

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA TRINCEE

TR03 – TRINCEA – GROTTAMINARDA IMBOCCO W DA PROGR. 4+713 A PROGR 4+825
Relazione di calcolo

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello 10/06/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. R. Zanon

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

IF28	01	E	ZZ	CL	TR0300	001	B	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	A. Triglia	21/02/2020	L. Ongaro	21/02/2020	T. Finocchietti	21/02/2020	R. Zanon 10/06/2020
B	Emissione per consegna	A. Triglia	10/06/2020	L. Ongaro	10/06/2020	T. Finocchietti	10/06/2020	

File: IF2801EZZCLTR0300001B

n. Elab.: -

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 2 di 121

Indice

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3	MATERIALI.....	8
3.1	CALCESTRUZZO PER MAGRONE DI RIEMPIMENTO O LIVELLAMENTO	8
3.2	CALCESTRUZZO PER USI STRUTTURALI.....	8
3.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO ORDINARIO.....	8
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	9
5	GEOMETRIA CONCIO 1	10
5.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI CARICO.....	10
5.2	MODELLO DI CALCOLO	10
6	ANALISI DEI CARICHI	13
6.1	PESO PROPRIO (G1)	13
6.2	PESO PORTATO (G2).....	13
6.3	SPINTA DEL TERRENO	13
6.4	SOVRACCARICO PERMANENTE	14
6.5	SPINTA ORIZZONTALE FALDA.....	14
6.6	CARICHI VARIABILI.....	14
6.6.1	COEFFICIENTE DI INCREMENTO DINAMICO	14
6.6.2	LARGHEZZA DIFFUSIONE TRAVERSINA.....	14
6.6.3	SOVRACCARICHI MOBILI	14
6.6.4	FORZA CENTRIFUGA.....	16
6.6.5	SERPEGGIO	17
6.6.6	SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RILEVATO	17
6.7	AZIONI SISMICHE	17
6.7.1	SPINTA DELLE TERRE IN FASE SISMICA.....	19
6.7.2	SPINTA ORIZZONTALE FALDA IN CONDIZIONI SISMICHE.....	19
6.7.3	FORZE SISMICHE ORIZZONTALI.....	20
6.7.4	FORZE SISMICHE TRENO ORIZZONTALI.....	20
6.8	AZIONE TERMICA.....	20
7	CARICHI ELEMENTARI	21
8	ANALISI DEI CARICHI	21
9	CALCOLO SOLLECITAZIONI	22

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 3 di 121

10 VERIFICHE STRUTTURALI	22
10.1 PIEDRITTO.....	22
10.1.1 PIEDRITTO SEZIONE (+0,00M) 190X100	22
10.1.2 PIEDRITTO SEZIONE (+4,00M) 190X100	28
10.1.3 ARMATURA IN DIREZIONE LONGITUDINALE (RITIRO).....	34
10.2 FONDAZIONE	35
10.2.1 FONDAZIONE ESTREMITÀ SEZIONE 190X100.....	35
10.2.2 FONDAZIONE MEZZERIA SEZIONE 190X100.....	41
11 VERIFICHE A DEFORMAZIONE.....	47
12 SCHEMA ARMATURE	48
13 GEOMETRIA CONCIO 2 E 3	49
13.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI CARICO.....	49
13.2 MODELLO DI CALCOLO	49
14 ANALISI DEI CARICHI	52
14.1 PESO PROPRIO (G1)	52
14.2 PESO PORTATO (G2).....	52
14.3 SPINTA DEL TERRENO	52
14.4 SOVRACCARICO PERMANENTE	52
14.5 SPINTA ORIZZONTALE FALDA.....	52
14.6 CARICHI VARIABILI.....	52
14.6.1 COEFFICIENTE DI INCREMENTO DINAMICO	52
14.6.2 LARGHEZZA DIFFUSIONE TRAVERSINA.....	53
14.6.3 SOVRACCARICHI MOBILI	53
14.6.4 FORZA CENTRIFUGA.....	54
14.6.5 SERPEGGIO	55
14.6.6 SPINTA DEL SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL RILEVATO	56
14.7 AZIONI SISMICHE	56
14.7.1 SPINTA DELLE TERRE IN FASE SISMICA	58
14.7.2 SPINTA ORIZZONTALE FALDA IN CONDIZIONI SISMICHE.....	58
14.7.3 FORZE SISMICHE ORIZZONTALI.....	58
14.7.4 FORZE SISMICHE TRENO ORIZZONTALI.....	58
14.8 AZIONE TERMICA	59
15 CARICHI ELEMENTARI	60
16 ANALISI DEI CARICHI	60
17 CALCOLO SOLLECITAZIONI.....	61

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 4 di 121

18 VERIFICHE STRUTTURALI	61
18.1 PIEDRITTO.....	61
18.1.1 PIEDRITTO SEZIONE (+0,00M) 100x100	61
18.1.2 PIEDRITTO SEZIONE (+3.70M) 100x100	67
18.1.3 ARMATURA PER RITIRO.....	73
18.2 FONDAZIONE	75
18.2.1 FONDAZIONE ESTREMITÀ SEZIONE 120x100.....	75
18.2.2 FONDAZIONE MEZZERIA SEZIONE 120x100.....	81
19 VERIFICHE A DEFORMAZIONE.....	87
20 SCHEMA ARMATURE	88
21 MARCIAPIEDI.....	89
22 MATERIALI.....	89
22.1 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA PER ELEVAZIONI.....	89
22.2 ACCIAIO PER C.A.	89
22.3 ACCIAIO PER TIRAFONDI.....	90
23 CODICE DI CALCOLO	90
24 DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	91
24.1 GEOMETRIA E MODELLO.....	91
24.2 ANALISI DEI CARICHI	93
24.2.1 CONDIZIONI DI CARICO:	93
25 COMBINAZIONI DI CARICO	101
26 VERIFICHE	102
26.1.1 VERIFCHE SLU	105
27 SEZIONE IN CORRISPONDENZA DEL PALO T.E.....	108
27.1 CASI DI CARICO CONSIDERATI.....	109
27.2 CONDIZIONI DI CARICO CONSIDERATE	109
27.3 AZIONI ALLA BASE DEL PALO	110
27.4 SEZIONI VERIFICATE	114
27.5 RISULTATI	114
27.5.1 VERIFCHE SLU	117
27.5.2 VERIFCA TIRAFONDI	120
28 SINTESI ARMATURE	121

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 5 di 121

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto l'analisi strutturale dei muri ad U che si sviluppano in uscita dell'imbocco della GA01 – Galleria Grottaminarda lato Napoli -1° lotto funzionale Apice – Hirpinia , tratta Apice – Orsara. Questo muro ad U ha due conci; la larghezza netta interna della sezione trasversale è costante e pari a 15.10 m. Lungo il primo concio i piedritti e la fondazione hanno uno spessore di 1.90 m invece lungo il secondo concio i piedritti sono di spessore 1.00 m, con la fondazione di spessore 1.20 m.

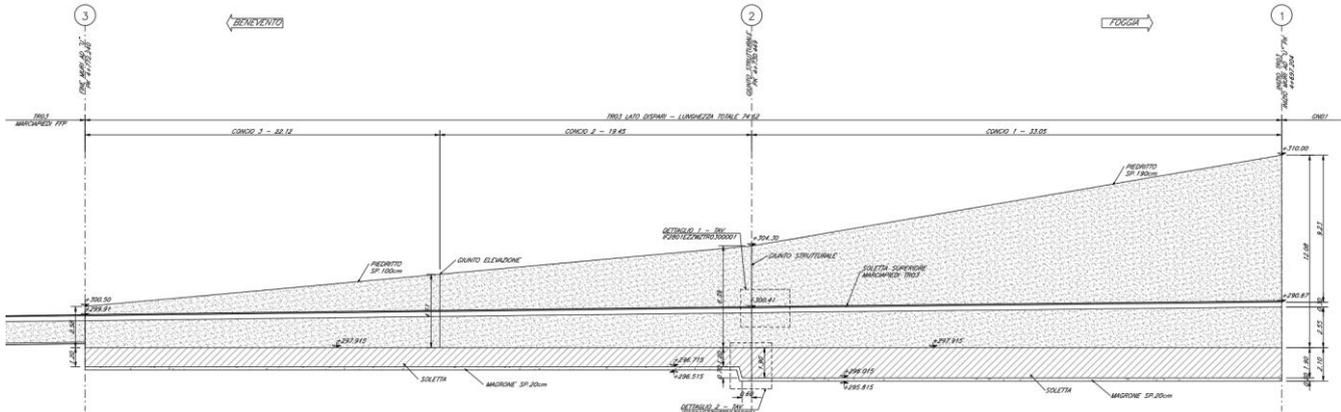


Figura 1-1: Profilo muro lato nord – lato binario dispari

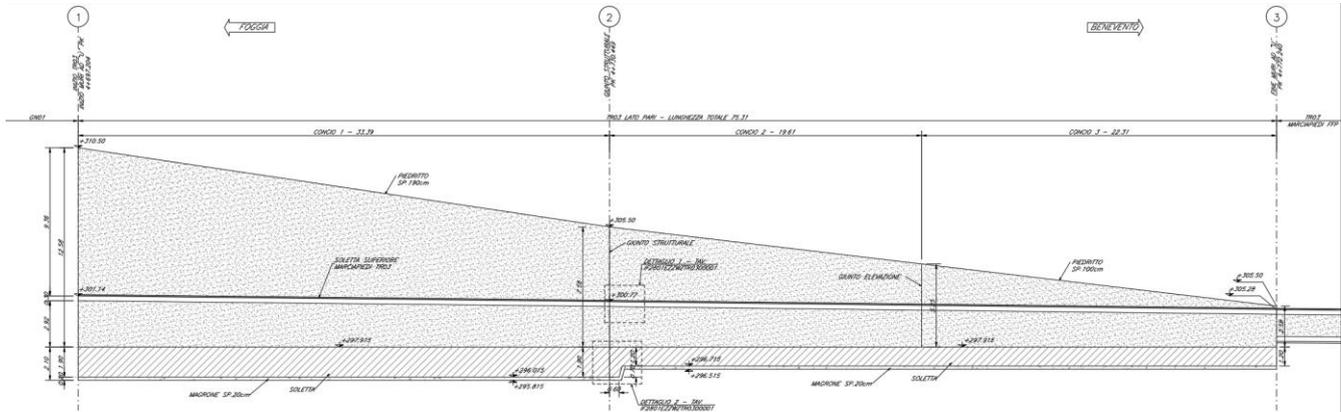


Figura 1-2: Profilo muro lato sud – lato binario pari

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 7 di 121

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative ed è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS:

- “Istruzione per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari” (rif. RFI-DTC-ICI-PO-SP-INF-001-A);
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l’Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 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;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21/10/2003;
- Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni,prestazioni,produzione e conformità;

UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 8 di 121

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PER MAGRONE DI RIEMPIMENTO O LIVELLAMENTO

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di tipo G classe di esposizione X0 e classe di resistenza minima C12/15.

3.2 CALCESTRUZZO PER USI STRUTTURALI

Calcestruzzo che viene impiegato per tombini e muri ad U armati con classe di esposizione ambientale XA1, prevede una classe di resistenza minima:

Fondazioni

C28/35 MPa

Resistenza a compressione (cilindrica)	$\rightarrow f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	= 28.00 MPa
Valor medio resistenza cilindrica a compressione	$\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 36.00 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	$\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	= $0.85 \cdot f_{ck} / 1.5$ = 15.87 MPa
Resistenza di calcolo a compressione elastica	$\rightarrow \sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck}$	= 16.80 MPa
Resistenza a trazione media	$\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	= 2.76 MPa
Resistenza a trazione	$\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	= 1.94 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	$\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.29 MPa
Ricoprimento minimo	\rightarrow	$c \geq 50\text{mm}$

Elevazioni

C32/40 MPa

Resistenza a compressione (cilindrica)	$\rightarrow f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$	= 32.00 MPa
Valor medio resistenza cilindrica a compressione	$\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 40.00 MPa
Resistenza di calcolo a compressione	$\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	= $0.85 \cdot f_{ck} / 1.5$ = 18.13 MPa
Resistenza di calcolo a compressione elastica	$\rightarrow \sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck}$	= 19.20 MPa
Resistenza a trazione media	$\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$	= 3.02 MPa
Resistenza a trazione	$\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$	= 2.12 MPa
Resistenza a trazione di calcolo	$\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.41 MPa
Ricoprimento minimo	\rightarrow	$c \geq 50\text{mm}$

3.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO ORDINARIO

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

Limite di snervamento	\rightarrow	f_y	$\geq 450\text{MPa}$
Limite di rottura	\rightarrow	f_y	$\geq 540\text{MPa}$
Allungamento totale al carico massimo			$\geq 7\%$
Rapporto f_t/f_y			$1,13 \leq R_m/Re \leq 1,35$
Rapporto f_y misurato/ f_y nom			$\leq 1,25$
Tensione di snervamento caratteristica	\rightarrow	f_{yk}	$\geq 450\text{ MPa}$
Tensione caratteristica a rottura	\rightarrow	f_{tk}	$\geq 540\text{ MPa}$
Tensione di calcolo elastica	\rightarrow	σ_c	$= 0.80 \cdot f_{yk}$ $= 360.00\text{ MPa}$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 9 di 121

Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ MPa}$

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Dal profilo geotecnico (doc. IF2801EZZF6OC0101002A) si evince che l'opera insiste sul terreno denominato FYR corpo di frana.

Questo terreno ha le seguenti caratteristiche:

pes specifico del terreno $\gamma = (19+21)/2 = 20 \text{ kN/m}^3$

angolo d'attrito del terreno $\phi = (18+23)/2 = 20^\circ$

Modulo elastico $E = (40+100)/2 = 70 \text{ 000 MPa}$

Si riporta la tabella del modello geotecnico.

Tratta all'aperto da pk 4+680 a pk 4+950 - Sponda idrografica sx, lato galleria GM

Unità		FYR - corpo di frana	FYRc	FYRc
Intervallo profondità da p.c.			< 20m	> 20m
Proprietà	u.m.	range	range	range
γ	kN/m ³	19+21	19.5+22	19.5+22
wN	%	15+25	10+25	10+26
LL	%	50+65	40+75	40+76
LP	%	18+32	20+30	20+30
IP	%	30+40	20+45	20+45
c'	kPa	10+20	15+20	20+30
ϕ'	°	18+23	22+24	20+22
c' residui	kPa	0+5	-	-
ϕ' residui	°	18+23	-	-
Cu	kPa	80 ÷ 180	150+400	250+500
E0	MPa	200+500 (*)	500+1200 (*)	1200+3000 (**)
E0/5	MPa	40+100 (*)	100+240(*)	240+600(**)
E0/10	MPa	20+50(*)	50+120(*)	120+300 (**)
k	m/s	$3 \cdot 10^{-7} \div 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-8} \div 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-8} \div 5 \cdot 10^{-5}$

(*) indica aumento lineare con la profondità

(**) indica aumento lineare con la profondità fino ai 35 m, successivamente si assume un valore costante pari a 3000 Mpa

Tabella 9-2 – Sintesi parametrizzazione geotecnica - Tratta all'aperto da pk 4+680 a pk 4+950

Per maggiori indicazioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'opera in esame si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale (doc. IF2801EZZRBOC0101001B).

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 10 di 121

5 GEOMETRIA CONCIO 1

Il concio 1 del muro ad U è lungo 23.30 m, i muri di questo hanno un'altezza variabile da 12.59 – 7.58 m (lato sud) e 12.08 – 6.39 m (lato nord).

Si riporta di seguito la verifica di questo muro per un'altezza di $\frac{6}{7}(12.59-7.58)+7.58=11.87$ m

Si calcola il concio 1 con un'altezza del paramento pari a 11.90m

5.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI CARICO

1° concio

Altezza (schema strutturale)	→	h	12.85 m (11.90+0.95)
Larghezza (schema strutturale)	→	L	17.00 m (15.10+0.95+0.95)
Lunghezza concio	→	l	23.30 m
Profondità striscia di telaio	→	b	1.00 m
Spessore soletta inferiore si	→	si	1.90 m
Spessore muri sp	→	sp	1.90 m

Dati relativi al rilevato ferroviario

Ricoprimento e pendenze (escluso ballast)	→	sr (valore medio)	1.08 m
Peso per unità di volume ricoprimento	→	γ	24.00 kN/m ³
Peso ballast (in curva)	→	γ	20.00 kN/m ³
Spessore armamento compresa traversina	→	s (valore medio)	0.673 m
Lunghezza traversina	→	L _{tr}	2.40 m
Larghezza traversina	→	L _{ong}	0.25 m

5.2 MODELLO DI CALCOLO

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di un telaio analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti Sofistik "Service Pack 2018-11 Build 6".

Il telaio schematizzato (si vedano le figure seguenti) è composto da beam elements raggruppati in gruppi e da 19 nodi. Tale telaio viene descritto attraverso le linee d'asse delle singole membrature e pertanto, le aste del modello avranno lunghezza pari alla dimensione netta interna maggiorate della metà degli spessori delle aste adiacenti.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler.

Terreno di fondazione

Modulo di Young del terreno	E=70000 kN/m ²
dimensione trasversale compresa dei muri	b _t =18.90 m
dimensione longitudinale dell'opera	b _l = 1.00m

Si applica la formulazione di Vogt per definire la molla elastica distribuita sul beam di fondazione:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b t^2 \cdot b l}}$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 11 di 121

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale

$$K_v = 13121 \text{ kN/m}^3$$

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle poste ai nodi sotto i piedritti:

$$K_{v1-4} = 2 \times K_v \times s_p = 2 \times 13121 \times 1.90 = 49859.8 \text{ kN/m}$$

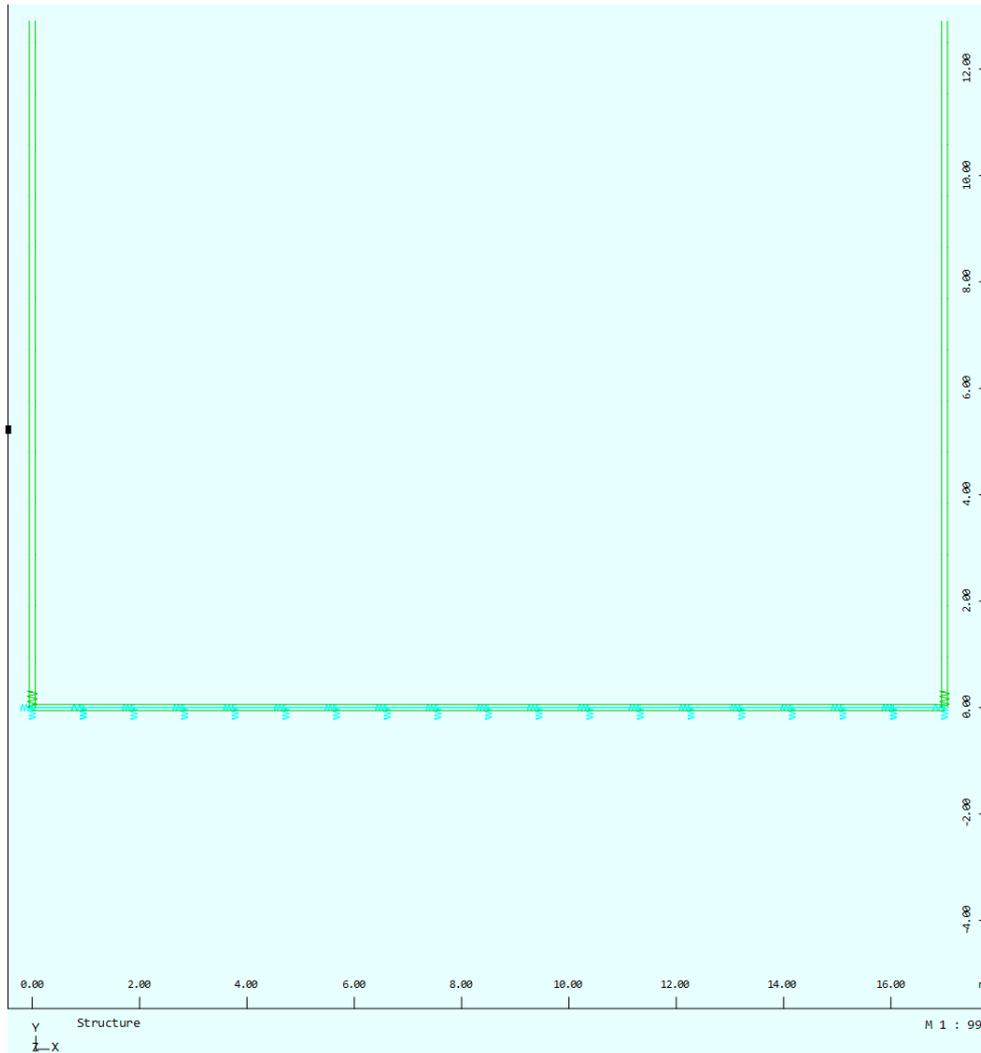


Figura 5-1: Sezione trasversale muro ad U – distribuzione molle

Agli effetti delle caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

-una sezione rettangolare $b \times h = 1.00\text{m} \times 1.9\text{m}$ per la soletta di fondazione

-una sezione rettangolare $b \times h = 1.00\text{m} \times 1.9\text{m}$ per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0.3} = 33345.76 \text{ MPa}$: modulo elastico del cls ($R_{ck} = 40\text{N/mm}^2$) Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle figure seguenti.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 12 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

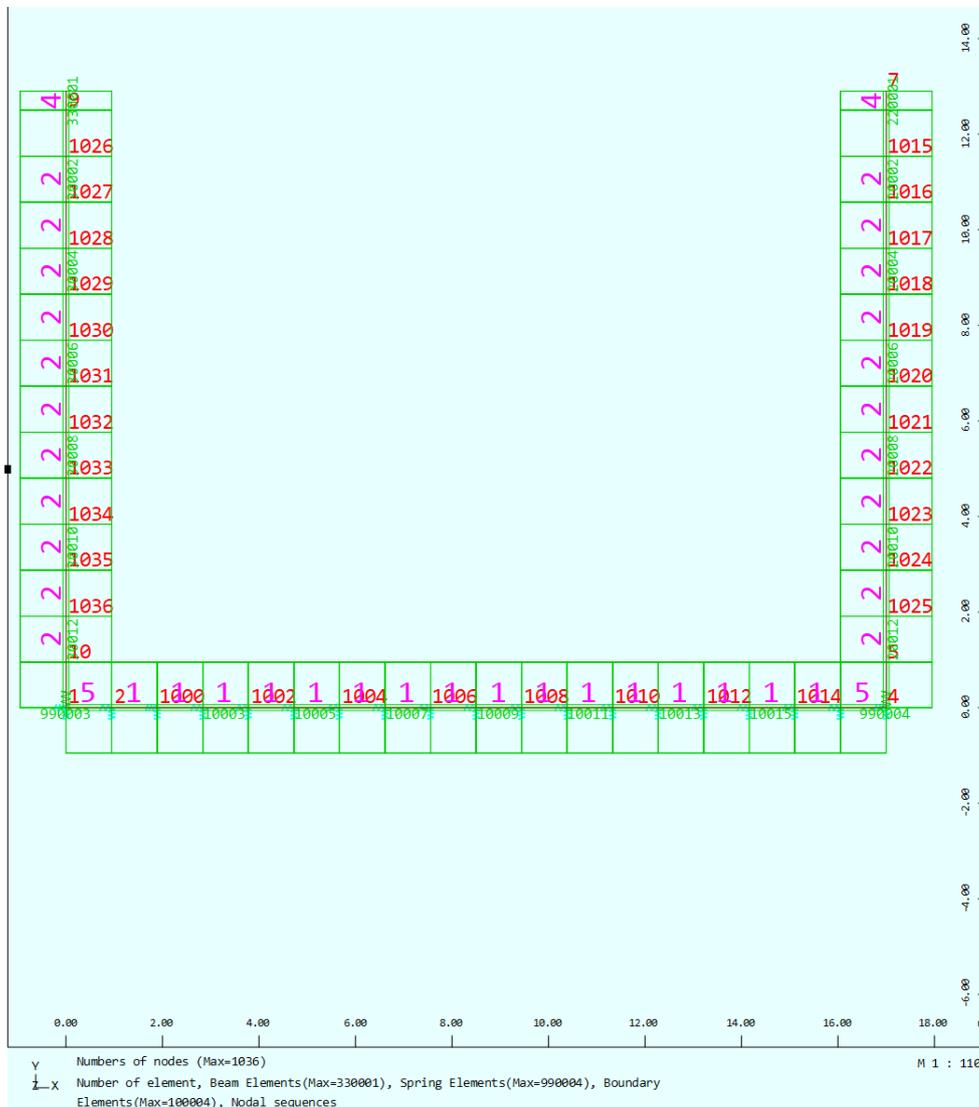


Figura 5-2: Sezione trasversale muro ad U – Nodi

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 13 di 121

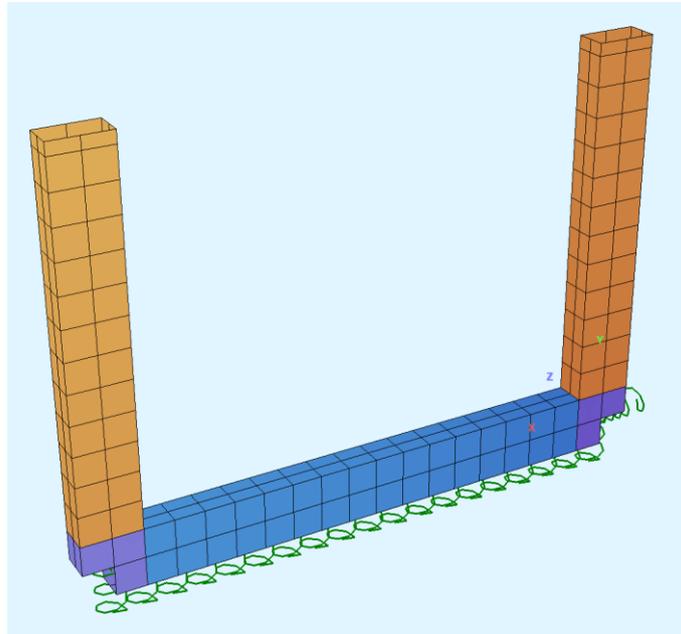


Figura 5-3: Sezione trasversale muro ad U –vista 3D

6 ANALISI DEI CARICHI

6.1 PESO PROPRIO (G1)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$.

6.2 PESO PORTATO (G2)

Il peso portato comprende il pacchetto di armamento:

