

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI - BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA
I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA
 INTERFERENZE ED OPERE IDRAULICHE
 GENERALE

Relazione di calcolo tombini stradali

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	Alpina Sp.A. Ing. P. Galvanin

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

IF28	01	E	ZZ	CL	IN0000	002	B	-
------	----	---	----	----	--------	-----	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	A. Lisi	21/02/2020	L. Zanelotti	21/02/2020	M. Vernaleone	21/02/2020	Ing. P. Galvanin
B	Recepimento istruttoria	A. Lisi	10/06/2020	L. Zanelotti	10/06/2020	M. Vernaleone	10/06/2020	
								10/06/2020

File: IF2801EZZCLIN0000002B

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 2 di 209

Indice

1. INTRODUZIONE	7
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	8
3. CRITERI DI CALCOLO.....	9
4. CRITERI E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA	9
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
5.1 CALCESTRUZZO PER MAGRONE	11
5.2 CALCESTRUZZO.....	11
5.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	12
5.4 DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....	12
5.5 COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE.....	13
6. PARAMETRI SISMICI.....	13
7. PARAMETRI GEOTECNICI.....	14
8. TOMBINO SCATOLARE – IN05.....	15
8.1 INQUADRAMENTO GENERALE	15
8.2 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	16
8.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE	17
8.3.1 CODICE DI CALCOLO.....	17
8.3.2 MODELLAZIONE ADOTTATA.....	17
8.4 ANALISI DEI CARICHI	20
8.4.1 PESO PROPRIO STRUTTURE (G ₁)	20
8.4.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI (G ₂₋₁ E G ₂₋₂)	20
8.4.3 SPINTA DEL TERRENO (G ₃₋₁ , G ₃₋₂ , G ₃₋₃ , E G ₃₋₄)	20
8.4.4 IDROSTATICA (G ₂₋₅)	21
8.4.5 RITIRO (ER).....	22
8.4.6 AZIONI VARIABILI VERTICALI (SCHEMA DI CARICO 1 – Q ₁₁ , Q ₁₂ , 13 E Q ₂₁ , Q ₂₂ , Q ₂₃)	23
8.4.7 AZIONI VERTICALI CAUSATE DA TRAFFICO STRADALE – MAX MOMENTO FLETTENTE (VARM _{MAX}).....	26
8.4.8 AZIONI VERTICALI CAUSATE DA TRAFFICO STRADALE – MAX TAGLIO SU SOLETTA (VART _{MAX})	26
8.4.9 AZIONI ORIZZONTALI TRAFFICO VEICOLARE – CORSIA1 (SOVR.Q ₁) CORSIA2 (SOVR.Q ₂)	27
8.4.10 AZIONI DA AVVIAMENTO/FRENATURA – CORSIA1 (FREN.Q ₁).....	27
8.5 CARICHI SISMICI (S ₁ -S ₂ -S ₃ -S ₄).....	28
8.5.1 INCREMENTO SISMICO SPINTA DELLE TERRE (S ₁).....	29

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	<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>IN0000 002</td> <td>B</td> <td>3 di 209</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	3 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	3 di 209													

8.5.2	INERZIA CARICHI PERMANENTI (S2).....	29
8.5.3	INERZIA STRUTTURA (S3).....	29
8.5.4	INERZIA SOVRACCARICO (S4).....	29
8.6	RIEPILOGO CARICHI SOLLECITANTI.....	30
8.7	COMBINAZIONI DI CARICO	31
8.7.1	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLU.....	31
8.7.2	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLE.....	32
8.8	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	33
8.8.1	CONDIZIONI DI CARICO.....	33
8.8.2	COMBINAZIONI SLU DI TIPO STR.....	34
8.8.3	COMBINAZIONI SLV	36
8.8.4	COMBINAZIONI SLE – QUASI PERMANENTE – FREQUENTE – CARATTERISTICA.....	37
8.8.5	DIAGRAMMI RELATIVI AI CARICHI ELEMENTARI	40
8.8.6	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU/SLV	45
8.8.7	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE.....	48
8.9	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO.....	51
8.9.1	SOLETTA SUPERIORE	54
8.9.2	PIEDRITTI.....	61
8.9.3	SOLETTA INFERIORE.....	67
8.10	VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO.....	74
8.10.1	COAZIONI INTERNE LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO	74
8.10.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO	75
9.	TOMBINO SCATOLARE – IN04 – IN06	77
9.1	INQUADRAMENTO GENERALE	77
9.2	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	78
9.3	MODELLAZIONE STRUTTURALE	79
9.3.1	CODICE DI CALCOLO.....	79
9.3.2	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	79
9.4	ANALISI DEI CARICHI	82
9.4.1	PESO PROPRIO STRUTTURE (G ₁)	82
9.4.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI (G ₂₋₁ E G ₂₋₂)	82
9.4.3	SPINTA DEL TERRENO (G ₃₋₁ , G ₃₋₂ , G ₃₋₃ , E G ₃₋₄)	82
9.4.4	IDROSTATICA (G ₂₋₅)	83
9.4.5	RITIRO (ER).....	84
9.4.6	AZIONI VARIABILI VERTICALI (SCHEMA DI CARICO 1 – Q ₁₁ , Q ₁₂ , Q ₁₃ E Q ₂₁ , Q ₂₂ , Q ₂₃)	85
9.4.7	AZIONI VERTICALI CAUSATE DA TRAFFICO STRADALE – MAX MOMENTO FLETTENTE (VARM _{MAX}).....	88
9.4.8	AZIONI VERTICALI CAUSATE DA TRAFFICO STRADALE – MAX TAGLIO SU SOLETTA (VART _{MAX})	88
9.4.9	AZIONI ORIZZONTALI TRAFFICO VEICOLARE – CORSIA1 (SOVR.Q ₁) CORSIA2 (SOVR.Q ₂)	89

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 4 di 209

9.4.10	AZIONI DA AVVIAMENTO/FRENATURA – CORSIA1 (FREN.Q ₁).....	89
9.5	CARICHI SISMICI (S ₁ -S ₂ -S ₃ -S ₄).....	90
9.5.1	INCREMENTO SISMICO SPINTA DELLE TERRE (S1)	91
9.5.2	INERZIA CARICHI PERMANENTI (S2).....	91
9.5.3	INERZIA STRUTTURA (S3).....	91
9.5.4	INERZIA SOVRACCARICO (S4).....	91
9.6	RIEPILOGO CARICHI SOLLECITANTI.....	92
9.7	COMBINAZIONI DI CARICO	93
9.7.1	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLU.....	93
9.7.2	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLE.....	94
9.8	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	95
9.8.1	CONDIZIONI DI CARICO.....	95
9.8.2	COMBINAZIONI SLU DI TIPO STR.....	96
9.8.3	COMBINAZIONI SLV	98
9.8.4	COMBINAZIONI SLE – QUASI PERMANENTE – FREQUENTE – CARATTERISTICA.....	99
9.8.5	DIAGRAMMI RELATIVI ALLE COMBINAZIONI ELEMENTARI	102
9.8.6	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU/SLV	107
9.8.7	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE.....	109
9.9	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO	112
9.9.1	SOLETTA SUPERIORE	115
9.9.2	PIEDRITTI.....	122
9.9.3	SOLETTA INFERIORE.....	128
9.10	VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO.....	135
9.10.1	COAZIONI INTERNE LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO	135
9.10.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO	136
10.	TOMBINO SCATOLARE – IN01.....	138
10.1	INQUADRAMENTO GENERALE	138
10.2	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	139
10.3	MODELLAZIONE STRUTTURALE	140
10.3.1	CODICE DI CALCOLO.....	140
10.3.2	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	140
10.4	ANALISI DEI CARICHI	143
10.4.1	PESO PROPRIO STRUTTURE (G ₁)	143
10.4.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI (G ₂₋₁ E G ₂₋₂)	143
10.4.3	SPINTA DEL TERRENO (G ₃₋₁ , G ₃₋₂ , G ₃₋₃ , E G ₃₋₄)	143
10.4.4	IDROSTATICA (G ₂₋₅)	145
10.4.5	RITIRO (ER).....	145
10.4.6	AZIONI VARIABILI VERTICALI (SCHEMA DI CARICO 1 – Q ₁₁ , Q ₁₂ , 13 E Q ₂₁ , Q ₂₂ , Q ₂₃)	146

APPALTATORE: Consorzio  Soci  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA																	
PROGETTAZIONE: Mandataria  Mandanti  	<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>IN0000 002</td> <td>B</td> <td>5 di 209</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	5 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	5 di 209													

10.4.7	AZIONI VERTICALI CAUSATE DA TRAFFICO STRADALE – MAX MOMENTO FLETTENTE (VARMMAX).....	149
10.4.8	AZIONI VERTICALI CAUSATE DA TRAFFICO STRADALE – MAX TAGLIO SU SOLETTA (VARTMAX)	149
10.4.9	AZIONI ORIZZONTALI TRAFFICO VEICOLARE – CORSIA1 (SOVR.Q ₁) CORSIA2 (SOVR.Q ₂)	150
10.4.10	AZIONI DA AVVIAMENTO/FRENATURA – CORSIA1 (FREN.Q ₁).....	150
10.5	CARICHI SISMICI (S ₁ -S ₂ -S ₃ -S ₄).....	151
10.5.1	INCREMENTO SISMICO SPINTA DELLE TERRE (S1)	152
10.5.2	INERZIA CARICHI PERMANENTI (S2).....	152
10.5.3	INERZIA STRUTTURA (S3).....	152
10.5.4	INERZIA SOVRACCARICO (S4).....	152
10.6	RIEPILOGO CARICHI SOLLECITANTI.....	153
10.7	COMBINAZIONI DI CARICO	154
10.7.1	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLU.....	154
10.7.2	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLE.....	155
10.8	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	156
10.8.1	CONDIZIONI DI CARICO.....	156
10.8.2	COMBINAZIONI SLU DI TIPO STR.....	157
10.8.3	COMBINAZIONI SLV	159
10.8.4	COMBINAZIONI SLE – QUASI PERMANENTE – FREQUENTE – CARATTERISTICA.....	159
10.8.5	DIAGRAMMI RELATIVI ALLE COMBINAZIONI ELEMENTARI	163
10.8.6	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU/SLV	168
10.8.7	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE.....	170
10.9	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO	173
10.9.1	SOLETTA SUPERIORE	176
10.9.2	PIEDRITTI.....	183
10.9.3	SOLETTA INFERIORE.....	189
10.10	VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO.....	196
10.10.1	COAZIONI INTERNE LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO	196
10.10.2	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO	197
11.	TOMBINO CIRCOLARE – IN02.....	199
11.1	INQUADRAMENTO GENERALE	199
11.2	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	200
11.3	MODELLAZIONE STRUTTURALE	201
11.4	ANALISI DEI CARICHI	201
11.4.1	AZIONE PERMANENTE TERRENO.....	202
11.4.2	AZIONE VARIABILE DA TRAFFICO.....	202
11.4.3	CARICHI TOTALI APPLICATI.....	202
11.5	VERIFICA DELLA SEZIONE AI SENSI DEL D.M. 04/04/2014.....	203
11.5.1	CALCOLO DEGLI SFORZI FLESSIONALI E LONGITUDINALI	205

APPALTATORE: Consorzio <u>HirpiniaAV</u> Soci <u>salini impregilo</u> <u>ASTALDI</u>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>ROKSOJL</u> Mandanti <u>NETENGINEERING</u> <u>Alpina</u>						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 6 di 209

11.5.2 VERIFICA DELL'ARMATURA MINIMA.....205

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 7 di 209

1. INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di verificare le strutture in c.a. dei tombini scatolari/circolari stradali situati a specifiche progressive della tratta AV/AC Napoli – Bari del I lotto funzionale Apice - Hirpinia. Le strutture previste sono costituite da manufatti scatolari in calcestruzzo armato.

Gli scatolari verificati vengono di seguito riportati:

- IN01 – Prog. Km 0+700 nel tratto RI01
- IN02 – Prog. Km 16+684 nel tratto TR05
- IN04 – Prog. Km 17+327,5 nel tratto VI04
- IN05 – Prog. Km 17+400 nel tratto VI04
- IN06 – Prog. Km 17+170 nel tratto VI04

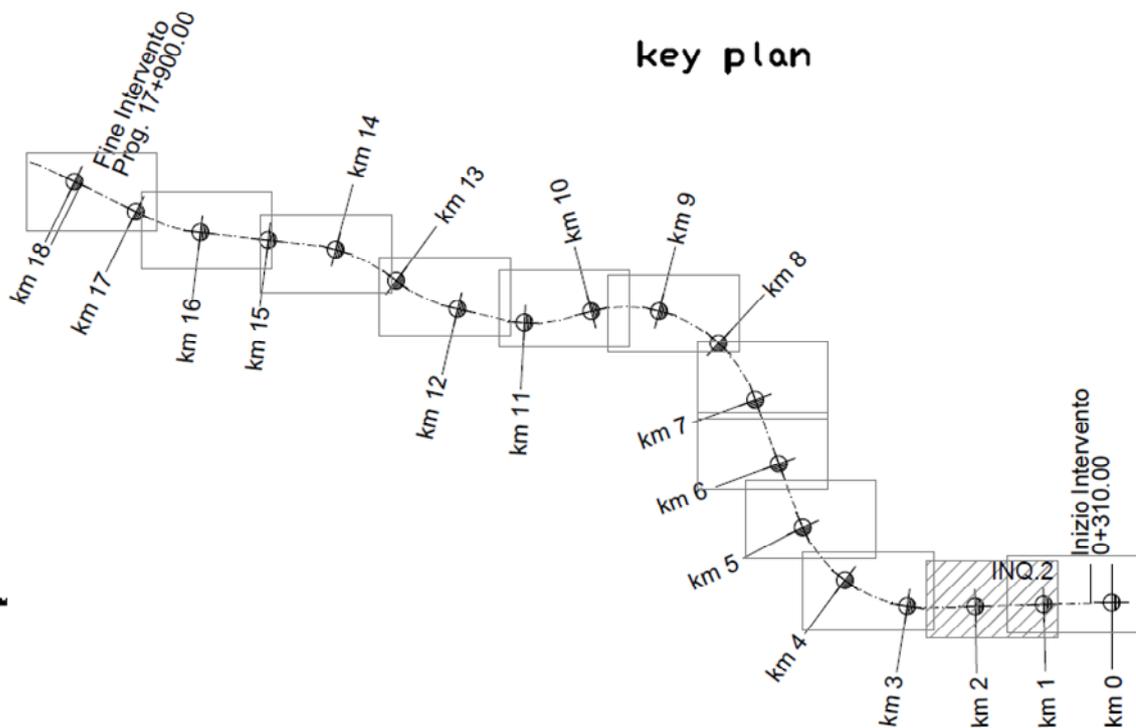


Figura 1 Planimetria generale del tracciato ferroviario Apice - Hirpinia

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 8 di 209

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 1998-5 (Euro codice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1992-1-1 (Euro codice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1:Regole generali e regole per edifici”;
- **D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;**
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione dell’ «Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni» di cui al DM 14 gennaio 2008;**
- D.M. 04 Aprile 2014 – “Norme tecniche per attraversamenti e parallelismi di condutture di liquidi e gas con ferrovie e linee di trasporto”.
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili
- RFI DTC SI SP IFS 001 A Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 9 di 209

3. CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

4. CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non strutturali, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2., 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 un 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 P_{VR} in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 75 anni.

La classe d'uso assunta è la III.

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 112,5 \text{ anni.}$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 10 di 209

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR}(SLV)=10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni vale:

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1068 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite il software-free "SPETTRI-NTC ver. 1.0.3" (dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici) o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c .

$a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S \rightarrow$ coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t);

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 11 di 209

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione delle opere è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali:

5.1 CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

5.2 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione della soletta inferiore dello scatolare e delle fondazioni dei muri, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C28/35 (Rck ≥ 35 N/mm²) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 29,05$ N/mm²
- Resistenza media a compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37,05$ N/mm²
- Modulo elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 32588$ N/mm²
- Resistenza di calcolo a compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 16.46$ N/mm²
- Resistenza a trazione media $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.82$ N/mm²
- Resistenza a trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.98$ N/mm²
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 17,43$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 13,07$ N/mm²

Per la realizzazione dei piedritti e della soletta di copertura dello scatolare e delle elevazioni dei muri, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 (Rck ≥ 40 N/mm²) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33,2$ N/mm²
- Resistenza media a compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41,20$ N/mm²
- Modulo elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33642$ N/mm²
- Resistenza di calcolo a compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times f_{ck} / 1.5 = 18,81$ N/mm²
- Resistenza a trazione media $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,02$ N/mm²
- Resistenza a trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2,11$ N/mm²
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,41$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 19,92$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 14,94$ N/mm²

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 13 di 209

Per quanto riguarda l'elevazione, vengono indicate tre classi di esposizione in quanto si prendono in considerazione i tre aspetti relativi alla corrosione indotta dalla carbonatazione, alla corrosione indotta dai cloruri, ed all'attacco dei cicli gelo-disgelo. Viene scelta come rappresentativa la classe di esposizione XD3 che è considerata aggressiva e più gravosa ai fini dell'assunzione delle grandezze variabili da adottare.

5.5 COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

Considerate le condizioni ambientali dell'opera e le classi di resistenza del calcestruzzo, si adotta un copriferro nominale pari a $c_{nom} = 40$ mm per le fondazioni e pari a $c_{nom} = 40$ mm per le elevazioni.

6. PARAMETRI SISMICI

L'opera è situata nel comune di Grottaminarda in provincia di Avellino.

I corrispondenti valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV ($T_R=1068$ anni) sono i seguenti:

$$a_g = 0.380 \text{ g}$$

$$a_{gv} = 0.316 \text{ g};$$

$$F_0 = 2.293;$$

$$T^*_c = 0.411 \text{ s};$$

Per quanto riguarda il sottosuolo su cui insiste l'opera, si assume che ricada in categoria sismica "C" e categoria topografica "T1". Il coefficiente di amplificazione stratigrafica e topografica risulta quindi:

$$S_S = 1.18$$

$$S_T = 1.00$$

L'accelerazione massima orizzontale viene valutata pari a:

$$a_{max} (SLV) = S a_g = 1.18 \times 1.00 \times 0.380 \text{ g} = \mathbf{0.448 \text{ g}}$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 14 di 209

7. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da rilevati e da rinterri, sono:

Materiali da rilevato stradale:

- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 15 di 209

8. TOMBINO SCATOLARE – IN05

8.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il Tombino scatolare è situato nei pressi del viadotto VI04 alla progressiva Km. 17+400 (IN05); le cui dimensioni di progetto derivano dallo studio idraulico delle portate ad essi afferenti.

