1	<i>[P.P.]</i>	23
10.2	G2: PERMANENTI PORTATI	23
10.2.1	<i>[P.cop]</i>	23

10.2.2	[SP.sx].....	25
10.2.3	[SP.sx].....	26
10.3	QK: CARICHI VARIABILI	27
10.3.1	[V].....	27
10.3.2	[SV.sx].....	29
10.3.3	[SV.dx].....	29
10.4	E: AZIONI SISMICHE.....	29
10.4.1	[ΔS.h]	30
10.4.2	[ΔS.h]	30
10.4.3	[I.h].....	30
10.4.4	[I.v].....	31
11.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	32
12.	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	33
12.1	SCATOLARE GA0A.....	34
12.1.1	Azioni interne agli SLU.....	34
12.1.2	Azioni interne agli SLE.....	35
12.1.3	Azioni interne agli SLV.....	38
12.1.4	Verifiche sezionali	40
12.2	SCATOLARE GA0B.....	43
12.2.1	Azioni interne agli SLU.....	43
12.2.2	Azioni interne agli SLE.....	45
12.2.3	Azioni interne agli SLV.....	48
12.2.4	Verifiche sezionali	50

1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA

Con specifico riferimento alla progettazione delle opere civili, i riferimenti principali sono elencati nel seguito.

1.1 Geotecnica Generale

- [1] RS3C 00 R 29 GE GE0000 001 A – Relazione Geotecnica Generale
- [2] RS3C 00 R 29 F6 GE0000 001 A – Profilo Geotecnico tav 1 di 3
- [3] RS3C 00 R 29 F6 GE0000 002 A – Profilo Geotecnico tav 2 di 3
- [4] RS3C 00 R 29 F6 GE0000 003 A – Profilo Geotecnico tav 3 di 3

1.2 Normativa e Standard di riferimento

- [5] Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018)
- [6] RFI DTC SI MA IFS 001 E – “Manuale di progettazione delle opere civili”
- [7] RFI DTC SI SP IFS 001 E – “Capitolato generale tecnico d’appalto delle opere civili”
- [8] UNI EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
- [9] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 - Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- [10] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [11] UNI EN 1998-2: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti.
- [12] STI: Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- [13] PIANC (2015) - Guidelines for protecting berthing structures from scour caused by ships. MarCom Report of Working Group n. 180 (48). Brussels, Belgium.
- [14] Blokland (1997) - Bodembeschermingen belast door schroefstralen. Huidige ontwerpmethode. Ingenieursbureau, Gemeentewerken Rotterdam, The Netherlands.
- [15] RFI DTC SI SP IFS 001 A - “Capitolato generale tecnico d’appalto delle opere civili”. Sezione IX: Opere di difesa.
- [16] BS EN 13383-1:2013 Armourstone – Part 1: Specification
- [17] CIRIA/CUR/CETMF (2007) - The Rock Manual: the use of rock in hydraulic engineering. Report C683, London, 2007.
- [18] Hoffmans, GJCM (2012), The Influence of Turbulence on Scour and Erosion, Deltares Select Series, Delft.
- [19] BS 6349-4:2014 Maritime works – Part 1: Code of practice for design of fendering and mooring systems. BSI Standards Publication.
- [20] PIANC (2002) - Guidelines for the design of fender systems (2002). MarCom Report of Working Group n. 33. Brussels, Belgium.

2. GENERALITA'

Nell'ambito del potenziamento infrastrutturale della Linea ferroviaria Orte-Falconara, il presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica riguarda il raddoppio della tratta PM228-Castelplanio. Tale progetto è suddiviso nei 3 Lotti Funzionali di seguito elencati:

Lotto 1: da PM228 a Bivio Nord Albacina, ovvero da progressiva Km 0+00 (pk 228+014 della LS) alla progressiva Km 7+200 di progetto

Lotto 2: da Bivio Nord Albacina a Serra San Quirico (i) ovvero da progressiva Km 0+00 (pk 237+589 della LS) alla progressiva Km 8+889 (pk 246+958 della LS)

Lotto 3 da Serra San Quirico (e) a Castelplanio (e) ovvero da progressiva Km 0+00 a progressiva Km 6+272 (pk 252+578 della LS).

Nel 2003 era stato redatto da ITF il progetto preliminare nell'ambito della Legge Obiettivo che già teneva conto dei 3 Lotti Funzionali sopra descritti. Rispetto al tracciato previsto in tale Progetto, il tracciato del PFTE in oggetto è stato aggiornato per tenere conto degli aggiornamenti normativi intersorsi.

Lotto 2

Il tracciato complessivo del Lotto 2 ha uno sviluppo complessivo pari a circa 8.900 m.

L'intervento ha inizio alla pk 7+200=0+47 di progetto, con una sovrapposizione di circa 47 m con i binari del Lotto 1, in corrispondenza dell'imbocco Sud della galleria GN02, galleria "Valtreara".

Ad inizio intervento nei pressi del Bivio Nord Albacina, è prevista una Cabina TE per gestire il corretto assetto delle protezioni della LdC e garantire l'equipotenzialità delle condutture.

Il tracciato prosegue in galleria (Galleria Valtreara di circa 900m); all'uscita dalla galleria è prevista l'opera di scavalco di Via di San Vittore, e dopo un tratto in viadotto (circa 210m) si arriva nella stazione di Genga, dove viene realizzata una nuova stazione su scatolare (in posizione rialzata rispetto all'esistente per problemi di incompatibilità idraulica dell'attuale tracciato), e vengono riorganizzati gli spazi dell'attuale parcheggio e delle attività commerciali previste in funzione della posizione del nuovo tracciato ferroviario. La nuova stazione prevederà marciapiedi H55cm, rampe scale e ascensori. Entrambi i marciapiedi verranno dotati di nuove pensiline ferroviarie.

Nell'area della fermata verrà realizzato un Fabbricato Tecnologico con annesso locale di Consegna ENEL.

Tra le viabilità di progetto c'è la Nuova Viabilità NV02 che risolve l'interferenza di Via Guglielmo Marconi fra gli abitati di S. Vittore e Genga Stazione, entrambi frazione di Genga, nella zona attorno all'attuale parcheggio per le grotte di Frasassi. In questo tratto la viabilità esistente viene interferita quasi perpendicolarmente dal tracciato della ferrovia di progetto: in progetto viene previsto che la nuova viabilità sottopassi la Linea ferroviaria di progetto; il PL esistente alla progressiva Km 239+600 viene eliminato a seguito dello spostamento della linea ferroviaria in nuova sede.

In uscita dalla nuova stazione di Genga è prevista la nuova galleria "Genga" di circa 570 m, e poi una serie di gallerie (galleria Mogiano 800m, Galleria Chiarodovo 280m, Galleria La Rossa 1.230m e Galleria Murano 1.100 m) alternate a tratti all'aperto, che costituiscono un sistema di gallerie equivalenti, che pertanto sono state attrezzate con le predisposizioni di sicurezza in galleria in ottemperanza al DM del 28.10.2005, con fabbricati di emergenza (PGEP) per la sicurezza in galleria e marciapiedi PES (aventi lunghezza pari a 250m) per gestire l'esodo delle persone in condizioni di sicurezza.

Nei tratti all'aperto in alternanza alle gallerie sono previsti 3 viadotti di circa 240m, 210m e 110m.

Infine è prevista l'adeguamento a fermata dell'impianto di Serra San Quirico, con realizzazione di un nuovo sovrappasso, dei collegamenti perdonali (rampe scale ed ascensori), realizzazione di due nuovi marciapiedi L utile pari a 250 m e H=55 cm. Entrambi i marciapiedi verranno dotati di nuove pensiline ferroviarie.

Nell'area della fermata verrà realizzato un Fabbricato Tecnologico con annesso locale di Consegna ENEL.

E' prevista la soppressione del PL posto alla progressiva Km 246+400 circa, mediante viabilità sostitutiva che sovrappassa la linea ferroviaria in progetto.

Subito dopo la fermata di Serra San Quirico verrà realizzata una Cabina TE provvisoria.

Sono previste barriere antirumore per una lunghezza complessiva pari a circa 1.650 m, tra binario pari e binario dispari, di tipo H4 e H6.

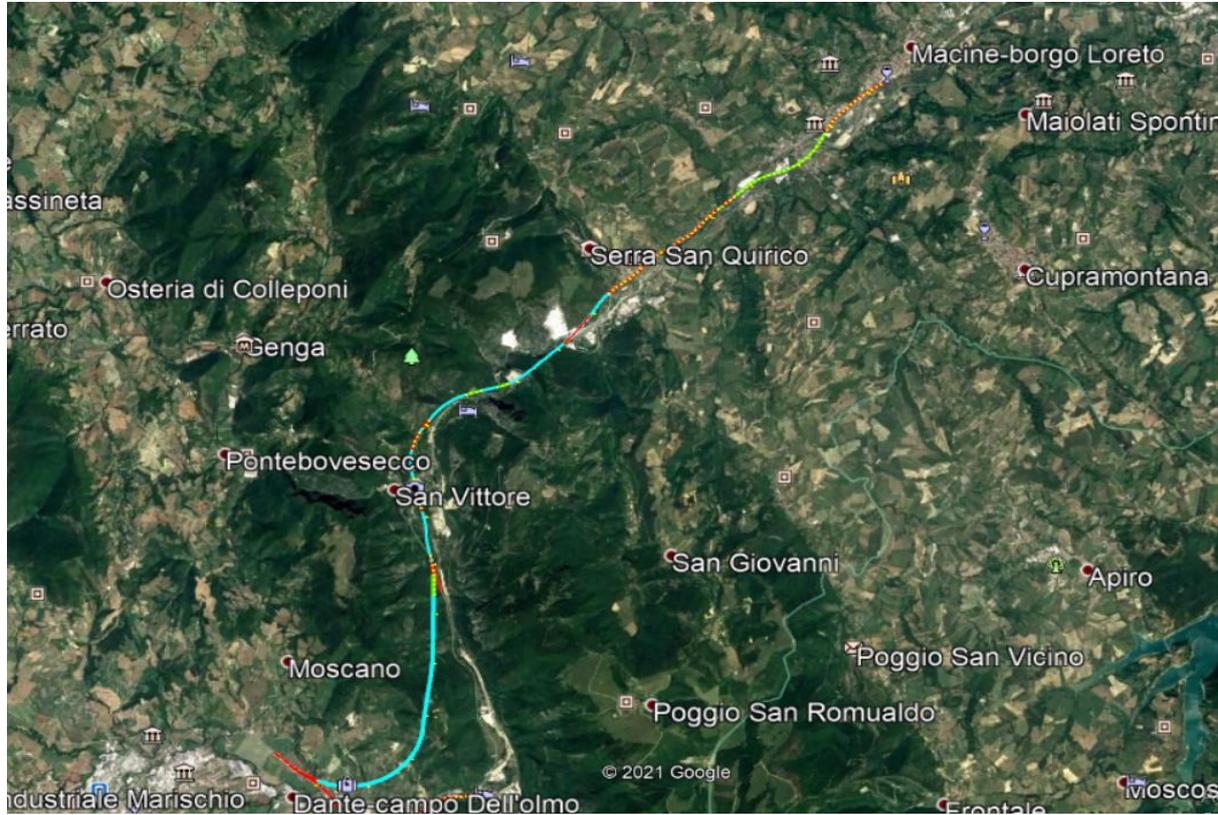


Figura 1: Inquadramento generale raddoppio ferroviario tratta PM228 - Castelplanio.

2.1 NV03

La Nuova Viabilità NV03 realizza la ricucitura della viabilità compresa fra le due frazioni Palombare e Mogiano. In questo tratto la viabilità esistente viene interferita dal tracciato della ferrovia di progetto nel tratto finale a nord della galleria della galleria Lotto 2 GN03 “Mogiano”

La NV03 realizza la ricucitura della viabilità interferita con un nuovo tracciato che sovrappassa la galleria di progetto.

La lunghezza totale dell'intervento è 644 m.

Il tratto di viabilità esistente interferito ha una larghezza complessiva approssimabile mediamente a ca. 3,00 - 3,50 m.

La viabilità di progetto tiene conto del fatto che in continuità alle viabilità di progetto NV04 e NVP2 deve garantire l'accesso al piazzale di emergenza. La viabilità di progetto è stata quindi classificata come strada locale a destinazione particolare, con piattaforma prevista per gli accessi ai piazzali con corsie di 2,75 m e banchine laterali da 0.50 m, più un marciapiede lato monte da 1,50 m per la messa in sicurezza dei pedoni nel tratto fra le due frazioni Palombare e Mogiano, per una larghezza complessiva di 8,00 m, incrementata in corrispondenza degli allargamenti per iscrizione in curva. La velocità di progetto è 30 km/h.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA					
RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2	COMMESSA IR0F	LOTTO 02 R 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0A00001A	REV. 0	FOGLIO 9 di 52

3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 Normativa di riferimento

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono effettuate in accordo con le prescrizioni di seguito elencate e conformi alle normative vigenti:

- [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni»
- [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 11 febbraio 2019, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»
- [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie";
- [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell'Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente "la sicurezza nelle gallerie ferroviarie" nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell'Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le "persone a mobilità ridotta" nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell'Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.

3.2 Prescrizioni e specifiche tecniche (RFI, ITF)

- [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)

- [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- [11] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- [12] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- [13] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- [14] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 A “Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili” datato Dic 2016.

3.3 Software impiegati

I software utilizzati per la progettazione sono:

- | | | | |
|------|----------|-----------------|------------------|
| [15] | PresFLE+ | versione 5.20.0 | Concrete s.r.l. |
| [16] | Straus7 | versione 2.4.6 | EnginSoft S.p.A. |

3.4 *Elaborati di progetto di riferimento*

- 14-168 GA0A su NV03 – Pianta, prospetto, sezioni IR0 F02R11PZGA0A00001A
- 14-168 GA0B su NV03 – Pianta, prospetto, sezioni IR0 F02R11PZGA0B00001A

4. CARATTERISTICHE MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni delle NTC18 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 A.