Ricoprimento e pendenze	$G_{2,1} = 24.00 \times 1.08 = 25.92 \text{ kN/m}^2$
Peso ballast (in curva)	$G_{2,2} = 20.00 \times 0.673 = 13.46 \text{ kN/m}^2$
Totale	$G_2 = 39.38 \text{ kN/m}^2$

6.3 SPINTA DEL TERRENO

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo con:

Terreno ai lati dei muri

Peso per unità di volume	γ	20.00 kN/m ³
Angolo d'attrito	Φ	20.00 °
Coefficiente di spinta a riposo	K_0	0.66

Tali parametri si traducono ad un diagramma di pressioni triangolare ($p_h = k_0 \cdot \gamma_t \cdot z$) da applicare sui paramenti verticali con valori di:

testa: 0 kN/m²

Piede: 170.28 kN/m²

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 14 di 121

6.4 SOVRACCARICO PERMANENTE

Sui muri laterali si considera uno spessore di ricoprimento di 1.00m con $\gamma = 19.00\text{kN/m}^3$; questo sovraccarico da un ulteriore spinta sui muri di valore:

$$q = \gamma \times k_0 = 12.56 \text{ kN/m}^2$$

6.5 SPINTA ORIZZONTALE FALDA

Poiché sono previsti dei dreni, la spinta idrostatica risulta essere assente.

6.6 CARICHI VARIABILI

6.6.1 Coefficiente di incremento dinamico

Si considera il caso di portale a luce singola, per il quale vale la seguente espressione:

$$L_m = \frac{1}{n} \times (L_1 + L_2 + L_3)$$

in cui $n=3$.

Considerando le linee d'asse risulta:

$L_1 = 11.90 \text{ m}$ altezza piedritto di sinistra

$L_2 = 23.30 \text{ m}$ lunghezza solettone

$L_3 = 10.20 \text{ m}$ altezza piedritto di destra

$L\Phi = k \times L_m = 11.90 \text{ m}$ con $k = 1.3$.

Il coefficiente di incremento dinamico risulta pari a (linea con ridotto standard manutentivo):

$$\Phi_3 = 0.9 \times \left(\frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73 \right) = 1.12$$

6.6.2 Larghezza diffusione trasversina

La diffusione trasversale dei carichi è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversa, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast, nel terreno, nel massetto (4:1) e nel solettone di fondazione (45°).

Quindi si ottiene una diffusione in senso trasversale di 5.17m.

6.6.3 Sovraccarichi mobili

Caso di carico LM71

In conformità alla normativa di riferimento (N.T.C.2008 §5.2.2.3.1), si prendono in considerazione i seguenti carichi verticali per il treno di carico LM 71:

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60m;
- carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Stiamo considerando 1m di profondità della striscia di telaio quindi in questo 1m dobbiamo considerare sollo 1 carico $Q_{vk} = 250 \text{ kN}$.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 15 di 121

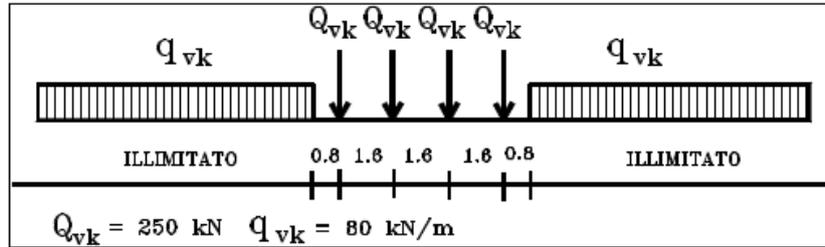


Figura 6-1: Treno di carico LM71

Il modello di carico LM71 è costituito dalla presenza del locomotore con gli assi da 250 kN disposti ad interasse longitudinale pari ad 1.60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m. Il coefficiente di adattamento è pari a 1.1.

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.1$$

$$\Phi_3 = 1.12$$

Il carico complessivo Q agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

$$Q = 250.00 \text{ kN}$$

$$Q^* = 37.23 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 80.00 \text{ kN/m}$$

$$q^* = 11.92 \text{ kN/m}^2$$

Caso di carico SW2

Secondo quanto riportato nella normativa di riferimento (N.T.C.2008 §5.2.2.3.1) si prendono in considerazione i seguenti carichi verticali per il treno di carico SW2.

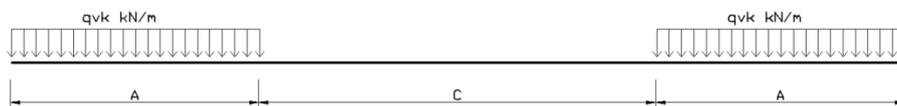


Fig. 5.2.2 Modelli di carico SW

Figura 6-2: Treno di carico SW2

Il modello di carico SW2 è costituito da un doppio carico distribuito di 150 kN/m di lunghezza longitudinale pari 7.00m e distanziati tra di loro di 25.00m. Il coefficiente di adattamento è pari a 1.0

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0$$

$$\Phi_3 = 1.12$$

Tipo di carico	Q_{vk} [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15,00	5,30
SW/2	150	25,00	7,00

Tab. 5.2.1. Caratteristiche modelli di carico SW

Il carico complessivo q per il treno SW2 agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

$$q = 150 \text{ kN/m}$$

$$q^* = 20.31 \text{ kN/m}^2$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>16 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	16 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	16 di 121								

Per entrambi i casi di carico si è definita un'eccentricità del carico l'eccentricità è data da

$$e = s/18$$

$$s = 1.435$$

$$e = 1.435/18 = 0.08 \text{ m.}$$

Carico a farfalla che si aggiunge per effetto dell'eccentricità del carico vale:

$$Q_{LM71} = (6 \times 0.08 \times 37.23)/1.60 = 11317 \text{ kN/m}$$

$$Q_{sw2} = (6 \times 0.08 \times 18.13)/1.60 = 6.09 \text{ kN/m}$$

6.6.4 Forza centrifuga

Nel caso di strutture ferroviarie al di sopra delle quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione del tratto in curva.

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F..

I calcoli si basano sulla massima velocità compatibile con il tracciato della linea. Ove siano considerati gli effetti dei modelli di carico SW, si assumerà una velocità di 100 km/h.

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determinerà in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot \alpha Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot \alpha q_{vk})$$

Dove:

- Q_{tk} - q_{tk} = valore caratteristico della forza centrifuga [kN - kN/m];
- Q_{vk} - q_{vk} = valore caratteristico dei carichi verticali [kN - kN/m];
- α = coefficiente di adattamento;
- v = velocità di progetto espressa in m/s;
- V = velocità di progetto espressa in km/h; V=200 km/h
- f = fattore di riduzione; f=1
- g = accelerazione di gravità in m/s²;
- r = è il raggio di curvatura in m. r=2770m

La forza centrifuga sarà sempre combinata con i carichi verticali supposti agenti nella generica configurazione di carico, e non sarà incrementata dai coefficienti dinamici.

Si riporta nella tabella il valore di carico agente:

V=	200	km/h
f=	1	
r=	2770	m
g=	9.81	m/s ²
α	1.1	
Qvk	250	kN
larghezza diff. 1	5.17	m
larghezza diff. 2	1.6	m
Qtk=	3.78	kN/m ²

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 17 di 121

6.6.5 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a $Q_{sk}=100$ kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α (se $\alpha > 1$), ma non per il coefficiente di incremento dinamico Φ .

Il carico del treno nel caso di LM71 è:

$$Q_{sk}=100 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = \alpha \times 100 / (1.6 \times 5.17) = 13.30 \text{ kN/m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h=2.17+0.95=3.12$ m

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

$$F=6 \times q^* \times h / L_{tr} = 48.16 \text{ kN/m}$$

$L_{tr} = 5.17$ m lunghezza di diffusione trasversale.

Il carico del treno nel caso di SW2 è:

$$Q_{vk}=100 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = 100 / (1.6 \times 5.17) = 12.09 \text{ kN/m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h=2.20+0.95=3.15$ m

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

$$F=6 \times q^* \times h / L_{tr} = 43.77 \text{ kN/m}$$

$L_{tr} = 5.17$ m lunghezza di diffusione trasversale.

6.6.6 Spinta del sovraccarico accidentale sul rilevato

Ai lati del muro si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del sovraccarico accidentale di 5 kN/m^2 calcolato come $k_0 \times q = 2.20 \text{ kN/m}^2$.

6.7 AZIONI SISMICHE

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto §7.9.2. delle NTC, assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento PVR in funzione dello stato limite considerato:

- la vita nominale (V_N) dell'opera.
- la classe d'uso.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 18 di 121

• il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.
Per l'opera in esame si ha:

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	<input type="text" value="75"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U	<input type="text" value="1.5"/>	info
Valori di progetto		
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	<input type="text" value="112.5"/>	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info
Stati limite di esercizio - SLE	<ul style="list-style-type: none"> SLO - $P_{VR} = 81\%$ <input type="text" value="68"/> SLD - $P_{VR} = 63\%$ <input type="text" value="113"/> 	
Stati limite ultimi - SLU	<ul style="list-style-type: none"> SLV - $P_{VR} = 10\%$ <input type="text" value="1068"/> SLC - $P_{VR} = 5\%$ <input type="text" value="2193"/> 	

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g, F_0, T_c^*) per gli stati limite di normativa sono:

Coordinate geografiche del sito:

- Latitudine = 41.0510°
- Longitudine = 15.0224°

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.098	2.325	0.318
SLD	113	0.129	2.316	0.333
SLV	1068	0.381	2.287	0.415
SLC	2193	0.500	2.353	0.430

- a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.381 g
F_0	2.287
T_c^*	0.415 s
S_s	1.177
C_c	1.404
S_t	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.177
η	1.000
T_B	0.194 s
T_C	0.582 s
T_D	3.125 s

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 19 di 121

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

		a_{max}
TR	68	0.115
TR	113	0.152
TR	1068	0.448
TR	2193	0.589

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove

- $a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità;

Essendo la struttura non scatolare, ma che presenta muri molto alti e snelli, si suppone che la struttura si comporti come una paratia e quindi che ammetta spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore 0.50.

Pertanto, si ottiene:

		K_h	K_v
TR	68	0.058	0.029
TR	113	0.076	0.038
TR	1068	0.224	0.112
TR	2193	0.294	0.147

6.7.1 Spinta delle terre in fase sismica

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (par. 7.11.6.2.1 D.M. 14.01.08), sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni; l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato attraverso la trattazione di WOOD valida per pareti che accettano piccoli spostamenti:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

e va a sommarsi alle condizioni statiche valutate in condizioni di spinta a riposo.

Il punto di applicazione della spinta che interessa lo scatolare è posto $h_{scat} / 2$, con "h_{tot}" altezza dal piano di progetto alla fondazione dello scatolare e h_{scat} l'altezza dello scatolare.

Essendo "ΔP_d" la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul paramento verticale.

$$\Delta p = (a_g/g) \cdot S \cdot S_s \cdot \gamma \cdot H = 57.79 \text{ kN/m}^2 \quad \text{WOOD (SLV)}$$

6.7.2 Spinta orizzontale falda in condizioni sismiche

Assente.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 20 di 121

6.7.3 Forze sismiche orizzontali

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri. Le masse sismiche sono valutate considerando le azioni dovute al carico ferroviario con coefficiente pari a 0.2.

Forze d'inerzia orizzontali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV
 $F_{0, montante} = \pm 10.64 \text{ kN/m}^2$

6.7.4 Forze sismiche treno orizzontali

Poiché il baricentro dei convogli ferroviari risulta essere spostato alla quota di 1.80m dal piano del ferro, nel caso di sisma si suppone che tale massa crei delle sovrappressioni sulla fondazione, pressioni date dalla massa per il braccio che è la distanza tra il baricentro e l'asse della soletta di fondazione.

Il carico del treno nel caso di LM71 è:

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = 250 / (1.6 \times 5.17) = 30.22 \text{ kN/ m}^2$$

Valore che va moltiplicato per il coefficiente sismico orizzontale k_h :

$$q = k_h \times Q_{vk}^* = 30.22 \text{ kN/m}^2 \text{ di cui } q^* = k_h \times q = 0.224 \times 30.22 = 6.77 \text{ kN/m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h = 3.95 + 0.95 = 4.90 \text{ m}$

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

$$F = 6 \times q^* \times h / L_{tr} = 38.50 \text{ kN/m}$$

$L_{tr} = 5.17 \text{ m}$ lunghezza di diffusione trasversale.

Il carico del treno nel caso di SW2 è:

$$Q_{vk} = 150 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = 150 / (1.6 \times 5.17) = 18.13 \text{ kN/ m}^2$$

Valore che va moltiplicato per il coefficiente sismico orizzontale k_h :

$$q = k_h \times Q_{vk}^* = 18.13 \text{ kN/m}^2 \text{ di cui } q^* = k_h \times q = 0.224 \times 18.13 = 4.06 \text{ kN/m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h = 3.95 + 0.95 = 4.90 \text{ m}$

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

$$F = 6 \times q^* \times h / L_{tr} = 23.10 \text{ kN/m}$$

$L_{tr} = 5.17 \text{ m}$ lunghezza di diffusione trasversale.

6.8 AZIONE TERMICA

Poiché la struttura è isostatica, nel caso di variazioni termiche è libera di deformarsi senza che vengano a crearsi delle sovra tensioni interne.

A tal proposito l'azione termica è trascurabile.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 21 di 121

7 CARICHI ELEMENTARI

PP	PESO PROPRIO
PERM	CARICHI PERMANENTI (ricoprimento + massetto)
BALLAST	BALLAST
STX - STD	SPINTA DELLE TERRE SU PIEDRITTI
ACC	SPINTA CARICHI VARIABILI A TERGO OPERA (accidentale)
ACC1-ACC2	CARICHI VARIABILI VERTICALI SU OPERA (LM71 e SW2)
SASX- SADX- SASXLM71	SPINTA CARICHI VARIABILI SU PIEDRITTI
SP	SERPEGGIO
CF	CENTRIFUGA
SISSX	SOVRASPINTE SISMICHE (terre)
INERZIEH	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI
INERZIEH TR	AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI (massa treno)

8 ANALISI DEI CARICHI

Per le verifiche si adotta la combinazione delle azioni fondamentale SLU tratta dal § 2.5.3 NTC 2008:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}..$$

I valori dei coefficienti da utilizzare sono stati adottati seguendo il vigente D.M. 2008 §5.1.3.12 secondo le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI., §6.2.3.1.1 secondo le tabelle 6.2.I, 6.2.II e §6.4.2.1 secondo la tabella 6.4.I.

In particolare, sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- STR) $\rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

- Rara) $\rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
- Frequente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
- Quasi permanente) $\rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è:

Combinazione sismica $\rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Le azioni, vengono moltiplicati per i coefficienti parziali di sicurezza che sono indicati in tabella.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 22 di 121

Tabella 1: Valori dei coefficienti di combinazione

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

9 CALCOLO SOLLECITAZIONI

Il calcolo delle sollecitazioni è stato svolto con il software di calcolo sofistik, vedasi Allegato 1 TR03_concio1.

10 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

10.1 PIEDRITTO

10.1.1 Piedritto sezione (+0,00m) 190x100

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

100x190 cm

Armatura verticale

10 ϕ 26 layer 1 lato terreno

10 ϕ 26 layer 2 lato terreno

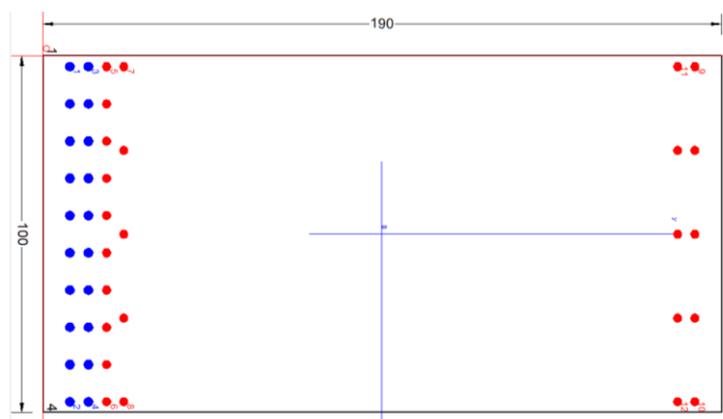
10 ϕ 24 layer 3 lato terreno

5 ϕ 24 layer 1 lato interno

5 ϕ 24 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 14/20x40



APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 23 di 121

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	21.330	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	190.0
3	100.0	190.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	7.5	26
2	97.0	7.5	26
3	3.0	12.7	26
4	97.0	12.7	26
5	3.0	17.8	24
6	97.0	17.8	24
7	3.0	22.6	24
8	97.0	22.6	24
9	3.0	182.6	24
10	97.0	182.6	24
11	3.0	177.8	24
12	97.0	177.8	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>24 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	24 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	24 di 121								

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	26
2	3	4	8	26
3	5	6	8	24
4	7	8	3	24
5	9	10	3	24
6	11	12	3	24

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	563.00	6366.00	0.00	0.00	0.00
2	563.00	9478.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	563.00	4861.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	563.00	4803.00 (2793.99)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 25 di 121

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	563.00	4628.00 (2798.24)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	563.00	6366.00	0.00	562.95	11609.87	0.00	1.82	174.0(33.2)
2	S	563.00	9478.00	0.00	562.95	11609.87	0.00	1.22	174.0(33.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.178	100.0	190.0	0.00270	97.0	182.6	-0.01619	3.0	7.5
2	0.00350	0.178	100.0	190.0	0.00270	97.0	182.6	-0.01619	3.0	7.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000107864	-0.016994141	0.178	0.700
2	0.000000000	0.000107864	-0.016994141	0.178	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 26 di 121

Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.05	0.0	190.0	-176.4	97.0	7.5	3450	174.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =8.05 Mpa	Apert. fessure = 0.092 mm
Sc limite =19.20 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =143 mm
Sf min =-176.43 Mpa	Area efficace =3450 cm ²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
coeff = -0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.96	0.0	190.0	-174.2	97.0	7.5	3450	174.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00093	0	0.500	25.2	17	0.00064 (0.00052)	143	0.091 (0.20)	2793.99	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.68	0.0	190.0	-167.3	97.0	7.5	3450	174.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00089	0	0.500	25.2	17	0.00068 (0.00050)	143	0.097 (0.20)	2798.24	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 27 di 121

10.1.1.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta a ridosso del piedritto e si prevedono degli spilli $\Phi 14/20 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 1900$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 100$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa resist. caratteristica	Armadura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset \text{ } 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 10 \text{ } \emptyset \text{ } 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$d = 1800$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 15 \text{ } \emptyset \text{ } 24$	$= 67.86 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa resist. di calcolo		

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -734.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 1904.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.333 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.305$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.39 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 104.3 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 653.0 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 653.0 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 30.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armadura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset \text{ } 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 20 \text{ cm} = 0.192 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 2112.8 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.021 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 6495.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 2112.8 > 1904.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.1$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 28 di 121

10.1.2 Piedritto sezione (+4,00m) 190x100

Si riporta la verifica del piedritto per la sezione posta a 4.00m dalla fondazione.

Sezione di calcolo

100x190 cm

Armatura verticale

10φ26 layer 1 lato terreno

10φ24 layer 2 lato terreno

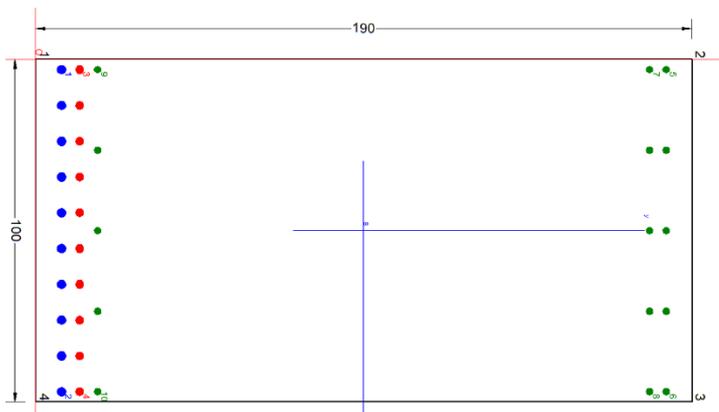
5φ20 layer 3 lato terreno

5φ20 layer 1 lato interno

5φ20 layer 2 lato interno

Spilli

φ14/40x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	21.330	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	190.0

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 29 di 121

3	100.0	190.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	7.5	26
2	97.0	7.5	26
3	3.0	12.7	24
4	97.0	12.7	24
5	3.0	182.6	20
6	97.0	182.6	20
7	3.0	177.8	20
8	97.0	177.8	20
9	3.0	17.9	20
10	97.0	17.9	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	26
2	3	4	8	24
3	5	6	3	20
4	7	8	3	20
5	9	10	3	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	428.00	2983.00	0.00	0.00	0.00
2	428.00	4922.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 30 di 121

1 428.00 2274.00 0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	428.00	2241.00 (2580.99)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	428.00	2140.00 (2589.19)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	428.00	2983.00	0.00	427.74	7943.59	0.00	2.65	114.0(33.2)
2	S	428.00	4922.00	0.00	427.74	7943.59	0.00	1.61	114.0(33.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 31 di 121

1	0.00350	0.120	100.0	190.0	0.00232	97.0	182.6	-0.02562	3.0	7.5
2	0.00350	0.120	100.0	190.0	0.00232	97.0	182.6	-0.02562	3.0	7.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000159575	-0.026819282	0.120	0.700
2	0.000000000	0.000159575	-0.026819282	0.120	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.40	100.0	190.0	-112.1	23.9	7.5	2750	114.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =4.40 Mpa	Apert. fessure = 0.104 mm
Sc limite =19.20 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =310 mm
Sf min =-112.13 Mpa	Area efficace =2750 cm²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: $aX+bY+c=0$	
coeff. = -0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.34	100.0	190.0	-110.3	13.4	7.5	2750	114.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 33 di 121

10.1.2.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta a quota +4.00m dalla base del piedritto e si prevedono degli spilli $\Phi 14/40 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 1900$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 100$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 10 \text{ } \emptyset 24$	$= 45.24 \text{ cm}^2$
$d = 1800$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 5 \text{ } \emptyset 20$	$= 15.71 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa resist. di calcolo		

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -556.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 1271.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.333 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.305$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.29 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 79.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 627.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 627.7 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 25.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.096 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 1308.0 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.016 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 5716.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 1308.0 > 1271.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.0$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 34 di 121

10.1.3 Armatura in direzione longitudinale (ritiro)

Per il calcolo dell'armatura in direzione orizzontale longitudinale, si ipotizza cautelativamente che la fondazione crei vincolo alla libera contrazione dei piedritti in quanto gettata prima dei piedritti e soggetta comunque ad un minore sviluppo di ritiro.