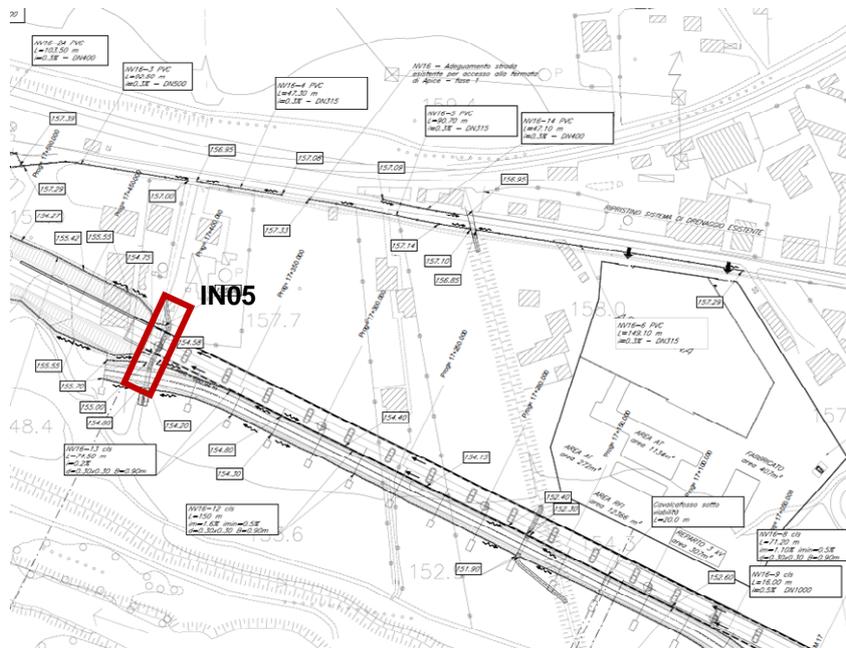
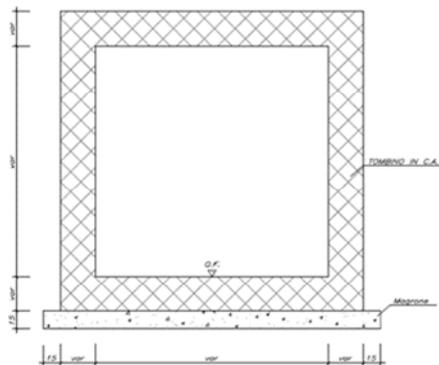


Figura 2 Inquadramento del tombino scatolare



IN04	0+225 (NV16(1))	Scatolare	2.00X2.00	156.30	156.10	5.9	0.034	158.50	0.50	IF0G01D11P8ID0002003B
IN05	0+025 (NV16(3))	Scatolare	2.00X2.00	152.53	152.36	10.5	0.016	155.07	0.13	IF0G01D11P8ID0002003B
IN06	0+250 (NV16(3))	Scatolare	2.00X2.00	150.30	150.22	9.2	0.009	153.02	0.26	IF0G01D11P8ID0002003B

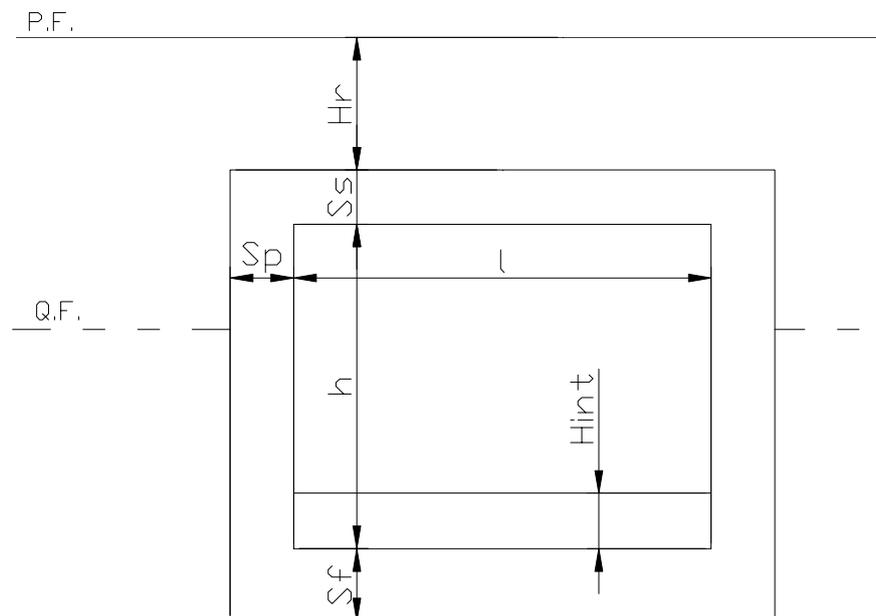
Figura 3 Sezione trasversale del tombino

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 16 di 209

8.2 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La sezione presa di riferimento per il calcolo è cautelativamente quella sottostante alle due corsie di carico.

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura IN05:



Dimensioni geometriche (sezione in retto):

- $l = 2,00 \text{ m}$
- $h = 2,00 \text{ m}$
- $S_s = 0,40 \text{ m}$
- $S_f = 0,50 \text{ m}$
- $S_p = 0,40 \text{ m}$
- $H_r = 1,00 \text{ m}$ (di pavimentazione stradale)
- P.F. = quota Piano stradale (a 1,00 m sopra l'estradosso della soletta superiore)
- Q.F. = quota falda, minore della quota fondo scatolare.

La falda è al di sotto del piano di fondazione dello scatolare e pertanto non influenza il dimensionamento dell'opera.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 17 di 209

8.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE

8.3.1 Codice di calcolo

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un software ad elementi finiti (SAP2000), i setti in c.a. sono stati schematizzati con elementi "beam" mutuamente incastrati, con riferimento ad una larghezza unitaria della struttura; pertanto il calcolo viene condotto come un telaio piano.

8.3.2 Modellazione adottata

La struttura viene schematizzata attraverso un modello analitico agli elementi finiti, assumendo uno schema statico di telaio chiuso.

L'analisi strutturale viene condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso alla teoria delle molle elastiche alla Winkler.

La caratteristica elastica della generica molla viene calcolata nel seguente modo:

- K_s = costante di sottofondo [F/L³]
- b_t = interasse trasversale di competenza della generica molla
- b_l = interasse longitudinale di competenza della generica molla (= 1,00 m)
- $W_s = K_s (b_t \times b_l)$ = caratteristica elastica della generica molla

La costante di sottofondo adottata per la modellazione, funzione del tipo di terreno presente in sito, è calcolata come segue:

$$k_s = \frac{p}{s}$$

Dove:

- p = è la pressione della struttura esercitata sul terreno;
- s = è il cedimento corrispondente, calcolato come: $s = K_r \cdot \sum_i \frac{\Delta\sigma_{vi} \Delta H_i}{E_i}$

dove: E = modulo elastico strato terreno;

H = altezza dello strato del terreno;

σ_v = tensione verticale corrispondente;

K_r = coefficiente di rigidità della fondazione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 18 di 209

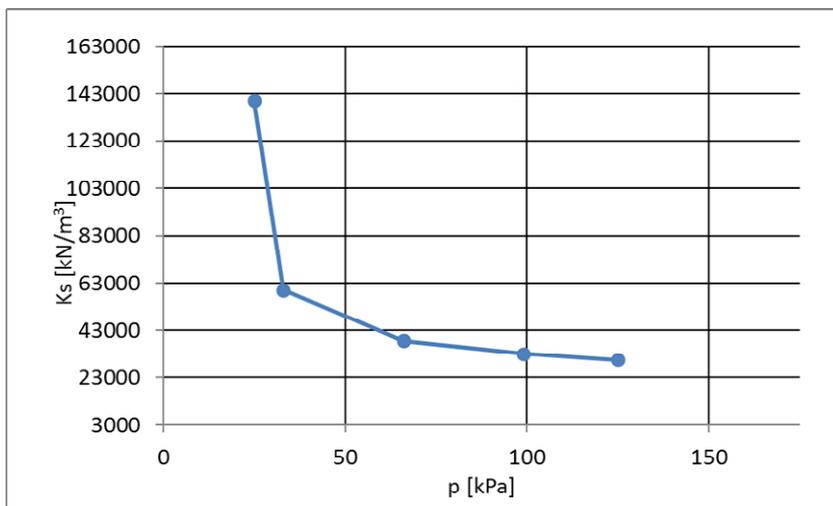
La stratigrafia del terreno nella porzione interessata presenta quattro diversi strati:

- 1° strato: All2_S | H = 10,00 m. | E_{op2} = 24,5 Mpa
- 2° strato: BNA3 | H = >30,0 m. | E_{op2} = 45,5 Mpa

Di seguito viene riportata la tabella con la quale è stato ottenuto il valore di K_s:

<i>larghezza della fondazione</i>	B	2,8	[m]
<i>pressione media in fondazione</i>	q	90,0	[kPa]
<i>coefficiente di Poisson</i>	n	0,30	[-]
<i>passo di calcolo</i>	Dz	0,5	[m]
<i>quota della falda</i>	zw	7,0	[m]
<i>peso acqua</i>	gw	10,0	[kN/m3]
<i>peso terreno</i>	g	20,5	[kN/m3]
<i>peso del terreno immerso</i>	g'	12,0	[kN/m3]
<i>coefficiente di rigidità della fondazione</i>	kr	0,85	[-]
<i>limite dell'incremento</i>	a	0,10	[-]
<i>profondità del piano di posa</i>	zi	3,00	[m]
<i>cedimento in asse</i>	w	2,63	[mm]
<i>costante di sottofondo</i>	ks=p/w	34290	[kN/m ³]

Inoltre, è stata condotta un'analisi parametrica del valore di K_s per ottenere il valore più congruo e omogeneo, al variare della pressione esercitata dalla struttura sul terreno sottostante. È stato ottenuto come valore più corretto da applicare al modello: **K_s = 34000 kN/m³**

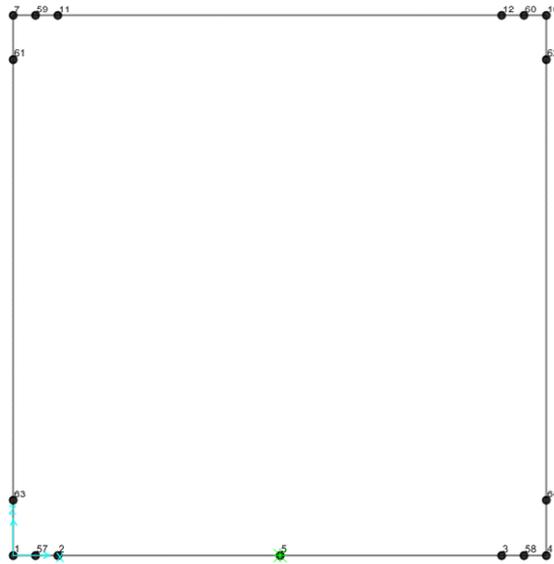


P [kPa]	K _s [kN/m ³]
25	140150
33	59990
66	38720
99	33160
125	30470

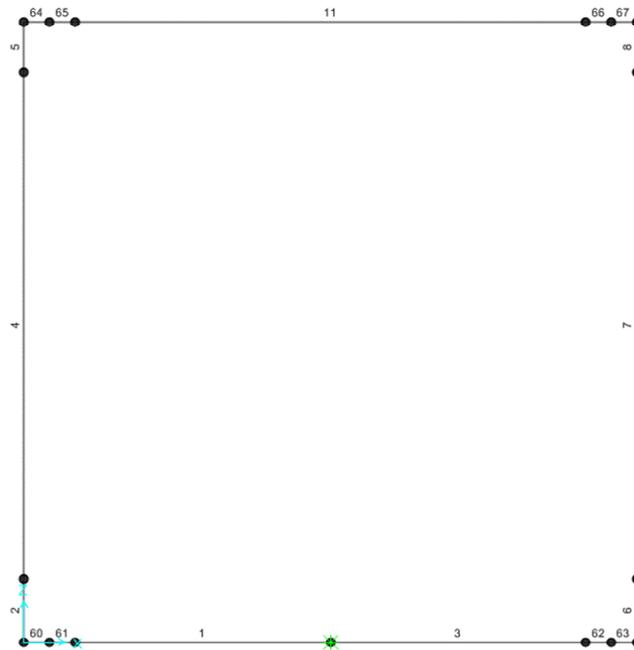
APPALTATORE: <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 19 di 209

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

Numerazione dei nodi



Numerazione delle aste



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 20 di 209

8.4 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Vengono prese in considerazione le condizioni elementari di carico di seguito determinate.

Tali Condizioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato: $\gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$
- pavimentazione stradale: $\gamma_{ric} = 22 \text{ kN/m}^3$
- rilevato stradale: $\gamma_{ballast} = 19 \text{ kN/m}^3$

8.4.1 Peso proprio strutture (g_1)

- soletta superiore $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0,40 \times 25,00 = 10,00 \text{ kN/m}^2$
- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0,40 \times 25,00 = 10,00 \text{ kN/m}^2$
- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.} = 0,50 \times 25,00 = 12,50 \text{ kN/m}^2$

8.4.2 Carichi permanenti portati (g_{2-1} e g_{2-2})

Si considera che la pavimentazione stradale abbia uno spessore pari a 50 cm.

g2-2 (peso proprio della pavimentazione):

- peso pavimentazione $H_{pav} \cdot \gamma_{pav} = 1,00 \cdot 22,0 = 22,00 \text{ kN/m}^2$

8.4.3 Spinta del terreno (g_{3-1} , g_{3-2} , g_{3-3} , e g_{3-4})

Nella definizione delle azioni elementari è stata indicata con g_{3-1} la spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro, con g_{3-2} la spinta a riposo del terreno sul piedritto destro, con g_{3-3} la spinta attiva del terreno sul piedritto sinistro e con g_{3-4} la spinta attiva del terreno sul piedritto destro; le quattro azioni elementari sopra citate sono state opportunamente combinate tra loro. Come dichiarato sopra, la falda non interessa lo scatolare quindi non influenza il calcolo delle spinte.

I calcoli sono stati condotti caratterizzando il terreno con i parametri illustrati in precedenza.

Si riportano nel seguito i coefficienti di spinta attiva e di spinta a riposo ottenuti nell'ambito della valutazione degli effetti del terreno circostante sulla struttura in oggetto:

- STR: $\phi'_{M1} = 35^\circ \Rightarrow k_0 = 0.426 \text{ e } k_a = 0.271$
- GEO: $\phi'_{M2} = 29,3^\circ \Rightarrow k_0 = 0.511 \text{ e } k_a = 0.343$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 21 di 209

Il calcolo della pressione viene calcolata al variare della profondità z e considerando anche l'eventuale presenza della falda alla quota z_0 .

La spinta verticale σ_v del terreno viene calcolata con l'espressione generale:

$$\sigma_v = \gamma_t \cdot z_0 + \gamma_t' \cdot (z - z_0) + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Analogamente si ricavano i valori delle spinte orizzontali per i diversi coefficienti di spinta, per ciascuna condizione di carico ed alle profondità di riferimento.

Approccio 1 – Combinazione 1

$$\sigma_{h0} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{0,M1} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{0,M1} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

$$\sigma_{ha} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{a,M1} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{a,M1} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$\sigma_{h0} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{0,M2} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{0,M2} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

$$\sigma_{ha} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{a,M2} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{a,M2} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Si riportano nella seguente tabella i valori delle pressioni orizzontali agenti sulla struttura, valutati sia per la Combinazione 1 (A1+M1+R1) che per la Combinazione 2 (A2+M2+R2):

			str	str	geo	geo
	z	σ_v	σ_{h0}	σ_{ha}	σ_{h0_M2}	σ_{ha_M2}
posizione	[m]	[kN/m ²]				
asse di copertura	1,83	33,00	14,1	8,9	16,9	11,3
intradosso copertura	2,03	40,46	17,3	11,0	20,7	13,9
h/2	3,03	59,46	25,4	16,1	30,4	20,4
intradosso fondazione	4,03	78,46	33,5	21,3	40,1	26,9
asse fondazione	4,28	83,21	35,5	22,5	42,5	28,6

Tabella 1 – Valori delle pressioni orizzontali sui piedritti

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori delle pressioni orizzontali agenti sui piedritti negli scenari di spinta attiva e di spinta a riposo; le rispettive posizioni sono indicate in tabella.

8.4.4 Idrostatica (g₂₋₅)

La quota della falda di progetto è assunta a quota +150 m s.l.m., non è quindi interferente con il manufatto in oggetto.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 22 di 209

8.4.5 Ritiro (er)

Si considera il ritiro differenziale tra la soletta superiore e il resto della struttura, sulla quale a favore di sicurezza si considerano già scontate le deformazioni lente. La deformazione da ritiro viene valutata come previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) al § 11.2.10.6.

L'azione viene applicata come variazione termica negativa equivalente.

La deformazione totale da ritiro è pari a:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove:

$$\varepsilon_{cd} = k_h \cdot \varepsilon_{c0}$$

è la deformazione per ritiro da essiccamento

$$\varepsilon_{ca} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \quad \text{con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2$$

è la deformazione per ritiro autogeno

umidità relativa media del sito

$$u_R = 75 \quad \%$$

resistenza caratteristica

$$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$$

area sezione calcestruzzo

$$A_c = 1,12 \text{ m}^2$$

perimetro esposto

$$u = 5,60 \text{ m}$$

dimensione fittizia

$$h_0 = 0.40 \text{ m}$$

coefficiente

$$k_h = 0.73$$

deformazione effettiva

$$\varepsilon_{c0} = -0.319 \text{ ‰}$$

ritiro da essiccamento

$$\varepsilon_{cd,\infty} = -0.231 \text{ ‰} +$$

deformazione per ritiro autogeno

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -0.045 \text{ ‰} =$$

ritiro totale

$$\varepsilon_{cs} = -0.276 \text{ ‰}$$

variazione termica equivalente

coeff. espansione termica

$$\alpha = 0.00001 \text{ norma Tabella 3.5.III}$$

variazione termica $\Delta T = \varepsilon_{cs}/\alpha$

$$\Delta T = -9.49 \quad ^\circ\text{C}$$

comportamento viscoso cls

$$\phi = 1.91 \quad \text{norma Tabella 11.2.VI}$$

variazione termica applicata

$$\Delta T = -9.49 \quad ^\circ\text{C}$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 23 di 209

8.4.6 Azioni variabili verticali (Schema di carico 1 – q_{11} , q_{12} , q_{13} e q_{21} , q_{22} , q_{23})

I carichi verticali da traffico sono definiti dagli schemi di Carico descritti nel (§5.1.3.3.3. del D.M. 14 gennaio 2008), disposti su corsie convenzionali.

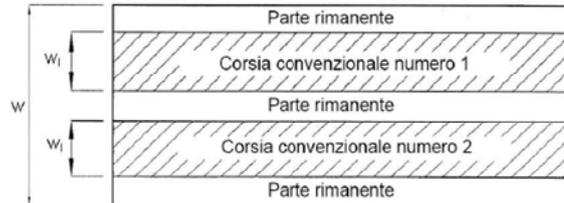


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di carico:

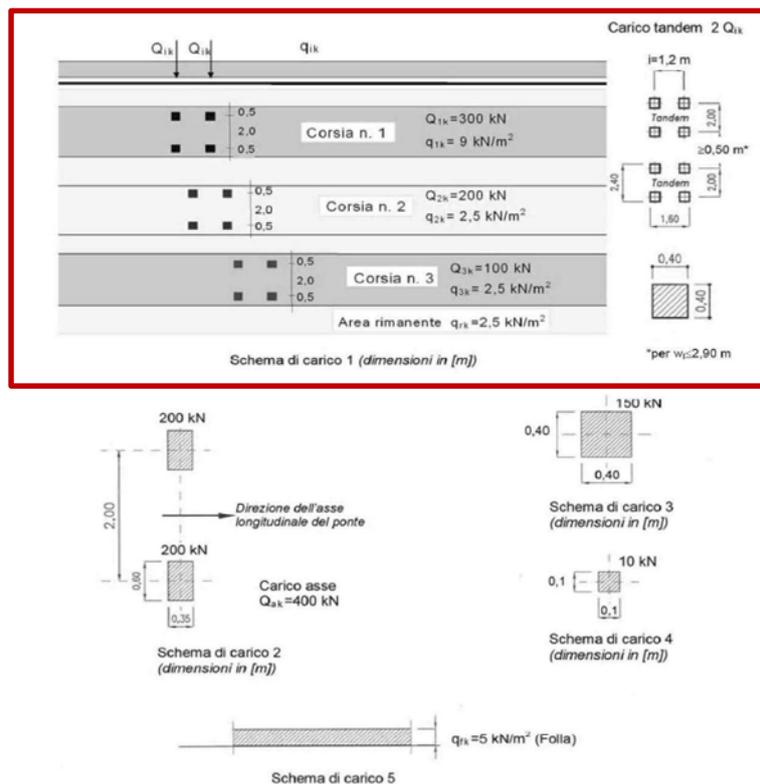


Figura 4 Schemi di carico 1-5

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 tombini stradali	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	24 di 209

Schema di Carico 1

È costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato nella (fig.4). Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Distribuzione longitudinale del carico per mezzo della pavimentazione stradale

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali ed associati agli schemi di carico 1,2,3 e 4 si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta. La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera avvenire secondo un angolo di 45°, fino al piano medio della struttura della soletta sottostante (fig.5).