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Magrone

Classe di resistenza = C12/15

4.1.2 Calcestruzzo per gli scatolari

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

Classe di resistenza = C30/37

R_{ck} = resistenza cubica = 37.0 N/mm²

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = $0.83 R_{ck} = 30.0$ N/mm²

f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8 = 38.0$ N/mm²

f_{cd} = resistenza di calcolo a compressione = $\alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * 30/1.5 = 17.0$ N/mm²

f_{ctm} = resistenza a trazione media = $0.30 * f_{ck}^{2/3} = 2.90$ N/mm²

f_{ctf} = resistenza a traz. per flessione media = $1.20 * f_{ctm} = 3.63$ N/mm²

f_{ctk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = $0.70 * f_{ctf} = 2.12$ N/mm²

E_{cm} = modulo elast. tra 0 e 0.40 $f_{cm} = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33345$ N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Rara) = $0.55 * f_{ck} = 16.5$ N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Quasi Permanente) = $0.40 * f_{ck} = 12$ N/mm²

4.2 Acciaio

4.2.1 Acciaio di armatura per c.a.

Tipo = B 450 C

γ_a = peso specifico = 78.50 kN/m³

$f_{y\ nom}$ = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

$f_{t\ nom}$ = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

$f_{yk\ min}$ = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²

$f_{tk\ min}$ = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²

$(f_t/f_y)_{k\ min}$ = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k\ max}$ = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_{y\ nom})_k$ = massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k$ = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

$\varphi_{\ min}$ = minimo diametro consentito delle barre = 6 mm

$\varphi_{\ max}$ = massimo diametro consentito delle barre = 40 mm

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm²

α_T = coefficiente di dilatazione termica = 0.00001 °C⁻¹

σ_s = resistenza a trazione (Comb. Rara) = 0.75 * $f_{yk\ min}$ = 337.5 N/mm²

5. CLASSE DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRO

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI 11104, si definiscono di seguito la classe di esposizione del calcestruzzo per le diverse parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

Elemento	Classe cls	Classe esposizione	Ambiente	Diametro massimo aggregati	Max a/c	Min cemento	Copri ferro
				[mm]		[kg/mc]	[mm]
Soletta fondazione	C30/37	XF1	Aggressivo	32	0,50	320	50
Setti e pilastri	C30/37	XF1	Aggressivo	32	0,50	320	50
Soletta copertura	C30/37	XF1	Aggressivo		0.50	320	50

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.		C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copri ferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettono quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interno di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alle saline marine ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battaglia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciata e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione: ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acque di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico**						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di fanghi e vasche di decantazione. Contentori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contentori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Tori di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	

*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:

- moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;

- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

La scelta delle classi di resistenza dei conglomerati riportate in precedenza viene di seguito verificata impiegando il Prospetto 4 della UNI-EN 11104 il quale prescrive, in funzione delle Classi di Esposizione, la resistenza minima delle miscele da adottare:

prospetto 4 Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45		
Minima classe di resistenza ¹⁾	C12/15	C25/30	C28/35	C32/40	C32/40	C35/45	C28/35	C32/40	C35/45	32/40	25/30	28/35	28,35	32/40	35/45			
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360			
Contenuto minimo in aria (%)												3,0 ^{a)}						
Altri requisiti													Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo	È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{b)}				

¹⁾ Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondazioni e ricoprimenti. Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

L'opera appartiene alla formazione geologica delle Alluvioni Terrazzate inquadrata entro l'Unità Geotecnica Dr, costituita da materiali a prevalenza ghiaioso sabbioso. In corrispondenza dell'opera i terreni di fondazione sono costituiti da ghiaie più o meno sabbiose. I parametri utilizzati al fine del calcolo sono i seguenti:

Angolo di attrito $\varphi'=37^\circ$

Modulo elastico $E=30000$ kPa

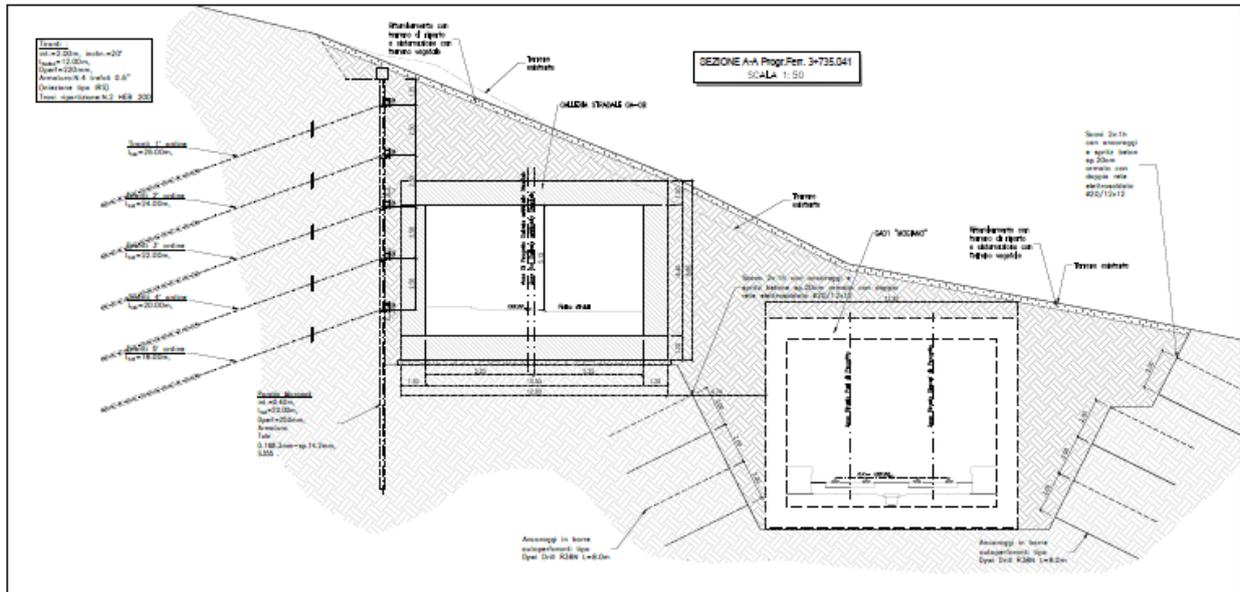


Figura 3: Scatolare relativo alla GA0B NV03

Le carpenterie delle sezioni scatolari possono essere identificate come composte da tre differenti elementi strutturalmente considerati come incastrati tra loro: soletta di copertura, piedritti e soletta di fondazione.

- GA0A: BXH=10.50x6.00m netto interno L=60.00m e spessore elementi 1.00m
- GA0B: BXH=10.50x6.40m netto interno L=80.00m e spessore elementi 1.20m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO					
	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA					
RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2	COMMESSA IR0F	LOTTO 02 R 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0A00001A	REV. 0	FOGLIO 19 di 52

8. CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni dell'NTC18 e della Circolare n.617 dell'11 febbraio 2019. Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno dell'imbocco sono le seguenti:

- **Azioni permanenti strutturali (G1):** peso proprio degli elementi strutturali;
- **Azioni permanenti non strutturali (G2):** spinta del terreno a monte e a valle dell'opera; carico triangolare distribuito sul piano campagna a monte della struttura di sostegno al fine di simulare il piano campagna non orizzontale
- **Azioni variabili (Q_k):**, carico variabile sul piano campagna atto a simulare la presenza di sovraccarichi variabili in fase costruttiva legato alle varie fasi realizzative
- **Azione sisimca (E):** Accelerazione orizzontale e verticale come definita al capitolo 10.4

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 17/01/2018, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

Per il dimensionamento strutturale degli scatolari le verifiche statiche agli stati limite ultimi sono stati effettuati seguendo l'approccio 1 – combinazione 1 (A1+M1+R1) mentre le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV). Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità. Si è poi adottato il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni delle NTC18:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right)$$

dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- α è il coefficiente di deformabilità;
- β è il coefficiente di spostamento.

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H$$

dove:

- g rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce
- H rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso)
- K_{aE} e K_a rappresentano il coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

In aggiunta ai precedenti stati limite ultimi e di salvaguardia della vita sono stati valutati anche gli stati limite di esercizio in condizioni statiche nelle seguenti condizioni di carico:

- Combinazione quasi permanente (SLE q.p)
- Combinazione frequente (SLE frequente)
- Combinazione rara (SLE rara)

Per le condizioni di esercizio le tensioni limite sono poi state limitate secondo quanto riportato nel documento "*Critério per dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M.2018*" redatto da Italferr:

- Tensione di compressione nel calcestruzzo:
 - Per la combinazione di carico caratteristica (rara): 0.55 fck
 - Per la combinazione di carico quasi permanente: 0.40 fck
- Tensione di trazione nell'acciaio:
 - Per la combinazione di carico caratteristica (rara): 0.75 fck

9. MODELLO DI CALCOLO AGLI ELEMENTI FINITI

Le strutture scatolari sono state modellate secondo dei modelli piani, costituiti da elementi frame ad asse rettilineo definiti sulla linea d'asse della carpenteria di rivestimento definitivo:

- GA0A-NV03: elementi di spessore 1.00 m

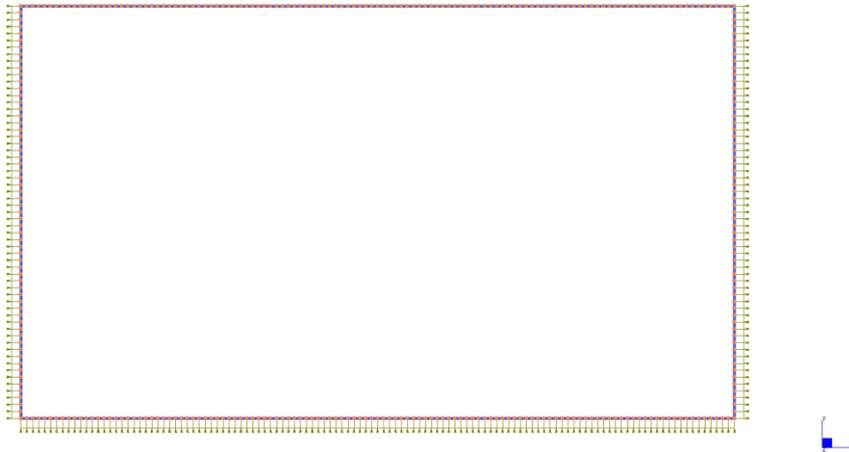


Figura 4: Modello FEM – GA0A

- GA0B-NV03: elementi di spessore 1.20 m

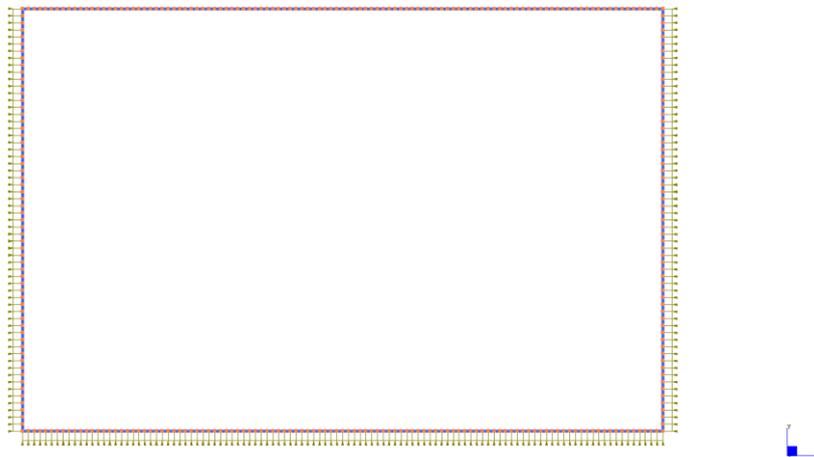


Figura 5: Modello FEM – GA0B

L'interazione terreno-struttura è stata simulata applicando dei supporti "*compression only*" lungo il perimetro della struttura in grado di offrire resistenza solo se sottoposti a compressione secondo le seguenti relazioni:

- Supporto verticale $K_v = E/[B(1+\nu)] =$
 - GA0A: 1920 kN/m³
 - GA0B: 2098 kN/m³
- Supporto orizzontale $K_h = E/[H(1+\nu)] =$
 - GA0A: 3297 kN/m³
 - GA0B: 3161 kN/m³

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO					
	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA					
RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2	COMMESSA IR0F	LOTTO 02 R 11	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0A00001A	REV. 0	FOGLIO 23 di 52

10. ANALISI DEI CARICHI

Le azioni da considerate per la verifica degli elementi strutturali della stazione sono di seguito riassunte:

- **Carichi permanenti strutturali (G1):** peso proprio degli elementi strutturali;
- **Carichi permanenti portati (G2):** riempimento “ballast” gravante sulla soletta di copertura, spinta laterale del terreno e carico derivante dal pacchetto stradale sulla soletta di fondazione;
- **Carichi variabili (Qk):**, carico variabile dovuto al passaggio di uno o più convogli ferroviari sulla soletta di copertura e carichi da traffico veicolare sulla soletta di fondazione;
- **Azioni sismiche (E):** Accelerazione orizzontale dovuta al sisma e sovraspinta sismica del terreno.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal “*Criterio per dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M.2018*”, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE quasi permanente, frequente e rara), stati limite ultimi in condizioni statiche (SLU) e stati limite di salvaguardia della vita in condizioni sismiche (SLV).

10.1 G1: peso proprio

10.1.1 [P.P.]

Il peso proprio della porzione resistente della soletta di copertura e quello relativo ai pilastri è stato considerato automaticamente dal software di calcolo Straus7, ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$.

10.2 G2: permanenti portati

10.2.1 [P.cop]

Sulle solette di fondazione è stato considerato un carico dovuto pacchetto stradale pari a 15 kPa e sulle solette di copertura delle GA sono state considerate le seguenti pressioni dovute al riempimento di terreno su di esse gravanti:

- GA0A NV03: $t_{ba} = 2 \text{ m}$, $Q_{ba} = 40 \text{ kPa}$

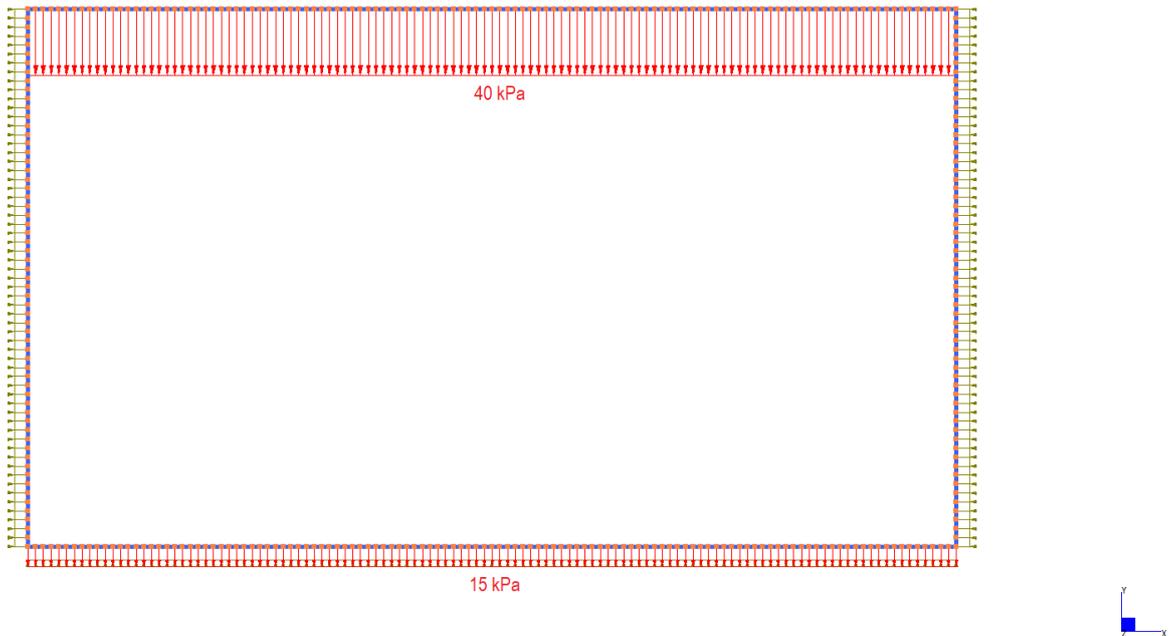


Figura 6: Carichi permanenti non strutturali sulle solette di fondazione e di copertura – GA0A NV03