Si tiene in conto della coazione da ritiro mediante il limite imposto dalla normativa: $f_{ctm}/1.2 = 3.0/1.2 = 2.5$ MPa

I piedritti hanno altezza netta pari ad $H = 12.00$ m e spessore strutturale pari a 1.90 m.

Si determina l'armatura minima mediante l'equazione definita nell'eurocodice 2 di seguito riportata.

$$A_{s,min} > k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$$

Per il calcolo dei coefficienti si considera conservativamente la sezione trasversale del piedritto tenso-inflessa con tensione inferiore pari a $\sigma_{c,bot} = f_{ct,eff} = f_{ctm}/1.2$ e superiore pari a metà di quella inferiore $\sigma_{c,top} = 0.5 * \sigma_{cb}$ ($1/3 * H$ superiore compresso e $2/3 * H$ inferiore tesi).

Altezza da armare: circa $2/3$ dell'altezza del piedritto 8.00 m.

Quindi $A_{ct} = 2/3 * 12000 * 1900 = 15200000$ mm²

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} / 1.2 = 2.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,bot} = 2.5 \text{ Mpa (tesa)}, \sigma_{c,top} = 1.25 \text{ Mpa (compressa)}$$

$$k_c = 0.4 * [1 - (\sigma_c / (k_1 * (h/h^*) * f_{ct,eff}))]$$

$$\sigma_c = N / (B * H)$$

$$N_{comp} = \frac{1}{2} * [(1/3 * H) * (sp)] * 1.25 = 4788000 \text{ N}$$

$$N_{traz} = \frac{1}{2} * [(2/3 * H) * (sp)] * 2.5 = 19151000 \text{ N}$$

Dove $N = N_{comp} + N_{traz} = +4788 - 19151 = -14363$ kN è la forza assiale di trazione su tutta la sezione del piedritto dovuta a ritiro impedito calcolata con andamento tensionale sopra definito ($\sigma_{c,bot}$ e $\sigma_{c,top}$).

Si ottiene: $\sigma_c = N / (B * H) = -14363 * 10^3 / (1900 * 12000) = -0.63$ MPa

$$h^* = 1.0 \text{ m}$$

$$k_1 = 2/3 * (1.00 / 12.00) = 0.006$$

$$k_c = 0.4 * [1 - (-0.63 / (8.0 * (12.00 / 1.0) * 2.5))] = 0.4 * [1 + 0.0026] \approx 0.55$$

$$k = 0.65$$

$$\sigma_s = 240 \text{ MPa (limite tensionale cautelativo)} < 0.75 * f_{yk} = 330 \text{ MPa}$$

- nei primi 8.00 m si deve disporre un minimo di armatura:

$$A_{s1,min} > 0.55 * 0.65 * 2.5 * (2/3 * 12000 * 1900) / 240 = 57053 \text{ mm}^2$$

Tale armatura sarà disposta per un'altezza pari a circa $2/3 * H = 5.3$ m di piedritto (zona inferiore tesa)

Si dispongono:

- nei primi 8.00 m: $2\phi 16/100$ mm + $2\phi 16/200$ mm (di parete) + $2\phi 16/200$ mm interni allo spessore
- fino in testa al piedritto: $2\phi 16/200$ mm (di parete) + $2\phi 16/400$ mm interni allo spessore

Si ottiene:

$$A_{s,d} = [2 * (8.00 / 0.1) * 201 + 4 * (8.00 / 0.2) * 201] = 64340 \text{ mm}^2 > A_{s,min}$$

In accordo al punto 7.3.3(2) dell'Eurocodice 2, si può ragionevolmente ritenere che nel caso di fessurazione provocata da deformazioni impresse, l'utilizzo dei parametri scelti (diametro, spaziatura orizzontale e limitazione tensionale dell'armatura) conduca con buona probabilità ad un'ampiezza di fessura inferiore a 0.3 mm. Tale limite è ritenuto accettabile essendo i piedritti non a permanente contatto con il terreno ed interamente ispezionabili.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 35 di 121

10.2 FONDAZIONE

10.2.1 Fondazione estremità sezione 190x100

Si riporta la verifica della fondazione sezione di estremità.

Sezione di calcolo

100x190 cm

Armadura longitudinale

10φ26 layer 1 lato terreno

10φ26 layer 2 lato terreno

10φ24 layer 3 lato terreno

5φ24 layer 3 lato terreno

5φ24 layer 1 lato interno

5φ24 layer 2 lato interno

Spilli

φ14/40x40

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

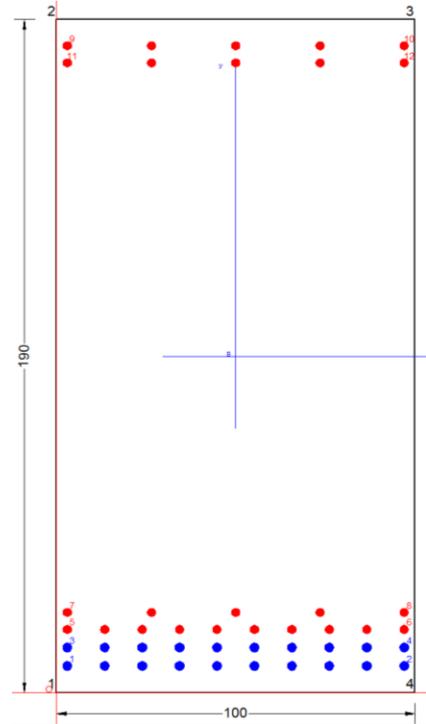
CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C28/35

N°vertice: X [cm] Y [cm]



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 37 di 121

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1255.00	5789.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1255.00	5617.00 (2649.99)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1255.00	5421.00 (2657.64)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1255.00	7684.00	0.00	1255.19	11739.81	0.00	1.52	174.0(30.3)
2	S	2112.00	10838.00	0.00	2112.00	12180.50	0.00	1.12	174.0(30.3)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 38 di 121

Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.269	100.0	190.0	0.00297	97.0	182.6	-0.00953	3.0	7.5
2	0.00350	0.305	100.0	190.0	0.00304	97.0	182.6	-0.00797	3.0	7.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000071382	-0.010062603	0.269	0.776
2	0.000000000	0.000062829	-0.008437437	0.305	0.822

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.88	0.0	190.0	-196.3	97.0	7.5	3450	174.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =9.88 Mpa	Apert.fessure = 0.109 mm
Sc limite =16.80 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =143 mm
Sf min =-196.25 Mpa	Area efficace =3450 cm ²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
Coeff. a = -0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.61	100.0	190.0	-189.6	3.0	7.5	3450	174.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">TR0300 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">39 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	39 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	39 di 121								

k_t = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k_2 = 0.5 per flessione; $= (e_1 + e_2) / (2 * e_1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k_3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k_4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 \emptyset Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
 C_f Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 $e_{sm} - e_{cm}$ Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 $s_r\text{ max}$ Massima distanza tra le fessure [mm]
 w_k Apertura fessure in mm calcolata = $s_r\text{ max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 $M_x\text{ fess.}$ Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 $M_y\text{ fess.}$ Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e_1	e_2	k_2	\emptyset	C_f	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_r\text{ max}$	w_k	$M_x\text{ fess}$	$M_y\text{ fess}$
1	S	-0.00102	0	0.500	25.2	17	0.00073 (0.00057)	143	0.104 (0.20)	2649.99	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	$S_c\text{ max}$	$X_c\text{ max}$	$Y_c\text{ max}$	$S_f\text{ min}$	$X_s\text{ min}$	$Y_s\text{ min}$	$A_{c\text{ eff.}}$	$A_{s\text{ eff.}}$
1	S	9.29	0.0	190.0	-181.9	97.0	7.5	3450	174.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e_1	e_2	k_2	\emptyset	C_f	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_r\text{ max}$	w_k	$M_x\text{ fess}$	$M_y\text{ fess}$
1	S	-0.00098	0	0.500	25.2	17	0.00077 (0.00055)	143	0.109 (0.20)	2657.64	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 40 di 121

10.2.1.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta a ridosso del piedritto e si prevedono degli spilli $\Phi 14/40 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 1900$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 100$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 10 \text{ } \emptyset 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$d = 1800$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 10 \text{ } \emptyset 24$	$= 45.24 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$ MPa resist. di calcolo		

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -591.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 961.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.333 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.285$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.31 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 84.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 597.2 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 597.2 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 30.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \text{ passo } 40 \text{ cm} = 0.096 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 1056.4 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.020 \text{ coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 5674.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 1056.4 > 961.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.1$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 41 di 121

10.2.2 Fondazione mezzeria sezione 190x100

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzeria.

Sezione di calcolo

100x190 cm

Armatura longitudinale

10φ26 layer 1 lato terreno

10φ26 layer 2 lato terreno

10φ24 layer 3 lato terreno

5φ20 layer 1 lato interno

5φ20 layer 2 lato interno

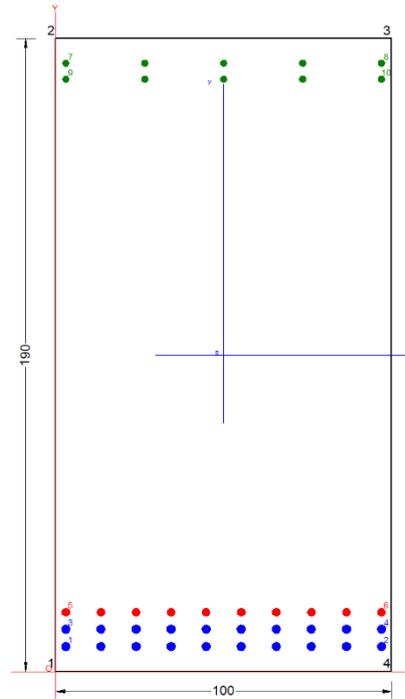
Spilli

φ14/40x40

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	200000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa



CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	190.0
3	100.0	190.0

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. FOGGIO B 42 di 121

4 100.0 0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	7.5	26
2	97.0	7.5	26
3	3.0	12.7	26
4	97.0	12.7	26
5	3.0	17.8	24
6	97.0	17.8	24
7	3.0	182.6	20
8	97.0	182.6	20
9	3.0	177.8	20
10	97.0	177.8	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	26
2	3	4	8	26
3	5	6	8	24
4	7	8	3	20
5	9	10	3	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1254.00	7314.00	0.00	0.00	0.00
2	2005.00	7616.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 43 di 121

1 1254.00 5164.00 0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1254.00	4747.00 (2569.98)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1254.00	3950.00 (2619.41)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	1254.00	7314.00	0.00	1253.74	10446.92	0.00	1.42	151.4(30.3)
2	S	2005.00	7616.00	0.00	2004.78	10852.60	0.00	1.41	151.4(30.3)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
--------	--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E Z Z CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 44 di 121

1	0.00350	0.254	100.0	190.0	0.00294	97.0	182.6	-0.01028	3.0	7.5
2	0.00350	0.286	100.0	190.0	0.00300	97.0	182.6	-0.00874	3.0	7.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000075527	-0.010850205	0.254	0.757
2	0.000000000	0.000067062	-0.009241693	0.286	0.797

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	9.45	0.0	190.0	-192.9	97.0	7.5	3100	151.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =9.45 Mpa	Apert. fessure = 0.109 mm
Sc limite =16.80 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =146 mm
Sf min =-192.90 Mpa	Area efficace =3100 cm ²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
Coeff. = -0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.73	0.0	190.0	-174.7	97.0	7.5	3100	151.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>45 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	45 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	45 di 121								

Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e _{sm} - e _{cm}	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{\text{max}} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr _{max}	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{\text{max}} * (e_{\text{sm}} - e_{\text{cm}})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx _{fess.}	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My _{fess.}	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr _{max}	wk	Mx _{fess.}	My _{fess.}
1	S	-0.00094	0	0.500	25.4	17	0.00065 (0.00052)	146	0.095 (0.20)	2569.98	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc _{max}	Xc _{max}	Yc _{max}	Sf _{min}	Xs _{min}	Ys _{min}	Ac _{eff.}	As _{eff.}
1	S	7.36	100.0	190.0	-139.9	3.0	7.5	3100	151.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e _{sm} - e _{cm}	sr _{max}	wk	Mx _{fess.}	My _{fess.}
1	S	-0.00075	0	0.500	25.4	17	0.00055 (0.00042)	146	0.081 (0.20)	2619.41	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 46 di 121

10.2.2.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta in mezzera della fondazione e si prevedono degli spilli $\Phi 14/40 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa resist. caratteristica
$h = 1900$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$ coeff. sicurezza
$c = 100$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 26 = 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 10 \text{ } \emptyset 26 = 53.09 \text{ cm}^2$
$d = 1800$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 10 \text{ } \emptyset 24 = 45.24 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$ MPa resist. di calcolo	

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -1678.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 859.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.333 < 2$$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.285$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.88 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{\min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 238.5 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 751.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 751.7 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0 \text{ }^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0 \text{ }^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.096 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 871.1 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.056 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 6374.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 871.1 > 859.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.0$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	47 di 121

11 VERIFICHE A DEFORMAZIONE

Si esegue la verifica a inflessione del muro a “U” secondo quanto riportato nell’EC 2 cap7.4 §7.4.1, la verifica risulta essere soddisfatta se l’inflessione calcolata di travi a sbalzo soggetti a carichi quasi permene è inferiore a 1/250 della luce.

Nel caso in esame, considerando il piedritto a sbalzo la luce di calcolo vale 2H, quindi la luce per il concio 1 vale:

$$L = 2 \cdot H = 2 \cdot 12900 = 25800 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{\max} = L/250 = 25800/250 = 103.2 \text{ mm}$$

Dal modello si ricava una deformazione in testa del piedritto di:

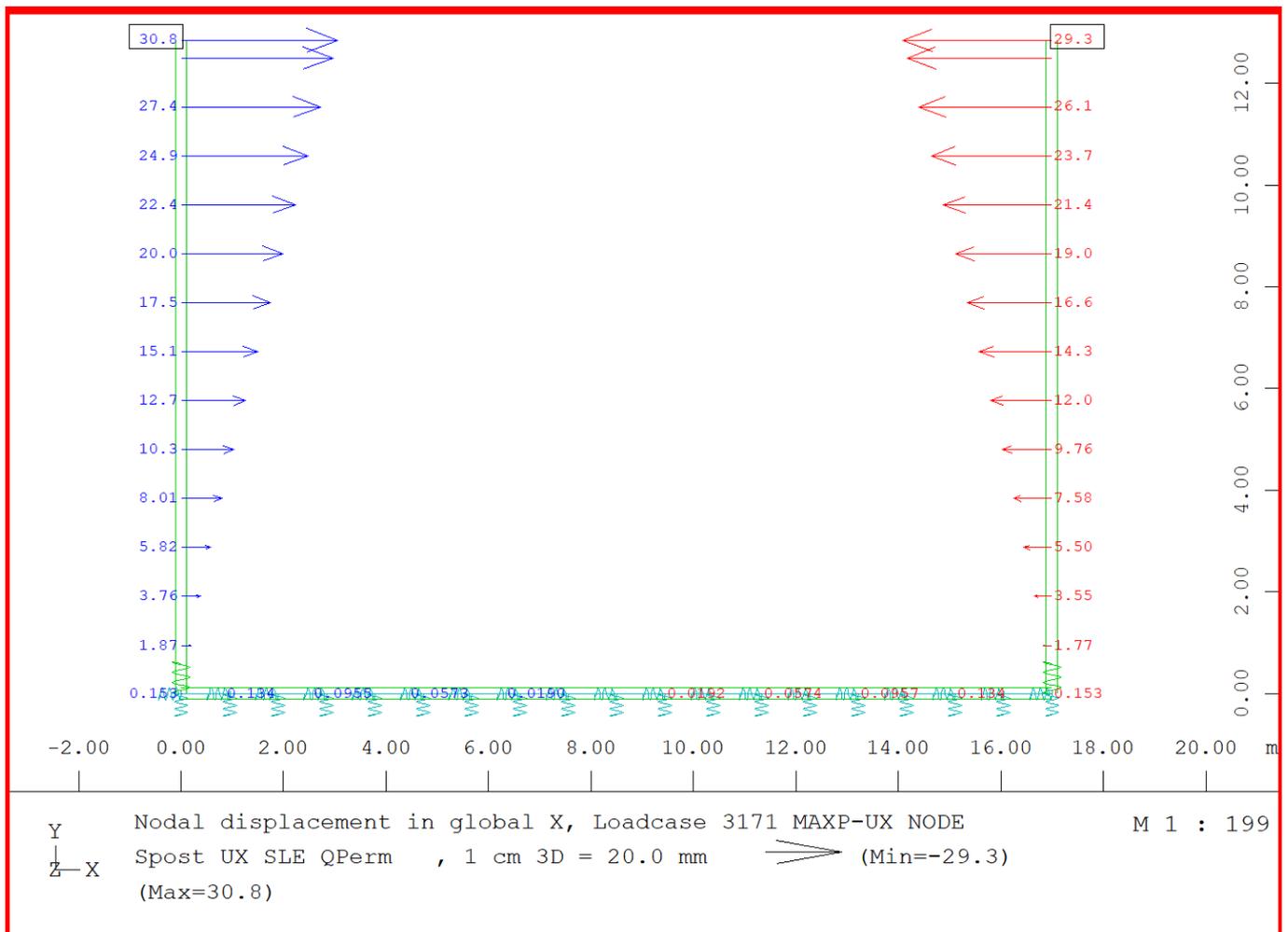


Figura 11-1: Deformazione muro ad “U”

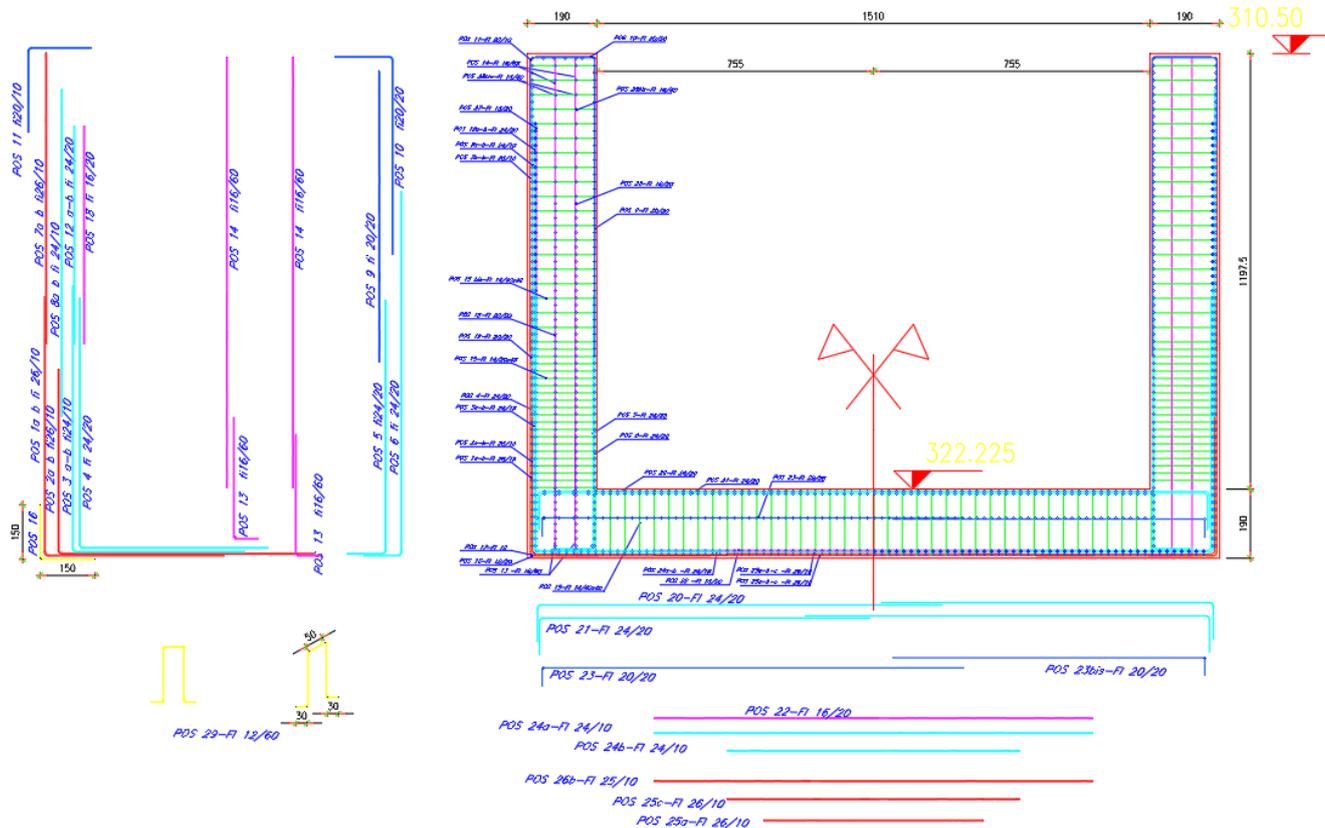
Il seguente valore viene moltiplicato per 3 per tenere conto delle deformazioni a tempo infinito.

$$f_u = 3 \cdot 31 = 93 \text{ mm} < 103.2 \text{ mm} = f_{\max}$$

Verificato

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 48 di 121

12 SCHEMA ARMATURE



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 49 di 121

13 GEOMETRIA CONCIO 2 E 3

Il concio 3 del muro ad U è lungo 41.62m, i muri di questo hanno un'altezza variabile da 7.58 – 2.59 m (lato sud) e 6.39 – 2.59 m (lato nord).

13.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E DI CARICO

2° e 3° concio

Altezza (schema strutturale)	→	h	8.18 m (7.58+0.60)
Larghezza (schema strutturale)	→	L	16.10 m (15.10+0.50+0.50)
Lunghezza concio	→	l	41.62 m
Profondità striscia di telaio	→	b	1.00 m
Spessore soletta inferiore si	→	si	1.20 m
Spessore muri sp	→	sp	1.00 m

Dati relativi al rilevato ferroviario

Ricoprimento e pendenze (escluso ballast)	→	sr (valore medio)	1.08 m
Peso per unità di volume ricoprimento	→	γ	24.00 kN/m ³
Peso ballast (in curva)	→	γ	20.00 kN/m ³
Spessore armamento compresa traversina	→	s (valore medio)	0.673 m
Lunghezza traversina	→	L _{tr}	2.40 m
Larghezza traversina	→	L _{ong}	0.25 m

13.2 MODELLO DI CALCOLO

Come modello di calcolo (si vedano le figure successive) si è assunto lo schema statico di un telaio analizzato attraverso un'analisi elastico-lineare attraverso il programma di calcolo agli elementi finiti Sofistik "Service Pack 2018-11 Build 6".

Il telaio schematizzato (si vedano le figure seguenti) è composto da beam elements raggruppati in gruppi e da 19 nodi. Tale telaio viene descritto attraverso le linee d'asse delle singole membrature e pertanto, le aste del modello avranno lunghezza pari alla dimensione netta interna maggiorate della metà degli spessori delle aste adiacenti. Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler.