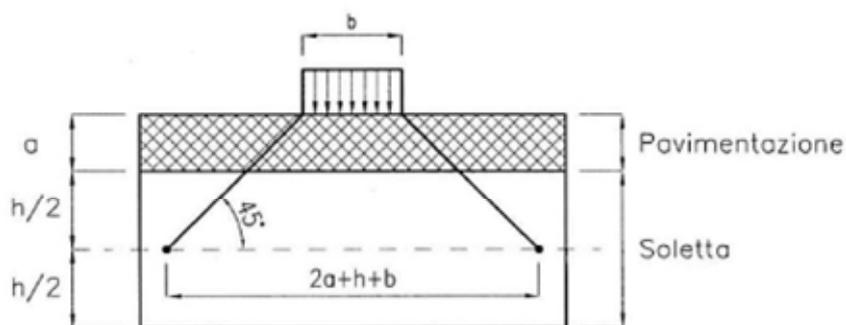


Fig. 5.1.3.a - Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

Figura 5 Distribuzione longitudinale del carico assiale sotto le traverse

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 25 di 209

Considerazioni geometriche

Il carico variabile va considerato diffuso su una superficie dipendente dalle geometrie del rilevato e della struttura; l'area in questione è pari a:

$$A_{diff} = B_L \cdot B_T$$

Si indica con B_T la larghezza di diffusione del carico trasversale dell'impronta alla quota del piano medio della soletta di copertura e con B_L la lunghezza di diffusione del carico longitudinale dell'impronta alla quota del piano medio della soletta di copertura. Assumendo che la diffusione avvenga con rapporto a 45° lungo la pavimentazione si ottiene, considerando la larghezza del carico tandem $L_{impr.} = 2,40$ m:

$$B_T = L_{impr.} + 2 \cdot [H_{pav} (\tan 45^\circ) + H/2 \text{ soletta}]$$

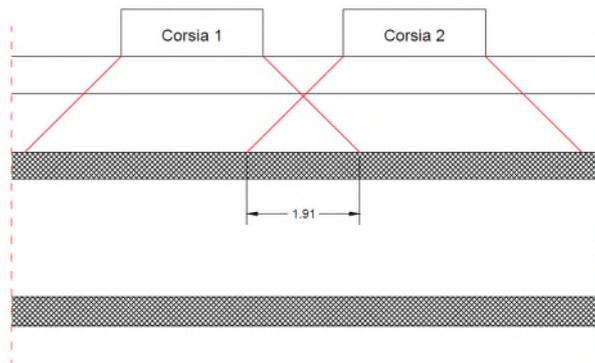
Partendo da sotto la traversina fino a giungere all'estradosso della soletta di copertura la stratigrafia è la seguente:

- 100 cm di pavimentazione stradale;

Quindi si ha che:

$$[H_{pav} (\tan 45^\circ) + H/2 \text{ soletta}] = 100 + 0,20 = 120 \text{ m}$$

Il valore della larghezza di diffusione trasversale risulta $B_T = 4,80$ m; poiché le diffusioni dei carichi interferiscono si considera sulla soletta un carico distribuito pari al carico diffuso della prima corsia più quella della seconda.



La lunghezza di ripartizione longitudinale (B_L) risulta maggiore dell'interasse delle traverse; si considera quindi un'unica impronta di carico di lunghezza pari alla lunghezza della corsia:

$$B_L = 3,00 \text{ m.}$$

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>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 26 di 209

8.4.7 Azioni verticali causate da traffico stradale – Max momento flettente (varMmax)

In base alle considerazioni geometriche formulate in precedenza, le forze concentrate Q_{VK} (carichi tandem) possono essere considerate come un carico q_{equi} ripartito sull'area di diffusione $B_L * B_T$:

$$q_{equi1} = \frac{4 \cdot 150 \text{ kN}}{(3,0m \cdot 4,80m)} = 41,58 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{equi2} = \frac{4 \cdot 100 \text{ kN}}{(3,0m \cdot 4,80m)} = 27,70 \text{ kN/m}^2$$

il carico distribuito viene applicato nella disposizione che massimizza il momento flettente sulla soletta superiore e sovrapposto con il carico distribuito di **9,00 kN/m²** per la prima corsia e **2,50 kN/m²** per la seconda corsia.

Il valore considerato per le azioni di traffico è pari a:

$$q_{varMmax} = 41,58 + 27,70 = \mathbf{69,28 \text{ kN/m}^2}$$

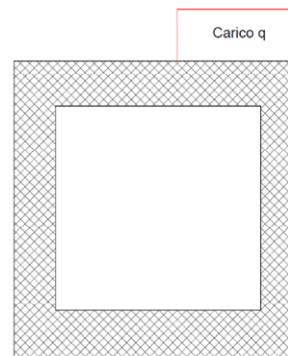


8.4.8 Azioni verticali causate da traffico stradale – Max taglio su soletta (varTmax)

il carico distribuito viene applicato nella disposizione che massimizza il taglio sulla soletta superiore e sovrapposto con il carico distribuito di **9,00 kN/m²** per la prima corsia e **2,50 kN/m²** per la seconda corsia.

Il valore considerato per le azioni di traffico è pari a:

$$q_{varTmax} = 41,58 + 27,70 = \mathbf{69,28 \text{ kN/m}^2}$$



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 27 di 209

8.4.9 Azioni orizzontali traffico veicolare – Corsia1 (sovr.q₁) Corsia2 (sovr.q₂)

I sovraccarichi indotti sul terreno dal traffico veicolare si traducono anche in incrementi di pressioni orizzontali sulle pareti verticali del tombino in ragione del coefficiente di spinta a riposo. In via conservativa tali incrementi di azioni orizzontali sono stati considerati come una distribuzione di carico uniforme agente su tutto lo sviluppo verticale delle suddette pareti. La pressione verticale di riferimento utilizzata è pari al sovraccarico di azioni verticali indotto dal traffico valutato in precedenza per le due corsie. In particolare, si ottengono le seguenti pressioni verticali e orizzontali:

	Corsia 1		Corsia 2	
	σ_v	σ_{h0}	σ_v	σ_{h0}
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
asse di copertura	38,50	16,42	25,67	10,95
intradosso copertura	35,87	15,30	23,91	10,20
h/2	26,74	11,40	17,83	7,60
intradosso fondazione	21,32	9,09	14,21	6,06
asse fondazione	20,29	8,65	13,52	5,77

8.4.10 Azioni da avviamento/frenatura – Corsia1 (fren.q₁)

I sovraccarichi orizzontali causati dall'avviamento/frenatura sulla copertura del tombino stradale sono stati trattati come delle azioni distribuite orizzontali agenti in corrispondenza dell'asse medio della copertura stessa. Analogamente con quanto fatto per i carichi verticali, tali azioni sono state ripartite su una larghezza opportuna valutata secondo i criteri sopra esposti; in particolare per la corsia1 si ottiene un carico distribuito pari a:

$$180 \text{ kN} \leq q = 0,6(2 * Q_{1k}) + 0,10q_{1k} * w_1 * L \leq 900 \text{ kN}$$

larghezza scatolare $L_{\text{scat}} = 2,8 \text{ m}$

larghezza modello $L_{\text{mod}} = 2,4 \text{ m}$

lunghezza di calcolo $L_{\text{calc}} = 5,45 \text{ m}$

avviamento	$F_h =$	369,45	kN
forza diffusa	$f_h =$	31,98	kN/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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 28 di 209

8.5 CARICHI SISMICI (S₁-S₂-S₃-S₄)

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "C", la categoria topografica è "T1". Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m , assume valore unitario.

L'azione sismica viene valutata come:

- incremento di spinta laterale agente asimmetricamente (s1)
- inerzia del terreno in testa allo scatolare (s2)
- inerzia della struttura (s3)
- inerzia del sovraccarico ferroviario (s4)

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC § 7.11.6.2.1 e EC8-5 § 7.3.2.1), 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 come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h^2$$

Si precisa che S, prodotto tra S_S e S_T, è pari a:

$$S = S_S \cdot S_T = 1.18 \cdot 1.0 = 1.18$$

componente orizzontale

accelerazione massima del sito: $a_{max} = S \cdot a_g = 1.18 \cdot 0.380 \text{ g}$

coefficiente di riduzione $\beta_m = 1.0$

coefficiente sismico orizzontale $k_h = 0.448 \text{ g}$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 29 di 209

8.5.1 incremento sismico spinta delle terre (s1)

altezza del rilevato sismicamente attivo	$H_{\text{sism}} = 3,91 \text{ m}$
peso specifico equivalente del rilevato	$\gamma_{\text{rilevato}} = 19,00 \text{ kN/m}^3$
incremento sismico $k_h \cdot \gamma_{\text{rilevato}} \cdot H^2 =$	$F_{\text{sism}} = 130,25 \text{ kN/m}$
pressione sullo scatolare $F_{\text{sism}}/H_{\text{scat}} =$	$p_{\text{sism}} = \mathbf{44,91 \text{ kN/m}^2}$

8.5.2 inerzia carichi permanenti (s2)

peso totale permanenti sopra scatolare	$P_{\text{tot,perm}} = 53,73 \text{ kN/m}$
inerzia carichi permanenti	$I_{\text{tot,perm}} = 24,09 \text{ kN/m}$
carico distribuito	$f_{i,\text{perm}} = \mathbf{10,0 \text{ kN/m}^2}$

8.5.3 inerzia struttura (s3)

peso proprio soletta superiore	$\gamma_{1,\text{sup}} = 10,00 \text{ kN/m}^2$
peso proprio piedritti	$\gamma_{1,\text{piedritti}} = 10,00 \text{ kN/m}^2$
peso proprio soletta inferiore	$\gamma_{1,\text{inf}} = 12,50 \text{ kN/m}^2$
inerzia soletta superiore $\gamma_{1,\text{sup}} \cdot S \cdot a_g =$	$f_{i,\text{pp, sup}} = \mathbf{4,48 \text{ kN/m}^2}$
inerzia piedritti $\gamma_{1,\text{piedritti}} \cdot S \cdot a_g =$	$f_{i,\text{pp, piedritti}} = \mathbf{4,48 \text{ kN/m}^2}$
inerzia soletta inferiore $\gamma_{1,\text{inf}} \cdot S \cdot a_g =$	$f_{i,\text{pp, inf}} = \mathbf{5,61 \text{ kN/m}^2}$

8.5.4 inerzia sovraccarico (s4)

risultante corsie	$R_{\text{corsie}} = 193,88 \text{ kN/m}$
carico concomitante $\psi_2 \cdot R_{\text{max}} =$	$W = 38,78 \text{ kN/m}$
inerzia carico $W \cdot S \cdot a_g =$	$I_s = 17,39 \text{ kN/m}$
carico distribuito $I_s/L_{\text{scat}} =$	$f_{i,\text{treno}} = \mathbf{7,24 \text{ kN/m}^2}$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 30 di 209

8.6 RIEPILOGO CARICHI SOLLECITANTI

Nella seguente tabella vengono riepilogati i valori delle sollecitazioni per i singoli casi di carico, determinati come sopra riportato.

g_1	Peso proprio strutture	Piedritto 10,0 Soletta sup. 10,0 Soletta inf. 12,5	kN/m²
g_{2-2}	Pavimentazione stradale	22,0	kN/m²
g_{3-1}	Spinta a riposo lato sinistro	var	kN/m²
g_{3-2}	Spinta a riposo lato destro	var	kN/m²
g_{3-3}	Spinta attiva lato sinistro	var	kN/m²
g_{3-4}	Spinta attiva lato destro	var	kN/m²
g_{2-5}	Idrostatica	var	kN/m²
er	Ritiro	-9,49	°C
$varM_{max}$	Corsie1-2	69,28	kN/m²
$varT_{max}$	Corsie1-2	69,28	kN/m²
q_{12}	Corsia1	9,00	kN/m²
q_{22}	Corsia2	2,50	kN/m²
$Sovr.q_1$	Corsia1	Var	kN/m
$Sovr.q_2$	Corsia2	Var	kN/m
$Fren.q_1$	Corsia1	31,98	kN/m
s_1	$\Delta p_{d,terr}$	44,91	kN/m²
s_2	$\Delta p_{d,perm}$	10,0	kN/m²
s_3	$\Delta p_{d,STRU}$	Piedritto 4,48 Soletta sup. 4,48 Soletta inf. 5,61	kN/m²
s_4	$\Delta p_{LM71,h}$	7,24	kN/m²

Con “var” si è indicato un carico variabile lungo l'altezza del piedritto, per i dettagli si rimanda ai paragrafi precedenti.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 31 di 209

8.7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle N.T.C.

Le combinazioni sono state effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.1.IV, con i coefficienti parziali di sicurezza indicati in tabella 5.1.V e i coefficienti di combinazione dei carichi della tabella 5.1.VI, tabelle tutte riportate nel capitolo 5.1.3. delle N.T.C.

8.7.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interraste si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e dal raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti solo in riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale (STR) corrispondente al raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

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

$$\text{STR-SLU} \quad \Rightarrow \quad \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{STR-SLV} \quad \Rightarrow \quad E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

Le verifiche allo stato limite ultimo sismico § 7.11.1(NTC) devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

L'azione sismica è calcolata come combinazione delle componenti orizzontali con quella verticale come $E = 1.0 \times E_x + 0.3 \times E_y + 0.3 \times E_z$ con rotazione dei coefficienti moltiplicativi.

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 5.1.VI della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0$.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 32 di 209

8.7.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/ stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Rara	⇒	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Frequente	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Quasi permanente	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 33 di 209

8.8 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati in Tab. 5.1.IV (NTC).

	Azioni verticali	Frenatura e avviamento	
Gruppo 1	Valore k	-	Rara e frequente
Gruppo 2a	Valore freq.	Valore k	Rara e frequente

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.1.V e i coefficienti di combinazione Ψ in Tab. 5.1.VI (NTC).

Per le verifiche agli stati limite d'esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.1.VI (NTC).

8.8.1 Condizioni di carico

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

LoadPat Text	DesignType Text
DEAD	Dead
perm cop	Dead
sp terr M1	Dead
sp terr M2	Dead
var Mmax	Dead
var Tmax	Dead
var q distr	Dead
var q2 distr	Dead
sovr lat q1	Dead
sovr lat q2	Dead
fren.q1	Dead
sisma orizz	Dead
sisma vert	Dead
Inerzia H	Dead
Inerzia V	Dead
er	Dead

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 tombini stradali	<table style="width: 100%; border: none;"> <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;">IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">34 di 209</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	34 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	34 di 209								

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

I valori numerici riportati nelle colonne delle seguenti tabelle di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata. Tali valori sono il risultato dei prodotti tra coefficienti parziali operanti sulle azioni.

8.8.2 Combinazioni SLU di tipo STR

SLU 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 1			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
SLU 1			Linear Static	4-var Mmax	1,35
SLU 1			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 1			Linear Static	er	1,2
SLU 1			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 2			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 2			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 2			Linear Static	4-var Mmax	1,35
SLU 2			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 2			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 2			Linear Static	er	1,2
SLU 2			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 3			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 3			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 3			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 3			Linear Static	er	1,2
SLU 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 4			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 4			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 4			Linear Static	4-var Mmax	1,0125
SLU 4			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 4			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 4			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54

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 tombini stradali		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 35 di 209

SLU 4			Linear Static	er	1,2
SLU 4			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 5			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 5			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 5			Linear Static	4-var Mmax	1,0125
SLU 5			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 5			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 5			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 5			Linear Static	er	1,2
SLU 5			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 6			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
SLU 6			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 6			Linear Static	12-var Tmax	1,35
SLU 6			Linear Static	er	1,2
SLU 6			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 7	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 7			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 7			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 7			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 7			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 7			Linear Static	12-var Tmax	1,35
SLU 7			Linear Static	er	1,2
SLU 7			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 8	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 8			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 8			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 8			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 8			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 8			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 8			Linear Static	12-var Tmax	1,0125
SLU 8			Linear Static	er	1,2

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 tombini stradali	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA IF28</td> <td style="text-align: center;">LOTTO 01</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">REV. B</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO 36 di 209</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 36 di 209
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 36 di 209		

SLU 8			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 9	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 9			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 9			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 9			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 9			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 9			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 9			Linear Static	12-var Tmax	1,0125
SLU 9			Linear Static	er	1,2
SLU 9			Linear Static	var q2 distr	0,54

8.8.3 Combinazioni SLV

S Orizzontale	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
S Orizzontale			Linear Static	2-perm cop	1
S Orizzontale			Linear Static	3-sp terr M1	1
S Orizzontale			Linear Static	7-sisma orizz	1
S Orizzontale			Linear Static	11-sisma vert	0,3
S Orizzontale			Linear Static	Inerzia H	1
S Orizzontale			Linear Static	Inerzia V	0,3
S Orizzontale			Linear Static	er	0,5
S Verticale	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
S Verticale			Linear Static	2-perm cop	1
S Verticale			Linear Static	3-sp terr M1	1
S Verticale			Linear Static	7-sisma orizz	0,3
S Verticale			Linear Static	11-sisma vert	1
S Verticale			Linear Static	Inerzia H	0,3
S Verticale			Linear Static	Inerzia V	1
S Verticale			Linear Static	er	0,5
Enve SLV	Envelope	No	Response Combo	S Orizzontale	1
Enve SLV			Response Combo	S Verticale	1

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 tombini stradali	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA IF28</td> <td style="text-align: center;">LOTTO 01</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">REV. B</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO 37 di 209</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 37 di 209
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 37 di 209		

8.8.4 Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Frequente – Caratteristica

RARA 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 1			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 1			Linear Static	4-var Mmax	1
RARA 1			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 1			Linear Static	er	1
RARA 1			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 2			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 2			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 2			Linear Static	4-var Mmax	1
RARA 2			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 2			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 2			Linear Static	er	1
RARA 2			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 3			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 3			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 3			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 3			Linear Static	er	1
RARA 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 4			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 4			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 4			Linear Static	4-var Mmax	0,75
RARA 4			Linear Static	5-var q distr	0,4
RARA 4			Linear Static	6-frenatura	1
RARA 4			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 4			Linear Static	er	1
RARA 4			Linear Static	var q2 distr	0,4
RARA 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 5			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 5			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 5			Linear Static	5-var q distr	1

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 tombini stradali			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 38 di 209

RARA 5			Linear Static	12-var Tmax	1
RARA 5			Linear Static	er	1
RARA 5			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 6			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 6			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 6			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 6			Linear Static	12-var Tmax	1
RARA 6			Linear Static	er	1
RARA 6			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 7	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 7			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 7			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 7			Linear Static	5-var q distr	0,4
RARA 7			Linear Static	6-frenatura	1
RARA 7			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 7			Linear Static	12-var Tmax	0,75
RARA 7			Linear Static	er	1
RARA 7			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 1			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 1			Linear Static	4-var Mmax	0,75
FREQ 1			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 1			Linear Static	er	1
FREQ 1			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 2			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 2			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 2			Linear Static	4-var Mmax	0,75
FREQ 2			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 2			Linear Static	8-sovr lat q1	0,75
FREQ 2			Linear Static	er	1