- GA0B NV03: $t_{ba} = 7 \text{ m}$, $Q_{ba} = 140 \text{ kPa}$

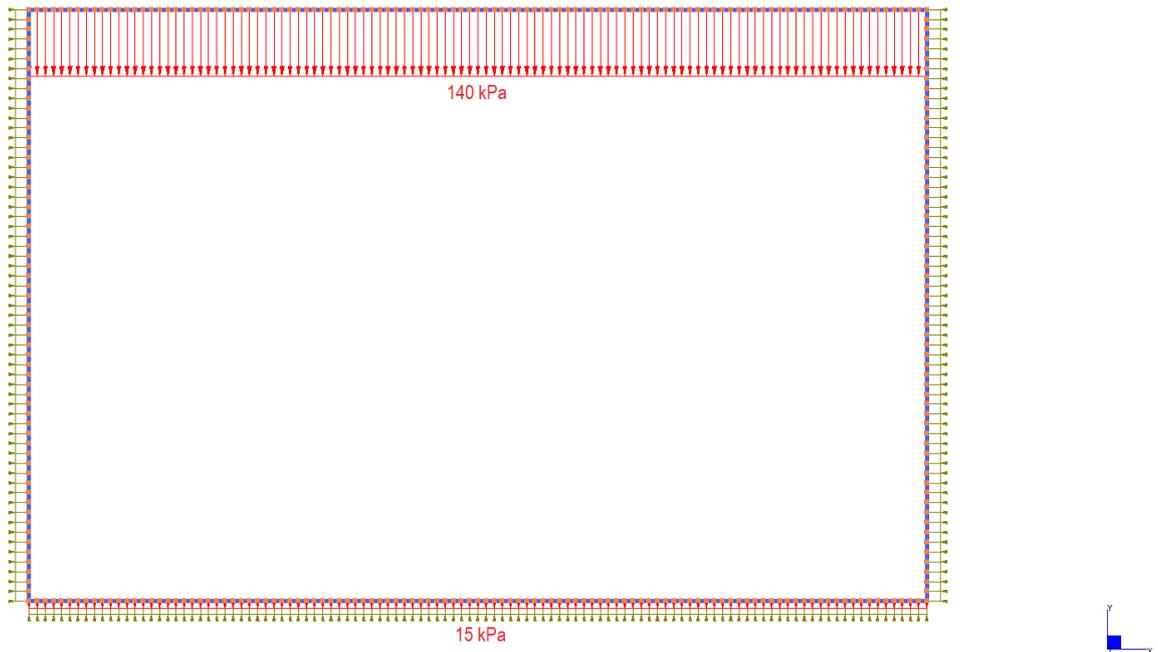


Figura 7: Carichi permanenti non strutturali sulle solette di fondazione e di copertura – GA0A NV03

10.2.2 [SP.sx]

Sul piedritto laterale sinistro è stata conteggiata la spinta derivante dal terreno laterale allo scatolare considerando un coefficiente di spinta a riposo $K_0=(1-\sin\phi')=0.4$ avendo considerato un angolo di attrito pari a 37° . Vengono di seguito riportati i profili di spinta adottati per gli scatolari oggetto di studio:

- GA0A-NV03:

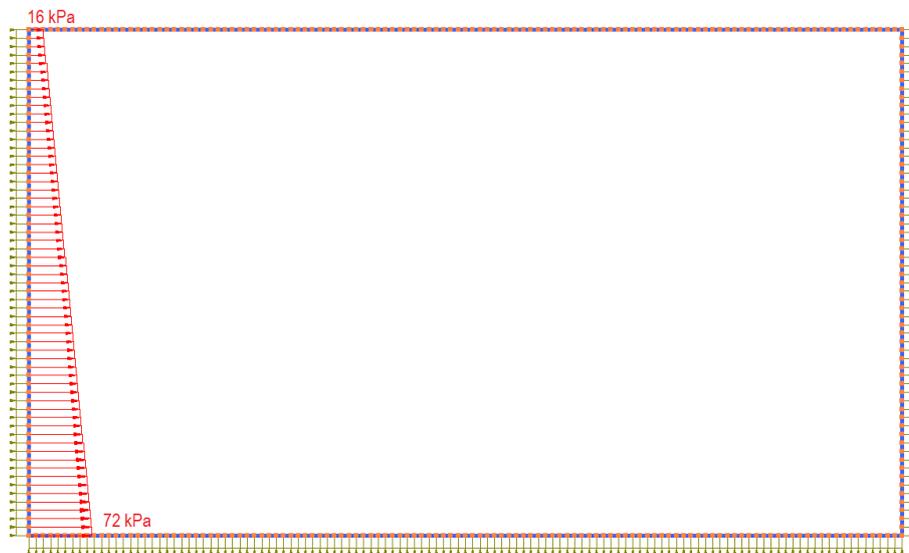


Figura 8: Spinta laterale statica sinistra – GA0A NV03

- GA0B-NV03:



Figura 9: Spinta laterale statica sinistra – GA0B NV03

10.2.3 [SP.sx]

Sui piedritti laterali laterale sinistro è stata conteggiata la spinta derivante dal terreno laterale allo scatolare considerando un coefficiente di spinta a riposo $K_0=(1-\sin\phi')=0.4$ avendo considerato un angolo di attrito pari a 37° . Vengono di seguito riportati i profili di spinta adottati per gli scatolari oggetto di studio:

- GA0A-NV03:

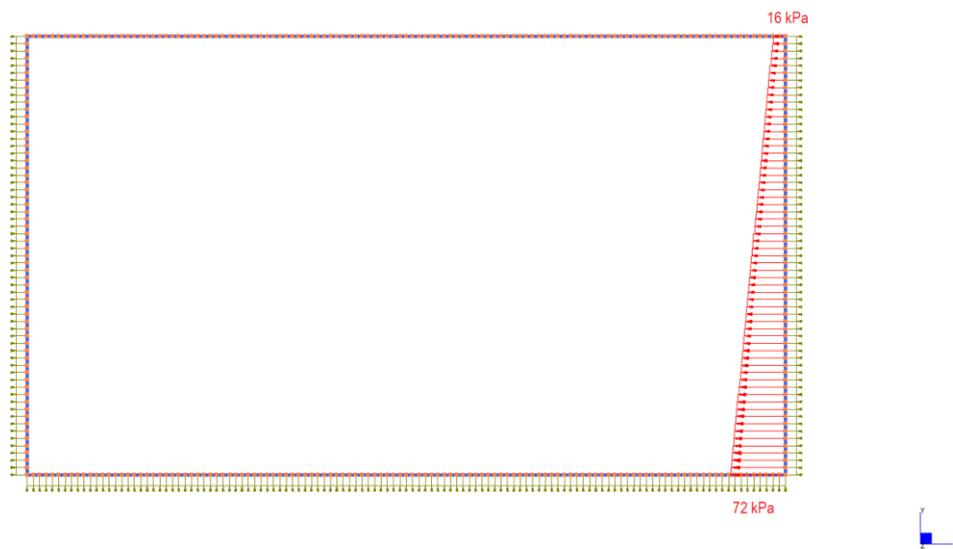


Figura 10: Spinta laterale statica destra – GA0A01 NV01

- GA0B-NV03:

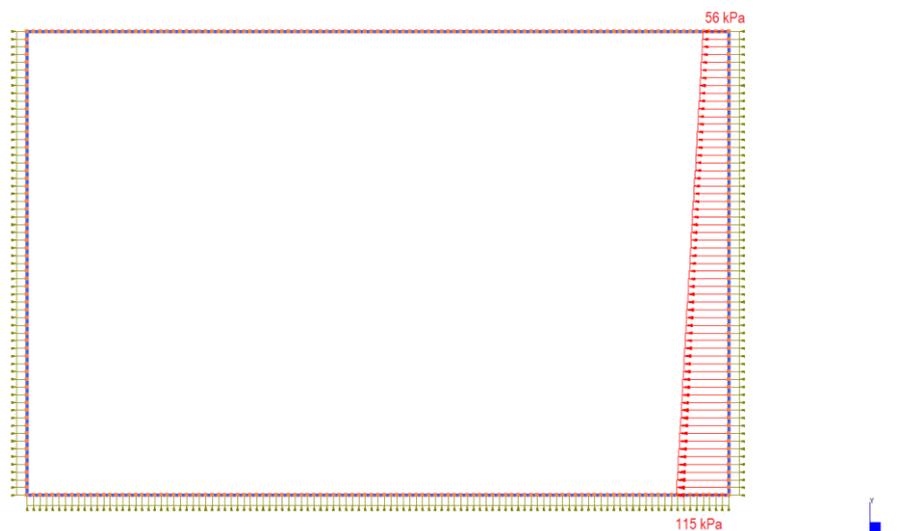


Figura 11: Spinta laterale statica destra – GA0B NV03

10.3 Qk: carichi variabili

10.3.1 [V]

La prima delle due azioni variabili considerata è quella relativa al carico verticale ferroviario definito secondo quanto riportato al punto 5.2.2.2.1.1 delle NTC18 e noto come modello di carico LM71.

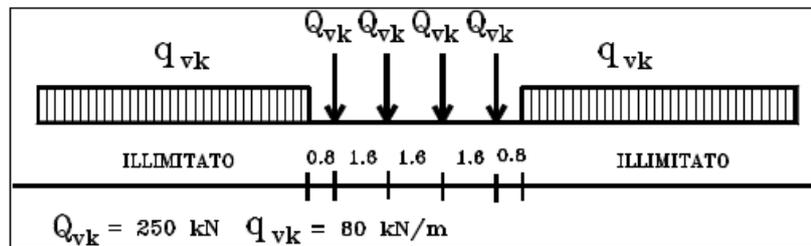


Figura 12: Modello di carico LM71.

Il carico ferroviario è stato poi ripartito sia longitudinalmente ($Q_{vk}/1.6m$) che trasversalmente come riportato nella figura seguente ottenendo una pressione pari a 92 kPa:

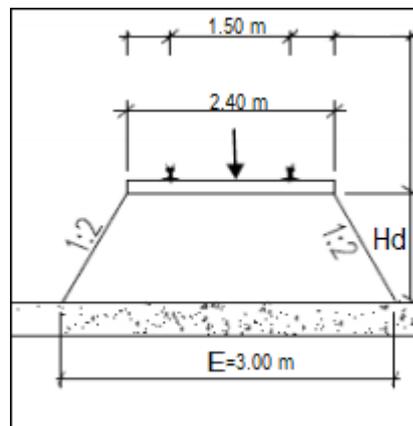


Figura 13: Schema relativo alla ripartizione del carico ferroviario in direzione trasversale.

Il carico associato al LM71 è stato poi applicato alla soletta di copertura di ciascun inbocco mentre alla soletta di fondazione è stato applicato il carico derivante al traffico veicolare altrimenti noto come schema di carico 1:

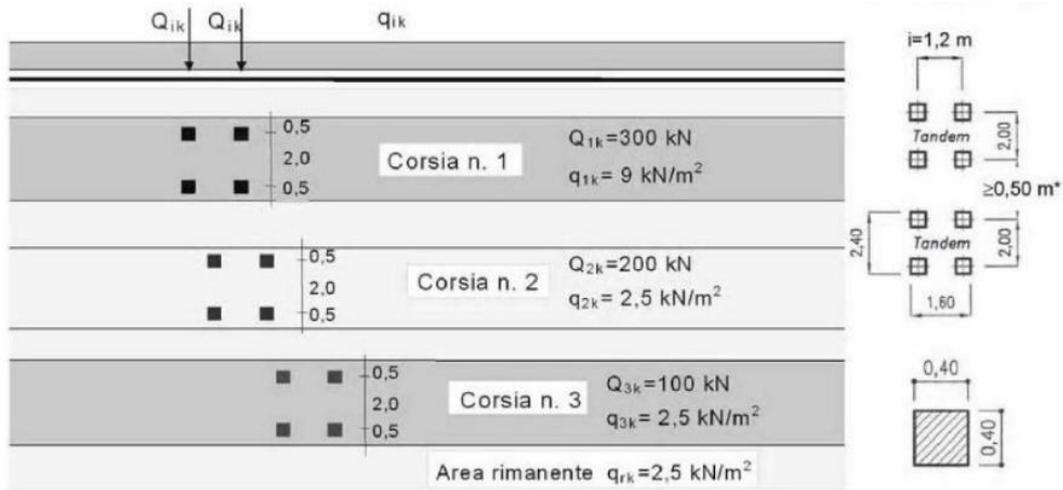


Figura 14: Schema di carico 1 da applicare alla soletta di fondazione (solo corsia 1 e 2).

Poichè i modelli beam sono stati realizzati per metro di spessore, si è considerato agire sullo scatolare un singolo asse del tandem sulla soletta di fondazione e considerando una ripartizione laterale su una dimensione trasversale di e metri. I valori carico così ottenuti sono i seguenti per le due corsie:

- Corsia n.1 : $q_{c1} = 300 / (0.4 * 3) = 250 \text{ kN/m}$
- Corsia n.2 : $q_{c2} = 200 / (0.4 * 3) = 167 \text{ kN/m}$

I carichi variabili applicati per i vari sottopassi sono di seguito riepilogati:

- GA0A NV03:

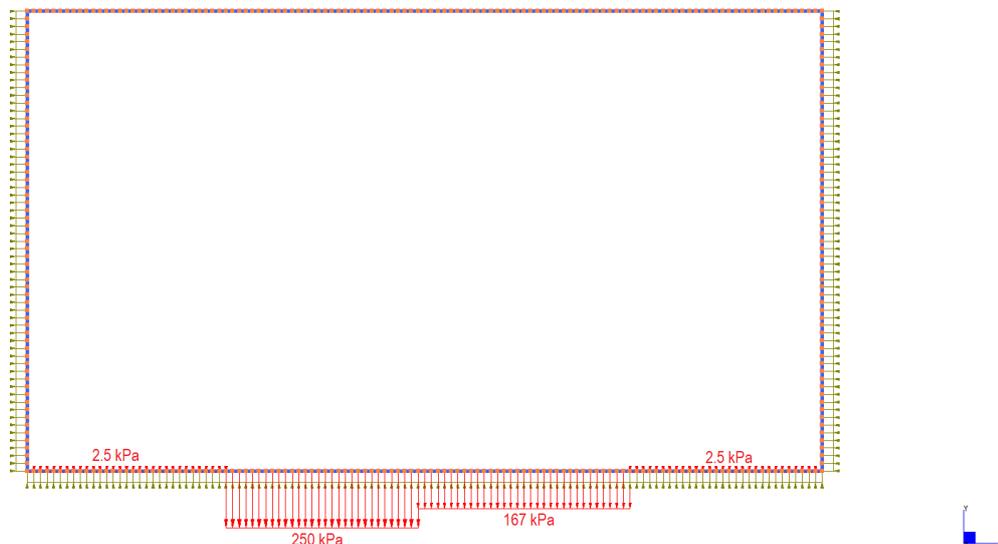


Figura 15: Carichi variabili per lo scatolare GA0A NV03.