Terreno di fondazione

Modulo di Young del terreno	E=70000 kN/m ²
dimensione trasversale compresa dei muri	b _t =17.10 m
dimensione longitudinale dell'opera	b _l = 1.00m

Si applica la formulazione di Vogt per definire la molla elastica distribuita sul beam di fondazione:

$$k_s = \frac{1.33 \cdot E}{\sqrt[3]{b t^2 \cdot b l}}$$

Nella presente relazione si adotta un modulo di reazione verticale
K_v = 14027 kN/m³

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 50 di 121

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle poste ai nodi sotto i piedritti:

$$K_{v1-4} = 2x K_v \times sp = 2x14027x1.00 = 28054 \text{ kN/m}$$

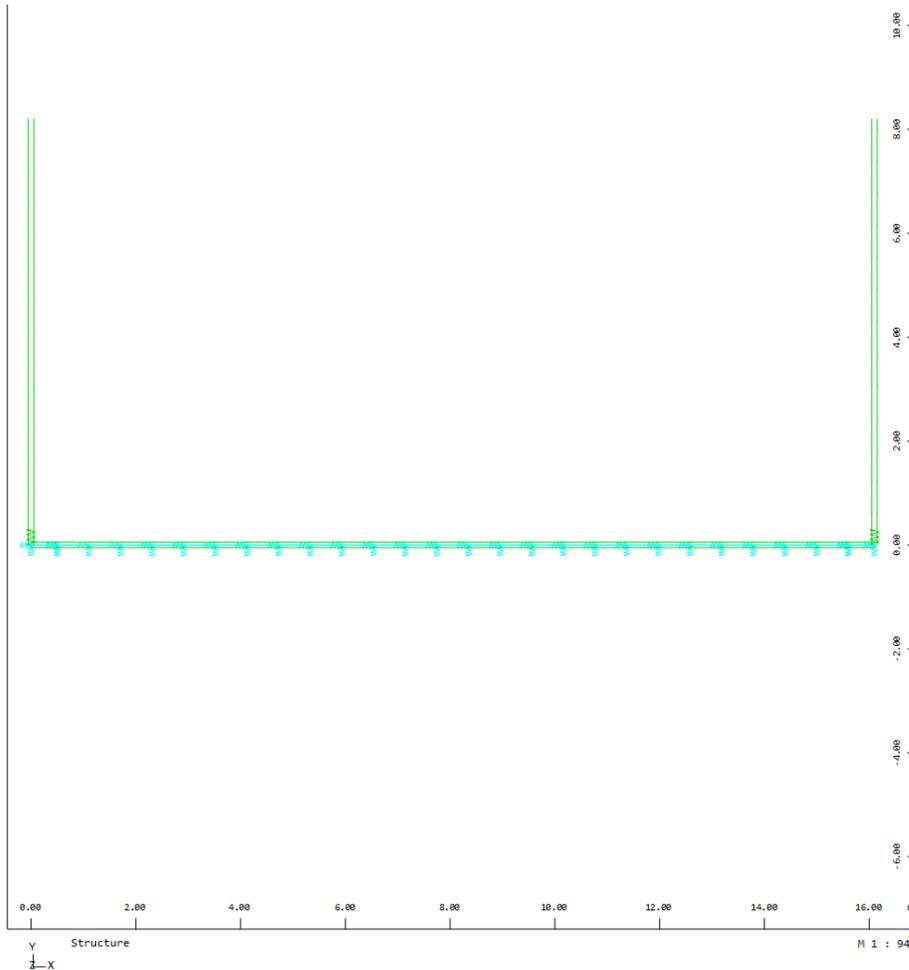


Figura 13-1: Sezione trasversale muro ad U – distribuzione molle

Agli effetti delle caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00\text{m} \times 1.20\text{m}$ per la soletta di fondazione
- una sezione rettangolare $b \times h = 1.00\text{m} \times 1.00\text{m}$ per i piedritti

Per le aste del reticolo si è assunto:

$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^{0.3} = 33345.76 \text{ MPa}$: modulo elastico del cls ($R_{ck} = 40\text{N/mm}^2$) Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle figure seguenti.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 51 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

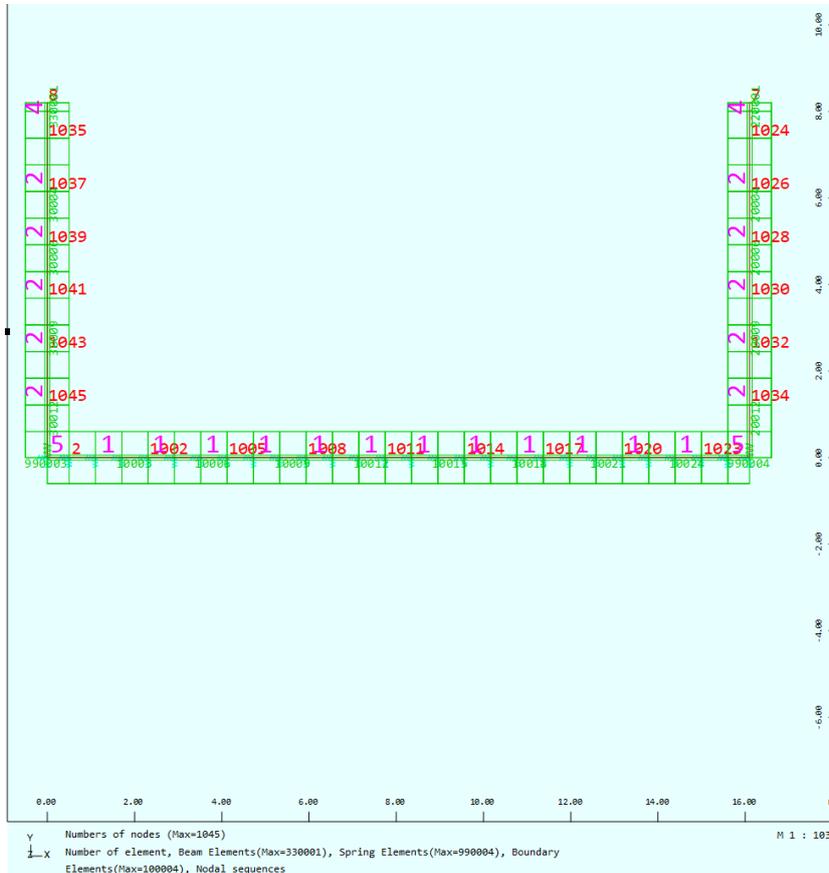


Figura 13-2: Sezione trasversale muro ad U – Nodi

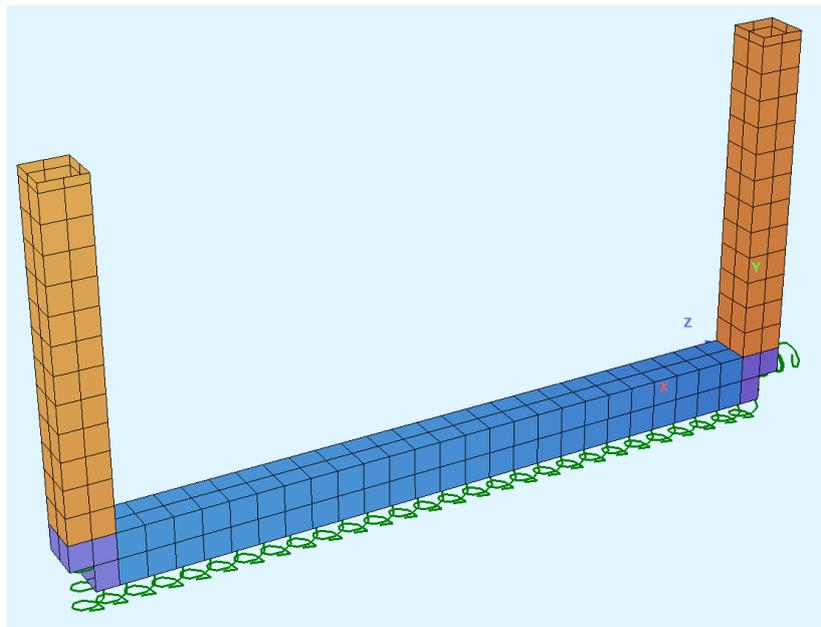


Figura 13-3: Sezione trasversale muro ad U –vista 3D

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 52 di 121

14 ANALISI DEI CARICHI

14.1 PESO PROPRIO (G1)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$.

14.2 PESO PORTATO (G2)

Il peso portato comprende il pacchetto di armamento:

Ricoprimento e pendenze	$G_{2,1} = 24.00 \times 1.08 = 25.92 \text{ kN/m}^2$
Peso ballast (in curva)	$G_{2,2} = 20.00 \times 0.673 = 13.46 \text{ kN/m}^2$
Totale	$G_2 = 39.38 \text{ kN/m}^2$

14.3 SPINTA DEL TERRENO

La spinta del terreno viene considerata in regime di spinta a riposo con:

Terreno ai lati dei muri

Peso per unità di volume	γ	20.00 kN/m ³
Angolo d'attrito	Φ	20.00 °
Coefficiente di spinta a riposo	K_0	0.66

Tali parametri si traducono ad un diagramma di pressioni triangolare ($p_h = k_0 \cdot \gamma_t \cdot z$) da applicare sui paramenti verticali con valori di:

testa: 0 kN/m²

Piede: 108.24 kN/m²

14.4 SOVRACCARICO PERMANENTE

Sui muri laterali si considera uno spessore di ricoprimento di 1.00m con $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$; questo sovraccarico da un ulteriore spinta sui muri di valore:

$$q = \gamma \times k_0 = 8.36 \text{ kN/m}^2$$

14.5 SPINTA ORIZZONTALE FALDA

Poiché sono previsti dei dreni, la spinta idrostatica risulta essere assente.

14.6 CARICHI VARIABILI

14.6.1 Coefficiente di incremento dinamico

Si considera il caso di portale a luce singola, per il quale vale la seguente espressione:

$$L_m = \frac{1}{n} \times (L_1 + L_2 + L_3)$$

in cui $n=3$.

Considerando le linee d'asse risulta:

$L_1 = 7.60 \text{ m}$	altezza piedritto di sinistra
$L_2 = 41.62 \text{ m}$	lunghezza solettone

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 53 di 121

$L_3 = 6.40 \text{ m}$ altezza piedritto di destra

$L\Phi = k \times L_m = 24.1 \text{ m}$ con $k = 1.3$.

Il coefficiente di incremento dinamico risulta pari a (linea con ridotto standard manutentivo):

$$\Phi_3 = 0.9 \times \left(\frac{2.16}{\sqrt{L_3} - 0.2} + 0.73 \right) = 1.07$$

14.6.2 Larghezza diffusione traversina

La diffusione trasversale dei carichi è stata effettuata, a partire dall'intradosso della traversa, nell'ipotesi di ripartizione nel ballast, nel terreno, nel massetto (4:1) e nel solettone di fondazione (45°).

Quindi si ottiene una diffusione in senso trasversale di 5.17m.

14.6.3 Sovraccarichi mobili

Caso di carico LM71

In conformità alla normativa di riferimento (N.T.C.2008 §5.2.2.3.1), si prendono in considerazione i seguenti carichi verticali per il treno di carico LM 71:

- quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60m;
- carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Stiamo considerando 1m di profondità della striscia di telaio quindi in questo 1m dobbiamo considerare sollo 1 carico $Q_{vk} = 250 \text{ kN}$.

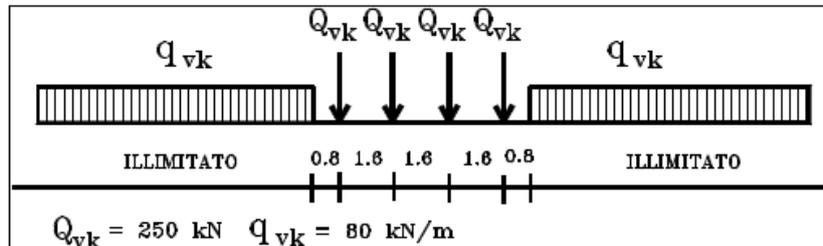


Figura 14-1: Treno di carico LM71

Il modello di carico LM71 è costituito dalla presenza del locomotore con gli assi da 250 kN disposti ad interasse longitudinale pari ad 1.60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m. Il coefficiente di adattamento è pari a 1.1.

$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$

$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$

$\alpha = 1.1$

$\Phi_3 = 1.07$

Il carico complessivo Q agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

$Q = 250.00 \text{ kN}$

$Q^* = 35.57 \text{ kN/m}^2$

$q = 80.00 \text{ kN/m}$

$q^* = 11.38 \text{ kN/m}^2$

Caso di carico SW2

Secondo quanto riportato nella normativa di riferimento (N.T.C.2008 §5.2.2.3.1) si prendono in considerazione i seguenti carichi verticali per il treno di carico SW2.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 54 di 121

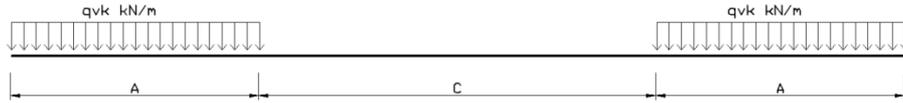


Fig. 5.2.2 Modelli di carico SW

Figura 14-2: Treno di carico SW2

Il modello di carico SW2 è costituito da un doppio carico distribuito di 150 KN/m di lunghezza longitudinale pari 7.00m e distanziati tra di loro di 25.00m. Il coefficiente di adattamento è pari a 1.0

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0$$

$$\Phi_3 = 1.07$$

Tipo di carico	Q_{vk} [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15,00	5,30
SW/2	150	25,00	7,00

Tab. 5.2.1. Caratteristiche modelli di carico SW

Il carico complessivo q per il treno SW2 agente su una striscia di lunghezza unitaria vale pertanto, incrementato del coefficiente dinamico e diviso sulla larghezza di diffusione trasversale:

$$q = 150 \text{ kN/m}$$

$$q^* = 19.40 \text{ kN/m}^2$$

Per entrambi i casi di carico si è definita un eccentricità del carico l'eccentricità è data da

$$e = s/18$$

$$s = 1.435$$

$$e = 1.435/18 = 0.08 \text{ m.}$$

Carico a farfalla che si aggiunge per effetto dell'eccentricità del carico vale:

$$Q_{LM71} = (6 \times 0.08 \times 35.57)/1.60 = 10.67 \text{ kN/m}$$

$$Q_{sw2} = (6 \times 0.08 \times 19.40)/1.60 = 5.78 \text{ kN/m}$$

14.6.4 Forza centrifuga

Nel caso di strutture ferroviarie al di sopra dei quali il binario presenta un tracciato in curva deve essere considerata la forza centrifuga agente su tutta l'estensione del tratto in curva.

La forza centrifuga si considera agente verso l'esterno della curva, in direzione orizzontale ed applicata alla quota di 1,80 m al di sopra del P.F..

I calcoli si basano sulla massima velocità compatibile con il tracciato della linea. Ove siano considerati gli effetti dei modelli di carico SW, si assumerà una velocità di 100 km/h.

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determinerà in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot \alpha Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{v^2}{127 \cdot r} (f \cdot \alpha q_{vk})$$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 55 di 121

Dove:

- Q_{tk} - q_{tk} = valore caratteristico della forza centrifuga [kN - kN/m];
- Q_{vk} - q_{vk} = valore caratteristico dei carichi verticali [kN - kN/m];
- α = coefficiente di adattamento;
- v = velocità di progetto espressa in m/s;
- V = velocità di progetto espressa in km/h; V=200 km/h
- f = fattore di riduzione; f=1
- g = accelerazione di gravità in m/s²;
- r = è il raggio di curvatura in m. r=2770m

La forza centrifuga sarà sempre combinata con i carichi verticali supposti agenti nella generica configurazione di carico, e non sarà incrementata dai coefficienti dinamici.

Si riporta nella tabella il valore di carico agente:

V=	200	km/h
f=	1	
r=	2770	m
g=	9.81	m/s ²
α	1.1	
Q _{vk}	250	kN
larghezza diff. 1	5.17	m
larghezza diff. 2	1.6	m
Q _{tk} =	3.78	kN/m ²

14.6.5 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva.

Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a $Q_{sk}=100$ kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α (se $\alpha > 1$), ma non per il coefficiente di incremento dinamico Φ .

Il carico del treno nel caso di LM71 è:

$$Q_{sk}=100 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = \alpha \times 100 / (1.6 \times 5.17) = 13.30 \text{ kN/ m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h=2.17+0.95=3.12$ m

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

$$F=6 \times q^* \times h / L_{tr} = 48.16 \text{ kN/m}$$

$L_{tr} = 5.17$ m lunghezza di diffusione trasversale.

Il carico del treno nel caso di SW2 è:

$$Q_{vk}=100 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = 100 / (1.6 \times 5.17) = 12.09 \text{ kN/ m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h=2.20+0.95=3.15$ m

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 56 di 121

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

$$F=6*q*h/Ltr=43.77 \text{ kN/m}$$

Ltr = 5.17m lunghezza di diffusione trasversale.

14.6.6 Spinta del sovraccarico accidentale sul rilevato

Ai lati del muro si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del sovraccarico accidentale di 5kN/m² calcolato come $k_0 \times q = 2.20 \text{ kN/m}^2$.

14.7 AZIONI SISMICHE

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto §7.9.2. delle NTC, assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento PVR in funzione dello stato limite considerato:

- la vita nominale (V_N) dell'opera.
- la classe d'uso.
- il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso.

Per l'opera in esame si ha:

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	<input type="text" value="75"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U	<input type="text" value="1.5"/>	info
Valori di progetto		
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	<input type="text" value="112.5"/>	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info
Stati limite di esercizio - SLE	<ul style="list-style-type: none"> SLO - $P_{VR} = 81\%$ <input type="text" value="68"/> SLD - $P_{VR} = 63\%$ <input type="text" value="113"/> 	
Stati limite ultimi - SLU	<ul style="list-style-type: none"> SLV - $P_{VR} = 10\%$ <input type="text" value="1068"/> SLC - $P_{VR} = 5\%$ <input type="text" value="2193"/> 	

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T^*_c) per gli stati limite di normativa sono:

Coordinate geografiche del sito:

- Latitudine = 41.0510°
- Longitudine = 15.0224°

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 57 di 121

SLATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _c [*] [s]
SLO	68	0.098	2.325	0.318
SLD	113	0.129	2.316	0.333
SLV	1068	0.381	2.287	0.415
SLC	2193	0.500	2.353	0.430

- a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- F_o → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^{*} → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a _g	0.381 g
F _o	2.287
T _c [*]	0.415 s
S _s	1.177
C _c	1.404
S _t	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.177
η	1.000
T _B	0.194 s
T _C	0.582 s
T _D	3.125 s

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

		a _{max}
TR	68	0.115
TR	113	0.152
TR	1068	0.448
TR	2193	0.589

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove

- a_{max} = S_s · S_t · a_g accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità;

Essendo la struttura non scatolare, ma che presenta muri molto alti e snelli, si suppone che la struttura si comporti come una paratia e quindi che ammetta spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore 0.50.

APPALTATORE: Consortio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 58 di 121

Pertanto, si ottiene:

		K_h	K_v
TR	68	0.058	0.029
TR	113	0.076	0.038
TR	1068	0.224	0.112
TR	2193	0.294	0.147

14.7.1 Spinta delle terre in fase sismica

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (par. 7.11.6.2.1 D.M. 14.01.08), sono calcolate in regime di spinta a riposo che comporta il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni; l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato attraverso la trattazione di WOOD valida per pareti che accettano piccoli spostamenti:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

e va a sommarsi alle condizioni statiche valutate in condizioni di spinta a riposo.

Il punto di applicazione della spinta che interessa lo scatolare è posto $h_{scat} / 2$, con "h_{tot}" altezza dal piano di progetto alla fondazione dello scatolare e h_{scat} l'altezza dello scatolare.

Essendo "ΔP_d" la risultante globale, ed il diagramma di spinta di tipo rettangolare, è immediato ricavare la quota parte della spinta che agisce sul paramento verticale.

$$\Delta p = (a_g/g) \cdot S \cdot S_s \cdot \gamma \cdot H = 57.79 \text{ kN/m}^2 \quad \text{WOOD (SLV)}$$

14.7.2 Spinta orizzontale falda in condizioni sismiche

Assente.

14.7.3 Forze sismiche orizzontali

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti ed applicate nei rispettivi baricentri. Le masse sismiche sono valutate considerando le azioni dovute al carico ferroviario con coefficiente pari a 0.2.

Forze d'inerzia orizzontali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$$F_{0, \text{montante}} = \pm 10.64 \text{ kN/m}^2$$

14.7.4 Forze sismiche treno orizzontali

Poiché il baricentro dei convogli ferroviari risulta essere spostato alla quota di 1.80m dal piano del ferro, nel caso di sisma si suppone che tale masse crei delle sovrappressioni sulla fondazione, pressioni date dalla massa per il braccio che è la distanza tra il baricentro e l'asse della soletta di fondazione.

Il carico del treno nel caso di LM71 è:

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = 250 / (1.6 \times 5.17) = 30.22 \text{ kN/m}^2$$

Valore che va moltiplicato per il coefficiente sismico orizzontale k_h :

$$q = k_h \times Q_{vk}^* = 30.22 \text{ kN/m}^2 \text{ di cui } q^* = k_h \times q = 0.224 \times 30.22 = 6.77 \text{ kN/m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h = 3.95 + 0.95 = 4.90 \text{ m}$

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 59 di 121

$$F=6 \cdot q \cdot h / L_{tr} = 38.50 \text{ kN/m}$$

$L_{tr} = 5.17\text{m}$ lunghezza di diffusione trasversale.

Il carico del treno nel caso di SW2 è:

$$Q_{vk} = 150 \text{ kN}$$

Tale valore va diviso per la larghezza di diffusione e quindi vale:

$$Q_{vk}^* = 150 / (1.6 \times 5.17) = 18.13 \text{ kN/ m}^2$$

Valore che va moltiplicato per il coefficiente sismico orizzontale k_h :

$$q = k_h \times Q_{vk}^* = 18.13 \text{ kN/m}^2 \text{ di cui } q^* = k_h \times q = 0.224 \times 18.13 = 4.06 \text{ kN/m}^2$$

Tale forza agisce per un braccio $h = 3.95 + 0.95 = 4.90\text{m}$

Quindi si ottiene una distribuzione a farfalla agente sulla fondazione che vale:

$$F = 6 \cdot q^* \cdot h / L_{tr} = 23.10 \text{ kN/m}$$

$L_{tr} = 5.17\text{m}$ lunghezza di diffusione trasversale.

14.8 AZIONE TERMICA

Poichè la struttura è isostatica, nel caso di variazioni termiche è libera di deformarsi senza che vengano a crearsi delle sovra tensioni interne.

A tal proposito l'azione termica è trascurabile.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 61 di 121

Tabella 2: Valori dei coefficienti di combinazione

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

17 CALCOLO SOLLECITAZIONI

Il calcolo delle sollecitazioni è stato svolto con il software di calcolo sofistik, vedasi Allegato 2 TR03_concio 2 e 3.

18 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali sono state svolte in RC-Sec si riportano gli output delle verifiche.

18.1 PIEDRITTO

18.1.1 Piedritto sezione (+0,00m) 100x100

Si riporta la verifica del piedritto nella sezione d'incastro con la fondazione.