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 tombini stradali	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA IF28</td> <td style="text-align: center;">LOTTO 01</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">REV. B</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO 39 di 209</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 39 di 209
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 39 di 209		

FREQ 2			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 3			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 3			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 3			Linear Static	4-var Mmax	0,563
FREQ 3			Linear Static	5-var q distr	0,3
FREQ 3			Linear Static	6-frenatura	0,75
FREQ 3			Linear Static	8-sovr lat q1	0,563
FREQ 3			Linear Static	er	1
FREQ 3			Linear Static	var q2 distr	0,3
FREQ 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 4			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 4			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 4			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 4			Linear Static	12-var Tmax	0,75
FREQ 4			Linear Static	er	1
FREQ 4			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 5			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 5			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 5			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 5			Linear Static	8-sovr lat q1	0,75
FREQ 5			Linear Static	12-var Tmax	0,75
FREQ 5			Linear Static	er	1
FREQ 5			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 6			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 6			Linear Static	5-var q distr	0,3
FREQ 6			Linear Static	6-frenatura	0,75
FREQ 6			Linear Static	8-sovr lat q1	0,563
FREQ 6			Linear Static	12-var Tmax	0,563
FREQ 6			Linear Static	er	1
FREQ 6			Linear Static	var q2 distr	0,3
QP	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
QP			Linear Static	2-perm cop	1
QP			Linear Static	3-sp terr M1	1
QP			Linear Static	er	1

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 40 di 209

8.8.5 Diagrammi relativi ai carichi elementari

G1. Peso Proprio:

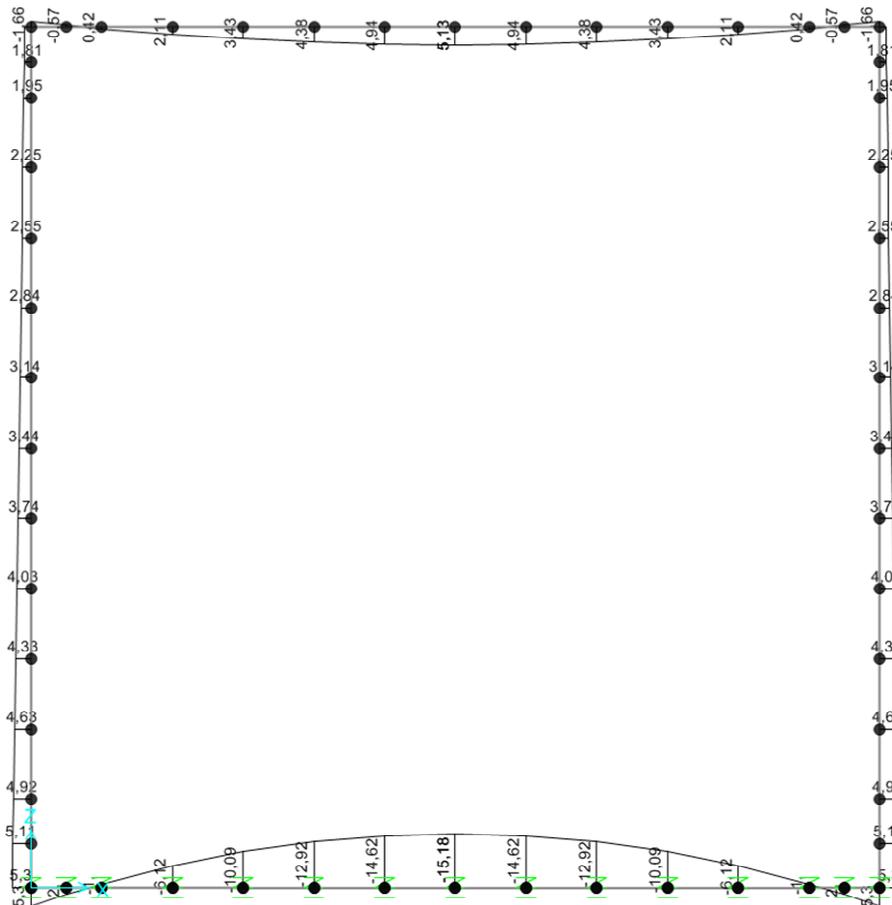


Figura 6 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 41 di 209

G2: Peso Permanente:

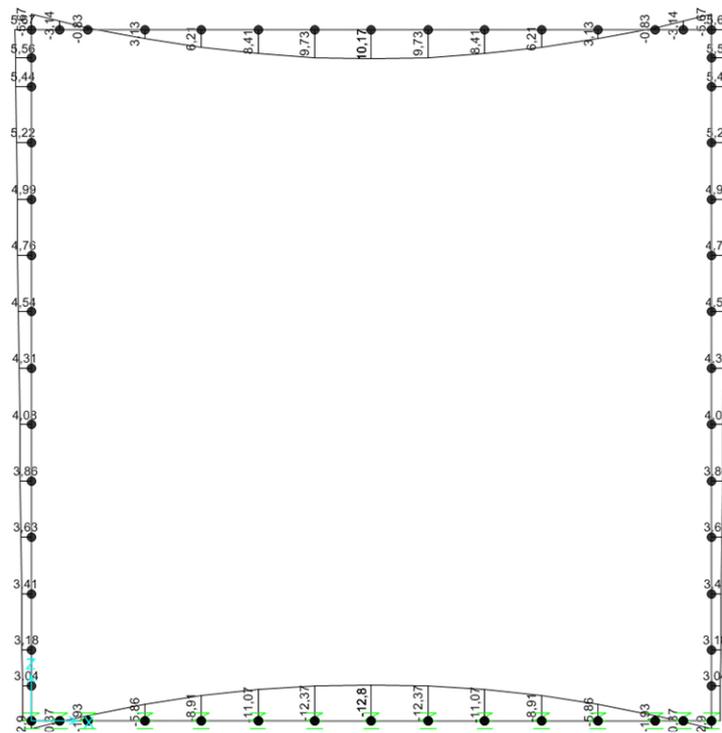


Figura 7 Diagramma momento flettente

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.	<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 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;">IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">42 di 209</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	42 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	42 di 209													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali																		

G3: Spinta delle terre:

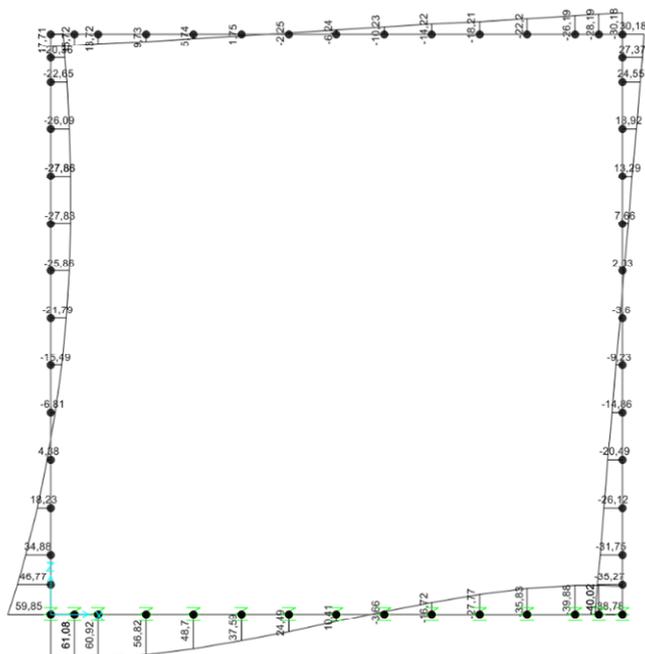


Figura 8 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 43 di 209

q: Variabile Traffico:

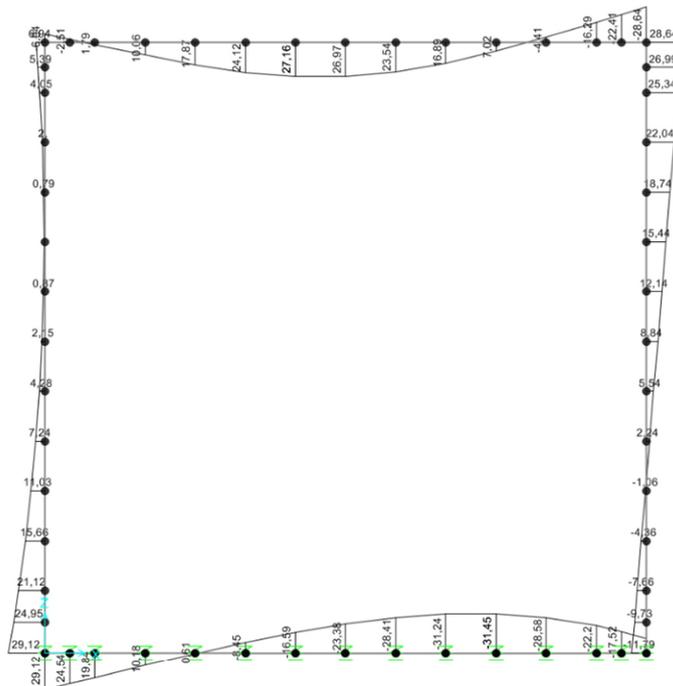


Figura 9 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 44 di 209

E: Sisma:

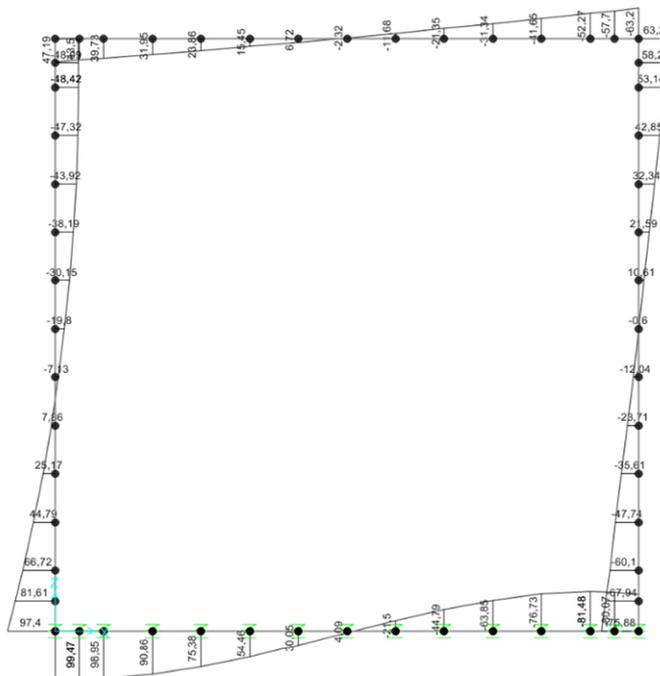


Figura 10 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 45 di 209

8.8.6 Diagrammi di involuppo SLU/SLV

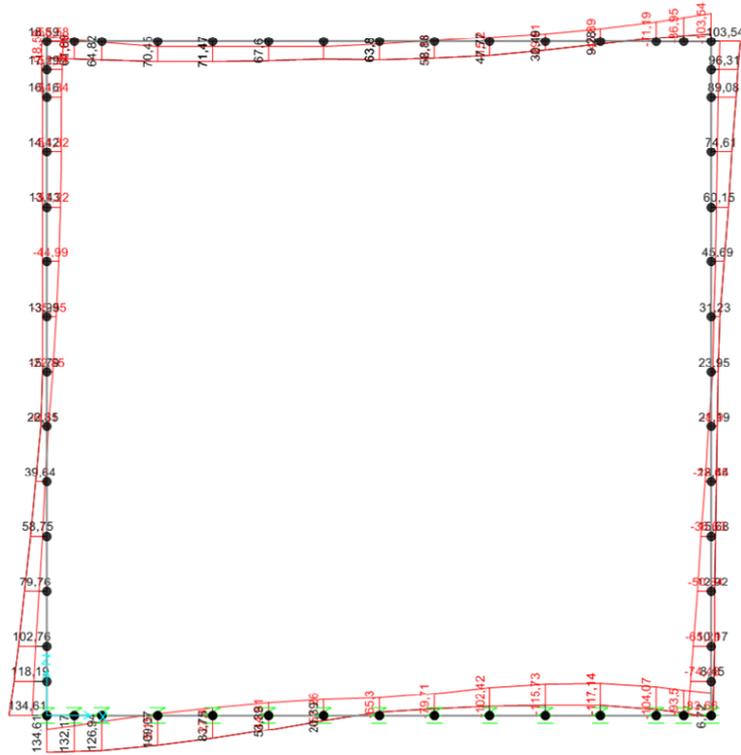


Figura 11 Diagramma momento flettente

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	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali		IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	46 di 209

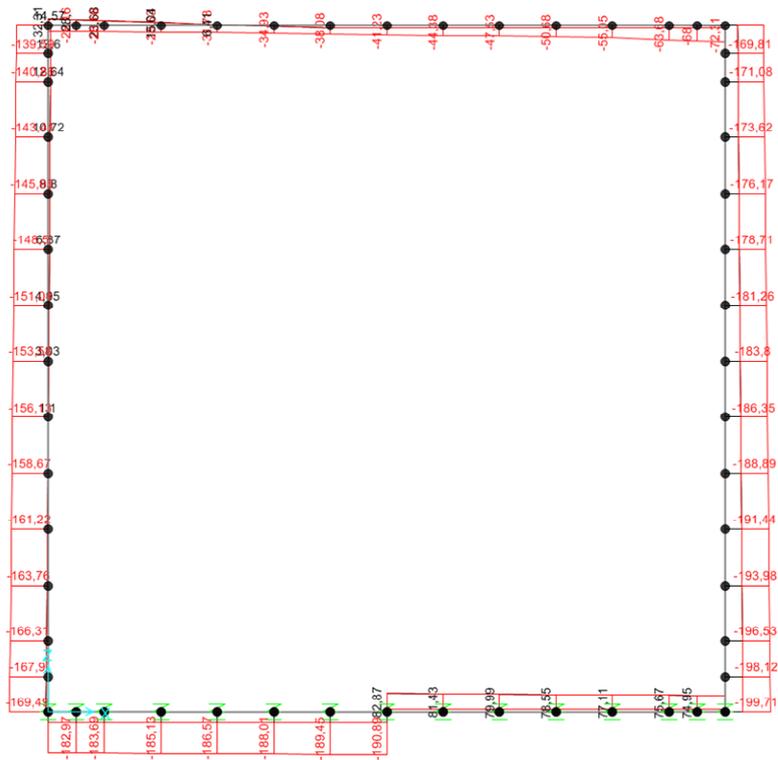


Figura 12 Diagramma Sforzo normale

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 48 di 209

8.8.7 Diagrammi di involuppo SLE

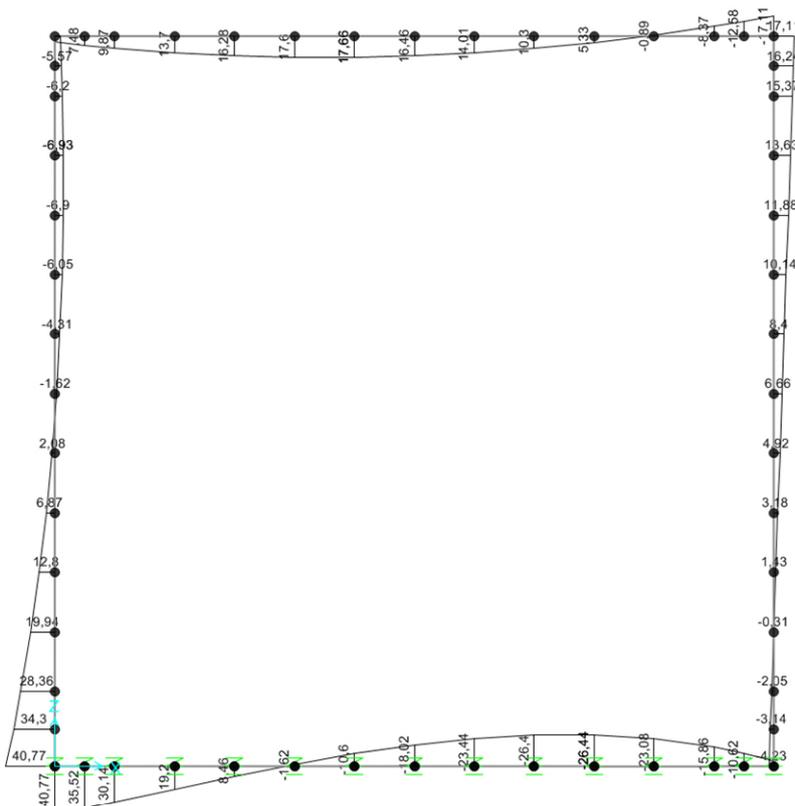


Figura 14 Diagramma momento flettente combinazione Quasi Permanente

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 49 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

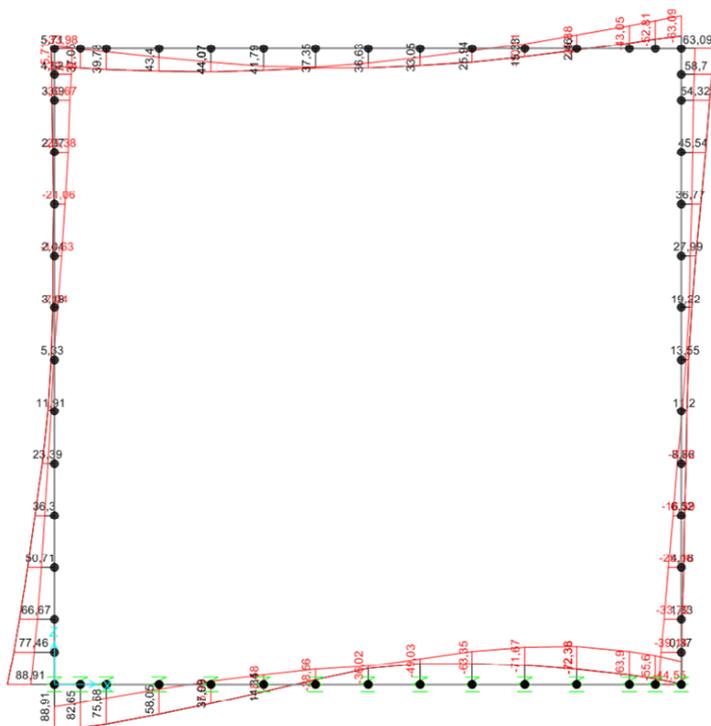


Figura 15 Diagramma momento flettente combinazione Frequente

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 50 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

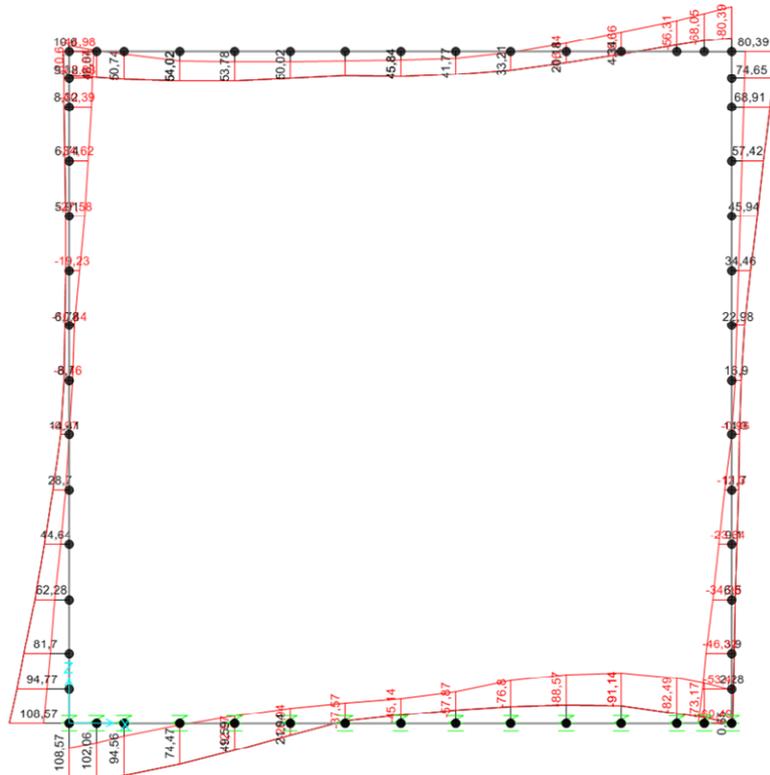
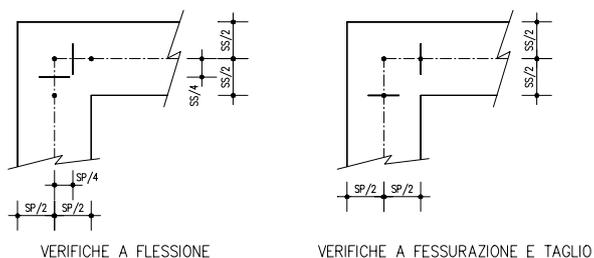


Figura 16 Diagramma momento flettente combinazione Caratteristica

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 51 di 209

8.9 VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

Nel presente capitolo si conducono le verifiche strutturali in corrispondenza delle sezioni più sollecitate. Con riferimento alle sezioni di incastro, i valori di sollecitazione flettente e tagliante – utilizzati per le verifiche – sono stati valutati come illustrato nel seguente schema:



Nello specifico l'azione flettente viene ricavata dal modello numerico in corrispondenza della sezione posta a un quarto dello spessore dall'asse dell'elemento finito, l'azione tagliante viene invece valutata in corrispondenza della sezione posta a un mezzo dello spessore dall'asse dell'elemento finito. In via conservativa si trascura l'azione assiale negli elementi orizzontali (soletta di copertura e soletta di fondazione).