- GA0B N03:

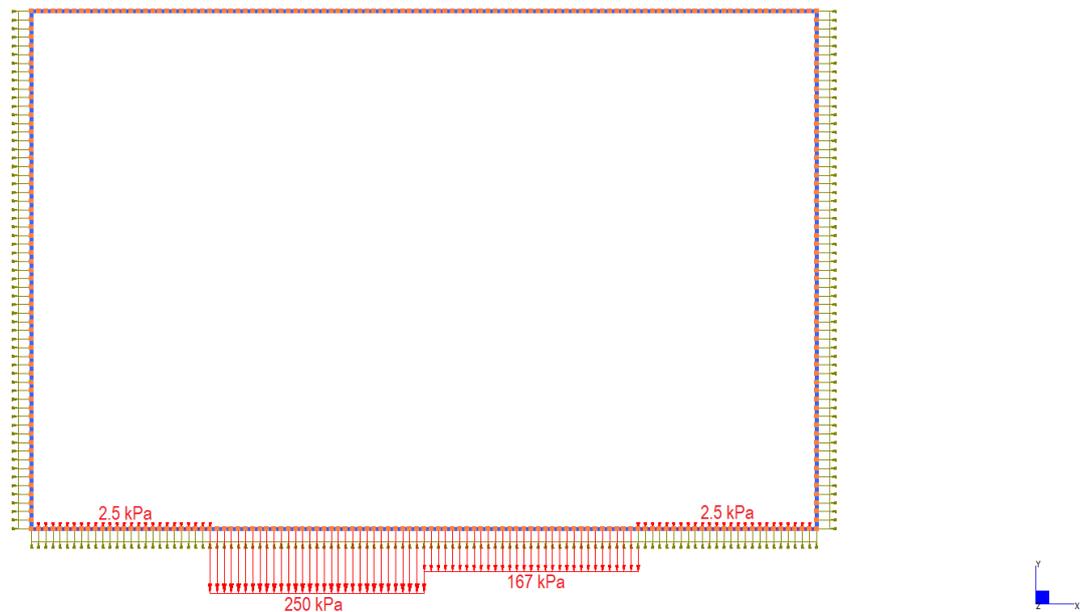


Figura 16: Carichi variabili per lo scatolare GA0B NV03.

10.3.2 [SV.sx]

Questa tipologia di prende in considerazione la possibile presenza di possibili spinte laterali indotte dai carichi variabili sopportati dal terreno posto lateralmente al piedritto sinistro. Per i casi in oggetto GA0A e GA0B non è presente tale tipologia di carico.

10.3.3 [SV.dx]

Questa tipologia di prende in considerazione la possibile presenza di possibili spinte laterali indotte dai carichi variabili sopportati dal terreno posto lateralmente al piedritto sinistro. Per i casi in oggetto GA0A e GA0B non è presente tale tipologia di carico.

10.4 E: azioni sismiche

L'accelerazione massima di progetto è stata calcolata in conformità alla normativa vigente NTC18. L'accelerazione di progetto allo SLV e la relativa sovraspinta sismica del terreno è stata calcolata per ciascun sottovia:

- GA0A NV03 : periodo di riferimento V_R : 112.5 anni, $acc=2.275 \text{ m/s}^2$

SPINTA SISMICA (Metodo Wood, 1973)

Accelerazione su suolo rigido (SLV)	a_g/g	0.232	[-]
Coefficiente di amplificazione stratigrafica:	S_s	1.17	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1	[-]
Coefficiente moltiplicativo:	S	1.17	[-]
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	1	[-]
Peso specifico del terreno	γ	20	[kN/m ³]
Altezza del muro	H	7	[m]
Pressione uniforme distribuita	Δp	38.0	[kN/m²]

- GA0B NV03: periodo di riferimento V_R : 112.5 anni, $acc=2.275 \text{ m/s}^2$

SPINTA SISMICA (Metodo Wood, 1973)

Accelerazione su suolo rigido (SLV)	a_g/g	0.232	[-]
Coefficiente di amplificazione stratigrafica:	S_s	1.17	[-]
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1	[-]
Coefficiente moltiplicativo:	S	1.17	[-]
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	1	[-]
Peso specifico del terreno	γ	20	[kN/m ³]
Altezza del muro	H	7	[m]
Pressione uniforme distribuita	Δp	38.0	[kN/m²]

10.4.1 [$\Delta S.h$]

Di seguito sono riassunte le sovrappressioni sismiche orizzontali per le gallerie artificiali:

- GA0A NV03 : $\Delta P = 38.0 \text{ kN/m}$
- GA0B NV03 : $\Delta P = 38.0 \text{ kN/m}$

10.4.2 [$\Delta S.h$]

Le sovrappressioni sismiche verticali per le gallerie artificiali sono state trascurate.

10.4.3 [$l.h$]

Inerzie sismiche orizzontali per le gallerie artificiali applicate assegnando i seguenti valori di accelerazione:

- GA0A NV03 : $acc=2.511 \text{ m/s}^2$
- GA0B NV03 : $acc=2.511 \text{ m/s}^2$

10.4.4 [l.v]

Le inerzie sismiche verticali per i gallerie artificiali sono state trascurate.

11. COMBINAZIONI DI CARICO

In riferimento al dimensionamento degli elementi scatolari vengono riportate le combinazioni di carico adottate per le combinazioni statiche (SLE e SLU) e sismiche (SLV) ritenute più significative e quindi adottate nelle analisi numeriche. Le combinazioni di carico sono state definite in accordo con il documento “*Criteri per il dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M.2018*”.

		SLU						SLE RARA			SLE FREQUENTE			SLE Q.P.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
		SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLE-C	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-QP		
1	Peso proprio P.P	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
2	Peso coperture P.cop	1.3	1.3	1.0	1.3	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
3	Spinta terreno sx SP.sx	1.3	1.0	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
4	Spinta terreno dx SP.dx	1.3	1.0	1.3	1.0	1.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
5	Accidentale V	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0		
6	Spinta accidentale sx SV.sx	1.5	0.0	1.5	1.5	1.5	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0	0.0		
7	Spinta accidentale dx SV.dx	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.8	0.0		
8	Sovrappinta sismica orizzontale ΔS.h	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
9	Sovrappinta sismica verticale ΔS.v	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
10	Inerzia sismica orizzontale lh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
11	Inerzia sismica verticale lv	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

Figura 17: Combinazioni di carico statiche per gli scatolari.

		SLV															
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
		SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6	SLV7	SLV8	SLV9	SLV10	SLV11	SLV12	SLV13	SLV14	SLV15	SLV16
1	Peso proprio P.P	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	Peso coperture P.cop	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	Spinta terreno sx SP.sx	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	Spinta terreno dx SP.dx	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	Accidentale V	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	Spinta accidentale sx SV.sx	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
7	Spinta accidentale dx SV.dx	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
8	Sovrappinta sismica orizzontale ΔS.h	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3
9	Sovrappinta sismica verticale ΔS.v	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0
10	Inerzia sismica orizzontale lh	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3
11	Inerzia sismica verticale lv	-0.3	-0.3	0.3	0.3	-1.0	-1.0	1.0	1.0	0.3	0.3	-0.3	-0.3	1.0	1.0	-1.0	-1.0

Figura 18: Combinazioni di carico sismiche per gli scatolari.

12. RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE

Le analisi eseguite per gli scatolari sono di tipo statico non lineare in modo tenere in conto della possibilità che le molle agiscano a sola compressione. Le combinazioni di carico adottate sono riportate nel capitolo 11 della presente relazione di calcolo e sono state raggruppate nei seguenti involuipi:

	1: Absolute Envelope	2: Absolute Envelope	3: Absolute Envelope	4: Absolute Envelope	5: Absolute Envelope	6: Absolute Envelope
CASES	SLE Quasi - Permanente	SLE Frequente	SLE Rara	SLU	SLV	Envelope Case
1: SLU1				✓		✓
2: SLU2				✓		✓
3: SLU3				✓		✓
4: SLU4				✓		✓
5: SLU5				✓		✓
6: SLU6				✓		✓
7: SLE-C			✓			✓
8: SLE-F1		✓				✓
9: SLE-F2		✓				✓
10: SLE-F3		✓				✓
11: SLE-QP	✓					✓
12: SLV1					✓	✓
13: SLV2					✓	✓
14: SLV3					✓	✓
15: SLV4					✓	✓
16: SLV5					✓	✓
17: SLV6					✓	✓
18: SLV7					✓	✓
19: SLV8					✓	✓
20: SLV9					✓	✓
21: SLV10					✓	✓
22: SLV11					✓	✓
23: SLV12					✓	✓
24: SLV13					✓	✓
25: SLV14					✓	✓
26: SLV15					✓	✓
27: SLV16					✓	✓

Figura 19: Involuipi di carico per il dimensionamento e la verifica degli scatolari.

12.1 Scatolare GA0A

12.1.1 Azioni interne agli SLU

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-820	-120

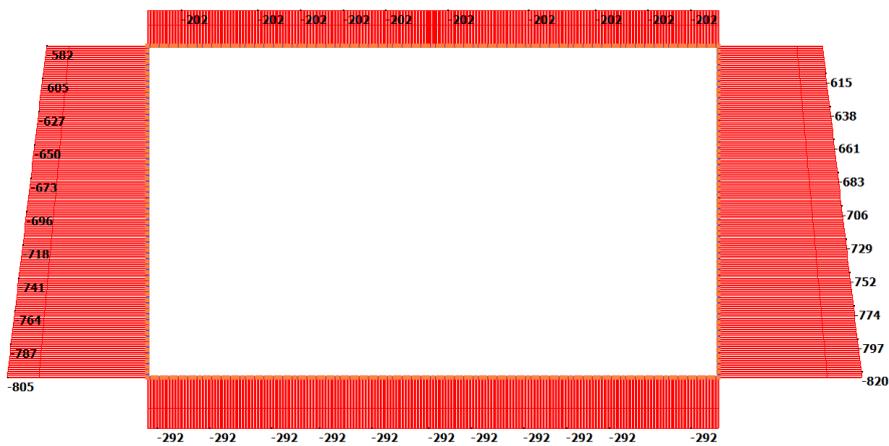


Figura 20: Involuppo azione assiale scatolare GA0A NV03 agli SLU.

	MIN	MAX
SF2(kN)	-792	808

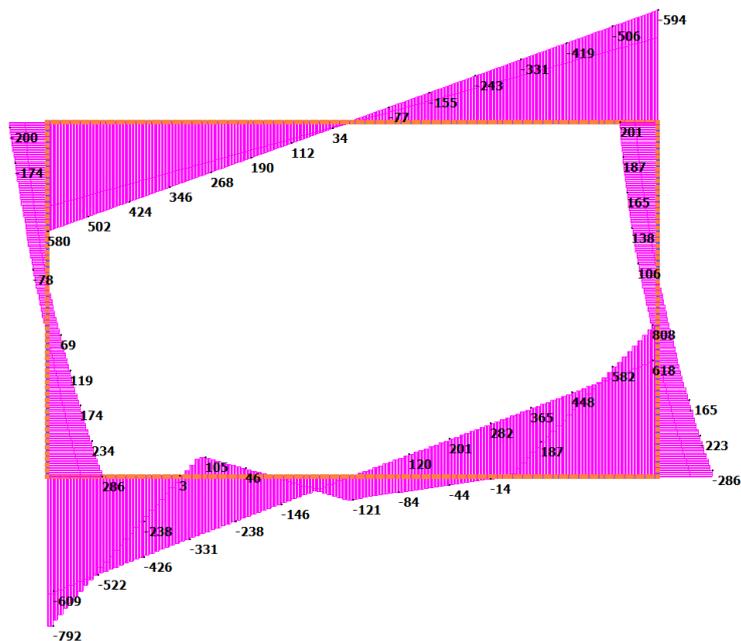


Figura 21: Involuppo azione tagliante scatolare GA0A NV03 agli SLU.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	35 di 52

MIN MAX
BM2(kN.m) -943 916

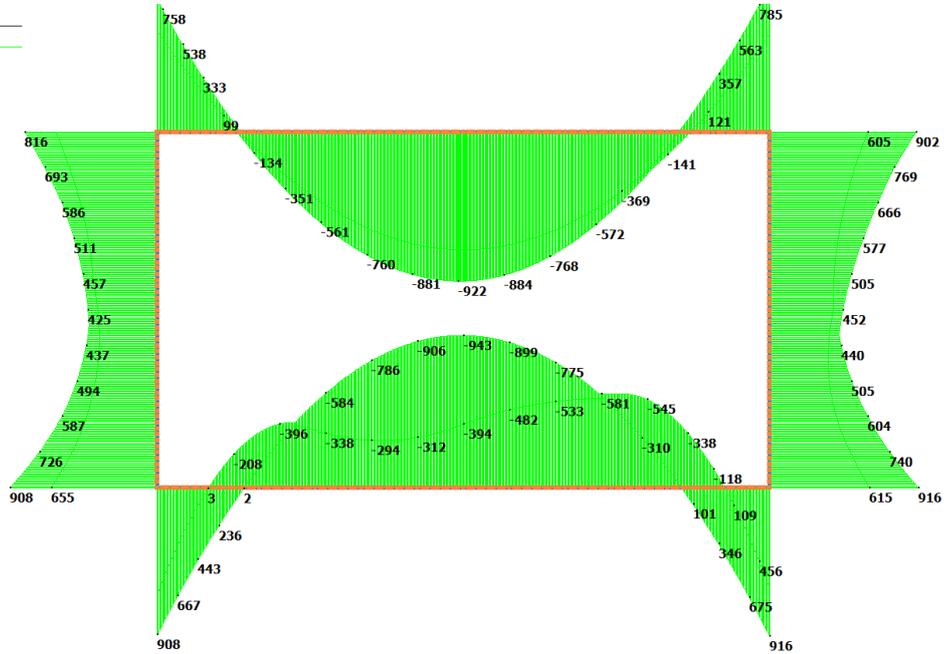


Figura 22: Involuppo momento flettente scatolare GA0A NV03 agli SLU.