Sezione di calcolo

100x100 cm

Armatura verticale

10 ϕ 26 layer 1 lato terreno

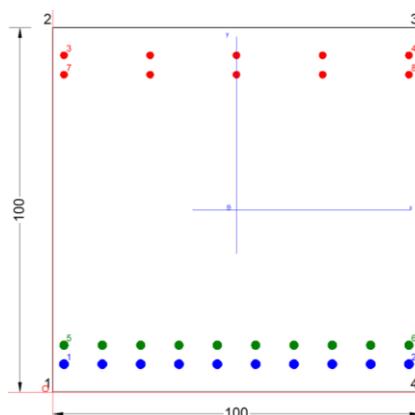
10 ϕ 24 layer 2 lato terreno

5 ϕ 20 layer 1 lato interno

5 ϕ 20 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 12/20x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>62 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	62 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	62 di 121								

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	21.330	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	100.0
3	100.0	100.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	7.7	26
2	97.0	7.7	26
3	3.0	92.4	20
4	97.0	92.4	20
5	3.0	12.9	24
6	97.0	12.9	24
7	3.0	87.1	20
8	97.0	87.1	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">TR0300 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">63 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	63 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	63 di 121								

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	26
2	3	4	3	20
3	5	6	8	24
4	7	8	3	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	190.00	1864.00	0.00	0.00	0.00
2	190.00	2548.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	190.00	1419.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	190.00	1396.00 (749.30)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	190.00	1324.00 (750.26)	0.00 (0.00)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 64 di 121

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	190.00	1864.00	0.00	190.06	3234.27	0.00	1.73	98.3(17.4)
2	S	190.00	2548.00	0.00	190.06	3234.27	0.00	1.27	98.3(17.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.195	100.0	100.0	0.00202	97.0	92.4	-0.01443	3.0	7.7
2	0.00350	0.195	100.0	100.0	0.00202	97.0	92.4	-0.01443	3.0	7.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000194291	-0.015929097	0.195	0.700
2	0.000000000	0.000194291	-0.015929097	0.195	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 65 di 121

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.57	100.0	100.0	-184.2	13.4	7.7	2050	98.3

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =8.57 Mpa	Apert. fessure = 0.200 mm
Sc limite =19.20 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =306 mm
Sf min =-184.23 Mpa	Area efficace =2050 cm ²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
coeff. a =-0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.44	100.0	100.0	-181.1	3.0	7.7	2050	98.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm											
e1	Esito della verifica											
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata											
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]											
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]											
k3	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]											
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali											
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]											
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]											
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]											
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]											
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00103	0	0.500	25.0	17	0.00066 (0.00054)	147	0.097 (0.20)	749.30	0.00	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.01	100.0	100.0	-171.3	3.0	7.7	2050	98.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00098	0	0.500	25.0	17	0.00069 (0.00051)	147	0.102 (0.20)	750.26	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 66 di 121

18.1.1.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta a ridosso del piedritto e si prevedono degli spilli $\Phi 12/20 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 1000$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 70$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 10 \text{ } \emptyset 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$d = 930$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa resist. di calcolo		

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -247.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 798.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.464 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.351$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.25 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 34.5 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 360.5 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 360.5 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 30.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 12 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 20 \text{ cm} = 0.141 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 802.0 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.014 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 3330.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 802.0 > 798.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.0$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 67 di 121

18.1.2 Piedritto sezione (+3.70m) 100x100

Si riporta la verifica del piedritto per la sezione posta a 3.70m dalla fondazione.

Sezione di calcolo

100x100 cm

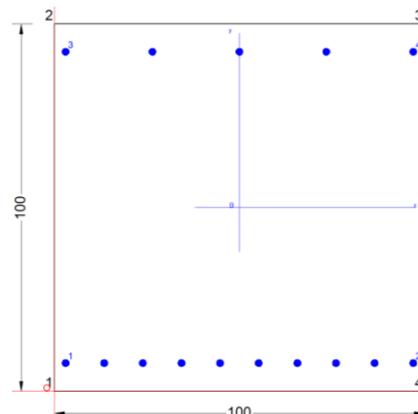
Armatura verticale

10 ϕ 20 layer 1 lato terreno

5 ϕ 20 layer 1 lato interno

Spilli

ϕ 14/40x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	21.330	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	100.0
3	100.0	100.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 69 di 121

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	97.00	226.00 (637.67)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	97.00	331.00	0.00	96.95	1140.65	0.00	3.44	31.4(17.4)
2	S	97.00	545.00	0.00	96.95	1140.65	0.00	2.09	31.4(17.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.083	100.0	100.0	0.00002	97.0	92.4	-0.03876	3.0	7.7
2	0.00350	0.083	100.0	100.0	0.00002	97.0	92.4	-0.03876	3.0	7.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
--------	---	---	---	-----	--------

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 70 di 121

1	0.000000000	0.000457864	-0.042286386	0.083	0.700
2	0.000000000	0.000457864	-0.042286386	0.083	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.27	0.0	100.0	-80.7	97.0	7.7	1950	31.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max = 2.27 Mpa	Apert. fessure = 0.068 mm
Sc limite = 19.20 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min = 0.00 Mpa	Dist. fessure = 279 mm
Sf min = -80.68 Mpa	Area efficace = 1950 cm ²
Sf limite = -360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
coeff = -0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.21	100.0	100.0	-78.0	23.9	7.7	1950	31.4

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0	0.500	20.0	67	0.00023 (0.00023)	439	0.103 (0.20)	633.91	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">TR0300 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">71 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	71 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	71 di 121								

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.05	0.0	100.0	-71.3	86.6	7.7	1900	31.4

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00040	0	0.500	20.0	67	0.00021 (0.00021)	433	0.093 (0.20)	637.67	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 72 di 121

18.1.2.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta a quota +3.70m dalla base del piedritto e si prevedono degli spilli $\Phi 12/40 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa resist. caratteristica
$h = 1000$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$ coeff. sicurezza
$c = 70$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset \text{ } 20 = 31.42 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset \text{ } 0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 930$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset \text{ } 0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa resist. di calcolo	31.42 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -146.8 \text{ kN} \quad V_{ed} = 382.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.464 < 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{\min} = 0.351$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.003 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.15 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 381.7 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{\min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 346.6 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 381.7 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 30.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0 \text{ } ^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset \text{ } 12 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.071 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 401.0 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.008 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 3312.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 401.0 > 382.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.0$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 73 di 121

18.1.3 Armatura per ritiro

Per il calcolo dell'armatura in direzione orizzontale longitudinale, si ipotizza cautelativamente che la fondazione crei vincolo alla libera contrazione dei piedritti in quanto gettata prima dei piedritti e soggetta comunque ad un minore sviluppo di ritiro.

Si tiene in conto della coazione da ritiro mediante al limite imposto dalla normativa $f_{ctm}/1.2 = 3.0/1.2 = 2.5$ MPa, per cui si inserisce una specifica armatura.

I piedritti hanno altezza netta pari ad $H = 7.60$ m e spessore effettivo pari a 1.00 m.

Si determina l'armatura minima mediante la equazione definita in Eurocodice 2 di seguito riportata.

$$A_{s,min} > k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$$

Per il calcolo dei coefficienti si considera conservativamente la sezione trasversale del piedritto tenso-inflessa con tensione inferiore pari a $\sigma_{c,bot} = f_{ct,eff} = f_{ctm}/1.2$ e superiore pari a metà di quella inferiore $\sigma_{c,top} = 0.5 * \sigma_{cb}$ ($1/3 * H$ superiore compresso e $2/3 * H$ inferiore tesi).

Altezza da armare: circa $2/3$ dell'altezza del piedritto 5.10 m.

Quindi $A_{ct} = 2/3 * 7900 * 1000 = 5266666.7$ mm²

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} / 1.2 = 2.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,bot} = 2.5 \text{ MPa (trazione)}, \sigma_{c,top} = 1.25 \text{ Mpa (compressione)}$$

$$k_c = 0.4 * [1 - (\sigma_c / (k_1 * (h/h^*) * f_{ct,eff}))]$$

$$\sigma_c = N / (B * H)$$

$$N_{comp} = 1/2 * [(1/3 * H) * (sp)] * 1.25 = 1625000 \text{ N}$$

$$N_{traz} = 1/2 * [(2/3 * H) * (sp)] * 2.5 = 6625000 \text{ N}$$

Dove $N = N_{comp} + N_{traz} = +1596 - 6384 = -4788$ kN è la forza assiale di trazione su tutta la sezione del piedritto dovuta a ritiro impedito calcolata con andamento tensionale sopra definito ($\sigma_{c,bot}$ e $\sigma_{c,top}$).

$$\text{Si ottiene: } \sigma_c = N / (B * H) = -4788 * 10^3 / (1000 * 7900) = -0.63 \text{ MPa}$$

$$h^* = 1.0 \text{ m}$$

$$k_1 = 2/3 * (1.0 / 7.90) = 0.09$$

$$k_c = 0.4 * [1 - (-630 / (5.10 * (7.60 / 1.0) * 2.5))] = 0.4 * [1 + 0.006] \approx 0.55$$

$$k = 0.65$$

$$\sigma_s = 240 \text{ MPa} < 0.75 * f_{yk} = 330 \text{ MPa}$$

- nei primi 5.10 m si deve disporre un minimo di armatura:

$$A_{s1,min} > 0.55 * 0.65 * 2.5 * (2/3 * 7600 * 1000) / 240 = 0.55 * 0.65 * 2.5 * 5266666.7 / 240 = 19018 \text{ mm}^2$$

Tale armatura sarà disposta per un'altezza pari a circa $2/3 * H = 5.1$ m di piedritto (zona inferiore tesa)

Si dispongono:

- nei primi 3.00 m: $2 + 2\phi 16/200$ mm (di parete) + $2\phi 12/200$ mm interni allo spessore
- nei successivi 2.10 m: $2 + 2\phi 16/200$ mm (di parete) + $1\phi 12/200$ mm interno allo spessore
- fino in testa al piedritto: $2\phi 16/200$ mm (di parete)

Si ottiene:

$$A_{s,d} = [4 * (3.00 / 0.2) * 201 + 2 * (3.00 / 0.2) * 154] + [4 * (2.10 / 0.2) * 201 + 1 * (2.10 / 0.2) * 154] = 20886 \text{ mm}^2 > A_{s,min}$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>74 di 121</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	74 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	74 di 121													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo																		

In accordo al punto 7.3.3(2) dell'Eurocodice 2, si può ragionevolmente ritenere che nel caso di fessurazione provocata da deformazioni impresse, l'utilizzo dei parametri scelti (diametro, spaziatura orizzontale/verticale e limitazione tensionale dell'armatura) conduca con buona probabilità ad un'ampiezza di fessura inferiore a 0.3mm. Tale limite è ritenuto accettabile essendo i piedritti non a permanente contatto con il terreno ed interamente ispezionabili.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 75 di 121

18.2 FONDAZIONE

18.2.1 Fondazione estremità sezione 120x100

Si riporta la verifica della fondazione sezione di estremità.

Sezione di calcolo

100x120 cm

Armatura longitudinale

10 ϕ 26 layer 1 lato terreno

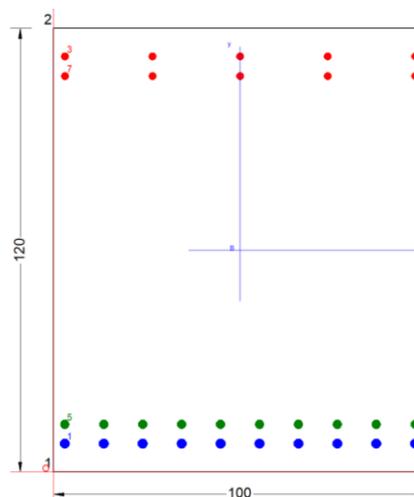
10 ϕ 24 layer 2 lato terreno

5 ϕ 24 layer 1 lato interno

5 ϕ 24 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 14/40x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	120.0

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>76 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	76 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	76 di 121								

3	100.0	120.0
4	100.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	7.7	26
2	97.0	7.7	26
3	3.0	112.4	20
4	97.0	112.4	20
5	3.0	12.9	24
6	97.0	12.9	24
7	3.0	107.1	20
8	97.0	107.1	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	26
2	3	4	3	20
3	5	6	8	24
4	7	8	3	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	565.00	2316.00	0.00	0.00	0.00
2	887.00	2948.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	656.00	1720.00	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 77 di 121

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	656.00	1650.00 (1016.79)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	656.00	1570.00 (1021.44)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	565.00	2316.00	0.00	564.82	4107.61	0.00	1.76	98.3(19.1)
2	S	887.00	2948.00	0.00	887.27	4234.11	0.00	1.43	98.3(19.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.226	100.0	120.0	0.00245	97.0	112.4	-0.01199	3.0	7.7
2	0.00350	0.245	100.0	120.0	0.00253	97.0	112.4	-0.01077	3.0	7.7

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 78 di 121

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000137954	-0.013054458	0.226	0.722
2	0.000000000	0.000127095	-0.011751442	0.245	0.747

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.83	0.0	120.0	-158.7	97.0	7.7	2400	98.3

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max = 7.83 Mpa	Apert. fessure = 0.087 mm
Sc limite = 16.80 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min = 0.00 Mpa	Dist. fessure = 162 mm
Sf min = -158.69 Mpa	Area efficace = 2400 cm ²
Sf limite = -360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
coeff. = -0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.53	100.0	120.0	-151.1	3.0	7.7	2400	98.3

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF28</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">TR0300 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">79 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	79 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	79 di 121								

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00085	0	0.500	25.0	17	0.00050 (0.00045)	162	0.081 (0.20)	1016.79	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.18	100.0	120.0	-142.5	86.6	7.7	2400	98.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00080	0	0.500	25.0	64	0.00054 (0.00043)	321	0.175 (0.20)	1021.44	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 80 di 121

18.2.1.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta a ridosso del piedritto e si prevedono degli spilli $\Phi 14/40 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A.

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 1200$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 70$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 10 \text{ } \emptyset 24$	$= 45.24 \text{ cm}^2$
$d = 1130$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$ MPa resist. di calcolo		98.33 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -253.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 502.4 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.421 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^3 f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.314$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.009 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.21 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 594.2 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 390.1 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 594.2 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.096 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha \quad V_{Rsd} = 546.8 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.013 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 3841.3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 546.8 > 502.4 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.1$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 81 di 121

18.2.2 Fondazione mezzeria sezione 120x100

Si riporta la verifica della fondazione sezione di mezzeria.

Sezione di calcolo

100x120 cm

Armatura longitudinale

10 ϕ 26 layer 1 lato terreno

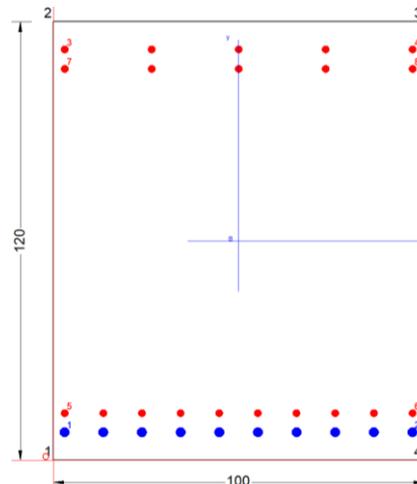
10 ϕ 20 layer 2 lato terreno

5 ϕ 20 layer 1 lato interno

5 ϕ 20 layer 2 lato interno

Spilli

ϕ 14/40x40



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35
	Resis. compr. di progetto fcd:	15.860 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	168.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C28/35

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	120.0
3	100.0	120.0
4	100.0	0.0

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL TR0300 001 B 82 di 121

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	3.0	7.7	26
2	97.0	7.7	26
3	3.0	112.4	20
4	97.0	112.4	20
5	3.0	12.9	20
6	97.0	12.9	20
7	3.0	107.1	20
8	97.0	107.1	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	26
2	3	4	3	20
3	5	6	8	20
4	7	8	3	20

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	544.00	2636.00	0.00	0.00	0.00
2	845.00	1499.00	0.00	0.00	0.00
3	365.00	-537.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	544.00	1811.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 83 di 121

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	544.00	1552.00 (974.64)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	544.00	893.00 (1034.96)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	544.00	2636.00	0.00	543.72	3619.49	0.00	1.37	84.5(19.1)
2	S	845.00	1499.00	0.00	845.10	3746.60	0.00	2.46	84.5(19.1)
3	S	365.00	-537.00	0.00	364.71	-1521.77	0.00	2.89	62.8(19.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.193	100.0	120.0	0.00228	97.0	112.4	-0.01459	3.0	7.7

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF28 01 E ZZ CL TR0300 001 B 84 di 121

2	0.00350	0.211	100.0	120.0	0.00238	97.0	112.4	-0.01311	3.0	7.7
3	0.00350	0.090	0.0	0.0	0.00084	3.0	7.7	-0.03532	97.0	112.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000161088	-0.015830546	0.193	0.700
2	0.000000000	0.000147947	-0.014253675	0.211	0.703
3	0.000000000	-0.000345350	0.003500000	0.090	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	8.45	0.0	120.0	-197.0	97.0	7.7	2400	84.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =8.45 Mpa	Apert. fessure = 0.119 mm
Sc limite =16.80 Mpa	Apert. limite = 990.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =171 mm
Sf min = -197.04 Mpa	Area efficace =2400 cm²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.500
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
Coeff. = -0.000000000	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	7.29	0.0	120.0	-165.0	97.0	7.7	2400	84.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1 Esito della verifica
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>85 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	85 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	85 di 121								

sr max Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 wk Massima distanza tra le fessure [mm]
 Mx fess. Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00092	0	0.500	23.4	17	0.00054 (0.00049)	171	0.092 (0.20)	974.64	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.35	0.0	120.0	-83.7	86.6	7.7	2350	84.5

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0	0.500	23.4	64	0.00025 (0.00025)	328	0.082 (0.20)	1034.96	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 86 di 121

18.2.2.1 VERIFICA A TAGLIO

La verifica a taglio è stata posta in mezzera della fondazione e si prevedono degli spilli $\Phi 14/40 \times 40$ e la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 1200$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 70$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 28$ MPa resist. caratteristica	Armadura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset \text{ } 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 10 \text{ } \emptyset \text{ } 20$	$= 31.42 \text{ cm}^2$
$d = 1130$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset \text{ } 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 15.87$ MPa resist. di calcolo		84.51 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = -707.6 \text{ kN} \quad V_{ed} = 468.3 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.421 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.314$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.007 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = -0.59 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 630.9 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 454.3 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 630.9 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 35.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armadura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2.5 \quad \text{passo } 40 \text{ cm} = 0.096 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 546.8 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 7.93 \text{ MPa resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.037 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 3931.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 546.8 > 468.3 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.2$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 87 di 121

19 VERIFICHE A DEFORMAZIONE

Si esegue la verifica a inflessione del muro a "U" secondo quanto riportato nell'EC 2 cap7.4 §7.4.1, la verifica risulta essere soddisfatta se l'inflessione calcolata di travi a sbalzo soggetti a carichi quasi permene è inferiore a 1/250 della luce.

Nel caso in esame, considerando il piedritto a sbalzo la luce di calcolo vale 2H, quindi la luce per il concio 1 vale:

$$L = 2 \cdot H = 2 \cdot 8200 = 16400 \text{ mm}$$

Per cui si ricava il valore di inflessione massimo ammissibile:

$$f_{\max} = L / 250 = 8200 / 250 = 65.6 \text{ mm}$$

Dal modello si ricava una deformazione in testa del piedritto di:

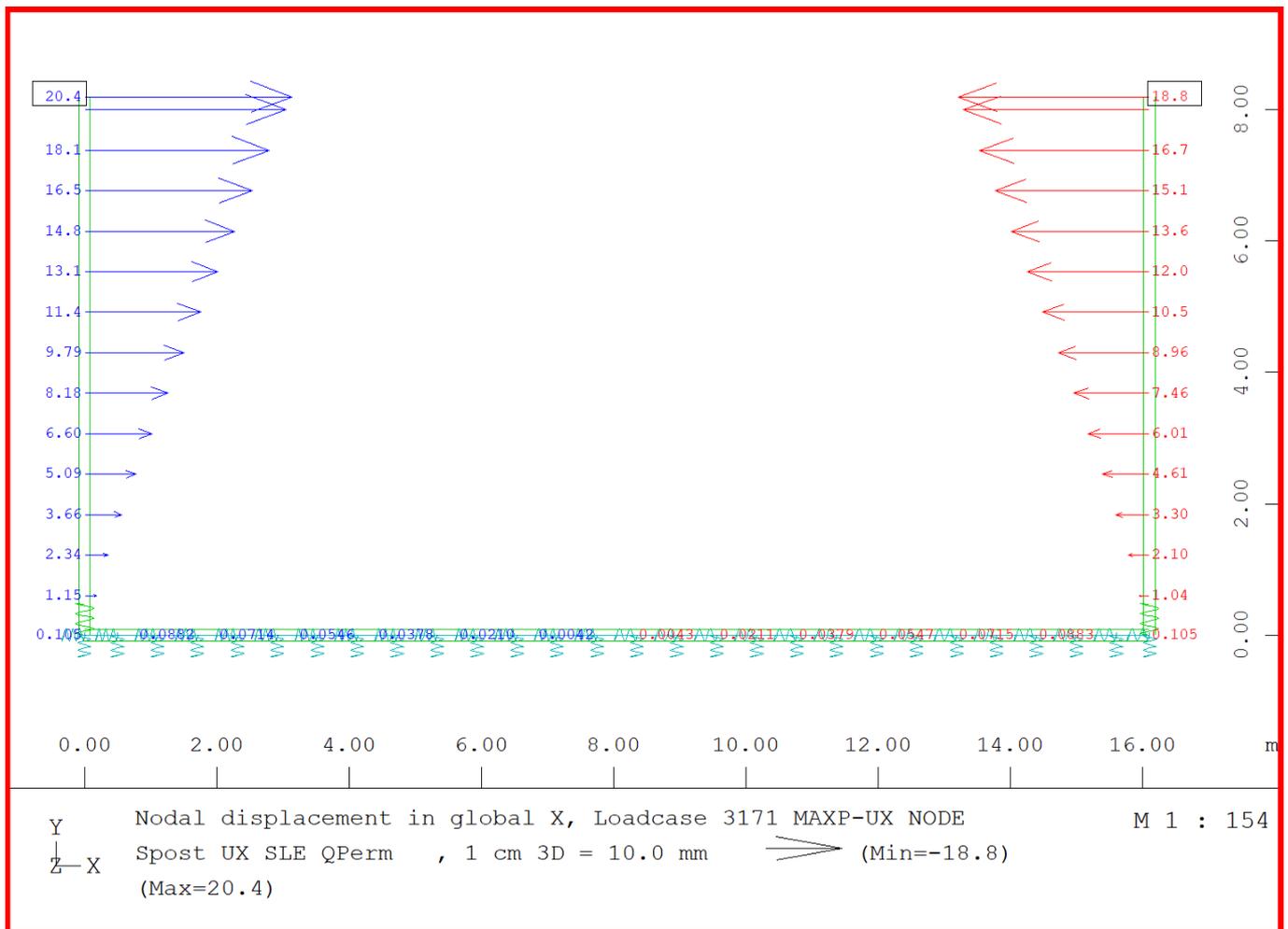


Figura 19-1: Deformazione muro ad "U"

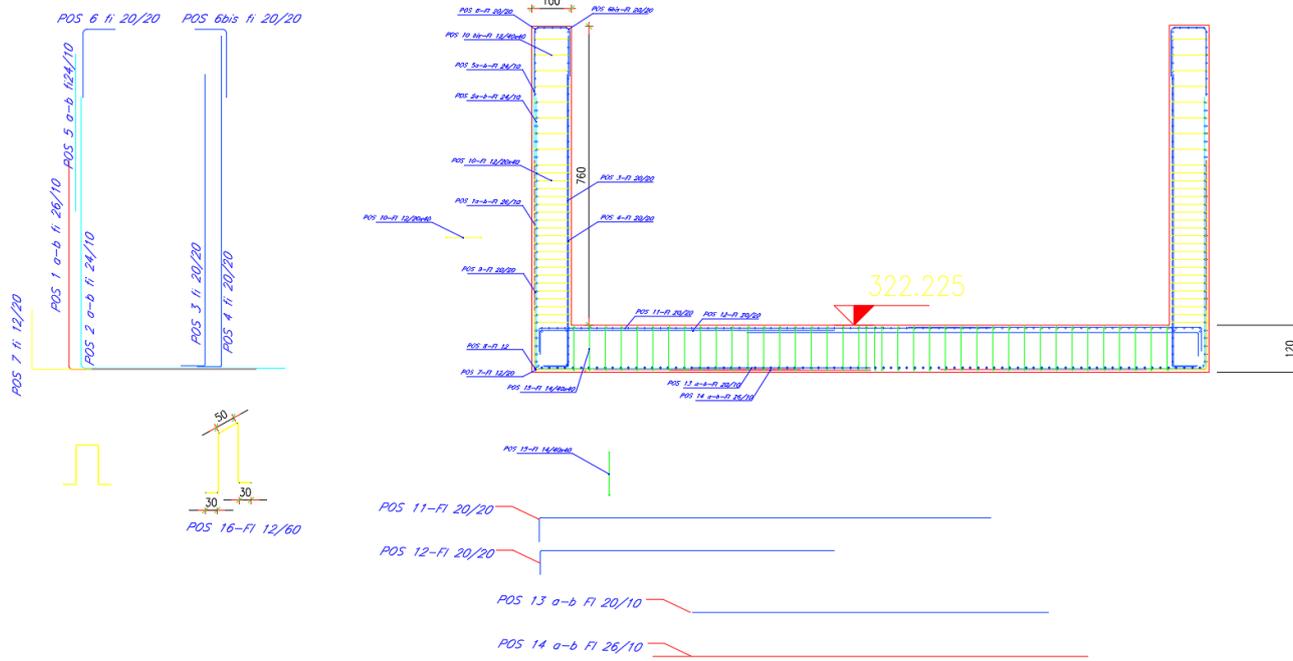
Il seguente valore viene moltiplicato per 3 per tenere conto delle deformazioni a tempo infinito.

$$f_u = 3 \cdot 21 = 63 \text{ mm} < 65.6 \text{ mm} = f_{\max}$$

Verificato

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 88 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

20 SCHEMA ARMATURE



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 89 di 121

21 MARCIAPIEDI

All'interno della struttura Muro ad U è prevista la realizzazione di una struttura a telaio avente una parte in sbalzo in ca, la seguente struttura ha la funzione di marciapiede e di accogliere l'installazione del palo TE ove necessario.