Le verifiche a taglio sono svolte considerando il puntone in calcestruzzo inclinato di 30° e staffe verticali, mentre le verifiche in esercizio sono state condotte secondo i criteri seguenti:

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta $M_{cr} < M_{Ed}$ la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018, e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FR, QP e RARA della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili per le strutture in ambiente aggressivo sono:

Le massime aperture ammissibili per le strutture sono:

Ambiente ordinario

- combinazione di carico Frequente: $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$
- combinazione di carico Quasi Permanente: $w_k \leq w_2 = 0.20\text{mm}$.

Ambiente aggressivo e molto aggressivo

- combinazione di carico Rara: $w_k \leq w_1 = 0.20\text{mm}$ (per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture)

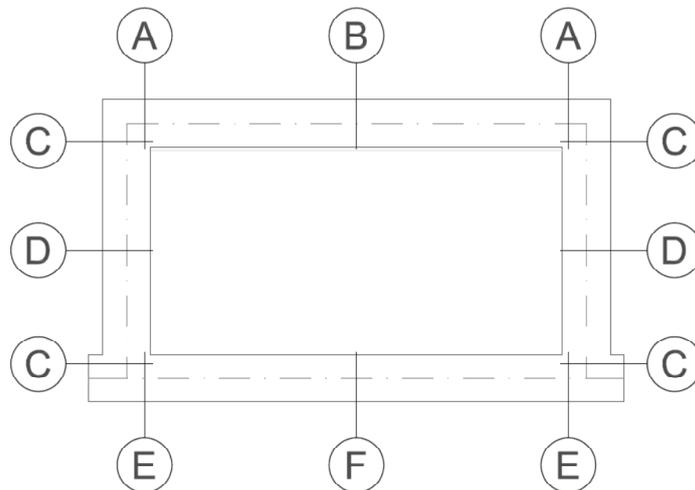
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 52 di 209

Verifica delle tensioni di esercizio: per la condizione di carico Quasi Permanente e Rara, si verifica che le tensioni di lavoro siano inferiori ai seguenti limiti:

- per la combinazione di azioni Quasi Permanente si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,45 \cdot f_{ck}$;
- per la combinazione di azioni Rara si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,60 \cdot f_{ck}$, mentre quelle dell'acciaio $\sigma_s < 0,80 \cdot f_{yk}$.

Per condurre le verifiche strutturali sono stati eseguiti gli involuppi delle azioni interne per tutte le tipologie di combinazioni di carico in precedenza definite; sono state in seguito individuate sei tipologie di sezioni in corrispondenza delle quali sono state valutate le azioni sollecitanti.

Le sei sezioni di cui sopra sono illustrate nel seguente schema:



Con "A" si indica la sezione di incastro e con "B" si indica la sezione in cui si verifica il massimo momento che tende le fibre inferiori della soletta di copertura. Con "C" si indica la sezione di incastro del piedritto, mentre con "D" la sezione di mezzeria. Per quanto riguarda la soletta di fondazione, con "E" si individua la sezione di incastro mentre con "F" si indica la sezione di massimo momento flettente con fibre tese superiori. Nella seguente tabella si riportano i valori numerici delle azioni maggiormente sollecitanti:

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 53 di 209

sez.	SLU			SLE - RARA		SLE - FREQUENTE		SLE - QUASI PERMANENTE	
	M [kNm/m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]
A	-103	-72	169	-80	-	-63	-	-17	-
B	71	-	158	56	-	44	-	17	-
C	-134	-169	182	-108	-120	-89	-98	-40	-51
D	-20	-153	76	-9,6	-109	-6,4	-87	-1,5	-40
E	-134	-	164	-109	-	-89	-	-40	-
F	117	-	156	91	-	72	-	23	-

Poiché derivanti da un inviluppo, le azioni più gravose (utilizzate nelle verifiche) sono state scelte secondo i criteri seguenti: per quanto concerne le azioni flettenti e le azioni taglianti sono stati scelti i massimi valori assoluti (riportati tuttavia con segno nella tabella soprastante), per le azioni assiali, invece, sono stati selezionati i minimi valori assoluti.

Le convenzioni di segno adottate sono le seguenti: l'azione flettente è negativa se tende le fibre esterne del tombino, l'azione tagliante è riportata in valore assoluto, l'azione assiale è negativa se di compressione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 54 di 209

8.9.1 Soletta superiore

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	40.0

Sezione di mezzera:

Armatura estradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	7.80 cm

Armatura intradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	6.80 cm
Armatura intradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1Ø10/40" =	1,96 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2+Ø/2 =	7.80 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
---	------------	----------------------

Armatura agli appoggi:

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	7.80 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	6,80 cm
Armatura estradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1Ø12/40" =	2,83 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2+Ø/2 =	7,80 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
---	------------	----------------------

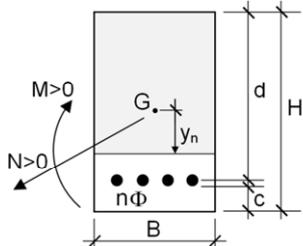
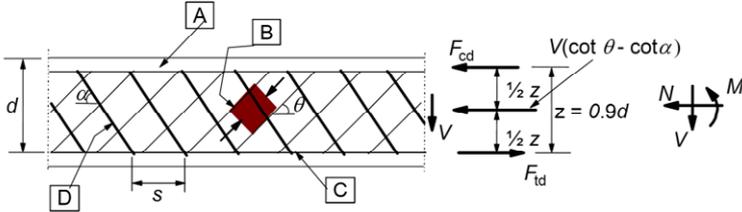
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 55 di 209

Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione.

Sezione di incastro (sez. A)

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di copertura è costituita da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 40 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura superiore è costituita da un primo strato costituito da $\phi 12/20$ e un secondo strato costituito da $\phi 12/40$, l'armatura inferiore è costituita invece da $\phi 12/20$, a taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×40 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda	
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>
	<p>α_{cc} coeff. effetti a lungo termine</p> <p>ν coeff. riduzione resistenza bielle</p> <p>$\alpha_e = E_s/E_c$</p> <p>k_t 0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</p> <p>k_1 0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</p> <p>k_2 0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</p> <p>k_3 3,4</p> <p>k_4 0,425</p> <p>σ >0 se di trazione</p> <p>a_l traslazione armatura longitudinale</p>
<p>[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement</p>	

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B FOGLIO 56 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	40	6,2	32,9	29,6
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
2,5	12	7,8	2,83	
5	12	33,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

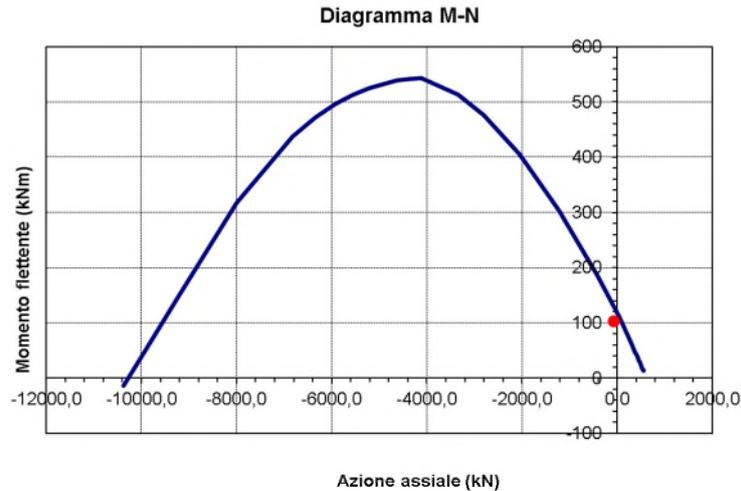
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8		
k ₃	3,4		
k ₄	0,425		
valori limite			
	0,45 f _{ck}		14,9 [MPa]
	0,8 f _{yk}		360,0 [MPa]
	W _{k,lim}		0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-103,00 [kNm]
N _{Ed}	-72 [kN]
V _{Ed}	169,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-129,3 [kNm]
FS	1,26
taglio	
V _{Rdc}	166,3 [kN]
predisporre armatura a taglio	
V _{Rds}	196,8 [kN]
V _{Rdmax}	1635,4 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	25,6 [cm]

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 57 di 209



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M _{Ek}	-80,00 [kNm]
N _{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	0,0 [kNm]
M _{cr}	-73,6 [kNm]
y _n	12,14 [cm]
σ _{c,min}	-6,6 [MPa]
σ _{s,min}	-13,3 [MPa]
σ _{s,max}	317,1 [MPa]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M _{Ek}	-63,00 [kNm]
N _{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	0,0 [kNm]
M _{cr}	-73,6 [kNm]
y _n	12,14 [cm]
σ _{c,min}	-5,2 [MPa]
σ _{s,min}	-10,5 [MPa]
σ _{s,max}	249,7 [MPa]
k ₂	0,5
ε _{sm} -ε _{cm}	- [%]
S _{r,max}	- [cm]
W _k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 58 di 209

Sezione di mezzeria (sez. B):

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di copertura è costituita da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 40 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 12/20$, l'armatura inferiore è costituita invece da un primo strato costituito da $\phi 12/20$ e un secondo strato costituito da un $\phi 10/40$. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda	
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>
	<p>α_{cc} coeff. effetti a lungo termine</p> <p>v coeff. riduzione resistenza bielle</p> <p>α_e =Es/Ec</p> <p>k_t 0,6 azioni di breve durata</p> <p> 0,4 azioni di lunga durata</p> <p>k_1 0,8 barre aderenza migliorata</p> <p> 1,6 barre lisce</p> <p>k_2 0,5 flessione</p> <p> $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica</p> <p> 1 trazione pura</p> <p>k_3 3,4</p> <p>k_4 0,425</p> <p>σ >0 se di trazione</p> <p>a_l traslazione armatura longitudinale</p>
<p>[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement</p>	

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B FOGLIO 59 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	40	6,2	33,0	29,7
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	A _{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
2,5	10	32,3	1,96	
5	12	33,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	A _{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	40	90	1,96

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ε _{c2}	2,0 [%]		
ε _{cu2}	3,5 [%]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8		
k ₃	3,4		
k ₄	0,425		
valori limite			
	0,45 f _{ck}		14,9 [MPa]
	0,8 f _{yk}		360,0 [MPa]
	W _{k,lim}		0,2 [mm]

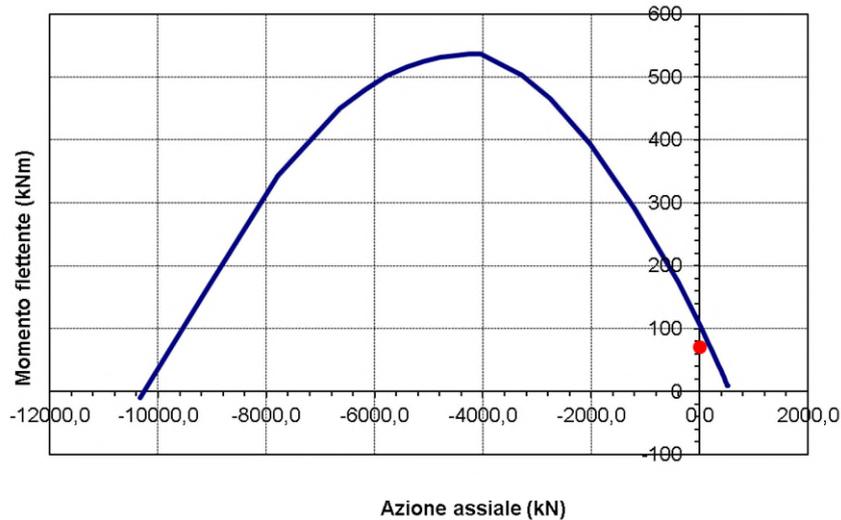
Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	71,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	158,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	107,5 [kNm]
FS	1,51
taglio	
V _{Rdc}	157,7 [kN]
predisporre armatura a taglio	
V _{Rds}	197,4 [kN]
V _{Rdmax}	1640,5 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	25,7 [cm]

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 60 di 209

Diagramma M-N



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
MEk	56,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	73,3 [kNm]
yn	-12,46 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-4,8 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-7,0 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	244,3 [MPa]
k ₂	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
Wk	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
MEk	44,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	73,3 [kNm]
yn	-12,46 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,8 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-5,5 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	191,9 [MPa]
k ₂	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
Wk	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 61 di 209

8.9.2 Piedritti

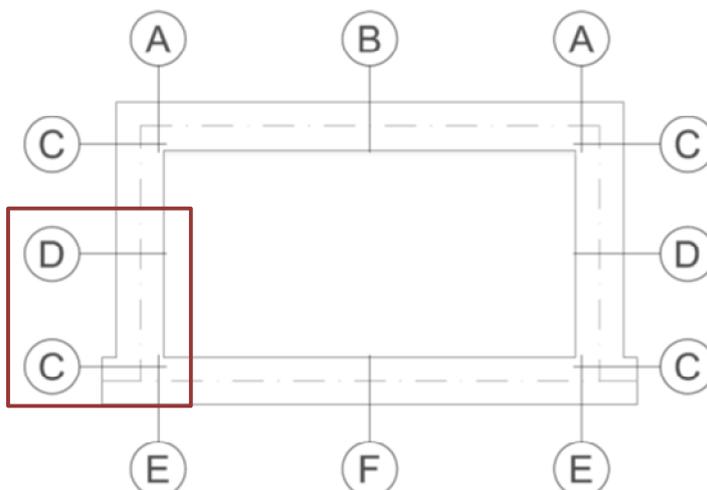
Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	40.0

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$ =	6,8 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 \emptyset 14/20" =	7,70 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$ =	6,8 cm
Armatura estradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1 \emptyset 14/20" =	7,70 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2 + $\emptyset/2$ =	7,8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
---	------------------------	----------------------



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 62 di 209

Sezione di incastro (sez. C)

Caratteristiche geometriche della sezione

Il piedritto è costituito da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 40 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura interna è costituita da uno strato compresso (intradosso) costituito da $\phi 12/20$ e un secondo strato teso (estradosso) costituito da $\phi 14/20$ e uno strato in sovrapposizione $\phi 14/20$, a taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×40 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda	
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>
	<p>α_{cc} coeff. effetti a lungo termine</p> <p>v coeff. riduzione resistenza bielle</p> <p>α_e =Es/Ec</p> <p>k_t 0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</p> <p>k_1 0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</p> <p>k_2 0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</p> <p>k_3 3,4</p> <p>k_4 0,425</p> <p>σ >0 se di trazione</p> <p>a_l traslazione armatura longitudinale</p>
<p>[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement</p>	

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B FOGLIO 63 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	40	6,2	32,6	29,3
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	14	6,9	7,70	
5	14	7,9	7,70	
5	12	33,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

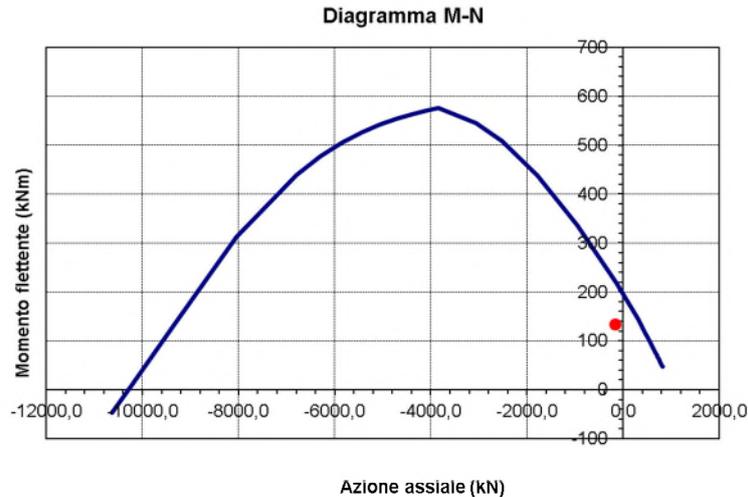
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-134,00 [kNm]
N _{Ed}	-169 [kN]
V _{Ed}	182,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-223,0 [kNm]
FS	1,66
taglio	
V _{Rdc}	177,2 [kN]
predisporre armatura a taglio	
V _{Rds}	195,2 [kN]
V _{Rdmax}	1622,1 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	25,4 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 64 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M_{Ek}	-108,00 [kNm]
N_{Ek}	-120 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-7,8 [kNm]
M_{cr}	-84,3 [kNm]
y_n	8,66 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-7,2 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-42,9 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	205,9 [MPa]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M_{Ek}	-89,00 [kNm]
N_{Ek}	-98 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-6,4 [kNm]
M_{cr}	-82,9 [kNm]
y_n	8,68 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-5,9 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-35,3 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	169,9 [MPa]
k_2	0,5
$s_{sm-s_{cm}}$	0,51 [%]
$s_{r,max}$	35,9 [cm]
w_k	0,183 [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 65 di 209

Sezione di mezzeria piedritto (sez. D)

Di seguito si riporta la verifica strutturale del piedritto in mezzeria, in corrispondenza della zona senza armatura integrativa (strato di sovrapposizione).