12.1.2 Azioni interne agli SLE

12.1.2.1 Quasi permanente

MIN MAX
AxForce(kN) -624 -90

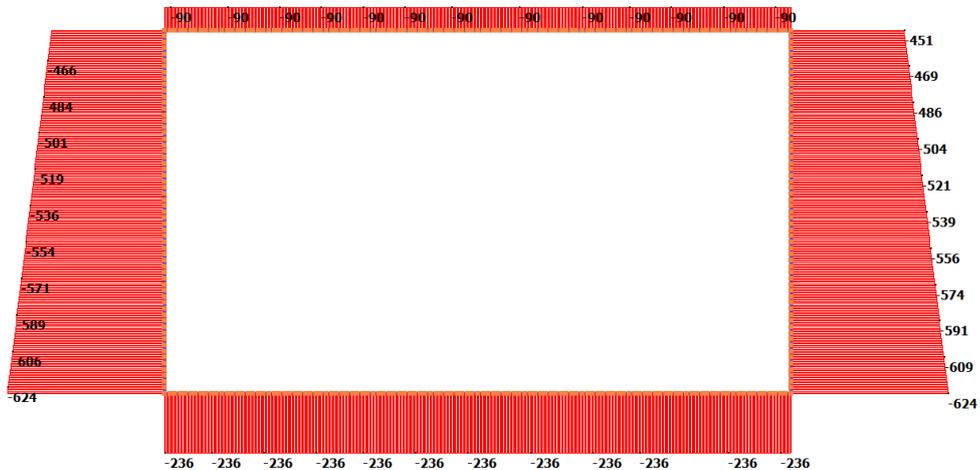


Figura 23: Inviluppo azione assiale scatolare GA0A NV03 agli SLE q.p.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-959	888

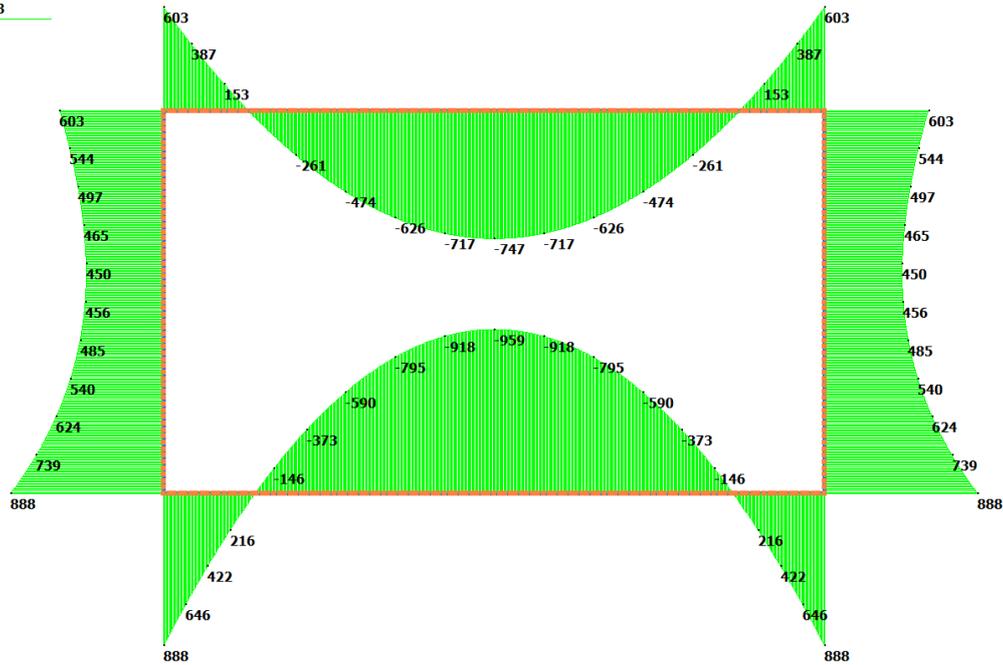


Figura 24: Inviluppo momento flettente scatolare GA0A NV03 agli SLE q.p.

12.1.2.2 Frequente

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-628	-90

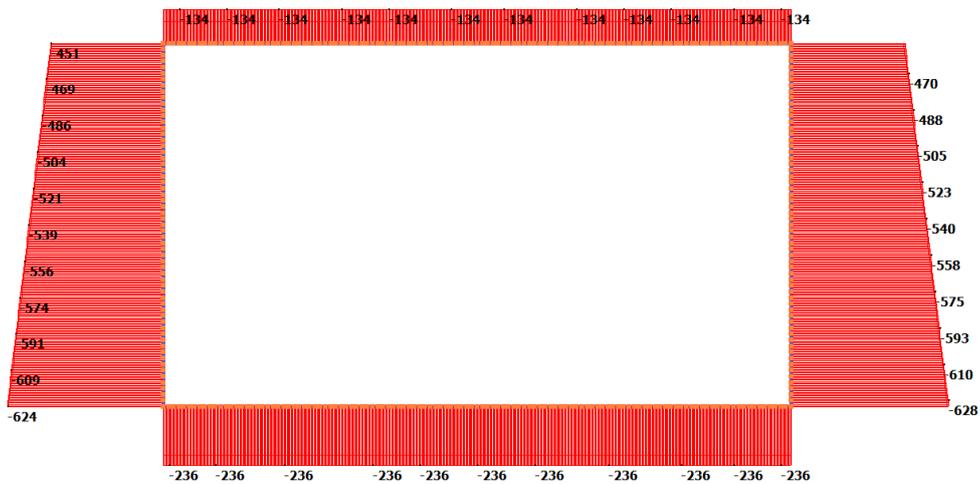


Figura 25: Inviluppo azione assiale scatolare GA0A NV03 agli SLE freq.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	37 di 52

MIN MAX
BM2(kN.m) -959 888

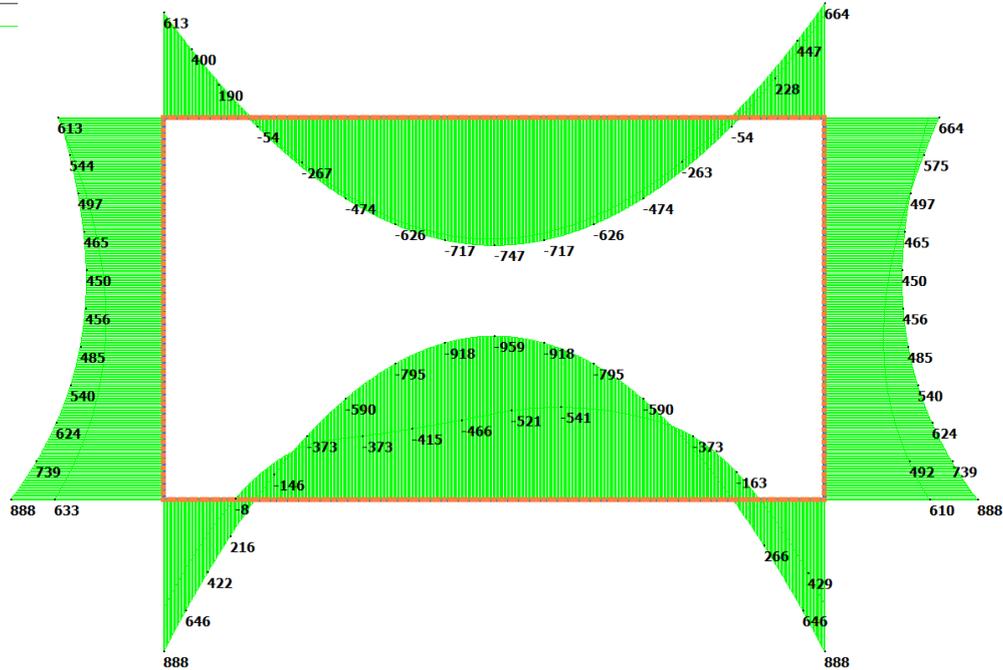


Figura 26: Inviluppo momento flettente scatolare GA0A NV03 agli SLE freq.

12.1.2.3 Caratteristica

MIN MAX
AxForce(kN) -629 -146

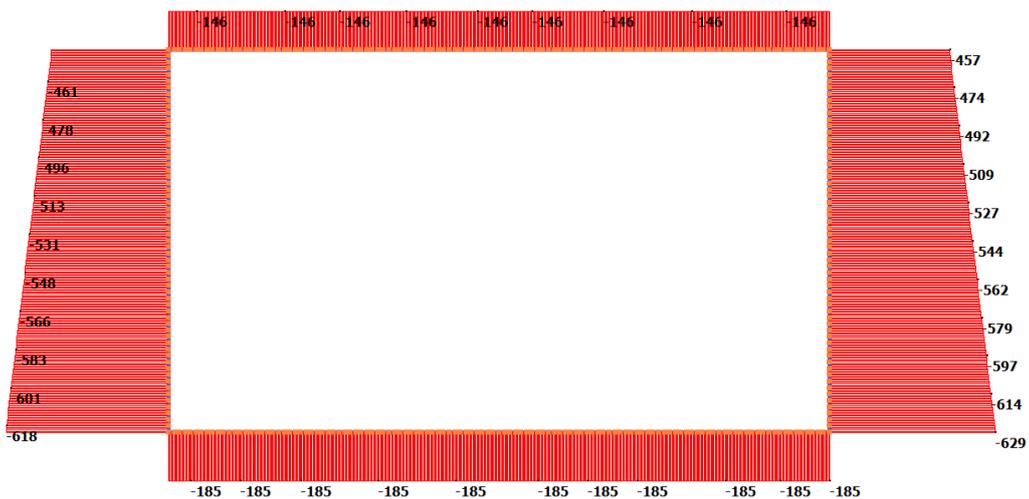


Figura 27: Inviluppo azione assiale scatolare GA0A NV03 agli SLE c.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	38 di 52

MIN	MAX	
BM2(kN.m)	-702	679

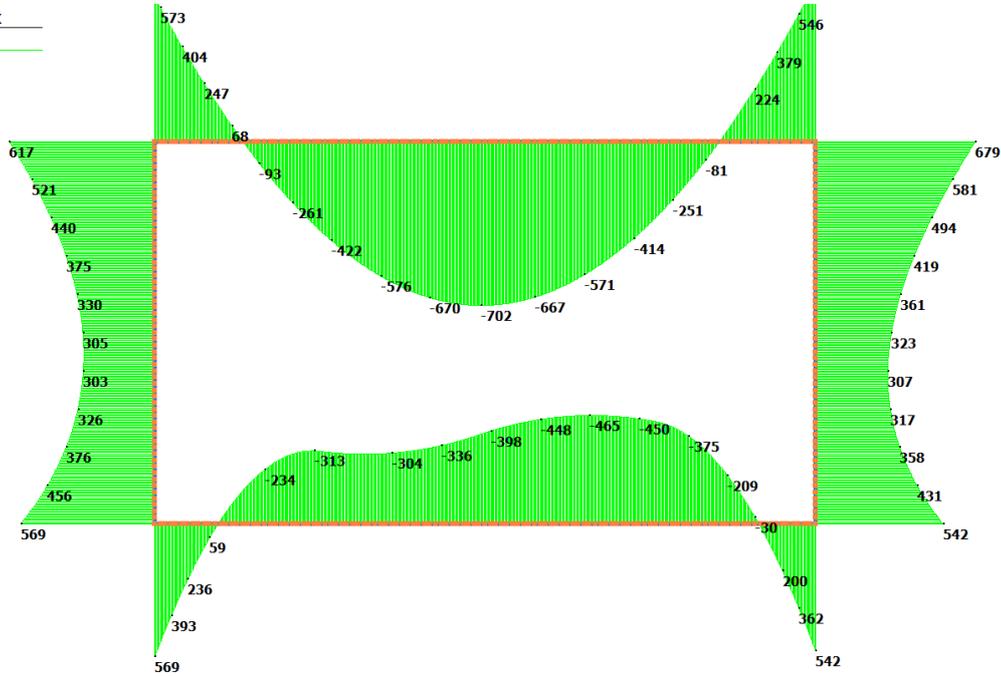


Figura 28: Involuppo momento flettente scatolare GA0A NV03 agli SLE c.

12.1.3 Azioni interne agli SLV

MIN	MAX	
AxForce(kN)	-629	5

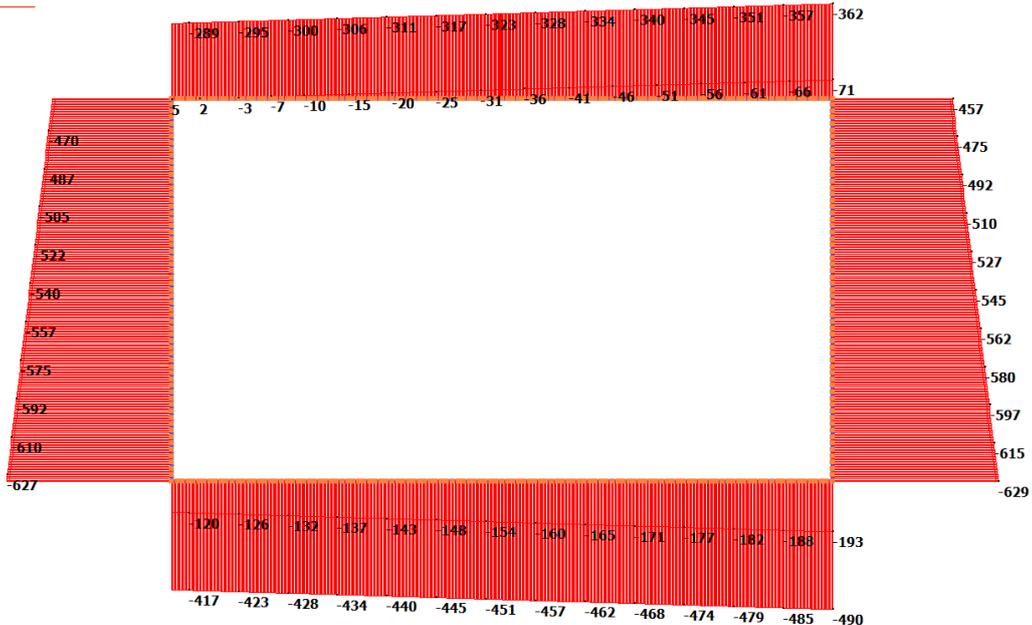


Figura 29: Involuppo azione assiale scatolare GA0A NV03 agli SLV.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	39 di 52

MIN MAX
SF2(kN) -622 624

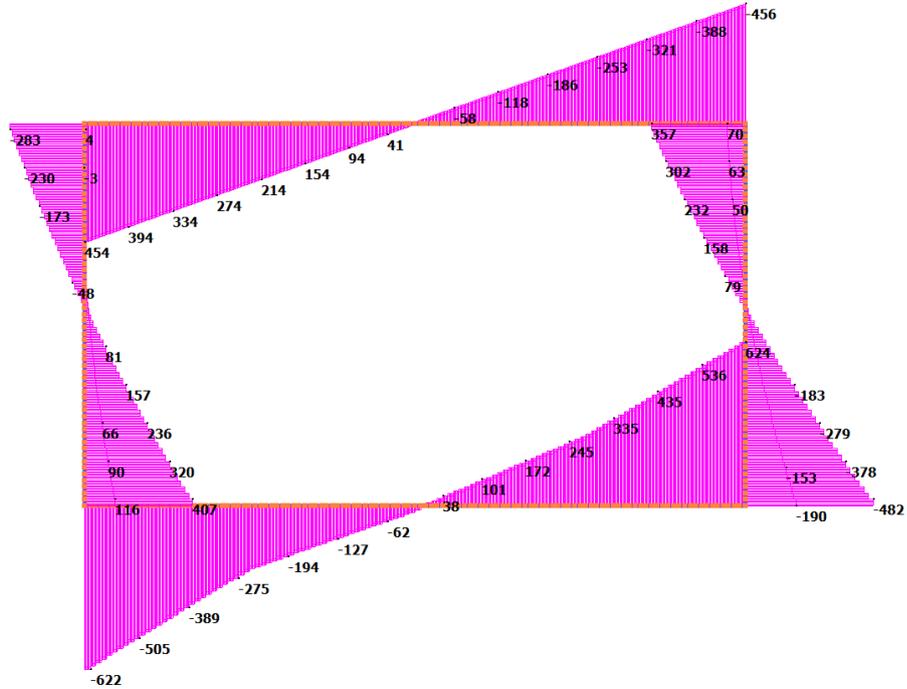


Figura 30: Involuppo azione tagliante scatolare GA0A NV03 agli SLV.