22 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

Per tutte le parti in calcestruzzo, si utilizzeranno additivi anti-ritiro al fine di ridurre almeno del 50% lo sviluppo della contrazione da ritiro.

22.1 CALCESTRUZZO PER GETTI IN OPERA PER ELEVAZIONI

Classe di resistenza minima	C32/40		
$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18,13	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,02	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} =$	3,63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,12	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13894	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto
Classe di esposizione	XC4		
Calcestruzzo tipo	C2		
Copriferro minimo	50	mm	

22.2 ACCIAIO PER C.A.

B450C			
$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15		
$(f_t/f_y)_k <$	1,35		
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>90 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	90 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	90 di 121								

$E_s =$	210000 MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%	deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%	deformazione caratteristica ultima

22.3 ACCIAIO PER TIRAFONDI

S355JR

$f_{yk} \geq$	355 MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	510 MPa	tensione caratteristica di rottura
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%	deformazione caratteristica ultima

23 CODICE DI CALCOLO

In accordo al capitolo 10.2 delle NTC si riporta di seguito origine e caratteristiche del codice di calcolo utilizzato. Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il software Straus7. Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: [m]
- forze: [kN]
- temperature: gradi centigradi [C°]

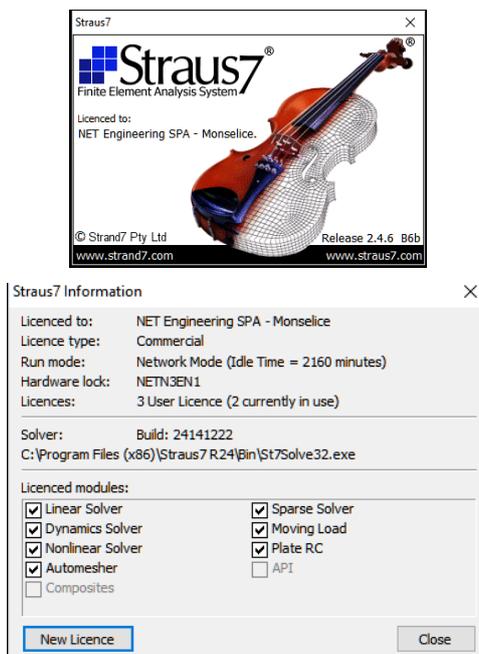


Figura 23-1 – Licenza d'uso

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 91 di 121

24 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La struttura ha altezza pari a 2.85m, larghezza trasversale di 3.75 m e si sviluppa in senso longitudinale per circa 51 m. Lo spessore dei setti è pari a 30 cm. Si riporta di seguito la geometria della sezione da calcolare:

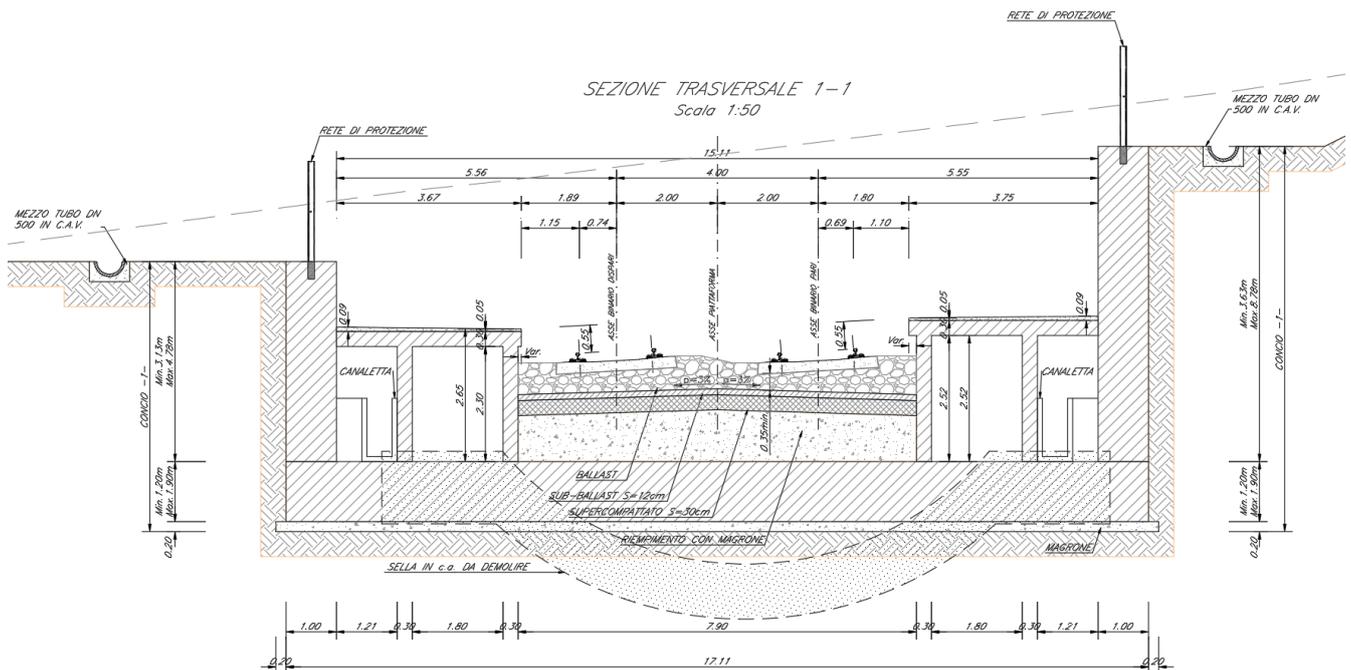


Figura 24-1- Sezione trasversale

Come si vede dall'immagine sopra riportata la struttura si vincola al muro ad U.

24.1 GEOMETRIA E MODELLO

Le caratteristiche geometriche principali dell'opera risultano essere:

$S_s =$	0.30 m	Spessore soletta sup.
$S_p =$	0.30 m	Spessore piedritti
$L_{int1} =$	1.80 m	Larghezza utile interna
$L_{int2} =$	1.21 m	Larghezza utile interna
$L_{tot} =$	3.65 m	Larghezza totale
$H_{int} =$	2.55 m	Altezza libera massima
$H_{tot} =$	1.80 m	Altezza totale massima

Si riporta di seguito la schematizzazione del tombino al fine della modellazione e le sezioni soggette a verifica:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 92 di 121

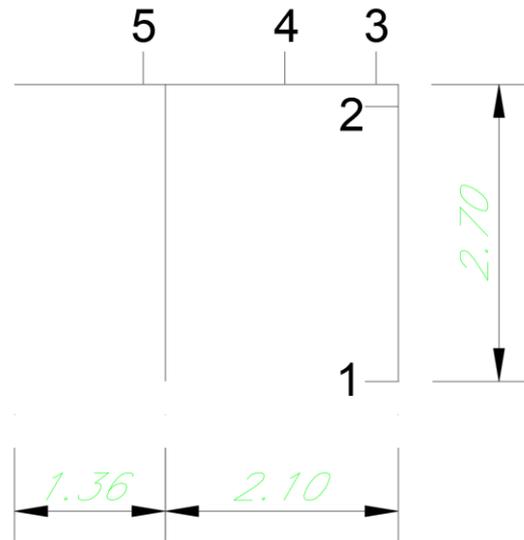


Figura 24-2- Geometria del modello

Si riporta di seguito il modello con la numerazione dei nodi per una più facile comprensione:

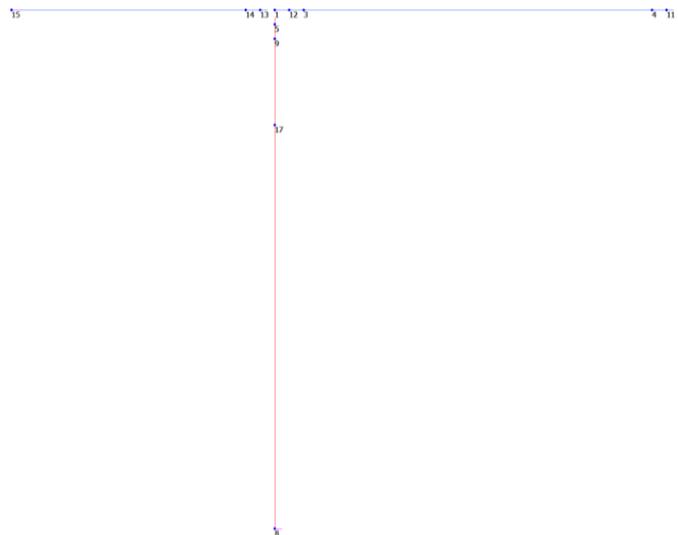


Figura 24-3- Modello con numerazione nodi

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 93 di 121

24.2 ANALISI DEI CARICHI

24.2.1 Condizioni di carico:

- 1) Peso proprio: il peso proprio è calcolato automaticamente dal software.
- 2) Peso marciapiede: sopra la soletta superiore del tombino ci sono 5 cm di calcestruzzo alleggerito, si assume un peso pari a 16 kN/m^3 , si ottiene quindi un carico uniforme sulla soletta pari a $0.05 \cdot 16 \cdot 1 = 0.8 \text{ kN/m}$:

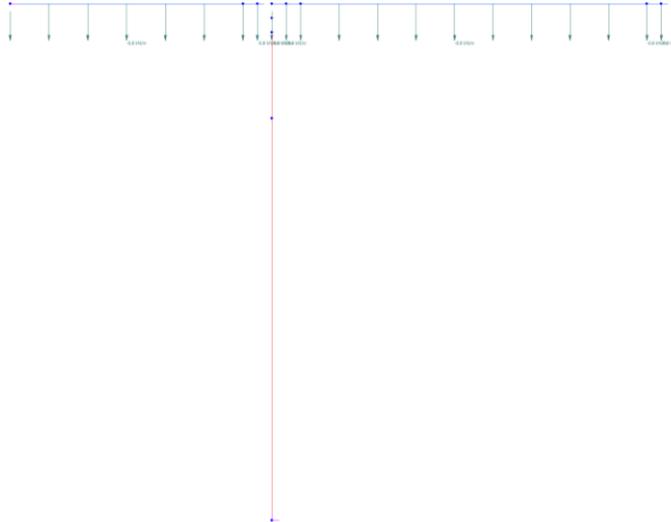


Figura 24-4- carico marciapiede

- 3) Spinta del ballast: come si nota dalla sezione trasversale dell'opera per circa 1.10 m il piedritto lato binario è a contatto con il ballast che produce una spinta pari $S = h \cdot \gamma \cdot k_0$, dove $k_0 = 1 - \tan \phi = 0.293$ con $\phi = 45^\circ$. Si ha quindi $S = 2.1 \cdot 18 \cdot 0.293 = 11.08 \text{ kN/m}$:

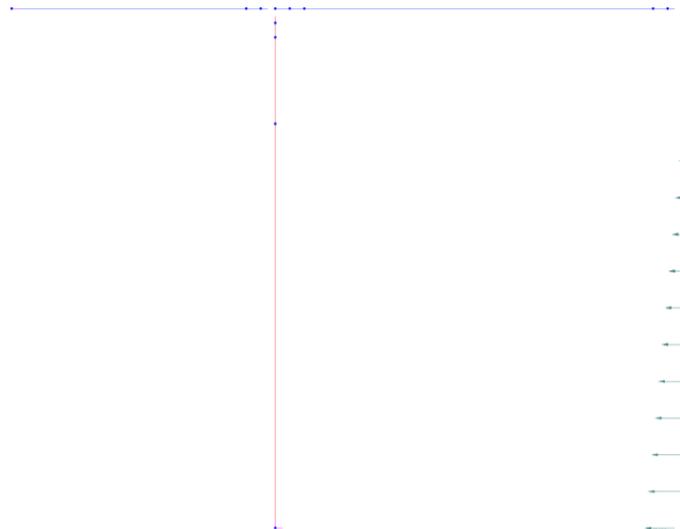


Figura 24-5- Spinta ballast

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 94 di 121

4) Termica: Si applica una variazione termica pari a $\Delta t = \pm 15^\circ$

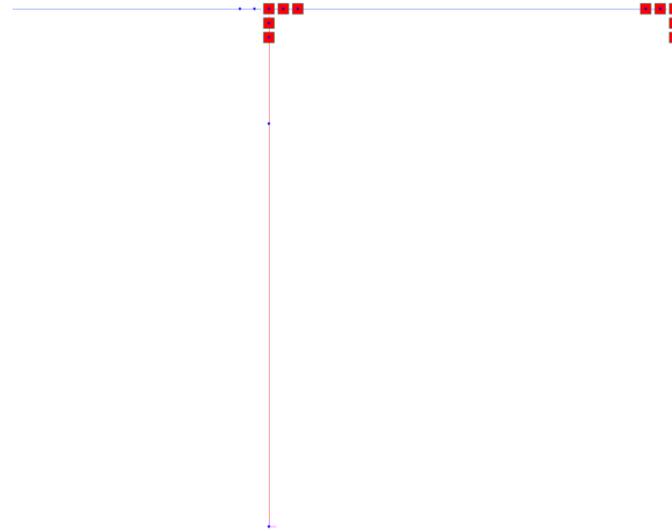


Figura 24-6- Variazione termica

5) Folla su marciapiedi: 10 kN/m^2 come da manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 A, cap 2.5.1.4.1.6.

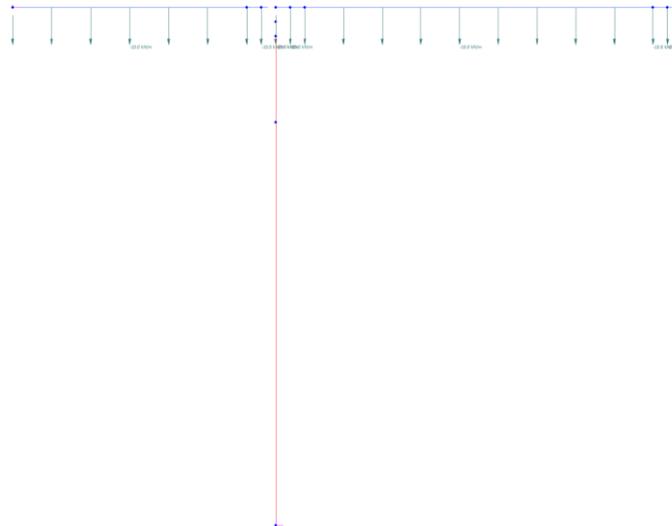


Figura 24-7- Carico da folla

Azioni sismiche:

L'opera in oggetto ricade nel comune di Grottaminarda (AV). Le coordinate utilizzate per il calcolo dell'azione sismica sono le seguenti:

- Longitudine: 15.062261
- Latitudine: 41.085507

L'azione sismica è stata individuata sulla base dei seguenti parametri:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 95 di 121

- Vita nominale dell'opera VN =75 anni
- Classe d'uso III
- Coefficiente d'uso Cu = 1.5
- Periodo di riferimento VR=75x1.5=112.5anni
- Categoria sottosuolo C
- Categoria topografica T1

Gli spettri sono stati valutati con il foglio di calcolo excel "SPETTRI-NTC" scaricato dal sito del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta |>

Variabilità dei parametri |>

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri |>

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Interpolazione

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 24-8 – Fase 1 – Individuazione della pericolosità del sito

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 96 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

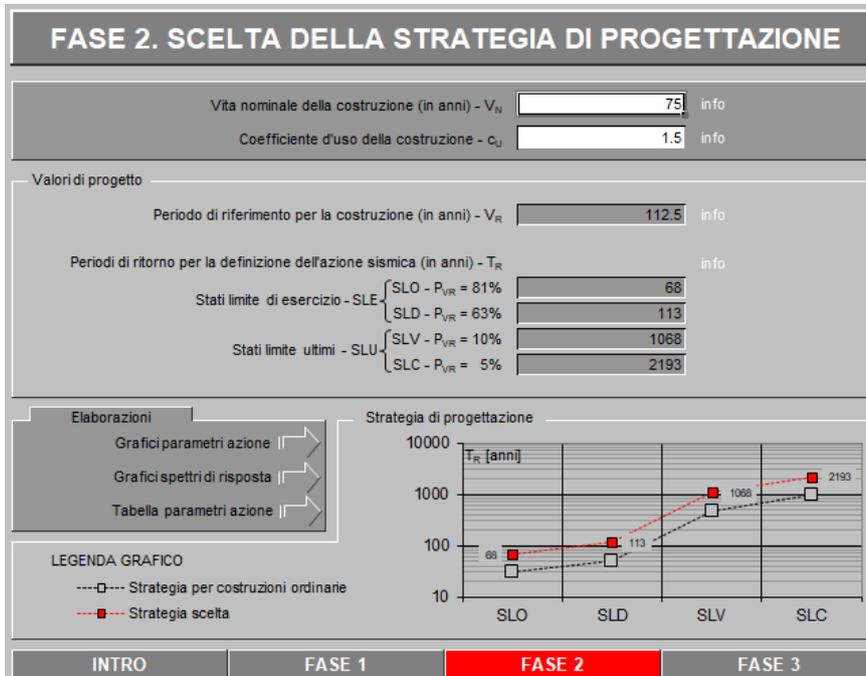


Figura 24-9 – Fase 2 – Strategia di progettazione

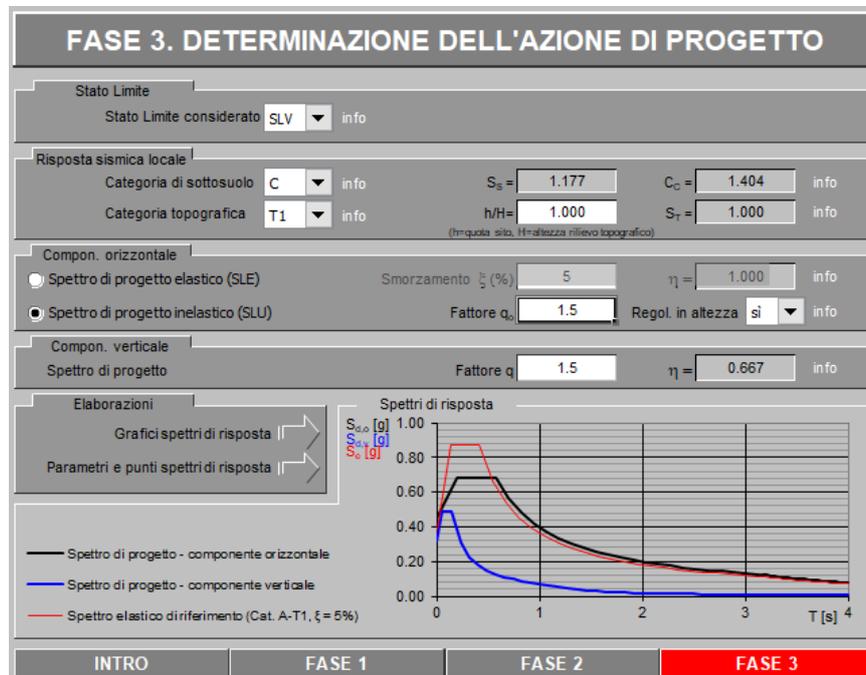


Figura 24-10 – Fase 3 – Azione di progetto

In seguito ad una analisi in frequenza del modello di calcolo, si sono estrapolati i modi di vibrare per le direzioni principali. Di conseguenza, le azioni sismiche sono valutate considerando l'accelerazione spettrale massima in corrispondenza del Plateau per la componente trasversale X e verticale Z mentre in direzione longitudinale Y la struttura ha un periodo di vibrare inferiore a 0.05s per cui l'accelerazione considerata è quella di aggancio allo

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 97 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

spettro $a_{max} = a_g \times S$. Gli spettri di progetto utilizzati per la definizione delle azioni sono stati determinati considerando un fattore di struttura q pari a 1.5.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV

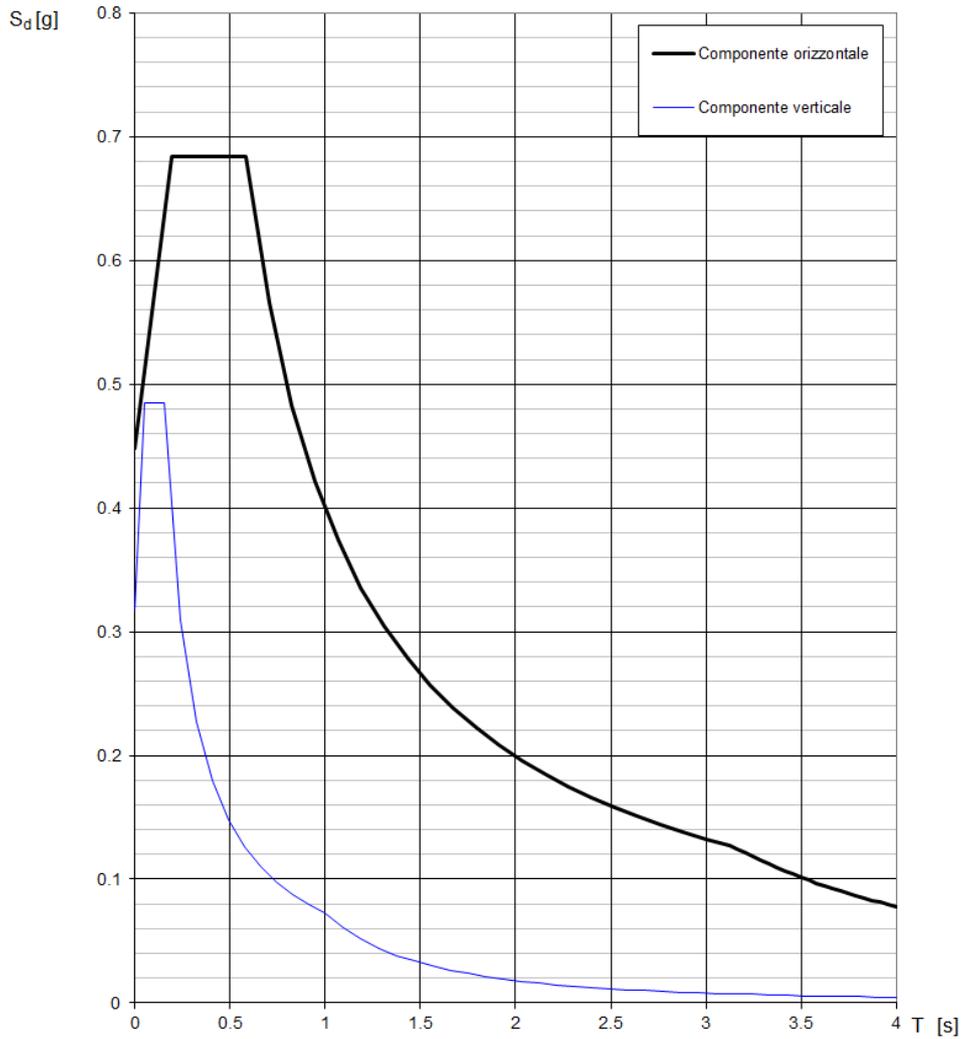


Figura 24-11 – Spettri di risposta in direzione orizzontale e verticale allo SLV

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 98 di 121

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.381g
F_0	2.287
T_C^*	0.415 s
S_S	1.177
C_C	1.404
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	1.177
η	0.667
T_B	0.194 s
T_C	0.582 s
T_D	3.125 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{1.0 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.449
0.194	0.684
0.582	0.684
0.703	0.566
0.825	0.483
0.946	0.421
1.067	0.374
1.188	0.335
1.309	0.304
1.430	0.279
1.551	0.257
1.672	0.238
1.793	0.222
1.914	0.208
2.035	0.196
2.156	0.185
2.278	0.175
2.399	0.166
2.520	0.158
2.641	0.151
2.762	0.144
2.883	0.138
3.004	0.133
3.125	0.128
3.167	0.124
3.208	0.121
3.250	0.118
3.292	0.115
3.333	0.112
3.375	0.109
3.417	0.107
3.458	0.104
3.500	0.102
3.542	0.099
3.583	0.097
3.625	0.095
3.667	0.093
3.708	0.091
3.750	0.089
3.792	0.087
3.833	0.085
3.875	0.083
3.917	0.081
3.958	0.079
4.000	0.078