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	40	6,2	33,1	29,8
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	14	6,9	7,70	
5	12	33,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

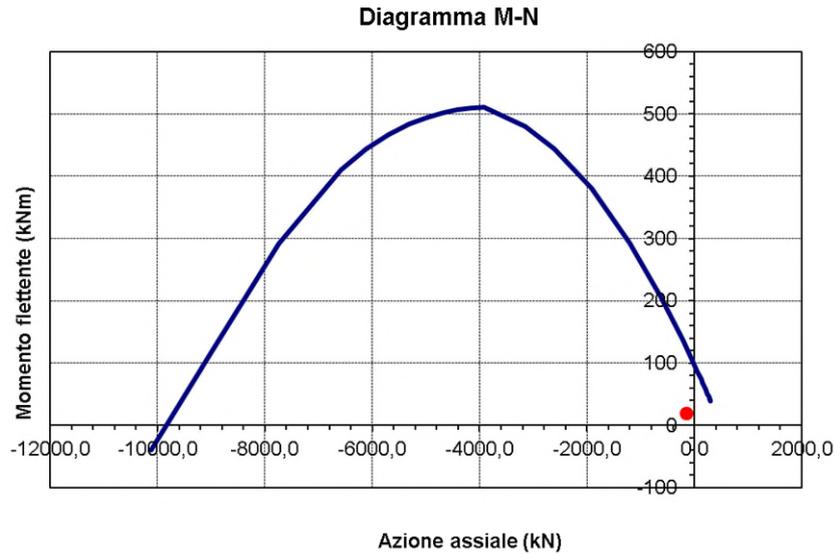
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [‰]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [‰]		
ϵ_{cu2}	3,5 [‰]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8		
k ₃	3,4		
k ₄	0,425		
		valori limite	
		0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
		0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
		W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-20,00 [kNm]
N _{Ed}	-153 [kN]
V _{Ed}	76,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-125,8 [kNm]
FS	6,29
taglio	
V _{Rdc}	177,2 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	198,2 [kN]
V _{Rdmax}	1647,0 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	33,1 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 66 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M _{Ek}	-9,60 [kNm]
N _{Ek}	-109 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	-7,3 [kNm]
M _{cr}	-80,7 [kNm]
y _n	-13,99 [cm]
σ _{c,min}	-0,6 [MPa]
σ _{s,min}	-7,4 [MPa]
σ _{s,max}	-0,2 [MPa]
k ₂	0,5
ε _{sm} -ε _{cm}	- [%]
s _{r,max}	- [cm]
w _k	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M _{Ek}	-6,40 [kNm]
N _{Ek}	-87 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	-5,8 [kNm]
M _{cr}	-79,2 [kNm]
y _n	-18,09 [cm]
σ _{c,min}	-0,4 [MPa]
σ _{s,min}	-5,4 [MPa]
σ _{s,max}	-0,9 [MPa]
k ₂	0,5
ε _{sm} -ε _{cm}	- [%]
s _{r,max}	- [cm]
w _k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

APPALTATORE: Consortio 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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 67 di 209

8.9.3 Soletta inferiore

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	50.0

Sezione di mezzeria:

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c1 (cm)	6.2 + Ø/2 =	6.8 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c1 (cm)	6.2 + Ø/2 =	6.8 cm
Armatura estradosso o, A_a (cm ²) (2°strato)	1Ø12/40" =	2,83 cm ²
Copriferro 2°strato c2 (cm)	7.2 + Ø/2 =	7.8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
---	------------	----------------------

Armatura agli appoggi:

Armatura estradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c1 (cm)	6.2 + Ø/2 =	6,8 cm

Armatura intradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c1 (cm)	6.2 + Ø/2	6.8 cm
Armatura intradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 2°strato c2 (cm)	7.2 + Ø/2 =	7,8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
---	------------	----------------------

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 68 di 209

Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione.

Sezione di incastro (sez.E)

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe Rck35, ha uno spessore di 50 cm e si considera una larghezza unitaria. L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 12/20$ mentre l'armatura inferiore è costituita invece da uno strato di $\phi 12/20$ e da un secondo strato costituito da $\phi 12/20$. A taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×40 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																																									
	<table border="0"> <tr> <td>d</td> <td>riferito all'asse barra</td> <td>α_{cc}</td> <td>coeff. effetti a lungo termine</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>copriferro netto</td> <td>v</td> <td>coeff. riduzione resistenza bielle</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>>0, se tese fibre inferiori</td> <td>α_e</td> <td>$=E_s/E_c$</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>>0, se di trazione</td> <td>k_t</td> <td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>in valore assoluto</td> <td>k_1</td> <td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>k_2</td> <td>0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>k_3</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>k_4</td> <td>0,425</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>σ</td> <td>>0 se di trazione</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>a_l</td> <td>traslazione armatura longitudinale</td> </tr> </table>	d	riferito all'asse barra	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	c	copriferro netto	v	coeff. riduzione resistenza bielle	M	>0 , se tese fibre inferiori	α_e	$=E_s/E_c$	N	>0 , se di trazione	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	V	in valore assoluto	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce			k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura			k_3	3,4			k_4	0,425			σ	>0 se di trazione			a_l	traslazione armatura longitudinale
d	riferito all'asse barra	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																																						
c	copriferro netto	v	coeff. riduzione resistenza bielle																																						
M	>0 , se tese fibre inferiori	α_e	$=E_s/E_c$																																						
N	>0 , se di trazione	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																																						
V	in valore assoluto	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																																						
		k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura																																						
		k_3	3,4																																						
		k_4	0,425																																						
		σ	>0 se di trazione																																						
		a_l	traslazione armatura longitudinale																																						
<p>[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement</p>																																									

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 69 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	50	6,2	42,7	38,4
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
5	12	7,8	5,65	
5	12	43,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

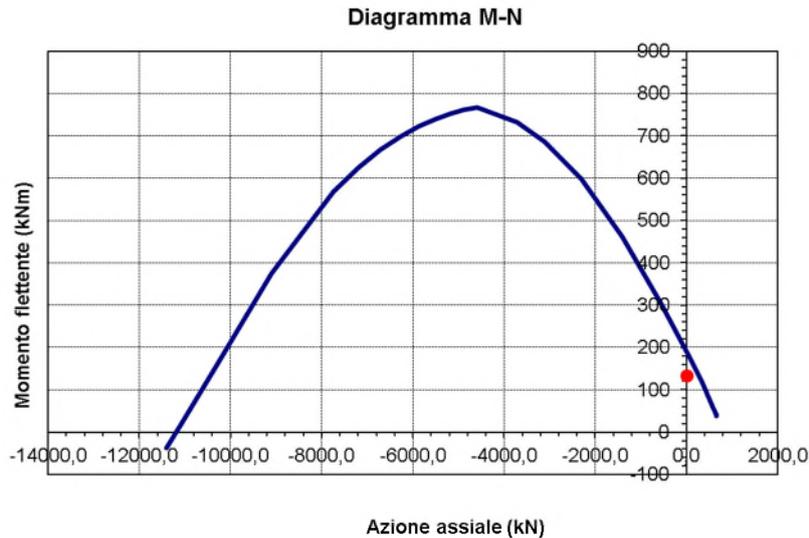
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	35 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	29,1 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	21,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,530		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	13,1 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]
valori limite			

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-134,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	164,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-192,2 [kNm]
FS	1,43
taglio	
V _{Rdc}	176,1 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	255,7 [kN]
V _{Rdmax}	1894,7 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	42,7 [cm]

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 70 di 209



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante.

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M_{Ed}	-109,00 [kNm]
N_{Ed}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	0,0 [kNm]
M_{cr}	-106,7 [kNm]
y_n	14,78 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-5,2 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-25,9 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	250,1 [MPa]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M_{Ed}	-89,00 [kNm]
N_{Ed}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	0,0 [kNm]
M_{cr}	-106,7 [kNm]
y_n	14,78 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-4,2 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-21,2 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	204,2 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$s_{r,max}$	- [cm]
w_k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 71 di 209

Sezione di mezzeria (sez. F):

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe Rck35, ha uno spessore di 50 cm e si considera una larghezza unitaria. L'armatura superiore è costituita da uno strato di $\phi 12/20$, e da un secondo strato costituito $\phi 12/40$. L'armatura inferiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 12/20$. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																					
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>																				
	<table border="1"> <tr><td>α_{cc}</td><td>coeff. effetti a lungo termine</td></tr> <tr><td>v</td><td>coeff. riduzione resistenza bielle</td></tr> <tr><td>α_e</td><td>$=E_s/E_c$</td></tr> <tr><td>k_t</td><td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td></tr> <tr><td>k_1</td><td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td></tr> <tr><td>k_2</td><td>0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</td></tr> <tr><td>k_3</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>k_4</td><td>0,425</td></tr> <tr><td>σ</td><td>>0 se di trazione</td></tr> <tr><td>a_l</td><td>traslazione armatura longitudinale</td></tr> </table>	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	v	coeff. riduzione resistenza bielle	α_e	$=E_s/E_c$	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce	k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura	k_3	3,4	k_4	0,425	σ	>0 se di trazione	a_l	traslazione armatura longitudinale
α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																				
v	coeff. riduzione resistenza bielle																				
α_e	$=E_s/E_c$																				
k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																				
k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																				
k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura																				
k_3	3,4																				
k_4	0,425																				
σ	>0 se di trazione																				
a_l	traslazione armatura longitudinale																				
<p>A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement</p>																					

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 72 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	50	6,2	42,7	38,4
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
2,5	12	42,2	2,83	
5	12	43,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

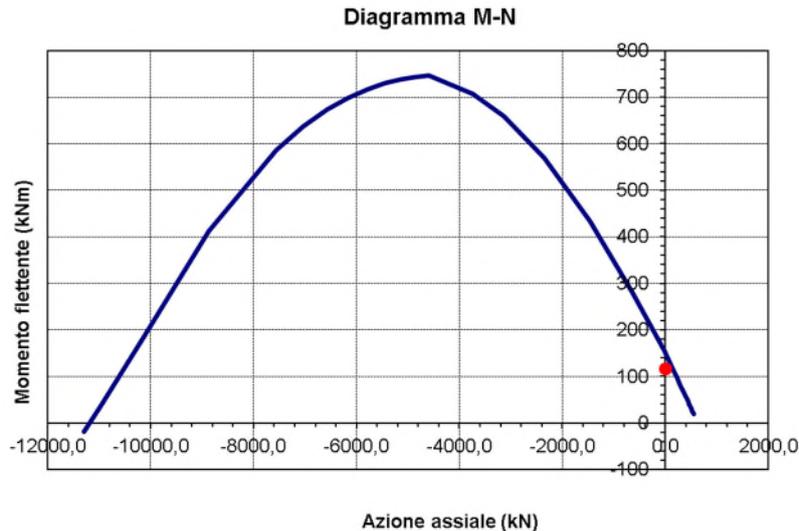
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	35 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	29,1 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	21,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
ν	0,530		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	13,1 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]
valori limite			

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	117,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	156,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	149,9 [kNm]
FS	1,28
taglio	
V _{Rdc}	176,6 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	256,7 [kN]
V _{Rdmax}	1902,1 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	42,9 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 73 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante.

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
MEk	91,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	105,0 [kNm]
yn	-15,94 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-4,8 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-18,1 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	273,0 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$s_{r,max}$	- [cm]
wk	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
MEk	72,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	105,0 [kNm]
yn	-15,94 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,8 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-14,3 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	216,0 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$s_{r,max}$	- [cm]
wk	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

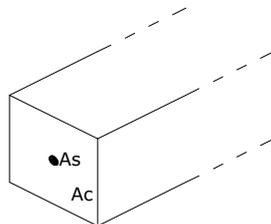
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 74 di 209

8.10 VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO

Vengono discussi brevemente gli effetti dovuti al ritiro nel calcestruzzo che provocando stati interni di coazione con l'armatura. Scopo della trattazione è quello di verificare l'armatura minima longitudinale nella soletta superiore dello scatolare.

8.10.1 Coazioni interne longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

Per il calcolo delle coazioni interne dovute ai fenomeni di ritiro si consideri una sezione di area unitaria A_c con un'unica barra di armatura di area A_s come rappresentato nell'immagine sottostante:



Si assumono le seguenti ipotesi:

- perfetta aderenza tra calcestruzzo ed acciaio;
- deformata piana della sezione in calcestruzzo;
- comportamento del calcestruzzo e dell'acciaio elastico e lineare,

Le equazioni di equilibrio, congruenza e legame dell'insieme calcestruzzo + acciaio che governano il fenomeno sono:

- $N_c + N_s = 0$ (equazione di equilibrio)
- $\epsilon_r = \epsilon_s - \epsilon_c$ (equazione di congruenza)
- $N_c = A_c \sigma_c = A_c E_c \epsilon_c$ (equazione legame costitutivo del calcestruzzo)
- $N_s = A_s \sigma_s = A_s E_s \epsilon_s$ (equazione legame costitutivo dell'acciaio)

Sostituendo le equazioni di legame in quella di equilibrio ed esprimendo la deformazione del calcestruzzo in funzione di quella dell'acciaio si ha:

$$N_s = - N_c = A_s E_s A_c E_c \epsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c)$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 75 di 209

Il comportamento viscoso del calcestruzzo viene considerato attraverso l'abbattimento del modulo elastico, pertanto è necessario sostituire il valore di E_c con E_c^* . La tensione sull'acciaio e sul calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$\sigma_s = A_c E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

$$\sigma_c = -A_s E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

8.10.2 Calcolo delle sollecitazioni longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria, assumendo la dimensione convenzionale h_0 pari $H/2 = 20$ cm, ed un calcestruzzo C32/40, classe N.

Caratteristiche della sezione:

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 40 \text{ cm}$$

$$A_{s,long} = 1+1\phi 12/20 = 1130 \text{ mm}^2$$

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 33642 \text{ N/mm}^2$$

Deformazione da ritiro:

$$U.R. = 75\%$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = 2,5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 40 - 10) \times 10^{-6} = 0.06225 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = k_h * \varepsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.319 \text{ ‰} = 0.223 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.=75\%)}$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} = \mathbf{0.285 \text{ ‰}}$$

A favore di sicurezza, si assume comunque una deformazione $\varepsilon_r = \mathbf{0.400 \text{ ‰}}$

Effetto viscosità:

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di h_0 , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a $\phi(t = \infty) = 1.6$. Il modulo elastico ridotto del calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi) = 12939,53 \text{ N/mm}^2$$

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> HIRPINIA AV	<u>Soci</u> 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> ROCKSOIL S.P.A	<u>Mandanti</u> NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 76 di 209

Tensioni nei materiali:

$$\sigma_s = \frac{(200 * 1000) * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(1130 * 210000) + (200 * 1000) * 12939.53} = 76,94 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_c = \frac{1130 * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(1130 * 210000) + (200 * 1000) * 12939.53} = 0,43 \frac{N}{mm^2}$$

La sollecitazione sul calcestruzzo risulta molto inferiore rispetto alla resistenza a trazione e quindi non porta a fessurazione il calcestruzzo; la sollecitazione sull'acciaio risulta modesta ed accettabile per le normali condizioni di esercizio della struttura.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E Z Z CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 77 di 209

9. TOMBINO SCATOLARE – IN04 – IN06

9.1 INQUADRAMENTO GENERALE

I Tombini scatoari sono situati nei pressi del viadotto VI04 alle progressive Km. 17+327 (IN04), Km. e Km. 17+170 (IN06); le cui dimensioni di progetto derivano dallo studio idraulico delle portate ad essi afferenti. La verifica strutturale dei tombini viene sviluppata in un'unica trattazione per via dell'esatta corrispondenza delle condizioni al contorno delle opere.

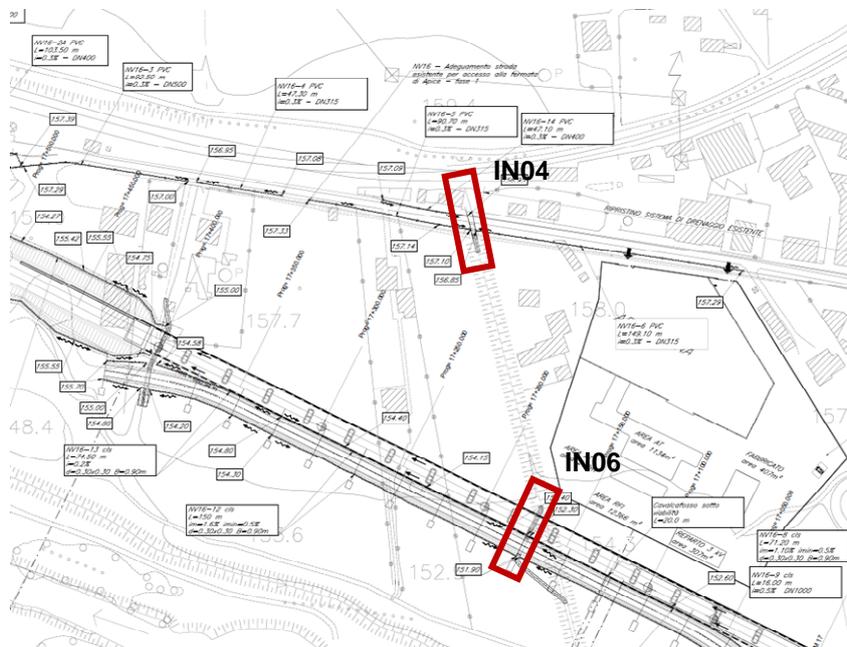
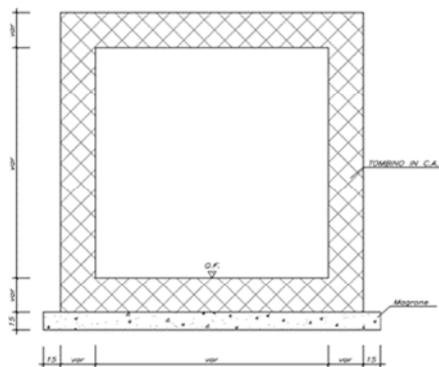


Figura 17 Inquadramento del tombino scatolare



IN04	0+225 (NV16(1))	Scatolare	2.00X2.00	156.30	156.10	5.9	0.034	158.50	0.50	IF0G01D11P8ID0002003B
IN05	0+025 (NV16(3))	Scatolare	2.00X2.00	152.53	152.36	10.5	0.016	155.07	0.13	IF0G01D11P8ID0002003B
IN06	0+250 (NV16(3))	Scatolare	2.00X2.00	150.30	150.22	9.2	0.009	153.02	0.26	IF0G01D11P8ID0002003B

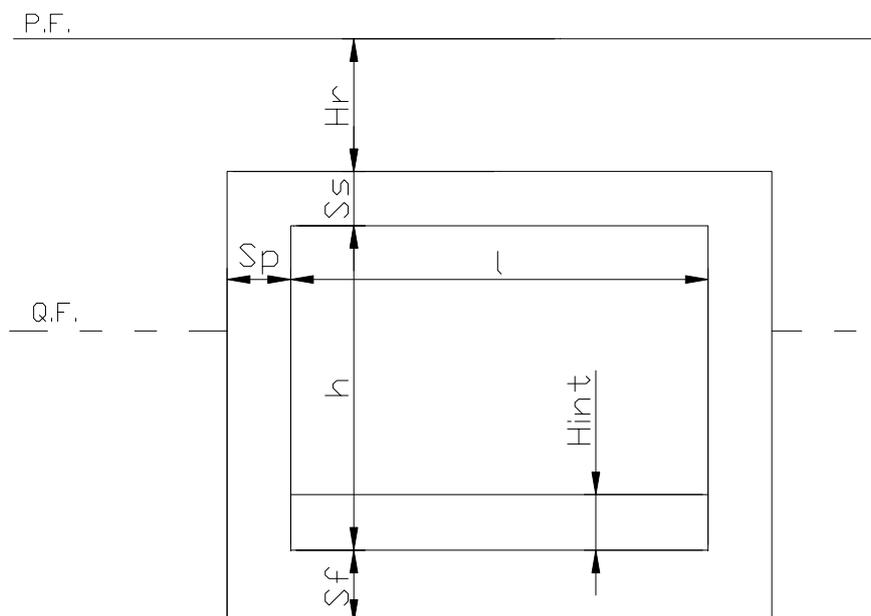
Figura 18 Sezione trasversale del tombino

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 78 di 209

9.2 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La sezione presa di riferimento per il calcolo è cautelativamente quella sottostante alle due corsie di carico, ed in particolare quella del tombino IN04. Il resto degli elementi (soletta inferiore e superiore) possiedono le stesse caratteristiche geometriche.