MIN MAX
BM2(kN.m) -875 945

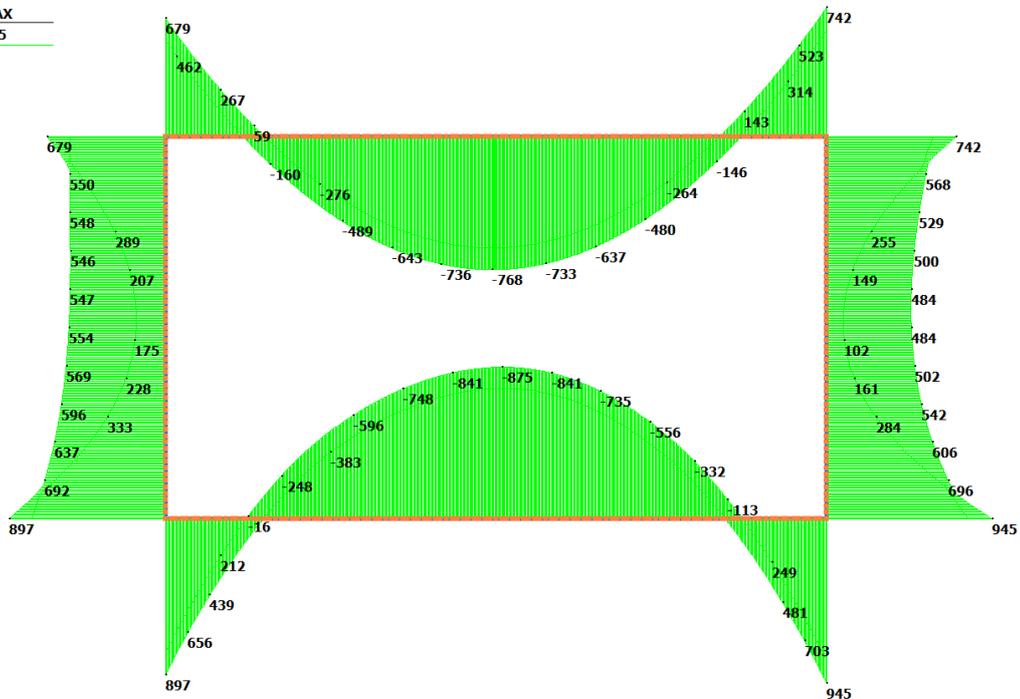
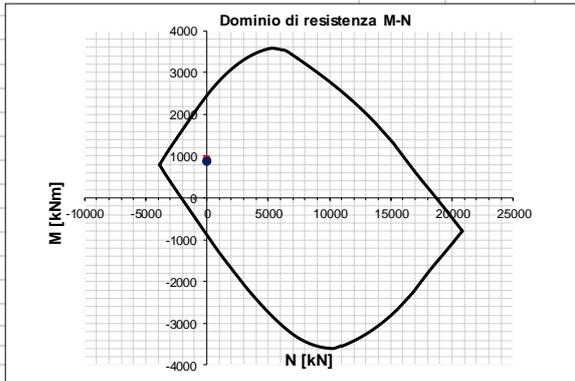


Figura 31: Involuppo momento flettente scatolare GA0A NV03 agli SLV.

12.1.4 Verifiche sezionali

GA0A_NV03_Soletta di fondazione

INPUT				OUTPUT			
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA				VERIFICHE IN ESERCIZIO			
Combinazione	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	V_{sd} [kN]	Verifica Tensionale			σ limit
SLE Quasi Permanente	-236.0	959.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ_c [Mpa] =	6.56	12.000
SLE Frequente	-195.0	959.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	σ_c [Mpa] =	3.24	16.500
SLE Rara	-185.0	465.0	-	Acciaio SLE Rara	σ_s [Mpa] =	71.15	337.500
SLU	0.0	943.0	751.0	Verifica di fessurazione			w limit
SLV	0.0	875.0	599.0	Combinazione SLE Quasi permanente	w_d [mm] =	0.170	0.200
				Combinazione SLE Frequente	w_d [mm] =	0.154	0.300
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.				VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO			
Geometria della sezione				Sollecitazioni di progetto			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V_{sd} [kN]		751.0
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	100	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N_{sd} [kN]		0.0
Altezza utile della sezione		d [cm]	89	Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Area di calcestruzzo		A_c [cm ²]	10000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	V_{Rd1} [kN]		464.32
				Coefficiente di sicurezza	V_{Rd1}/V_{sd}		0.62
Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
Numero Barre	n	10	5	0	CoTan(θ) di progetto		cotan(θ)
Diametro	φ [mm]	26	24	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(0)$ [kN]	2488
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	7.7	17.7	27.7	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(0)$ [kN]	1513
Area strato	A_s [cm ²]	53.09	22.62	0.00	Resistenza a taglio di progetto	V_{Rd} [kN]	1513
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.848%			Coefficiente di sicurezza	V_{Rd}/V_{sd}	2.01
Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE			
Numero Barre	n	5	0	0	Sollecitazioni di progetto		SLU
Diametro	φ [mm]	24	0	0	Momento sollecitante	M_{sd} [kNm]	943.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	7.6	17.6	27.6	Sforzo Normale concomitante	N_{sd} [kN]	0.0
Area strato	A_s' [cm ²]	22.62	0.00	0.00	Verifica di resistenza in termini di momento		SLU
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.253%			Momento resistente	M_{Rd} [kNm]	2445.3
Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{sd}	2.59	2.79
Diametro	φ [mm]	14	0	0	Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU
Numero bracci	n_{bi}	2.5	0	0	Sforzo normale resistente	N_{Rd} [kN]	-
Passo	s_w [cm]	20	0	0	Coefficiente di sicurezza	N_{Rd}/N_{sd}	-
Inclinazione	α [deg]	90	90	90	Domínio di resistenza M-N		
Area armatura a metro	A_{sw}/s_w [cm ² /m]	19.24	0.00	0.00			
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI							
Concrete							
Resistenza cubica a compressione		RCK	37				
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck} [Mpa]		30.00				
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm} [Mpa]		38.00				
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm} [Mpa]		2.90				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f_{ctk} [Mpa]		2.03				
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd} [Mpa]		17.00				
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f_{cd} [Mpa]		8.98				
Acciaio							
Resistenza di progetto a snervamento	f_{yd} [Mpa]		391.30				

GA0A_NV03_piedritti

INPUT

OUTPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	-457.0	834.0	-
SLE Frequente	-453.0	834.0	-
SLE Rara	-452.0	646.0	-
SLU	0.0	857.0	265.0
SLV	0.0	835.0	447.0

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 6.26	12.000
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 4.91	16.500
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 110.52	337.500
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.167	0.200
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.157	0.300

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Geometria della sezione		
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	100
Altezza utile della sezione	d [cm]	92
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	10000

Sollecitazioni di progetto		
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	447.0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0

Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	10	0	0
Diametro	φ [mm]	26	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	7.7	17.7	27.7
Area strato	A _s [cm ²]	53.09	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.575%		

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	419.46
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	0.94

Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	5	0	0
Diametro	φ [mm]	24	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	7.6	17.6	27.6
Area strato	A _{s'} [cm ²]	22.62	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.245%		

Verifica di resistenza dell'armatura specifica		
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	2571
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	1564
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	1564
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	3.50

Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	
Diametro	φ [mm]	14	0	0
Numero bracci	n _{bi}	2.5	0	0
Passo	s _w [cm]	20	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	19.24	0.00	0.00

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

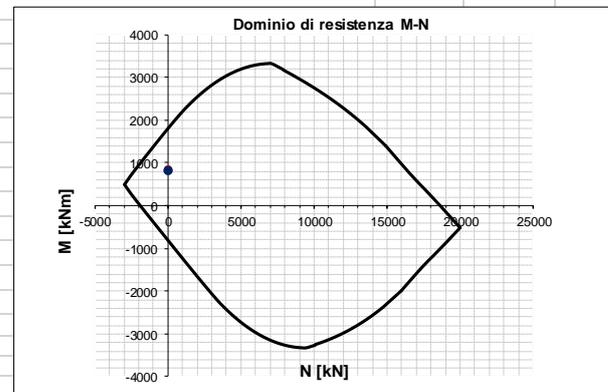
Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	857.0	835.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	1804.8	1804.8
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	2.11	2.16

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	8.98
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30



GA0A_NV03_Soletta di copertura

INPUT

OUTPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	-90.0	747.0	-
SLE Frequente	-90.0	747.0	-
SLE Rara	-146.0	702.0	-
SLU	0.0	922.0	575.0
SLV	0.0	768.0	441.0

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 5.34	12.000
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 5.08	16.500
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 147.45	337.500
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.185	0.200
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.170	0.300

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Geometria della sezione		
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	100
Altezza utile della sezione	d [cm]	92
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	10000

Sollecitazioni di progetto		
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	575.0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0

Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	10	0
Diametro	φ [mm]	26	26
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	7.7	7.7
Area strato	A _s [cm ²]	53.09	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.575%	

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	419.46
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	0.73

Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	5	0
Diametro	φ [mm]	24	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	7.6	17.6
Area strato	A _s ' [cm ²]	22.62	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.245%	

Verifica di resistenza dell'armatura specifica		
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	2571
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	1564
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	1564
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	2.72

Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	14	0
Numero bracci	n _{bi}	2.5	0
Passo	s _w [cm]	20	0
Inclinazione	α [deg]	90	90
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	19.24	0.00

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

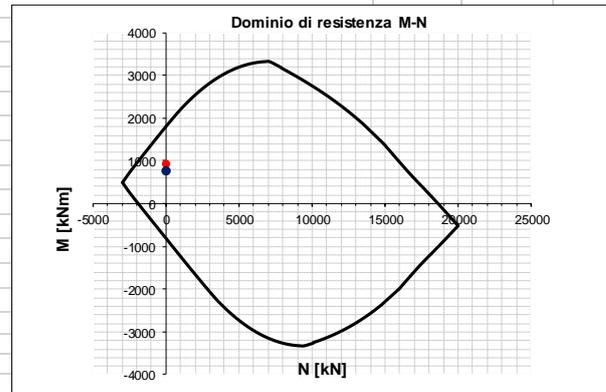
Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	922.0	768.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	1804.8	1804.8
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	1.96	2.35

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	8.98
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30



12.2 Scatolare GA0B

12.2.1 Azioni interne agli SLU

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1427	-322

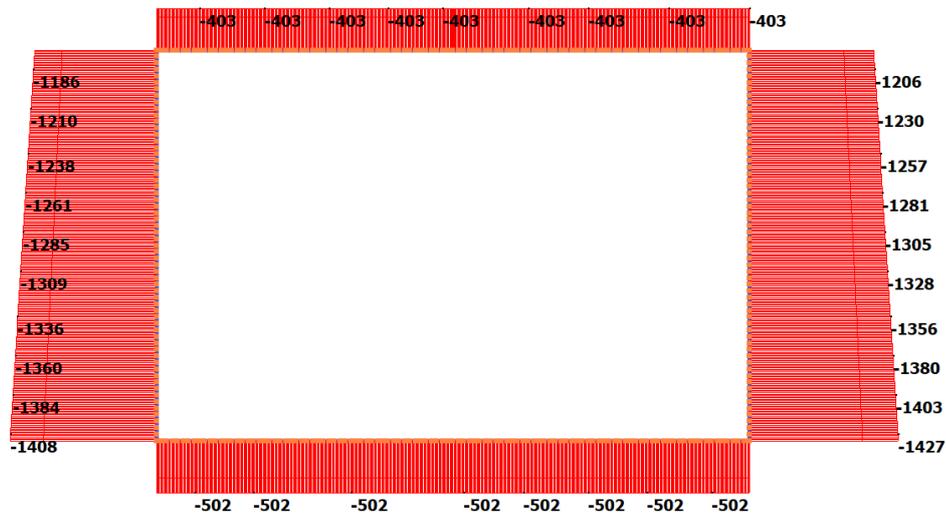


Figura 32: Involuppo azione assiale scatolare GA0B NV03 agli SLU.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	44 di 52

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1387	1408

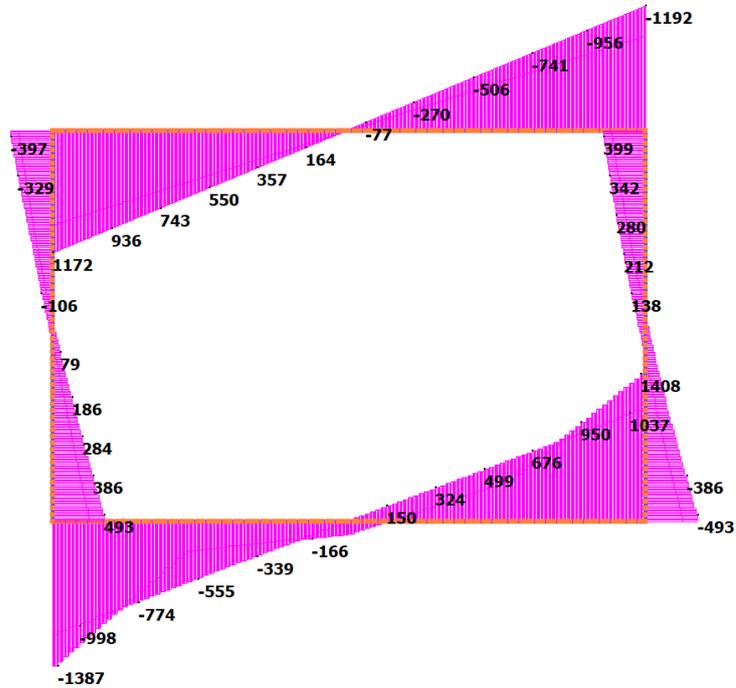


Figura 33: Involuppo azione tagliante scatolare GA0B NV03 agli SLU.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1765	1584