Figura 24-12 – Spettro di risposta in direzione orizzontale allo SLV

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 99 di 121

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{qv}	0.318 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.907
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.318
0.050	0.485
0.150	0.485
0.235	0.309
0.320	0.227
0.405	0.180
0.490	0.148
0.575	0.126
0.660	0.110
0.745	0.098
0.830	0.088
0.915	0.079
1.000	0.073
1.094	0.061
1.188	0.052
1.281	0.044
1.375	0.038
1.469	0.034
1.563	0.030
1.656	0.027
1.750	0.024
1.844	0.021
1.938	0.019
2.031	0.018
2.125	0.016
2.219	0.015
2.313	0.014
2.406	0.013
2.500	0.012
2.594	0.011
2.688	0.010
2.781	0.009
2.875	0.009
2.969	0.008
3.063	0.008
3.156	0.007
3.250	0.007
3.344	0.007
3.438	0.006
3.531	0.006
3.625	0.006
3.719	0.005
3.813	0.005
3.906	0.005
4.000	0.005

Figura 24-13 – Spettro di risposta in direzione verticale allo SLV

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell' analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k. Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

Forza sismica orizzontale $F_h = k_h \cdot W$

Forza sismica verticale $F_v = k_v \cdot W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v sono valutati mediante le espressioni:

$k_h = a_{max}/g = 0.449$

$k_v = \pm 0,5 \times k_h = 0.224$

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 100 di 121

Pertanto avremo in orizzontale:

6) Sisma orizzontale:

$$F'' = 0.3 * 25 * 0.449 = 3.37 \text{ kN/m sui piedritti};$$

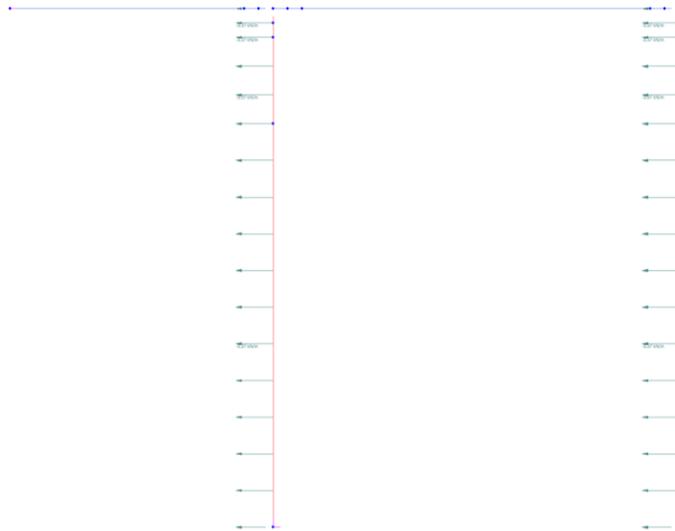


Figura 24-14 –Sisma orizzontale

7) Sisma verticale:

$$F_v = (0.3 * 25 + 0.6 * 10 + 0.8) * 0.224 = 3.20 \text{ kN/m}$$

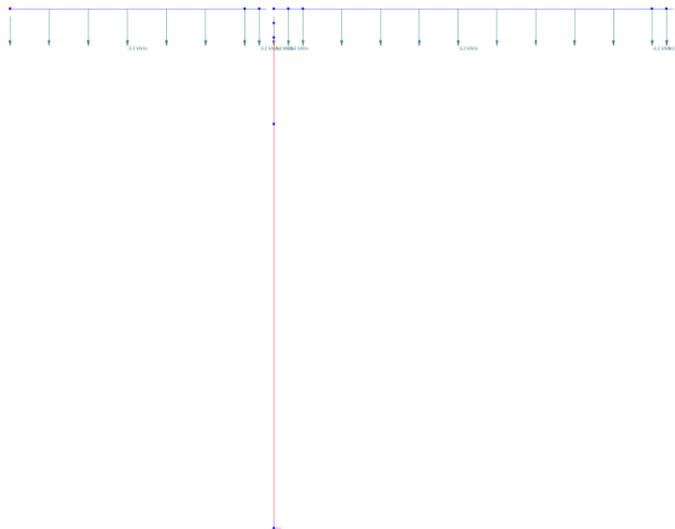


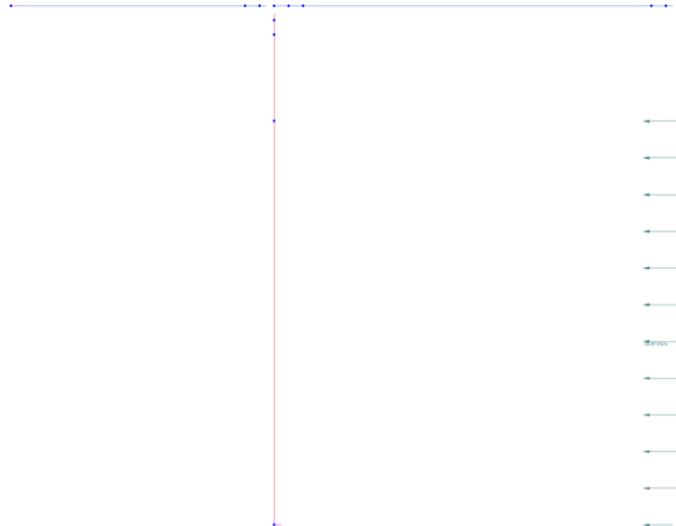
Figura 24-15 Sisma verticale

8) Sovrappinta sismica dovuta al ballast:

La spinta del ballast sono determinate con la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta dovuto al sisma viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta_{SE} = (a_{max}/g) * \gamma * H^2 = (0.449 * 2.1^2 * 18) / 2.1 = 16.97 \text{ kN/m}$$

APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 101 di 121



25 COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni descritte nei paragrafi precedenti sono combinate tra loro, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto in base a quanto prescritto dal D.M. 14 Gennaio 2008.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 102 di 121

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_2 \cdot Q_{kj}$$

Nella valutazione dell'azione sismica, la risposta è calcolata unitariamente per le tre componenti come segue:

- E1 = ±1.00 Ex ±0.30 Ey ±0.30 Ez
- E2 = ±0.30 Ex ±1.00 Ey ±0.30 Ez
- E3 = ±0.30 Ex ±0.30 Ey ±1.00 Ez

Con Ex, Ey ed Ez rappresentative rispettivamente dell'azione sismica orizzontale in direzione x e y e verticale z. I casi di carico sopra riportati sono stati combinati nella maniera seguente:

CASES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	SLU1+	SLU2+	SLU3-	SLU4-	RARA 1	RARA 2	RARA 3	RARA 4	FREQ 1	FREQ 2	FREQ 3	QUASI 1	SISMA 1	SISMA 2	SISMA 3	SISMA 4
1: G1_Peso proprio [Freedom Case 1]	1.3	1.3	1.3	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2: G2 marciapiede	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3: G2 Spinta ballast da destra [Freedom Case 1]	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4: Termica [Freedom Case 1]	1.5	0.9	-1.5	-0.9	1	0.6	-1	-0.6	0.5	0	-0.5	0	0	0	0	0
5: Folla	1.05	1.5	1.05	1.5	0.7	1	0.7	1	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
6: E_Oriz. 1 [Freedom Case 1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3	-1	-0.3
7: E_Vert. 1 [Freedom Case 1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	1	0.3	1
8: E_Oriz. 2_Sovraspinta sismica dx [Freedom Case 1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3	-1	-0.3

26 VERIFICHE

Le sezioni di cui si riportano le sollecitazioni sono rappresentate nella figure seguente:

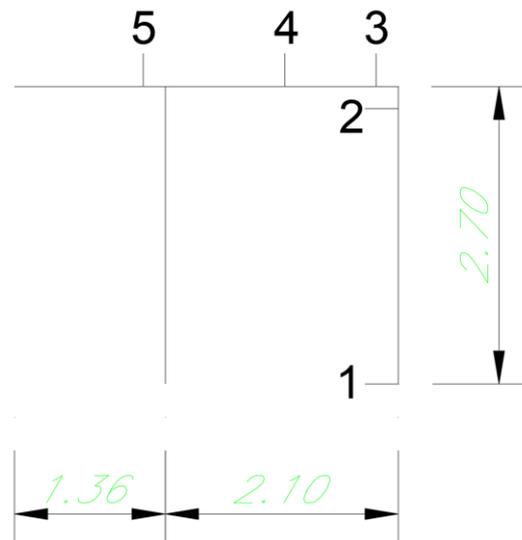


Figura 26-1-Sezioni di verifica

Di seguito le sollecitazioni più gravose e la corrispondente combinazione di calcolo, considerando che le sezioni sono tutte uguali si procede a verificare solamente il caso più gravoso evidenziato nella figura:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 103 di 121

SEZIONE	H [m]	B [m]	Mmax [kNm]	Ncorr [kN]	Tcorr [kN]	comb	Tmax[kN]	comb	
1	0.3	1	36	21.78	50.72	13	50.72	13	SLU/SLV
2	0.3	1	7.45	3	5.14	13	6.5	1	
3	0.3	1	7.85	5	10	3	14.64	15	
4	0.3	1	10.2	5	-	3	-	-	
5	0.3	1	20.3	4	34.1	2	34.1	2	

SEZIONE	H [m]	B [m]	Mmax [kNm]	comb	
1	0.3	1	13.3	7	RARA
2	0.3	1	3.6	7	
3	0.3	1	5.4	7	
4	0.3	1	7	7	
5	0.3	1	14.15	8	

Combinazione 13:

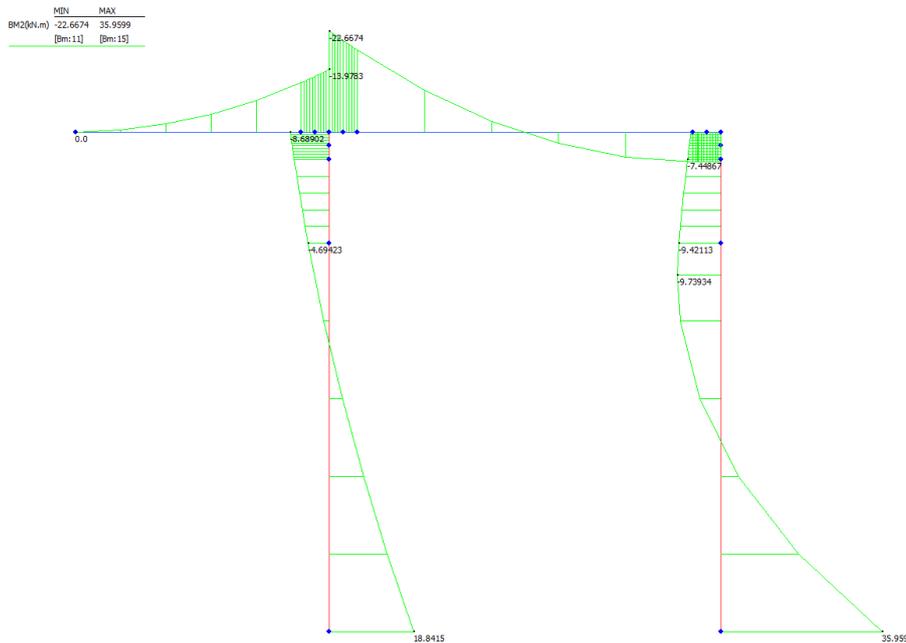


Figura 26-2-combinazione 13 momento sollecitante

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 104 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

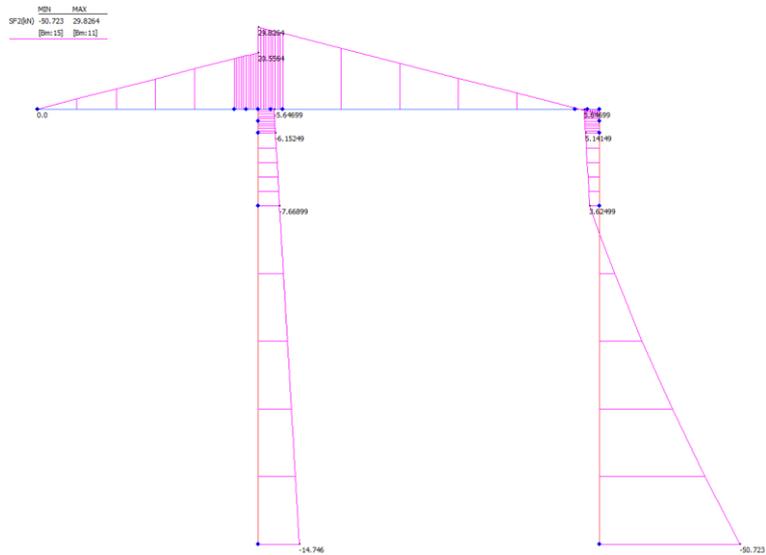


Figura 26-3- combinazione 13 Taglio sollecitante

Combinazione 8 (rara):

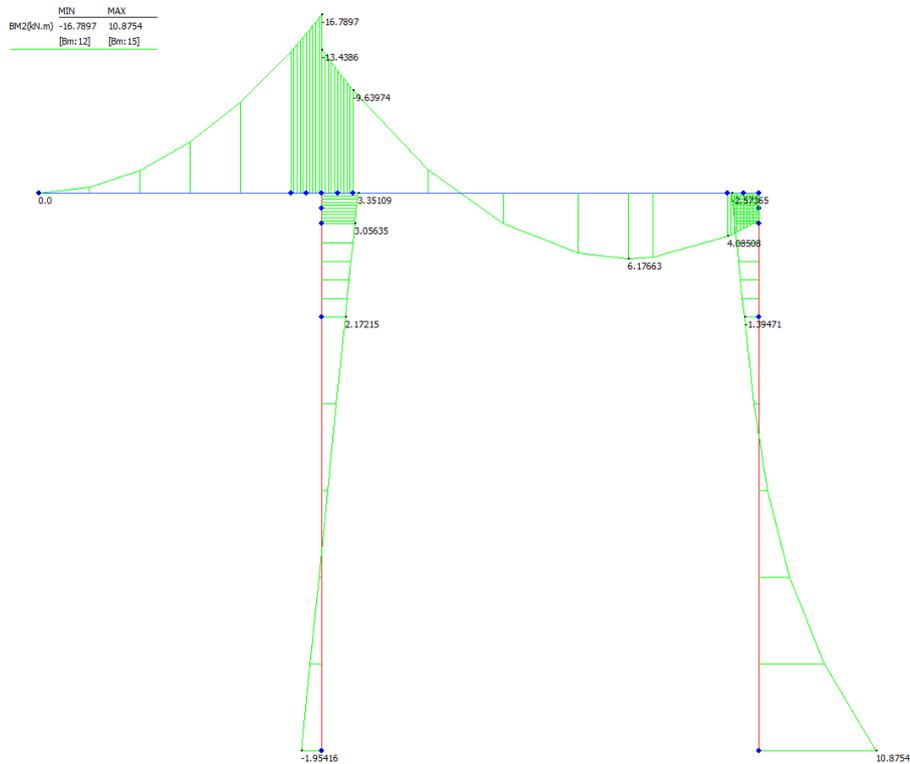


Figura 26-4- momento sollecitante combinazione 8

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>105 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	105 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	105 di 121								

26.1.1 Verifiche SLU

Si procede a verificare la sezione più sollecitata, considerando a favore di sicurezza lo sforzo normale nullo:

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-48.0	5.0	12
2	48.0	5.0	12
3	-48.0	25.0	12
4	48.0	25.0	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	12
2	3	4	3	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 106 di 121

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	14.15	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	36.00	0.00	0.00	60.82	0.00	1.69	11.3(4.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.120	-50.0	30.0	-0.00233	-48.0	25.0	-0.02565	-48.0	5.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.001165841	-0.031475244	0.120	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 107 di 121

Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.11	-50.0	30.0	-108.7	48.0	5.0	544	5.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00068	0	0.500	12.0	14	0.00033 (0.00033)	244	0.080 (0.20)	48.72	0.00

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa resist. caratteristica
$h = 300$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$ coeff. sicurezza
$c = 50$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{s1,1} = 5 \text{ } \emptyset \text{ } 12 = 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{s1,2} = 0 \text{ } \emptyset \text{ } 0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 250$ mm altezza utile	$A_{s1,3} = 0 \text{ } \emptyset \text{ } 0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa resist. di calcolo	

• Sollecitazioni (compressione<0, trazione>0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 51.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.894 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.516$$

$$\rho_1 = A_{s1}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.000 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 0.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 129.1 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 129.1 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

Ricapitolando quindi la struttura risulta verificata a taglio e flessione e la fessurata è entro i limiti normativi $w_k=0.2$. Si dispongono quindi 1+1 ϕ 12/200 sia in senso trasversale che in senso longitudinale. Inoltre si si aggiungono legature per 9 ϕ 10/m².

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 108 di 121

27 SEZIONE IN CORRISPONDENZA DEL PALO T.E

All'interno della struttura Muro ad U è prevista la realizzazione di una struttura a telaio avente una parte in sbalzo in ca, la seguente struttura ha la funzione di marciapiede e di accogliere l'installazione del palo TE ove necessario. L'interasse tra i cari pali TE è di 14.13 m come mostrao nella figura seguente.

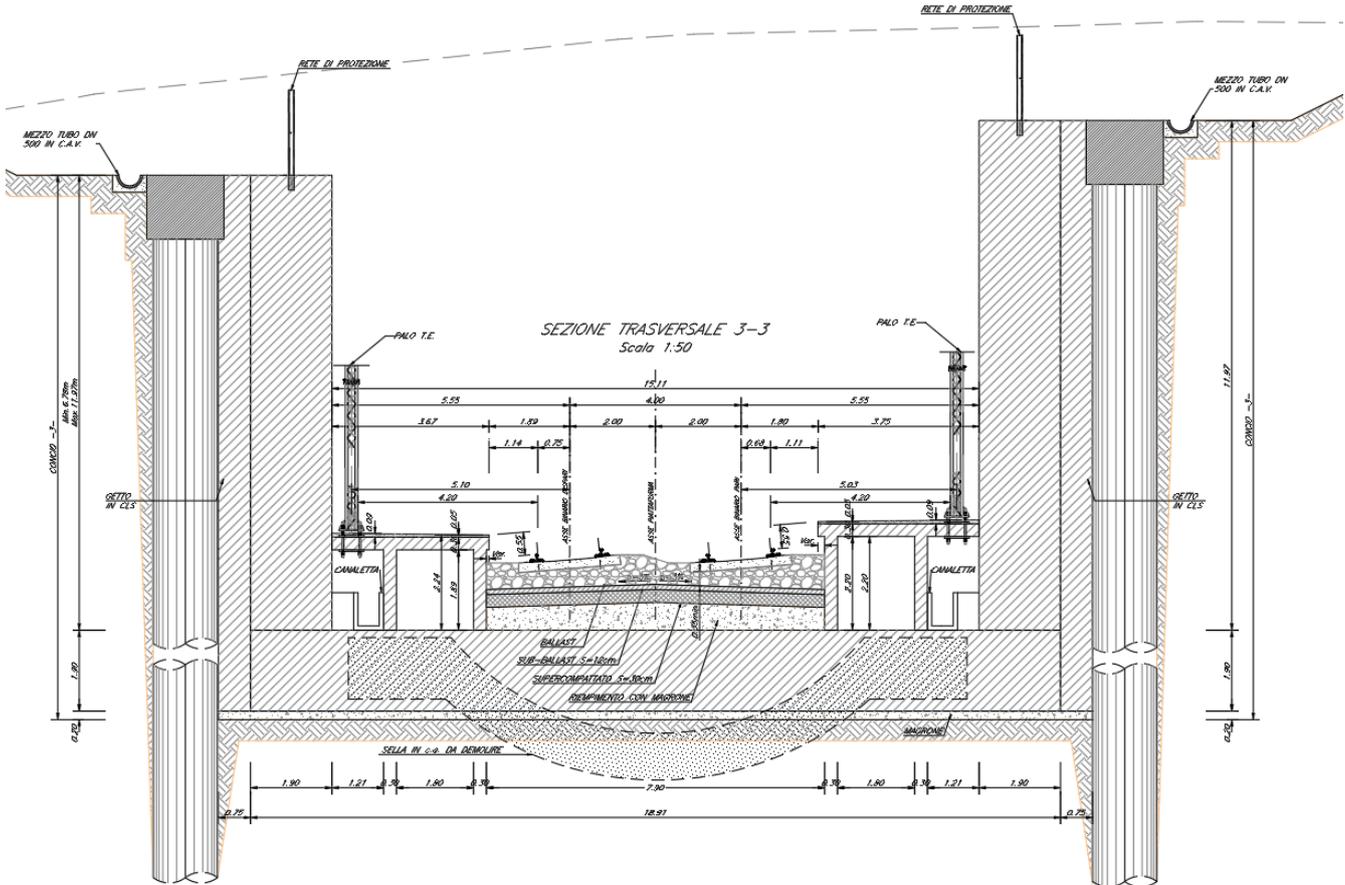
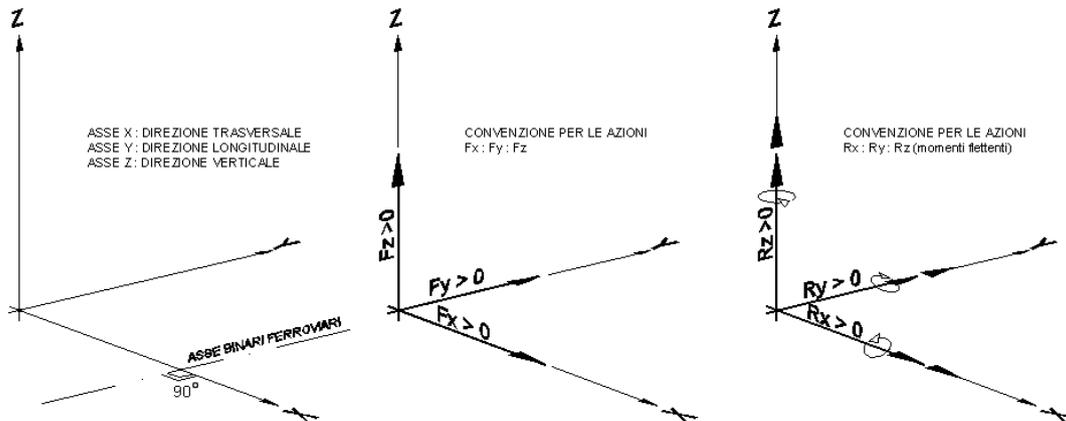


Figura 27-1-Pianta disposizione pali T.E.

Si considerano quindi nel modello di calcolo gli incrementi dovuti alla presenza del palo.