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura IN04:



Dimensioni geometriche (sezione in retto):

- $l = 2,00$ m
- $h = 1,20$ m
- $S_s = 0,35$ m
- $S_f = 0,45$ m
- $S_p = 0,35$ m
- $H_r = 0,40$ m (di pavimentazione stradale)
- P.F. = quota Piano stradale (a 0,40m sopra l'estradosso della soletta superiore)
- Q.F. = quota falda, minore della quota fondo scatolare.

La falda è al di sotto del piano di fondazione dello scatolare e pertanto non influenza il dimensionamento dell'opera.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 79 di 209

9.3 MODELLO STRUTTURALE

9.3.1 Codice di calcolo

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un software ad elementi finiti (SAP2000), i setti in c.a. sono stati schematizzati con elementi "beam" mutuamente incastrati, con riferimento ad una larghezza unitaria della struttura; pertanto il calcolo viene condotto come un telaio piano.

9.3.2 Modellazione adottata

La struttura viene schematizzata attraverso un modello analitico agli elementi finiti, assumendo uno schema statico di telaio chiuso.

L'analisi strutturale viene condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso alla teoria delle molle elastiche alla Winkler.

La caratteristica elastica della generica molla viene calcolata nel seguente modo:

- K_s = costante di sottofondo [F/L³]
- b_t = interasse trasversale di competenza della generica molla
- b_l = interasse longitudinale di competenza della generica molla (= 1,00 m)
- $W_s = K_s (b_t \times b_l)$ = caratteristica elastica della generica molla

La costante di sottofondo adottata per la modellazione, funzione del tipo di terreno presente in sito, è calcolata come segue:

$$k_s = \frac{p}{s}$$

Dove:

- p = è la pressione della struttura esercitata sul terreno;
- s = è il cedimento corrispondente, calcolato come: $s = K_r \cdot \sum_i \frac{\Delta\sigma_{vi} \Delta H_i}{E_i}$

dove: E = modulo elastico strato terreno;

H = altezza dello strato del terreno;

σ_v = tensione verticale corrispondente;

K_r = coefficiente di rigidità della fondazione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 80 di 209

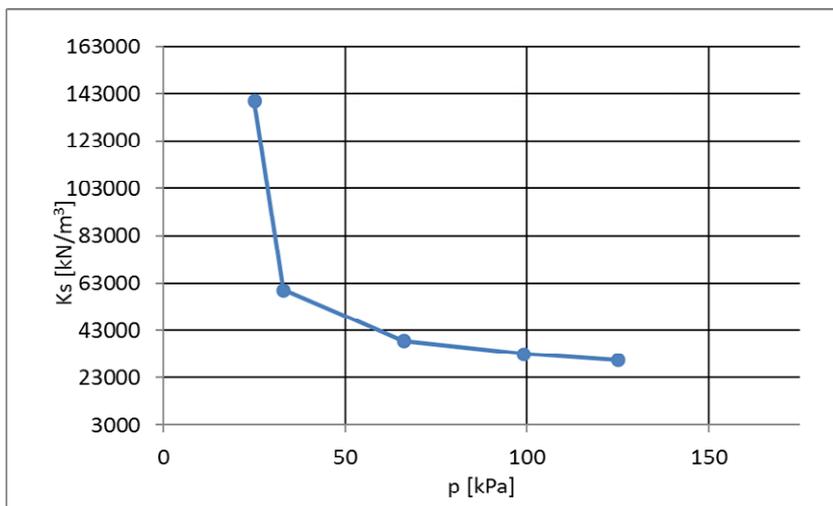
La stratigrafia del terreno nella porzione interessata presenta quattro diversi strati:

- 1° strato: All2_S | H = 10,00 m. | E_{op2} = 24,5 Mpa
- 2° strato: BNA3 | H = >30,0 m. | E_{op2} = 45,5 Mpa

Di seguito viene riportata la tabella con la quale è stato ottenuto il valore di K_s:

<i>larghezza della fondazione</i>	B	2,8	[m]
<i>pressione media in fondazione</i>	q	90,0	[kPa]
<i>coefficiente di Poisson</i>	n	0,30	[-]
<i>passo di calcolo</i>	Dz	0,5	[m]
<i>quota della falda</i>	zw	7,0	[m]
<i>peso acqua</i>	gw	10,0	[kN/m3]
<i>peso terreno</i>	g	20,5	[kN/m3]
<i>peso del terreno immerso</i>	g'	12,0	[kN/m3]
<i>coefficiente di rigidità della fondazione</i>	kr	0,85	[-]
<i>limite dell'incremento</i>	a	0,10	[-]
<i>profondità del piano di posa</i>	zi	3,00	[m]
<i>cedimento in asse</i>	w	2,63	[mm]
<i>costante di sottofondo</i>	ks=p/w	34290	[kN/m ³]

Inoltre, è stata condotta un'analisi parametrica del valore di K_s per ottenere il valore più congruo e omogeneo, al variare della pressione esercitata dalla struttura sul terreno sottostante. È stato ottenuto come valore più corretto da applicare al modello: **K_s = 34000 kN/m³**

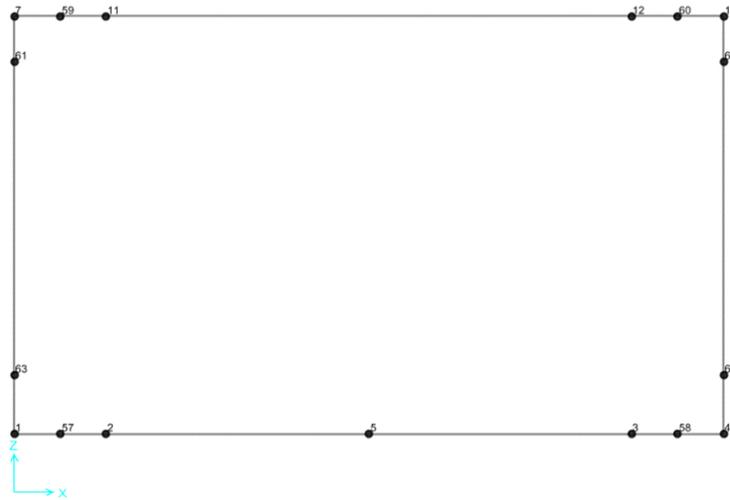


P [kPa]	K _s [kN/m ³]
25	140150
33	59990
66	38720
99	33160
125	30470

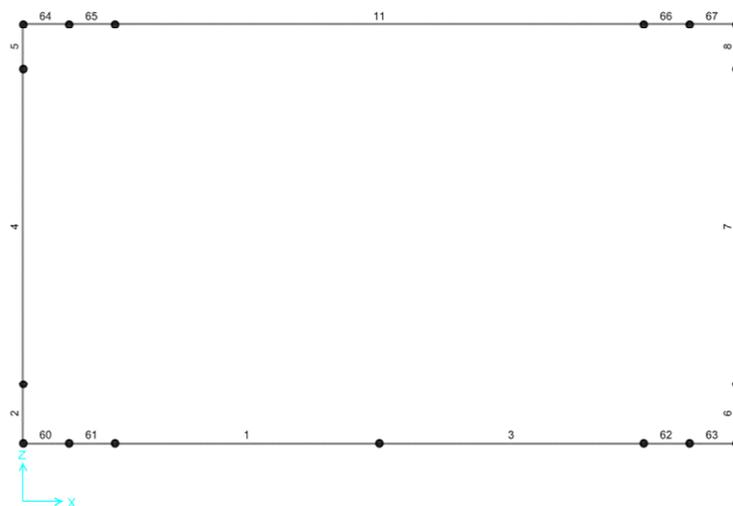
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 81 di 209

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

Numerazione dei nodi



Numerazione delle aste



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 82 di 209

9.4 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Vengono prese in considerazione le condizioni elementari di carico di seguito determinate.

Tali Condizioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato: $\gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$
- pavimentazione stradale: $\gamma_{ric} = 22 \text{ kN/m}^3$
- rilevato stradale: $\gamma_{ballast} = 19 \text{ kN/m}^3$

9.4.1 Peso proprio strutture (g_1)

- soletta superiore $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0,35 \times 25,00 = 8,75 \text{ kN/m}^2$
- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0,35 \times 25,00 = 8,75 \text{ kN/m}^2$
- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.} = 0,45 \times 25,00 = 11,25 \text{ kN/m}^2$

9.4.2 Carichi permanenti portati (g_{2-1} e g_{2-2})

Si considera che la pavimentazione stradale abbia uno spessore pari a 40 cm.

g2-2 (peso proprio della pavimentazione):

- peso pavimentazione $H_{pav} \cdot \gamma_{pav} = 0,40 \cdot 22,0 = 8,8 \text{ kN/m}^2$

9.4.3 Spinta del terreno (g_{3-1} , g_{3-2} , g_{3-3} , e g_{3-4})

Nella definizione delle azioni elementari è stata indicata con g_{3-1} la spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro, con g_{3-2} la spinta a riposo del terreno sul piedritto destro, con g_{3-3} la spinta attiva del terreno sul piedritto sinistro e con g_{3-4} la spinta attiva del terreno sul piedritto destro; le quattro azioni elementari sopra citate sono state opportunamente combinate tra loro. Come dichiarato sopra, la falda non interessa lo scatolare quindi non influenza il calcolo delle spinte.

I calcoli sono stati condotti caratterizzando il terreno con i parametri illustrati in precedenza.

Si riportano nel seguito i coefficienti di spinta attiva e di spinta a riposo ottenuti nell'ambito della valutazione degli effetti del terreno circostante sulla struttura in oggetto:

- STR: $\phi'_{M1} = 35^\circ \Rightarrow k_0 = 0.426 \text{ e } k_a = 0.271$
- GEO: $\phi'_{M2} = 29,3^\circ \Rightarrow k_0 = 0.511 \text{ e } k_a = 0.343$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E Z Z CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 83 di 209

Il calcolo della pressione viene calcolata al variare della profondità z e considerando anche l'eventuale presenza della falda alla quota z_0 .

La spinta verticale σ_v del terreno viene calcolata con l'espressione generale:

$$\sigma_v = \gamma_t \cdot z_0 + \gamma_t' \cdot (z - z_0) + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Analogamente si ricavano i valori delle spinte orizzontali per i diversi coefficienti di spinta, per ciascuna condizione di carico ed alle profondità di riferimento.

Approccio 1 – Combinazione 1

$$\sigma_{h0} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{0,M1} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{0,M1} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

$$\sigma_{ha} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{a,M1} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{a,M1} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$\sigma_{h0} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{0,M2} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{0,M2} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

$$\sigma_{ha} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{a,M2} + \gamma_t' \cdot (z - z_0) \cdot k_{a,M2} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Si riportano nella seguente tabella i valori delle pressioni orizzontali agenti sulla struttura, valutati sia per la Combinazione 1 (A1+M1+R1) che per la Combinazione 2 (A2+M2+R2):

			str	str	geo	geo
	z	σ_v	σ_{h0}	σ_{ha}	σ_{h0_M2}	σ_{ha_M2}
posizione	[m]	[kN/m ²]				
asse di copertura	0,585	33,00	14,1	8,9	16,9	11,3
intradosso copertura	0,76	15,64	6,7	4,2	8,0	5,4
h/2	1,36	27,04	11,5	7,3	13,8	9,3
intradosso fondazione	1,96	38,44	16,4	10,4	19,7	13,2
asse fondazione	2,19	42,72	18,2	11,6	21,8	14,7

Tabella 2 – Valori delle pressioni orizzontali sui piedritti

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori delle pressioni orizzontali agenti sui piedritti negli scenari di spinta attiva e di spinta a riposo; le rispettive posizioni sono indicate in tabella.

9.4.4 Idrostatica (g₂₋₅)

La quota della falda di progetto è assunta a quota +150 m s.l.m., non è quindi interferente con il manufatto in oggetto.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 84 di 209

9.4.5 Ritiro (er)

Si considera il ritiro differenziale tra la soletta superiore e il resto della struttura, sulla quale a favore di sicurezza si considerano già scontate le deformazioni lente. La deformazione da ritiro viene valutata come previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) al § 11.2.10.6.

L'azione viene applicata come variazione termica negativa equivalente.

La deformazione totale da ritiro è pari a:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove:

$$\varepsilon_{cd} = k_h \cdot \varepsilon_{c0}$$

è la deformazione per ritiro da essiccamento

$$\varepsilon_{ca} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \quad \text{con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2$$

è la deformazione per ritiro autogeno

umidità relativa media del sito

$$u_R = 75 \quad \%$$

resistenza caratteristica

$$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$$

area sezione calcestruzzo

$$A_c = 1,12 \text{ m}^2$$

perimetro esposto

$$u = 5,60 \text{ m}$$

dimensione fittizia

$$h_0 = 0.40 \text{ m}$$

coefficiente

$$k_h = 0.73$$

deformazione effettiva

$$\varepsilon_{c0} = -0.319 \text{ ‰}$$

ritiro da essiccamento

$$\varepsilon_{cd,\infty} = -0.231 \text{ ‰} +$$

deformazione per ritiro autogeno

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -0.045 \text{ ‰} =$$

ritiro totale

$$\varepsilon_{cs} = -0.276 \text{ ‰}$$

variazione termica equivalente

coeff. espansione termica

$$\alpha = 0.00001 \text{ norma Tabella 3.5.III}$$

variazione termica $\Delta T = \varepsilon_{cs}/\alpha$

$$\Delta T = -9.49 \quad ^\circ\text{C}$$

comportamento viscoso cls

$$\phi = 1.91 \quad \text{norma Tabella 11.2.VI}$$

variazione termica applicata

$$\Delta T = -9.49 \quad ^\circ\text{C}$$

APPALTATORE: Conorzio HIRPINIA AV	Soci SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE: Mandatara ROCKSOIL S.P.A.	Mandanti NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 85 di 209

9.4.6 Azioni variabili verticali (Schema di carico 1 – q_{11} , q_{12} , q_{13} e q_{21} , q_{22} , q_{23})

I carichi verticali da traffico sono definiti dagli schemi di Carico descritti nel (§5.1.3.3.3. del D.M. 14 gennaio 2008), disposti su corsie convenzionali.

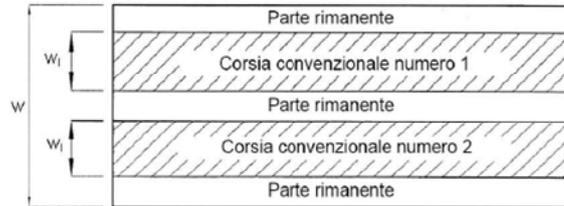


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di carico:

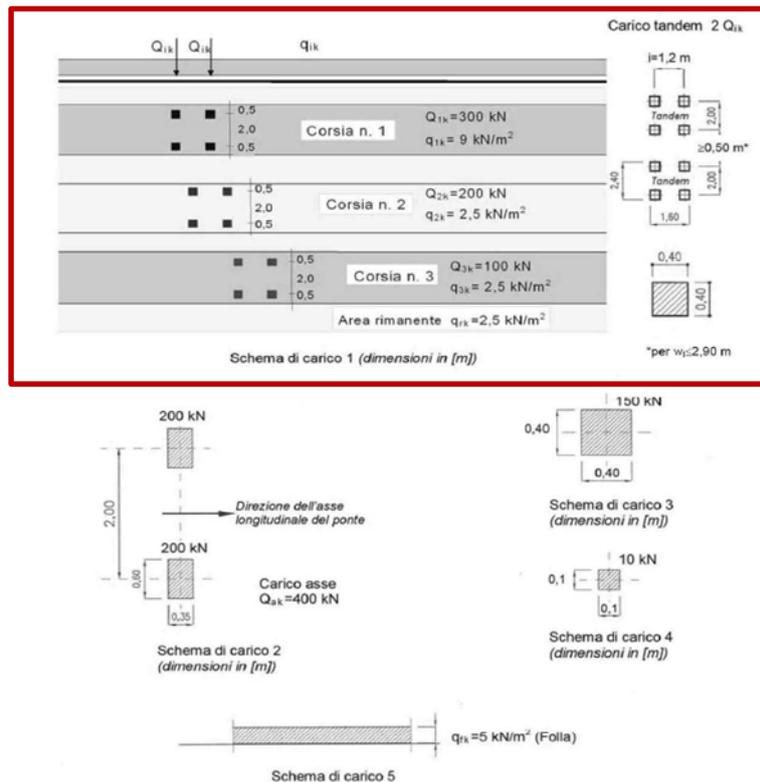


Figura 19 Schemi di carico 1-5

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 86 di 209

Schema di Carico 1

È costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato nella (fig.4). Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Distribuzione longitudinale del carico per mezzo della pavimentazione stradale

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali ed associati agli schemi di carico 1,2,3 e 4 si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta. La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera avvenire secondo un angolo di 45°, fino al piano medio della struttura della soletta sottostante (fig.5).

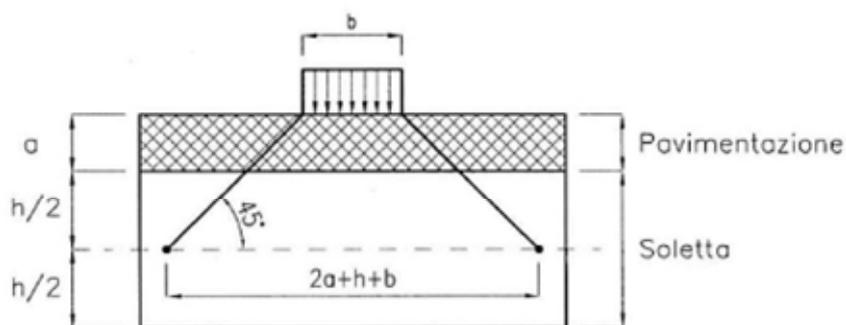


Fig. 5.1.3.a - Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

Figura 20 Distribuzione longitudinale del carico assiale sotto le traverse

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 87 di 209

Considerazioni geometriche

Il carico variabile va considerato diffuso su una superficie dipendente dalle geometrie del rilevato e della struttura; l'area in questione è pari a:

$$A_{diff} = B_L \cdot B_T$$

Si indica con B_T la larghezza di diffusione del carico trasversale dell'impronta alla quota del piano medio della soletta di copertura e con B_L la lunghezza di diffusione del carico longitudinale dell'impronta alla quota del piano medio della soletta di copertura. Assumendo che la diffusione avvenga con rapporto a 45° lungo la pavimentazione si ottiene, considerando la larghezza del carico tandem $L_{impr.} = 2,40$ m:

$$B_T = L_{impr.} + 2 \cdot [H_{pav} (\tan 45^\circ) + H/2 \text{ soletta}]$$

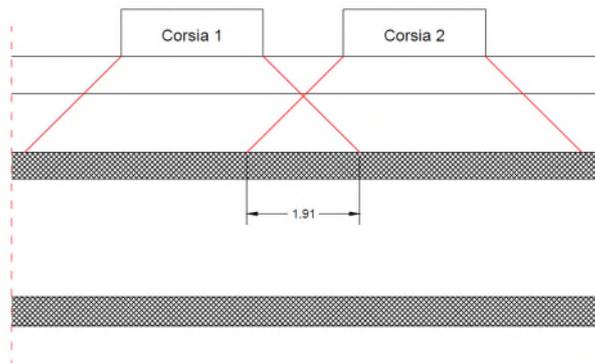
Partendo da sotto la traversina fino a giungere all'estradosso della soletta di copertura la stratigrafia è la seguente:

- 40 cm di pavimentazione stradale;

Quindi si ha che:

$$[H_{pav} (\tan 45^\circ) + H/2 \text{ soletta}] = 0,40 + 0,175 = 0,575 \text{ m}$$

Il valore della larghezza di diffusione trasversale risulta $B_T = 3,55$ m; poiché le diffusioni dei carichi interferiscono si considera sulla soletta un carico distribuito pari al carico diffuso della prima corsia più quella della seconda.