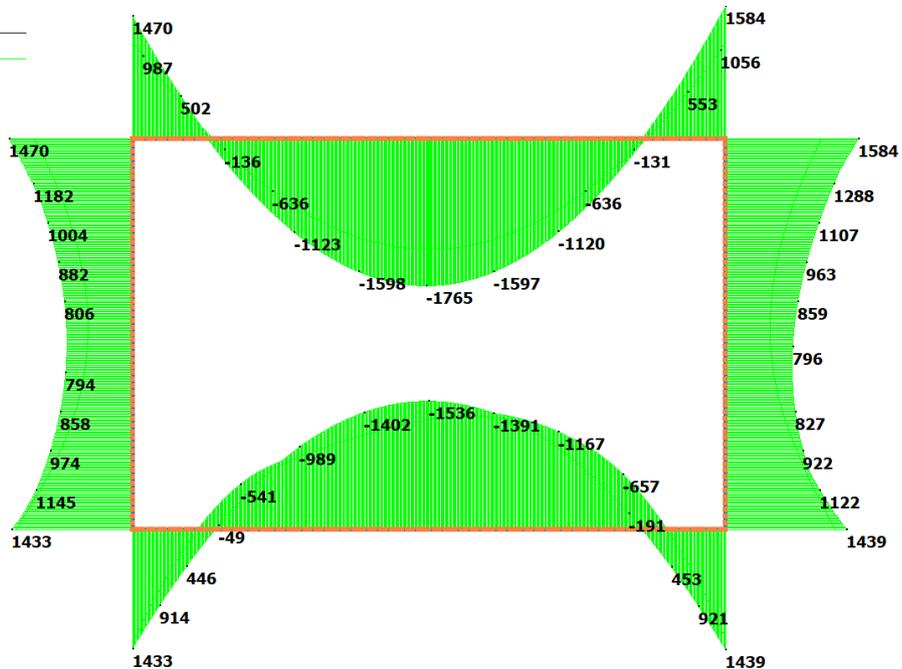


Figura 34: Involuppo momento flettente scatolare GA0B NV03 agli SLU.

RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	45 di 52

12.2.2 Azioni interne agli SLE

12.2.2.1 Quasi permanente

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1088	-255

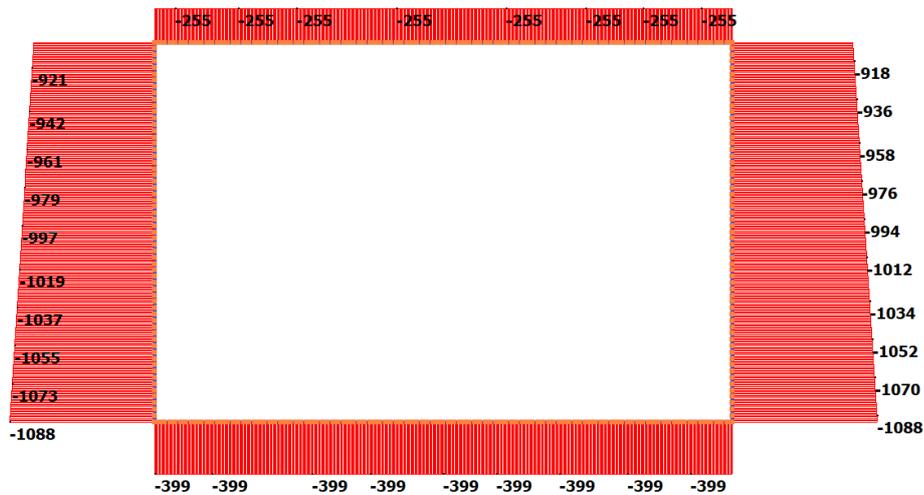


Figura 35: Involuppo azione assiale scatolare GA0B NV03 agli SLE q.p.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1574	1387

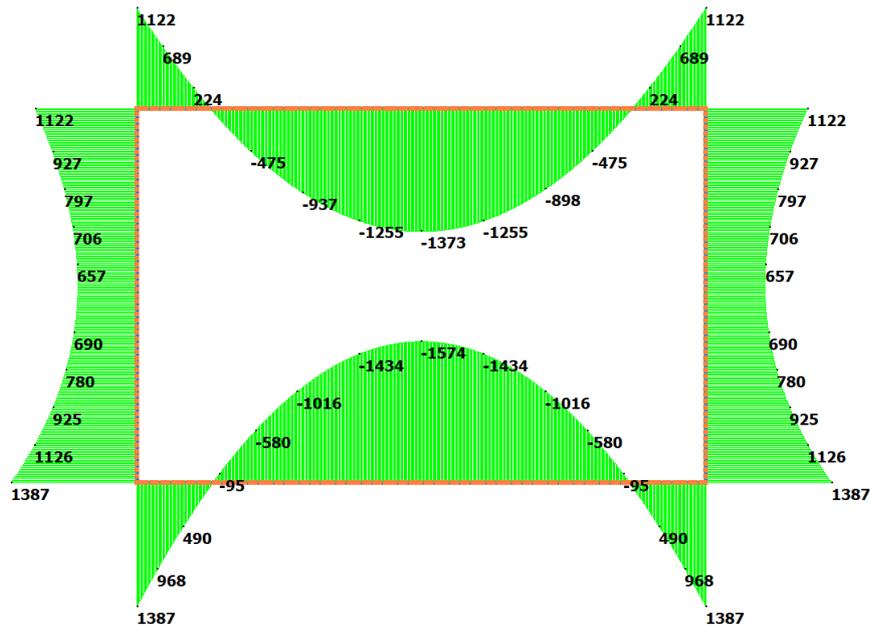


Figura 36: Involuppo momento flettente scatolare GA0B NV03 agli SLE q.p.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	46 di 52

12.2.2.2 *Frequente*

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1095	-255

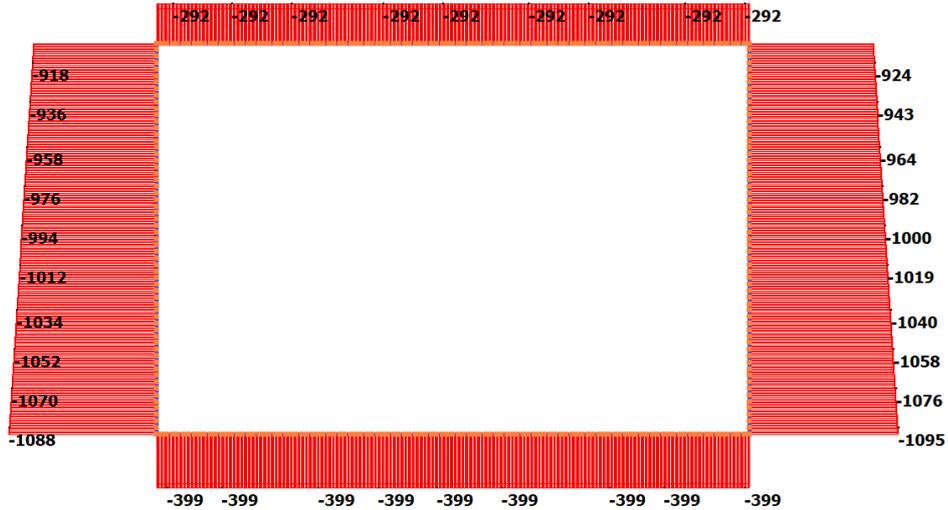


Figura 37: Inviluppo azione assiale scatolare GA0B NV03 agli SLE freq.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1574	1387

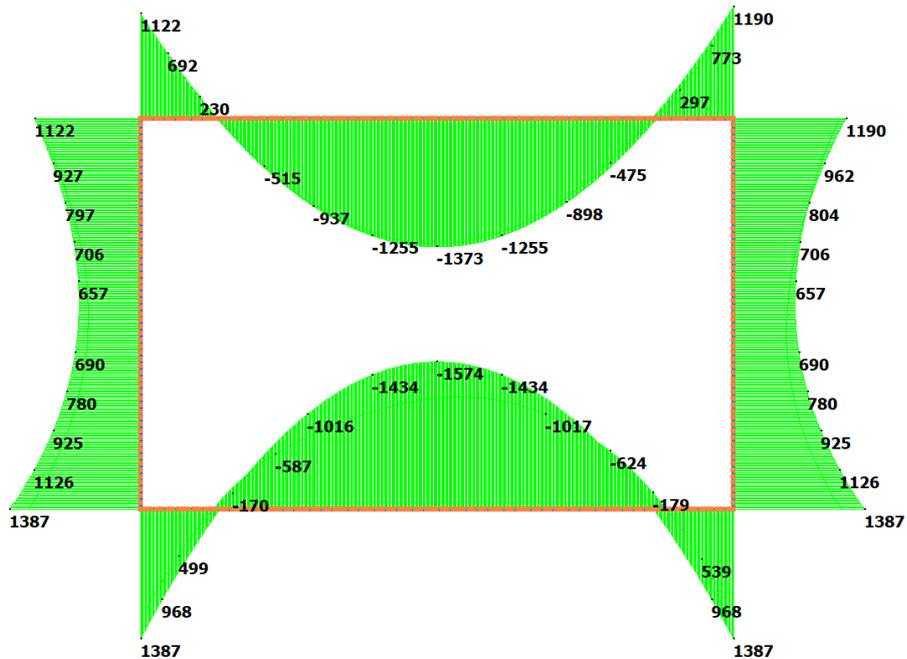


Figura 38: Inviluppo momento flettente scatolare GA0B NV03 agli SLE freq.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	47 di 52

12.2.2.3 Caratteristica

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1096	-302

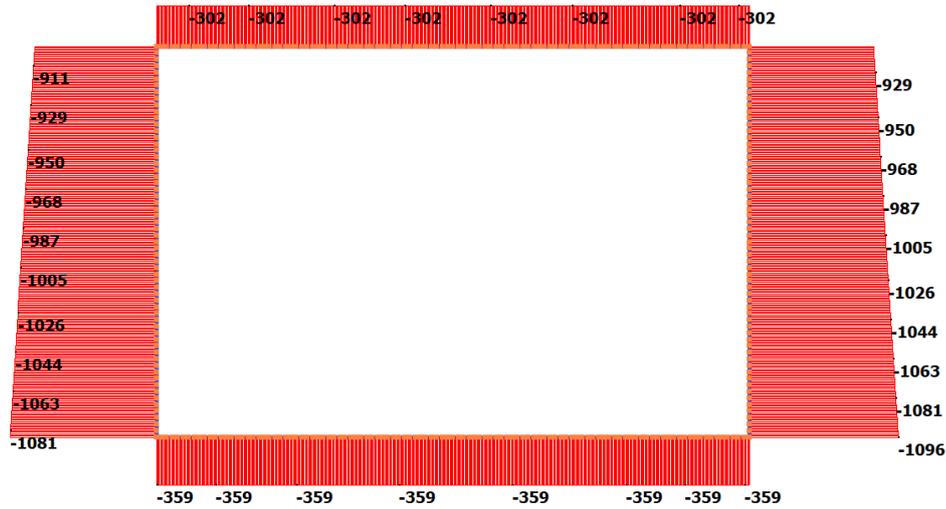


Figura 39: Involuppo azione assiale scatolare GA0B NV03 agli SLE c.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1331	1206

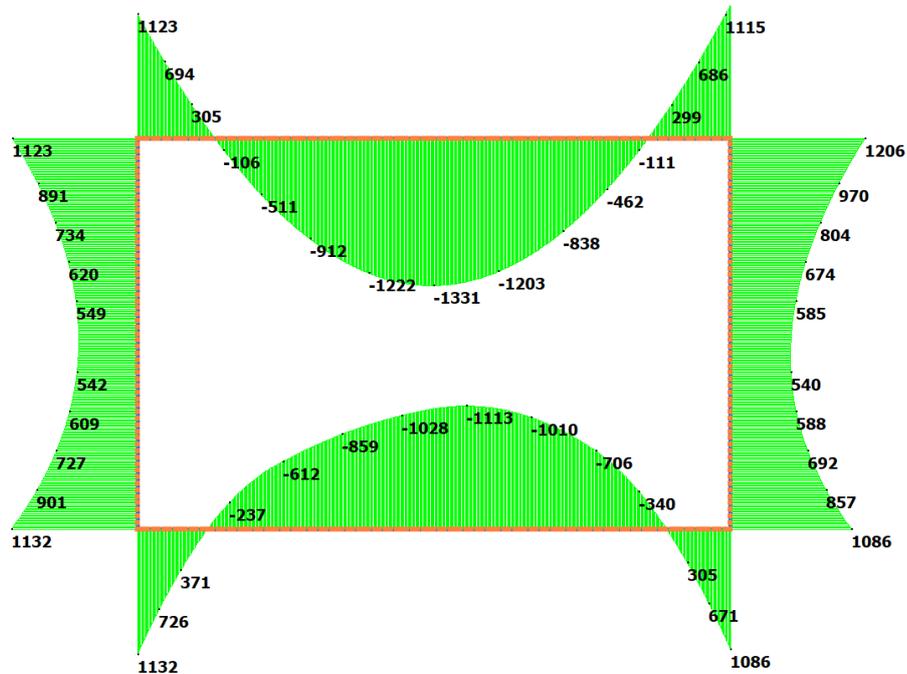


Figura 40: Involuppo momento flettente scatolare GA0B NV03 agli SLE c.

12.2.3 Azioni interne agli SLV

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-1095	-158

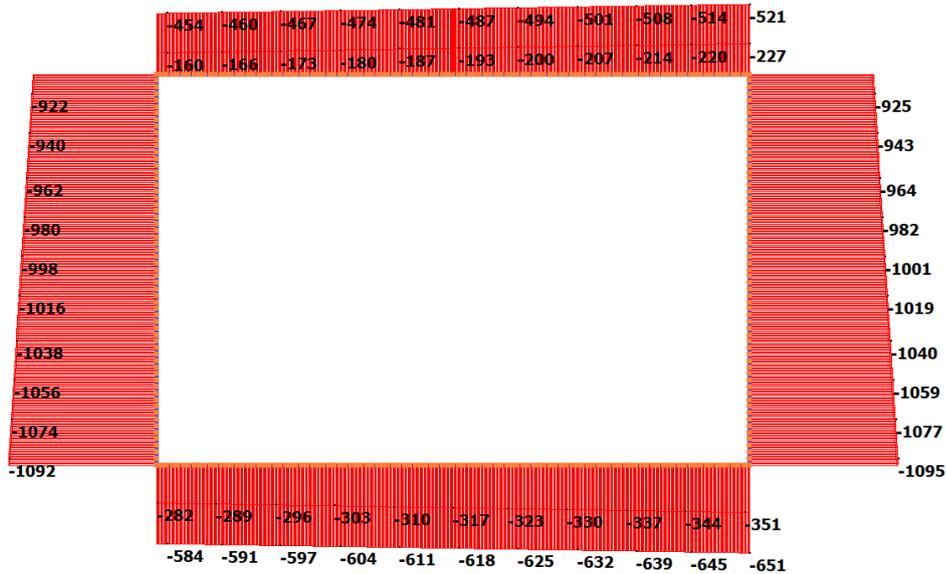


Figura 41: Involuppo azione assiale scatolare GA0B NV03 agli SLV.