Il sistema di riferimento delle coordinate globali della struttura, degli spostamenti e delle azioni determinate dai carichi è rappresentato dall'asse delle x orientato perpendicolarmente ai binari ferroviari, mentre l'asse y è longitudinale ad essi. L'asse verticale z è positivo diretto verso l'alto. Per quanto riguarda i valori delle azioni assiali F_x , F_y ed F_z si intendono positivi quando diretti nel verso positivo dei rispettivi assi.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 109 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						



27.1 CASI DI CARICO CONSIDERATI

I casi di carico che si sono considerati e che danno origine alle azioni applicate alle strutture sono rappresentati dal:

- Peso proprio strutturale
- Peso dei conduttori
- Tiro dei conduttori
- Vento in direzione X (positivo/negativo)
- Vento in direzione Y (positivo/negativo)
- Vento aerodinamico (positivo/negativo)
- Sisma in direzione X (positivo/negativo)
- Sisma in direzione Y (positivo/negativo)

Le azioni sono calcolate per ogni caso di carico con coefficienti parziali unitari secondo alla seguente tabella:

Cmb	Peso proprio	Peso Conduttori	Tiro Conduttori	Vento X	Vento Y	Vento aero	Sisma X	Sisma Y
1	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00

27.2 CONDIZIONI DI CARICO CONSIDERATE

Prendendo a riferimento la parte relativa alle verifiche strutturali della CEI EN 50119 si è scelto di considerare tre condizioni di calcolo in base a differenti valori di temperatura esterna (T), velocità del vento (W) e peso dell'eventuale manicotto di ghiaccio (Pg):

APPALTATORE: Conorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatara Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 110 di 121

Condizione A T=-20°C W=0 m/s Pg= 0 N/m	Condizione B T=+5°C W=28 m/s (100%) Pg=0 daN/m	Condizione D T=-5°C W=28 m/s (50%) Pg=7 N/m
--	--	---

In via cautelativa si è adottata una velocità del vento pari a 28 m/sec ed un peso del manicotto di ghiaccio pari a 7 N/m. La normativa EN50119 prevede che, in presenza del manicotto di ghiaccio, si possano tenere in conto al 50% le azioni del vento agenti sui conduttori e sui sostegni.

In forma tabellare si riassumono le pressioni da considerare nelle condizioni analizzate:

Calcolo delle pressioni agenti sui conduttori EN 50119:2010-05 §6.2.4 e segg.)

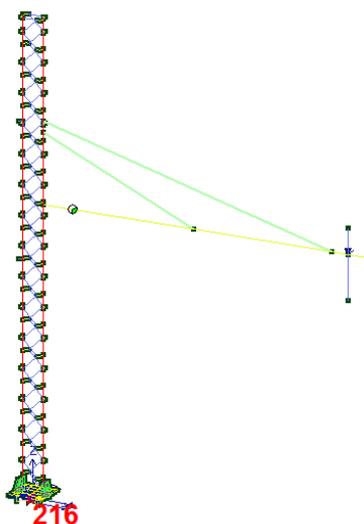
Cond.	Gq	Gt	Vr	Ro	T	H	h	qk	Gk	Cc	qwcd	qwcs
-	-	-	(m/sec)	(kg/mc)	(K)	(m)	(m)	(daN/mq)	-	-	(daN/mq)	(daN/mq)
B	2,05	1	28	1,268	278	0	10	101,86	0,75	1	76,4	61,1
D	2,05	1	28	1,315	268	0	10	105,66	0,75	1	39,6	31,7

Calcolo delle pressioni agenti sulle strutture (EN 50119:2010-05 §6.2.4 e segg.)

Cond.	Gstr	CcstrT	CcstrL	qwstrT	qwstrL
-	-	-	-	(daN/mq)	(daN/mq)
B	1	1,4	1,4	142,6	142,6
D	1	1,4	1,4	74	74

Si tralasciano le azioni nella condizione di carico A in quanto i valori risultano meno significativi e dunque meno gravosi delle condizioni B e C riportate in seguito.

27.3 AZIONI ALLA BASE DEL PALO



APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 111 di 121

Condizione di carico B

Nodo	Cmb	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
216	Peso proprio	0.0	0.0	-605.02	-1426.77	1.971e+04	2.01e-04
216	Peso conduttori	0.0	3.89e-06	-299.64	-1.052e+04	1.402e+05	1.55e-03
216	Tiro conduttori	203.05	13.32	0.0	-6867.53	1.010e+05	240.00
216	Vento X+	583.79	13.36	0.0	-6887.69	2.730e+05	240.61
216	Vento X-	-583.79	-13.36	0.0	6887.69	-2.730e+05	-240.61
216	Vento Y+	0.0	165.16	0.0	-7.061e+04	1.62	-7.76e-05
216	Vento Y-	0.0	-165.16	0.0	7.061e+04	-1.62	7.76e-05
216	Vento aero+	18.24	0.0	0.0	0.0	3907.39	-1.50e-06
216	Vento aero-	-18.24	0.0	0.0	0.0	-3907.39	1.50e-06
216	Sisma X+	130.19	0.81	0.0	-418.41	7.222e+04	14.60
216	Sisma X-	-130.19	-0.81	0.0	418.41	-7.222e+04	-14.60
216	Sisma Y+	0.0	119.66	0.0	-6.680e+04	1.55	177.76
216	Sisma Y-	0.0	-119.66	0.0	6.680e+04	-1.55	-177.76

Condizione di carico D

Nodo	Cmb	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
216	Peso Proprio	0.0	0.0	-605.02	-1426.77	1.971e+04	2.01e-04
216	Peso conduttori	-1.36e-06	5.76e-06	-485.48	-1.557e+04	2.064e+05	2.29e-03
216	Tiro conduttori	213.15	13.32	0.0	-6867.53	1.064e+05	240.00
216	Vento X+	498.89	16.79	0.0	-8658.85	2.417e+05	302.46
216	Vento X-	-498.89	-16.79	0.0	8658.85	-2.417e+05	-302.46
216	Vento Y+	0.0	85.72	0.0	-3.665e+04	0.84	-4.03e-05
216	Vento Y-	0.0	-85.72	0.0	3.665e+04	-0.84	4.03e-05
216	Vento aero+	18.24	0.0	0.0	0.0	3907.39	-1.50e-06
216	Vento aero-	-18.24	0.0	0.0	0.0	-3907.39	1.50e-06
216	Sisma X+	130.19	0.81	0.0	-418.41	7.222e+04	14.60
216	Sisma X-	-130.19	-0.81	0.0	418.41	-7.222e+04	-14.60
216	Sisma Y+	0.0	119.66	0.0	-6.680e+04	1.55	177.76
216	Sisma Y-	0.0	-119.66	0.0	6.680e+04	-1.55	-177.76

La condizione di carico B viene associata e combinata opportunamente alla combinazioni di carico dello scatolare con temperatura positiva (comb1 e comb2). La condizione di carico D invece si combina con le combinazioni a temperatura negativa (comb 3 e 4). Il vento che genera tiro nei conduttori, a favore di sicurezza, viene combinato come se fosse un carico permanente portato con coefficiente 1.5 in entrambi i casi. Lo stesso ragionamento viene applicato alle combinazioni rare.

Si sono quindi moltiplicati i valori caratteristici delle azioni sollecitanti con gli opportuni coefficienti di sicurezza SLU e SLE ottenendo i valori da introdurre nel modello di calcolo:

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A		ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.		RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 112 di 121

CONDIZIONE B combinata

Nodo	Cmb	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
216	Peso proprio	0	0	-786.526	-1854.801	25623	0.0002613
216	Peso conduttori	0	5.84E-06	-449.46	-15780	210300	0.002325
216	Tiro conduttori	304.575	19.98	0	-10301.295	151500	360
216	Vento X+	875.685	20.04	0	-10331.535	409500	360.915
216	Vento X-	-875.685	-20.04	0	10331.535	-409500	-360.915
216	Vento Y+	0	247.74	0	-105915	2.43	-0.0001164
216	Vento Y-	0	-247.74	0	105915	-2.43	0.0001164
216	Vento aero+	27.36	0	0	0	5861.085	-2.25E-06
216	Vento aero-	-27.36	0	0	0	-5861.085	2.25E-06
216	Sisma X+	130.19	0.81	0	-418.41	7.22E+04	14.6
216	Sisma X-	-130.19	-0.81	0	418.41	-7.22E+04	-14.6
216	Sisma Y+	0	119.66	0	-6.68E+04	1.55	177.76
216	Sisma Y-	0	-119.66	0	6.68E+04	-1.55	-177.76

CONDIZIONE D combinata

Nodo	Cmb	Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
216	Peso proprio	0	0	-786.526	-1854.801	25623	0.0002613
216	Peso conduttori	-2.04E-06	8.64E-06	-728.22	-23355	309600	0.003435
216	Tiro conduttori	319.725	19.98	0	-10301.295	159600	360
216	Vento X+	748.335	25.185	0	-12988.275	362550	453.69
216	Vento X-	-748.335	-25.185	0	12988.275	-362550	-453.69
216	Vento Y+	0	128.58	0	-54975	1.26	-6.045E-05
216	Vento Y-	0	-128.58	0	54975	-1.26	6.045E-05
216	Vento aero+	27.36	0	0	0	5861.085	-2.25E-06
216	Vento aero-	-27.36	0	0	0	-5861.085	2.25E-06
216	Sisma X+	130.19	0.81	0	-418.41	7.22E+04	14.6
216	Sisma X-	-130.19	-0.81	0	418.41	-7.22E+04	-14.6
216	Sisma Y+	0	119.66	0	-6.68E+04	1.55	177.76
216	Sisma Y-	0	-119.66	0	6.68E+04	-1.55	-177.76

Si trascurano i carichi dovuti al sisma perché non dimensionanti per la struttura in esame.
Sommando i vari contributi si ottengono le seguenti sollecitazioni più gravose:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 113 di 121

COMB 1-2 SLU (B)						
N	-12.36					
FX	12.08					
FY	0.40	VENTO POSITIVO X		FY	2.68	VENTO POSITIVO Y
MX	-3.83		MX	-13.39		
My	80.28		My	38.74		

COMB rara						
N	-9.05					
FX	8.05					
FY	0.27	VENTO POSITIVO X		FY	1.78	VENTO POSITIVO Y
MX	-2.57		MX	-8.94		
My	53.78		My	26.09		

COMB 3-4 SLU (D)						
N	-15.15					
FX	10.95					
FY	0.45	VENTO POSITIVO X		FY	1.49	VENTO POSITIVO Y
MX	-4.85		MX	-9.05		
My	86.32		My	49.48		

COMB rara						
N	-10.91					
FX	7.30					
FY	0.30	VENTO POSITIVO X		FY	0.99	VENTO POSITIVO Y
MX	-3.25		MX	-6.05		
My	57.81		My	33.25		

Figura 27-2 Carichi combinati introdotti nel modello di calcolo [kN, kNm]

Si considera un angolo di diffusione del carico di 45° che genera, dal bordo della piastra al bordo del piedritto lato binario, una larghezza di diffusione cautelativamente pari a 1.80m. Si diffonde a favore di sicurezza solamente il momento My.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 114 di 121
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo						

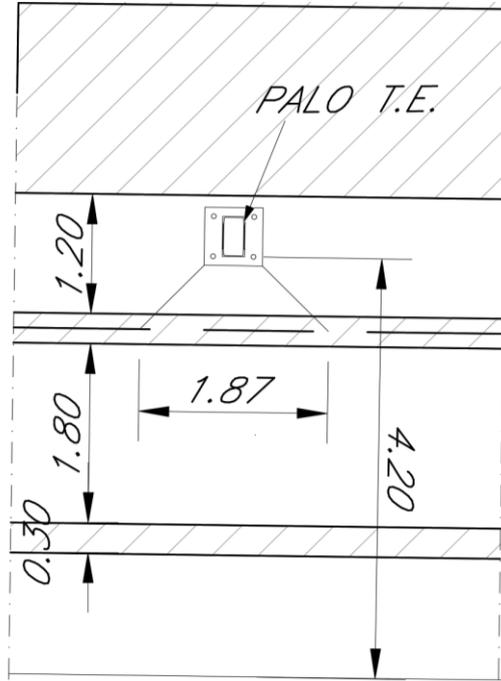


Figura 27-3 Larghezza di diffusione

27.4 SEZIONI VERIFICATE

Le sezioni di cui si riportano le sollecitazioni sono rappresentate nella figure seguente:

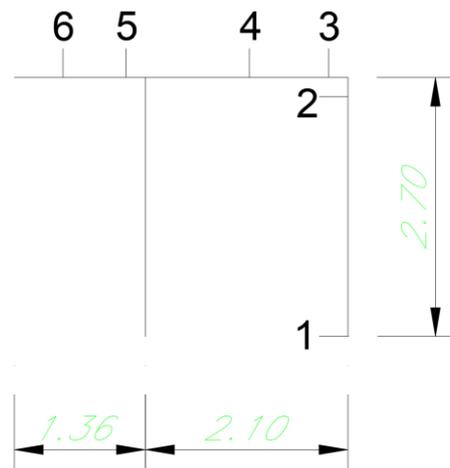


Figura 27-4-Sezioni di verifica

27.5 RISULTATI

L'introduzione dei carichi generati dal palo TE inducono un aumento del momento nella zona di appoggio del palo, tale momento vale, $M_{ed}=46.2$ kNm

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 115 di 121

SEZIONE	H [m]	B [m]	Mmax [kNm]	Ncorr [kN]	Tcorr [kN]	comb	Tmax[kN]	comb	
1	0.3	1	36	21.78	50.72	13	50.72	13	SLU/SLV
2	0.3	1	17.61	35.25	18.05	17	18.05	17	
3	0.3	1	15.5	18.05	30.65	17	30.65	17	
4	0.3	1	17.8	6.06	-	21	-		
5	0.3	1	18.4	5.65	27.6	13	46.3	17	
6	0.3	1	46.2	12.08	38	21	38	21	

SEZIONE	H [m]	B [m]	Mmax [kNm]	comb	
1	0.3	1	10.6	25	RARA
2	0.3	1	11.6	25	
3	0.3	1	10.13	25	
4	0.3	1	11.5	29	
5	0.3	1	6.01	28	
6	0.3	1	30.85	29	

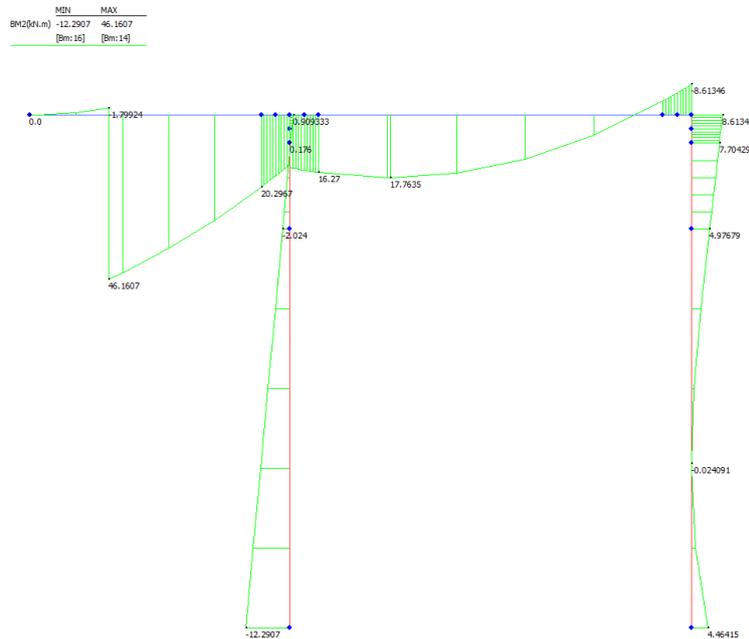


Figura 27-5 Momenti flettenti temperatura positiva

Il massimo taglio sollecitante risulta essere pari a 50.72 kN come si vede nella figura seguente:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>TR0300 001</td> <td>B</td> <td>116 di 121</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	116 di 121
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	TR0300 001	B	116 di 121								

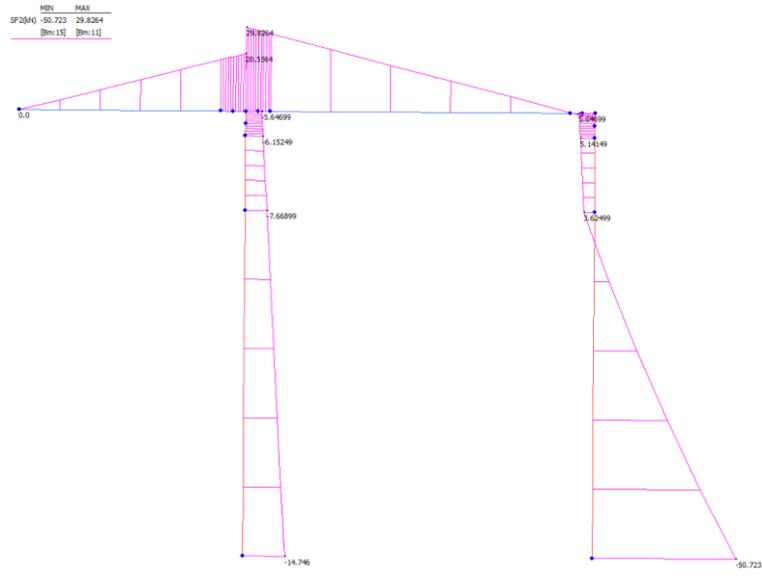


Figura 27-6 Massimo taglio sollecitante

La struttura è stata progettata con sezioni armate da 1+1φ12/200mm sia longitudinalmente che trasversalmente, con momenti e tagli resistenti superiori a quelli appena citati. In ogni caso si dispone a favore di sicurezza l'armatura che segue:

- dir. trasversale x (perpendicolare ai binari): 1+1 φ 12/100mm su soletta superiore, piedritti e soletta inferiore. Si estende tale raffittimento per 4m in corrispondenza della piastra di base del palo (2m prima e 2m dopo).
- dir. longitudinale y (parallelo ai binari): armatura di ripartizione 1+1 φ 12/100mm su superiore, piedritti e soletta inferiore. Si estende tale raffittimento per 4m in corrispondenza della piastra di base del palo.

Per quanto riguarda la condizione di esercizio la soletta superiore (massimo momento sollecitante pari a 20.1 kNm) non risulta fessurata essendo il momento di fessurazione calcolato in precedenza pari a 38 kNm.

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 117 di 121

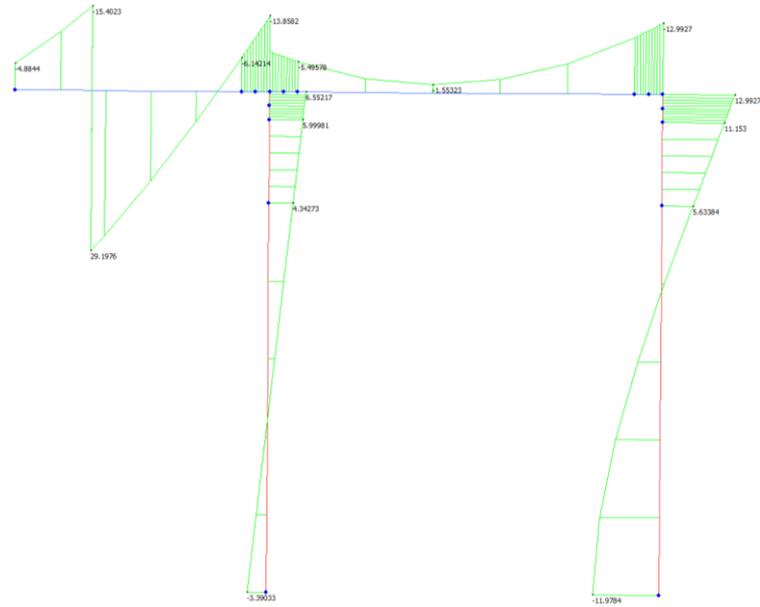


Figura 27-7 Condizione rara con massimo momento sollecitante

27.5.1 Verifiche SLU

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 118 di 121

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	30.0
3	50.0	30.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-48.0	5.0	12
2	48.0	5.0	12
3	-48.0	25.0	12
4	48.0	25.0	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	8	12
2	3	4	8	12

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	46.20	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	31.00	0.00

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E Z Z CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 119 di 121

RISULTATI DEL CALCOLO

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	46.20	0.00	0.00	108.42	0.00	2.35	22.6(4.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.166	-50.0	30.0	-0.00073	-48.0	25.0	-0.01764	-48.0	5.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000845704	-0.021871106	0.166	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.35	-50.0	30.0	-123.2	37.3	5.0	750	11.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-------------	--------	----	---------	---------

APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 120 di 121

1 S -0.00079 0 0.500 12.0 44 0.00037 (0.00037) 285 0.105 (0.20) 52.13 0.00
VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

• **Caratteristiche della sezione**

$b_w = 1000$ mm larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa resist. caratteristica
$h = 300$ mm altezza	$\gamma_s = 1.15$ coeff. sicurezza
$c = 50$ mm copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:
$\gamma_c = 1.50$ coeff. Sicurezza	$A_{sl,1} = 5 \text{ } \emptyset 12 = 5.65 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$ coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 250$ mm altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa resist. di calcolo	

• **Sollecitazioni** (compressione<0, trazione>0, taglio in valore assoluto)

$N_{ed} = 0.0$ kN $V_{ed} = 51.0$ kN

• **Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$ $k = 1.894 < 2$
 $v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$ $v_{min} = 0.516$
 $\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$ $\rho_1 = 0.000 < 0.02$
 $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$ $\sigma_{cp} = 0.00$ MPa < $0.2 f_{cd}$

$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$
 $V_{Rd} = 0.0$ kN; (con $(v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 129.1$ kN)

$V_{Rd} = 129.1$ kN assunto pari alla resistenza minima

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

Ricapitolando quindi la struttura risulta verificata a taglio e flessione e la fessurata è entro i limiti normativi $w_k=0.2$. Si dispongono quindi $1+1\phi 16/200$ sia in senso trasversale che in senso longitudinale. Inoltre si si aggiungono legature per $9 \phi 10/m^2$.

27.5.2 Verifica tirafondi

Il palo LSU 18a, come da standard tecnologici RFI, ha una piastra 580×580 mm con tirafondi $\phi 45$ mm disposti come segue:

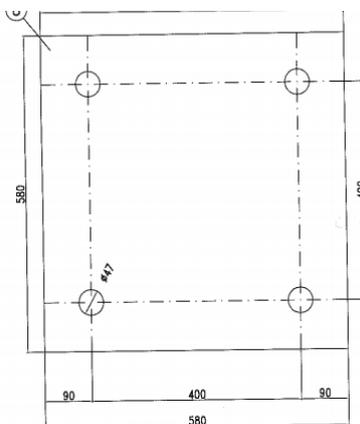


Figura 27-8 Piastra e disposizione tirafondi LSU18a

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO TR0300 001	REV. B	FOGLIO 121 di 121

I tirafondi sono soggetti, nella condizione più gravosa alle seguenti sollecitazioni di tiro (si trascura il contributo dello sforzo normale perché favorevole):

$$F_{t,ed} = (M/0.9d)/2 = (86.32/(0.9*0.49))/2 = 98 \text{ kN}$$

La resistenza a trazione è la seguente:

$$F_{t,Rd} = 0.9 * F_{tbk} * A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 * 510 * 1217.7 / 1.25 = 447 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta.

Il taglio sollecitante è pari a $F_{v,ed} = 12.08 \text{ kN} / 4 = 3.02 \text{ kN}$

Il taglio resistente è pari: $F_{v,Rd} = 0.6 * F_{tbk} * A_{res} / \gamma_{M2} = 0.6 * 510 * 1217.7 / 1.25 = 298 \text{ kN}$

La verifica è soddisfatta.

La verifica combinata taglio/ trazione risulta anch'essa ampiamente verificata in quanto:

$$F_{v,ed} / F_{v,Rd} + F_{t,ed} / 1.4 F_{t,Rd} = 0.010 + 0.157 = 0.17 < 1.0$$

28 SINTESI ARMATURE

Marciapiede:

Armatura longitudinale (dir. parallela ai binari): 1+1Φ12/200mm

Armatura trasversale: 1+1Φ12/200mm

Spilli (legature) : 9Φ10/m²

Marciapiede SEZIONE IN CORRISPNDENZA PALO T.E:

Armatura longitudinale: 1+1Φ12/100mm

Armatura trasversale: 1+1Φ12/100mm

Spilli (legature) : 9Φ10/m²

Incidenza totale: 110kg/m³