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1082	1085

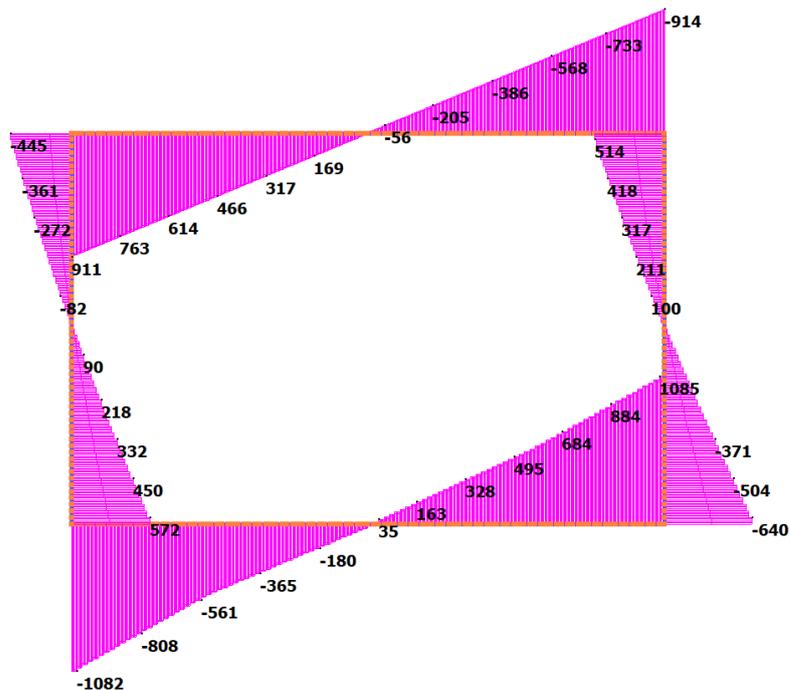


Figura 42: Involuppo azione tagliante scatolare GA0B NV03 agli SLV.

**RELAZIONE DI PREDIMENSIONAMENTO
GALLERIE ARTIFICIALI LOTTO 2**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IR0F	02 R 11	CL	GA0A00001A	0	49 di 52

MIN MAX
BM2(kN.m) -1512 1466

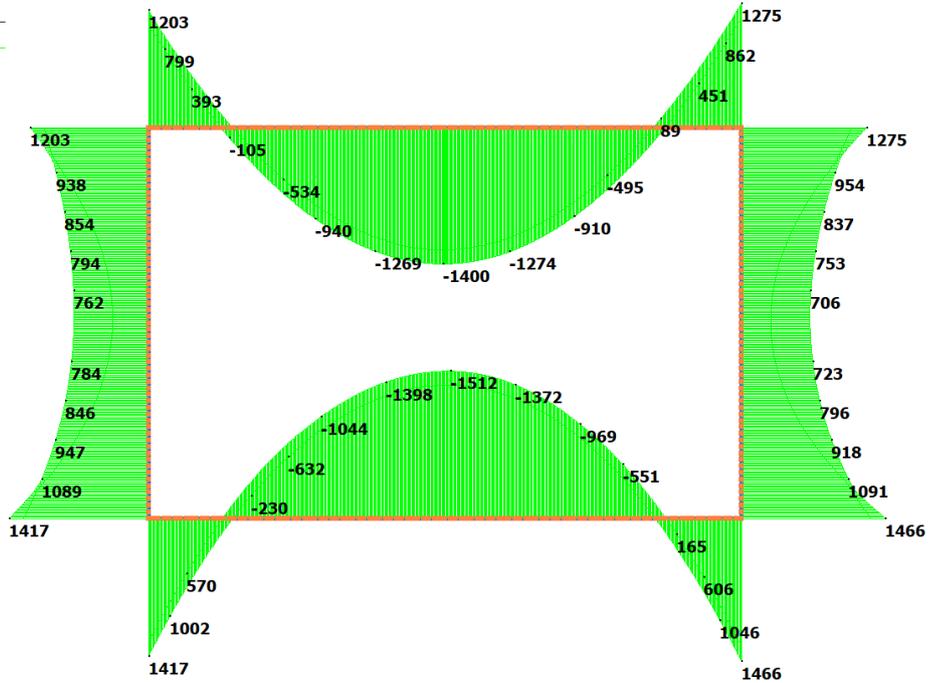
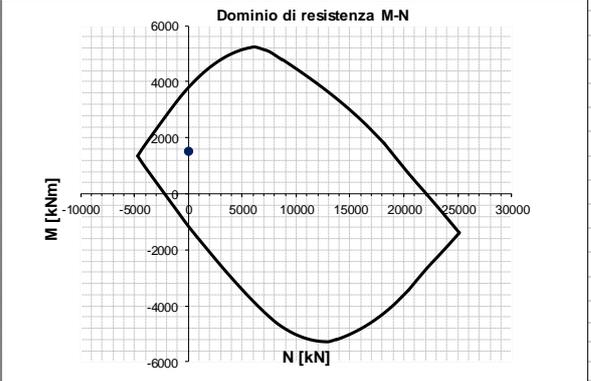


Figura 43: Involuppo momento flettente scatolare GA0B NV03 agli SLV.



12.2.4 Verifiche sezionali

GA0B_NV03_Soletta di fondazione

INPUT					OUTPUT				
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA					VERIFICHE IN ESERCIZIO				
Combinazione	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	V_{sd} [kN]		Verifica Tensionale			σ limit	
SLE Quasi Permanente	-399.0	1574.0	-		Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	α_c [Mpa] =	7.39	12.000	
SLE Frequente	-366.0	1574.0	-		Calcestruzzo SLE Rara	α_c [Mpa] =	5.28	15.000	
SLE Rara	-359.0	1113.0	-		Acciaio SLE Rara	α_s [Mpa] =	111.70	337.500	
SLU	0.0	1536.0	1325.0						
SLV	0.0	1512.0	1040.0		Verifica di fessurazione			w limit	
					Combinazione SLE Quasi permanente	w_d [mm] =	0.180	0.200	
					Combinazione SLE Frequente	w_d [mm] =	0.152	0.300	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.					VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO				
Geometria della sezione					Sollecitazioni di progetto				
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100		Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V_{sd} [kN]	1325.0		
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	120		Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N_{sd} [kN]	0.0		
Altezza utile della sezione		d [cm]	108						
Area di calcestruzzo		A_c [cm ²]	12000		Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica				
					Resistenza di progetto senza armatura specifica	V_{Rd1} [kN]	557.46		
					Coefficiente di sicurezza	V_{Rd1}/V_{sd}	0.42		
Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO		Verifica di resistenza dell'armatura specifica				
Numero Barre	n	10	10	0	CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5		
Diametro	φ [mm]	26	24	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	$V_{Rd2}(\theta)$ [kN]	3000		
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	7.7	17.7	27.7	Resistenza a taglio dell'armatura	$V_{Rd3}(\theta)$ [kN]	1825		
Area strato	A_s [cm ²]	53.09	45.24	0.00	Resistenza a taglio di progetto	V_{Rd} [kN]	1825		
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.913%			Coefficiente di sicurezza	V_{Rd}/V_{sd}	1.38		
Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO		VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE				
Numero Barre	n	5	0	0	Sollecitazioni di progetto			SLU	SLV
Diametro	φ [mm]	24	0	0	Momento sollecitante	M_{sd} [kNm]	1536.0	1512.0	
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	7.6	17.6	27.6	Sforzo Normale concomitante	N_{sd} [kN]	0.0	0.0	
Area strato	A_s' [cm ²]	22.62	0.00	0.00					
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.210%			Verifica di resistenza in termini di momento			SLU	SLV
Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO		Momento resistente	M_{Rd} [kNm]	3810.7	3810.7	
Diametro	φ [mm]	14	0	0	Coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{sd}	2.48	2.52	
Numero bracci	n_{bi}	2.5	0	0					
Passo	s_w [cm]	20	0	0	Verifica di resistenza in termini di sforzo normale			SLU	SLV
Inclinazione	α [deg]	90	90	90	Sforzo normale resistente	N_{Rd} [kN]	-	-	
Area armatura a metro	A_{sw}/s_w [cm ² /m]	19.24	0.00	0.00	Coefficiente di sicurezza	N_{Rd}/N_{sd}	-	-	
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI									
Concrete									
Resistenza cubica a compressione		RCK	37						
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		f_{ck} [Mpa]	30.00						
Resistenza cilindrica media a compressione		f_{cm} [Mpa]	38.00						
Resistenza media a trazione per flessione		f_{ctm} [Mpa]	2.90						
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		f_{ctk} [Mpa]	2.03						
Resistenza di progetto a compressione		f_{cd} [Mpa]	17.00						
Resistenza di progetto delle bielle compresse		f_{cd} [Mpa]	8.98						
Acciaio									
Resistenza di progetto a snervamento		f_{yd} [Mpa]	391.30						

GAOB_NV03_piedritti

INPUT

OUTPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	-915.0	1294.0	-
SLE Frequente	-909.0	1294.0	-
SLE Rara	-908.0	1134.0	-
SLU	0.0	1488.0	265.0
SLV	0.0	1313.0	447.0

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 7.43	12.000
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 6.56	16.500
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 139.86	337.500
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0.196	0.200
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0.170	0.300

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Geometria della sezione		
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	120
Altezza utile della sezione	d [cm]	112
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	12000

Sollecitazioni di progetto		
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	447.0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0

Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	10	0	0
Diametro	φ [mm]	26	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	7.7	17.7	27.7
Area strato	A _s [cm ²]	53.09	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.473%		

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	463.86
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	1.04

Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	
Numero Barre	n	5	0	0
Diametro	φ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	7.4	17.4	27.4
Area strato	A _s ' [cm ²]	15.71	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.140%		

Verifica di resistenza dell'armatura specifica		
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	3128
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	1903
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	1903
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	4.26

Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	
Diametro	φ [mm]	14	0	0
Numero bracci	n _{bi}	2.5	0	0
Passo	s _w [cm]	20	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	19.24	0.00	0.00

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	1488.0	1313.0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0

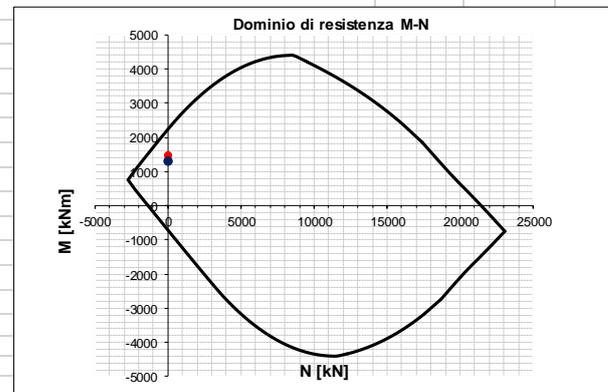
Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	2218.7	2218.7
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	1.49	1.69

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-

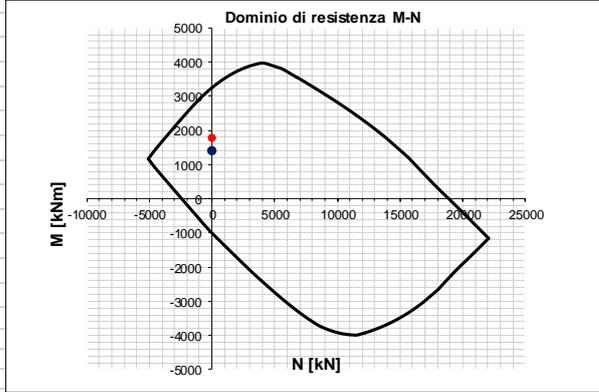
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	37
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	30.00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	38.00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	2.90
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	2.03
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	17.00
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	8.98

Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391.30



GA0A_NV03_Soletta di copertura

INPUT				OUTPUT				
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA				VERIFICHE IN ESERCIZIO				
Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]	Verifica Tensionale			σ limit	
SLE Quasi Permanente	-255.0	1373.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] =	8.76	12.000	
SLE Frequente	-255.0	1373.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] =	8.54	16.500	
SLE Rara	-302.0	1331.0	-	Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] =	169.59	337.500	
SLU	0.0	1765.0	1150.0	Verifica di fessurazione			w limit	
SLV	0.0	1400.0	881.0	Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] =	0.198	0.200	
				Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] =	0.177	0.300	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.				VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO				
Geometria della sezione				Sollecitazioni di progetto				
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	1150.0		
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	100	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0.0		
Altezza utile della sezione		d [cm]	87	Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica				
Area di calcestruzzo		A _c [cm ²]	10000	Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	513.79		
				Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	0.45		
Armatura longitudinale tesa				Verifica di resistenza dell'armatura specifica				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO				
Numero Barre	n	5	5	10	CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5	
Diametro	φ [mm]	26	26	26	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd3} (θ) [kN]	2432	
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	7.7	7.7	17.7	Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	1479	
Area strato	A _s [cm ²]	26.55	26.55	53.09	Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	1479	
Rapporto di armatura	ρ [%]	1.216%			Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	1.29	
Armatura longitudinale compressa				VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO				
Numero Barre	n	5	0	0	Sollecitazioni di progetto	SLU	SLV	
Diametro	φ [mm]	24	0	0	Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	1765.0	1400.0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	7.6	17.6	27.6	Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0.0	0.0
Area strato	A _s ' [cm ²]	22.62	0.00	0.00	Verifica di resistenza in termini di momento	SLU	SLV	
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.259%			Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	3236.9	3236.9
Armatura trasversale				Verifica di resistenza in termini di sforzo normale				
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Diametro	φ [mm]	14	0	0	Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-
Numero bracci	n _{bi}	2.5	0	0				
Passo	s _w [cm]	20	0	0				
Inclinazione	α [deg]	90	90	90				
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	19.24	0.00	0.00				
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI				Dominio di resistenza M-N				
Concrete								
Resistenza cubica a compressione		RCK	37					
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione		f _{ck} [Mpa]	30.00					
Resistenza cilindrica media a compressione		f _{cm} [Mpa]	38.00					
Resistenza media a trazione per flessione		f _{ctm} [Mpa]	2.90					
Resistenza caratteristica a trazione per flessione		f _{ctk} [Mpa]	2.03					
Resistenza di progetto a compressione		f _{cd} [Mpa]	17.00					
Resistenza di progetto delle bielle compresse		f _{cd'} [Mpa]	8.98					
Acciaio								
Resistenza di progetto a snervamento		f _{yd} [Mpa]	391.30					