La lunghezza di ripartizione longitudinale (B_L) risulta maggiore dell'interasse delle traverse; si considera quindi un'unica impronta di carico di lunghezza pari alla lunghezza della corsia:

$$B_L = 3,00 \text{ m.}$$

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>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 88 di 209

9.4.7 Azioni verticali causate da traffico stradale – Max momento flettente (varMmax)

In base alle considerazioni geometriche formulate in precedenza, le forze concentrate Q_{VK} (carichi tandem) possono essere considerate come un carico q_{equi} ripartito sull'area di diffusione $B_L * B_T$:

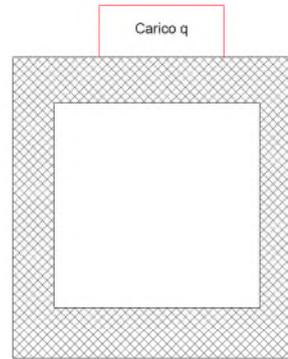
$$q_{equi1} = \frac{4 \cdot 150 \text{ kN}}{(3,0m \cdot 3,55m)} = 56,12 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{equi2} = \frac{4 \cdot 100 \text{ kN}}{(3,0m \cdot 3,55m)} = 37,41 \text{ kN/m}^2$$

il carico distribuito viene applicato nella disposizione che massimizza il momento flettente sulla soletta superiore e sovrapposto con il carico distribuito di **9,00 kN/m²** per la prima corsia e **2,50 kN/m²** per la seconda corsia.

Il valore considerato per le azioni di traffico è pari a:

$$q_{varMmax} = 56,12 + 37,41 = \mathbf{93,53 \text{ kN/m}^2}$$

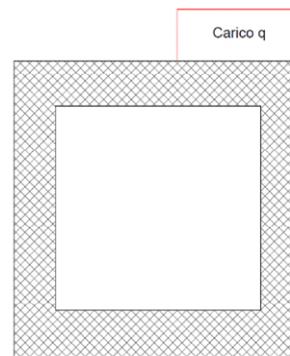


9.4.8 Azioni verticali causate da traffico stradale – Max taglio su soletta (varTmax)

il carico distribuito viene applicato nella disposizione che massimizza il taglio sulla soletta superiore e sovrapposto con il carico distribuito di **9,00 kN/m²** per la prima corsia e **2,50 kN/m²** per la seconda corsia.

Il valore considerato per le azioni di traffico è pari a:

$$q_{varTmax} = 56,12 + 37,41 = \mathbf{93,53 \text{ kN/m}^2}$$



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 89 di 209

9.4.9 Azioni orizzontali traffico veicolare – Corsia1 (sovr.q₁) Corsia2 (sovr.q₂)

I sovraccarichi indotti sul terreno dal traffico veicolare si traducono anche in incrementi di pressioni orizzontali sulle pareti verticali del tombino in ragione del coefficiente di spinta a riposo. In via conservativa tali incrementi di azioni orizzontali sono stati considerati come una distribuzione di carico uniforme agente su tutto lo sviluppo verticale delle suddette pareti. La pressione verticale di riferimento utilizzata è pari al sovraccarico di azioni verticali indotto dal traffico valutato in precedenza per le due corsie. In particolare, si ottengono le seguenti pressioni verticali e orizzontali:

	Corsia 1		Corsia 2	
	σ_v	σ_{h0}	σ_v	σ_{h0}
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
asse di copertura	52,10	22,22	34,73	14,81
intradosso copertura	48,62	20,73	32,41	13,82
h/2	39,56	16,87	26,37	11,24
intradosso fondazione	33,34	14,22	22,23	9,48
asse fondazione	31,49	13,43	20,99	8,95

9.4.10 Azioni da avviamento/frenatura – Corsia1 (fren.q₁)

I sovraccarichi orizzontali causati dall'avviamento/frenatura sulla copertura del tombino stradale sono stati trattati come delle azioni distribuite orizzontali agenti in corrispondenza dell'asse medio della copertura stessa. Analogamente con quanto fatto per i carichi verticali, tali azioni sono state ripartite su una larghezza opportuna valutata secondo i criteri sopra esposti; in particolare per la corsia1 si ottiene un carico distribuito pari a:

$$180 \text{ kN} \leq q = 0,6(2 * Q_{1k}) + 0,10q_{1k} * w_1 * L \leq 900 \text{ kN}$$

larghezza scatolare $L_{\text{scat}} = 2,7 \text{ m}$

larghezza modello $L_{\text{mod}} = 2,35 \text{ m}$

lunghezza di calcolo $L_{\text{calc}} = 5,45 \text{ m}$

avviamento	$F_h =$	369,45	kN
forza diffusa	$f_h =$	44,11	kN/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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 90 di 209

9.5 CARICHI SISMICI (S₁-S₂-S₃-S₄)

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "C", la categoria topografica è "T1". Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m , assume valore unitario.

L'azione sismica viene valutata come:

- incremento di spinta laterale agente asimmetricamente (s1)
- inerzia del terreno in testa allo scatolare (s2)
- inerzia della struttura (s3)
- inerzia del sovraccarico ferroviario (s4)

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC § 7.11.6.2.1 e EC8-5 § 7.3.2.1), 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 come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h^2$$

Si precisa che S, prodotto tra S_S e S_T, è pari a:

$$S = S_S \cdot S_T = 1.18 \cdot 1.0 = 1.18$$

componente orizzontale

accelerazione massima del sito: $a_{max} = S \cdot a_g = 1.18 \cdot 0.380 \text{ g}$

coefficiente di riduzione $\beta_m = 1.0$

coefficiente sismico orizzontale $k_h = 0.448 \text{ g}$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 91 di 209

9.5.1 incremento sismico spinta delle terre (s1)

altezza del rilevato sismicamente attivo	$H_{\text{sism}} = 2,41 \text{ m}$
peso specifico equivalente del rilevato	$\gamma_{\text{rilevato}} = 19,00 \text{ kN/m}^3$
incremento sismico $k_h \cdot \gamma_{\text{rilevato}} \cdot H^2 =$	$F_{\text{sism}} = 49,48 \text{ kN/m}$
pressione sullo scatolare $F_{\text{sism}}/H_{\text{scat}} =$	$p_{\text{sism}} = \mathbf{24,74 \text{ kN/m}^2}$

9.5.2 inerzia carichi permanenti (s2)

peso totale permanenti sopra scatolare	$P_{\text{tot,perm}} = 21,0 \text{ kN/m}$
inerzia carichi permanenti	$I_{\text{tot,perm}} = 9,43 \text{ kN/m}$
carico distribuito	$f_{i,\text{perm}} = \mathbf{4,0 \text{ kN/m}^2}$

9.5.3 inerzia struttura (s3)

peso proprio soletta superiore	$\gamma_{1,\text{sup}} = 8,75 \text{ kN/m}^2$
peso proprio piedritti	$\gamma_{1,\text{piedritti}} = 8,75 \text{ kN/m}^2$
peso proprio soletta inferiore	$\gamma_{1,\text{inf}} = 11,25 \text{ kN/m}^2$
inerzia soletta superiore $\gamma_{1,\text{sup}} \cdot S \cdot a_g =$	$f_{i,\text{pp,sup}} = \mathbf{3,92 \text{ kN/m}^2}$
inerzia piedritti $\gamma_{1,\text{piedritti}} \cdot S \cdot a_g =$	$f_{i,\text{pp,piedritti}} = \mathbf{3,92 \text{ kN/m}^2}$
inerzia soletta inferiore $\gamma_{1,\text{inf}} \cdot S \cdot a_g =$	$f_{i,\text{pp,inf}} = \mathbf{5,04 \text{ kN/m}^2}$

9.5.4 inerzia sovraccarico (s4)

risultante corsie	$R_{\text{corsie}} = 252,52 \text{ kN/m}$
carico concomitante $\psi_2 \cdot R_{\text{max}} =$	$W = 50,50 \text{ kN/m}$
inerzia carico $W \cdot S \cdot a_g =$	$I_s = 22,65 \text{ kN/m}$
carico distribuito $I_s/L_{\text{scat}} =$	$f_{i,\text{treno}} = \mathbf{9,64 \text{ kN/m}^2}$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 92 di 209

9.6 RIEPILOGO CARICHI SOLLECITANTI

Nella seguente tabella vengono riepilogati i valori delle sollecitazioni per i singoli casi di carico, determinati come sopra riportato.

g_1	Peso proprio strutture	Piedritto 8,75 Soletta sup. 8,75 Soletta inf. 11,25	kN/m²
g_{2-2}	Pavimentazione stradale	8,8	kN/m²
g_{3-1}	Spinta a riposo lato sinistro	var	kN/m²
g_{3-2}	Spinta a riposo lato destro	var	kN/m²
g_{3-3}	Spinta attiva lato sinistro	var	kN/m²
g_{3-4}	Spinta attiva lato destro	var	kN/m²
g_{2-5}	Idrostatica	var	kN/m²
er	Ritiro	-9,49	°C
$varM_{max}$	Corsie1-2	93,53	kN/m²
$varT_{max}$	Corsie1-2	93,53	kN/m²
q_{12}	Corsia1	9,00	kN/m²
q_{22}	Corsia2	2,50	kN/m²
$Sovr.q_1$	Corsia1	Var	kN/m
$Sovr.q_2$	Corsia2	Var	kN/m
$Fren.q_1$	Corsia1	44,00	kN/m
s_1	$\Delta p_{d,terr}$	24,74	kN/m²
s_2	$\Delta p_{d,perm}$	4,0	kN/m²
s_3	$\Delta p_{d,STRU}$	Piedritto 3,92 Soletta sup. 3,92 Soletta inf. 5,04	kN/m²
s_4	$\Delta p_{LM71,h}$	9,64	kN/m²

Con “var” si è indicato un carico variabile lungo l'altezza del piedritto, per i dettagli si rimanda ai paragrafi precedenti.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 93 di 209

9.7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle N.T.C.

Le combinazioni sono state effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.1.IV, con i coefficienti parziali di sicurezza indicati in tabella 5.1.V e i coefficienti di combinazione dei carichi della tabella 5.1.VI, tabelle tutte riportate nel capitolo 5.1.3. delle N.T.C.

9.7.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interraste si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e dal raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti solo in riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale (STR) corrispondente al raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

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

$$\text{STR-SLU} \quad \Rightarrow \quad \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{STR-SLV} \quad \Rightarrow \quad E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

Le verifiche allo stato limite ultimo sismico § 7.11.1(NTC) devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

L'azione sismica è calcolata come combinazione delle componenti orizzontali con quella verticale come $E = 1.0 \times E_x + 0.3 \times E_y + 0.3 \times E_z$ con rotazione dei coefficienti moltiplicativi.

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 5.1.VI della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0$.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 94 di 209

9.7.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/ stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Rara	⇒	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Frequente	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Quasi permanente	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 95 di 209

9.8 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati in Tab. 5.1.IV (NTC).

	Azioni verticali	Frenatura e avviamento	
Gruppo 1	Valore k	-	Rara e frequente
Gruppo 2a	Valore freq.	Valore k	Rara e frequente

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.1.V e i coefficienti di combinazione Ψ in Tab. 5.1.VI (NTC).

Per le verifiche agli stati limite d'esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.1.VI (NTC).

9.8.1 Condizioni di carico

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

LoadPat Text	DesignType Text
DEAD	Dead
perm cop	Dead
sp terr M1	Dead
sp terr M2	Dead
var Mmax	Dead
var Tmax	Dead
var q distr	Dead
var q2 distr	Dead
sovr lat q1	Dead
sovr lat q2	Dead
fren.q1	Dead
sisma orizz	Dead
sisma vert	Dead
Inerzia H	Dead
Inerzia V	Dead
er	Dead

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 96 di 209

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

I valori numerici riportati nelle colonne delle seguenti tabelle di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata. Tali valori sono il risultato dei prodotti tra coefficienti parziali operanti sulle azioni.

9.8.2 Combinazioni SLU di tipo STR

SLU 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 1			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
SLU 1			Linear Static	4-var Mmax	1,35
SLU 1			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 1			Linear Static	er	1,2
SLU 1			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 2			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 2			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 2			Linear Static	4-var Mmax	1,35
SLU 2			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 2			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 2			Linear Static	er	1,2
SLU 2			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 3			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 3			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 3			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 3			Linear Static	er	1,2
SLU 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 4			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 4			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 4			Linear Static	4-var Mmax	1,0125
SLU 4			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 4			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 4			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54

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 tombini stradali		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 97 di 209

SLU 4			Linear Static	er	1,2
SLU 4			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 5			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 5			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 5			Linear Static	4-var Mmax	1,0125
SLU 5			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 5			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 5			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 5			Linear Static	er	1,2
SLU 5			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 6			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
SLU 6			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 6			Linear Static	12-var Tmax	1,35
SLU 6			Linear Static	er	1,2
SLU 6			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 7	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 7			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 7			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 7			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 7			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 7			Linear Static	12-var Tmax	1,35
SLU 7			Linear Static	er	1,2
SLU 7			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 8	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 8			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 8			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 8			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 8			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 8			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 8			Linear Static	12-var Tmax	1,0125
SLU 8			Linear Static	er	1,2

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 98 di 209

SLU 8			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 9	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 9			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 9			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 9			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 9			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 9			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 9			Linear Static	12-var Tmax	1,0125
SLU 9			Linear Static	er	1,2
SLU 9			Linear Static	var q2 distr	0,54

9.8.3 Combinazioni SLV

S Orizzontale	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
S Orizzontale			Linear Static	2-perm cop	1
S Orizzontale			Linear Static	3-sp terr M1	1
S Orizzontale			Linear Static	7-sisma orizz	1
S Orizzontale			Linear Static	11-sisma vert	0,3
S Orizzontale			Linear Static	Inerzia H	1
S Orizzontale			Linear Static	Inerzia V	0,3
S Orizzontale			Linear Static	er	0,5
S Verticale	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
S Verticale			Linear Static	2-perm cop	1
S Verticale			Linear Static	3-sp terr M1	1
S Verticale			Linear Static	7-sisma orizz	0,3
S Verticale			Linear Static	11-sisma vert	1
S Verticale			Linear Static	Inerzia H	0,3
S Verticale			Linear Static	Inerzia V	1
S Verticale			Linear Static	er	0,5
Enve SLV	Envelope	No	Response Combo	S Orizzontale	1
Enve SLV			Response Combo	S Verticale	1

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 tombini stradali	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA IF28</td> <td style="text-align: center;">LOTTO 01</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA E ZZ CL</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">REV. B</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO 99 di 209</td> </tr> </table>	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 99 di 209
COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 99 di 209		

9.8.4 Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Frequente – Caratteristica

RARA 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 1			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 1			Linear Static	4-var Mmax	1
RARA 1			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 1			Linear Static	er	1
RARA 1			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 2			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 2			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 2			Linear Static	4-var Mmax	1
RARA 2			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 2			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 2			Linear Static	er	1
RARA 2			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 3			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 3			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 3			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 3			Linear Static	er	1
RARA 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 4			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 4			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 4			Linear Static	4-var Mmax	0,75
RARA 4			Linear Static	5-var q distr	0,4
RARA 4			Linear Static	6-frenatura	1
RARA 4			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 4			Linear Static	er	1
RARA 4			Linear Static	var q2 distr	0,4
RARA 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 5			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 5			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 5			Linear Static	5-var q distr	1

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 100 di 209

RARA 5			Linear Static	12-var Tmax	1
RARA 5			Linear Static	er	1
RARA 5			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 6			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 6			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 6			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 6			Linear Static	12-var Tmax	1
RARA 6			Linear Static	er	1
RARA 6			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 7	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 7			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 7			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 7			Linear Static	5-var q distr	0,4
RARA 7			Linear Static	6-frenatura	1
RARA 7			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 7			Linear Static	12-var Tmax	0,75
RARA 7			Linear Static	er	1
RARA 7			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 1			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 1			Linear Static	4-var Mmax	0,75
FREQ 1			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 1			Linear Static	er	1
FREQ 1			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 2			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 2			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 2			Linear Static	4-var Mmax	0,75
FREQ 2			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 2			Linear Static	8-sovr lat q1	0,75
FREQ 2			Linear Static	er	1

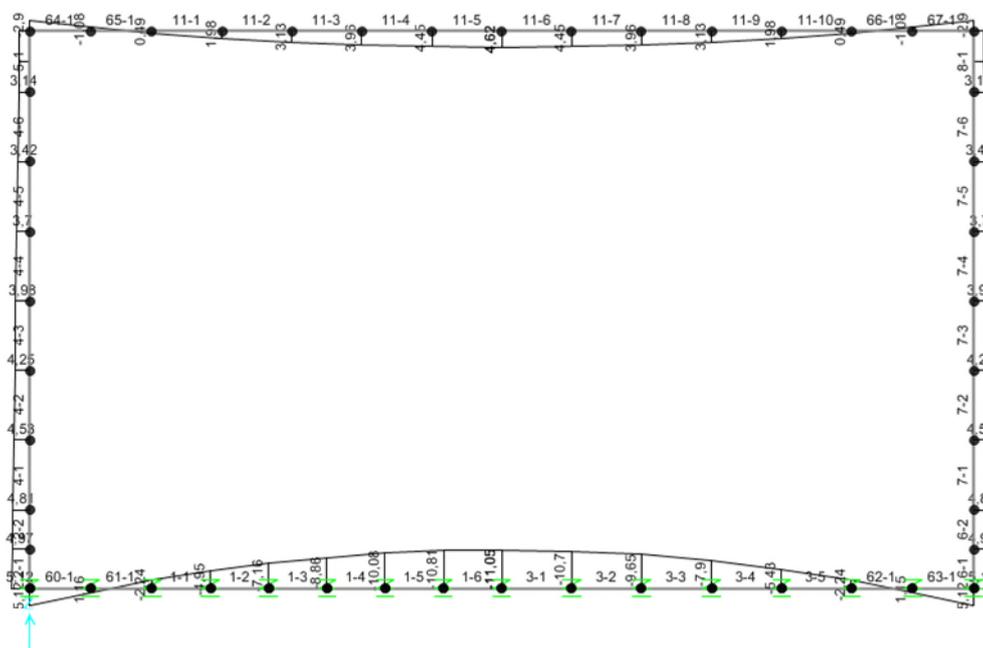
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.							
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 101 di 209

FREQ 2			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 3			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 3			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 3			Linear Static	4-var Mmax	0,563
FREQ 3			Linear Static	5-var q distr	0,3
FREQ 3			Linear Static	6-frenatura	0,75
FREQ 3			Linear Static	8-sovr lat q1	0,563
FREQ 3			Linear Static	er	1
FREQ 3			Linear Static	var q2 distr	0,3
FREQ 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 4			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 4			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 4			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 4			Linear Static	12-var Tmax	0,75
FREQ 4			Linear Static	er	1
FREQ 4			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 5			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 5			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 5			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 5			Linear Static	8-sovr lat q1	0,75
FREQ 5			Linear Static	12-var Tmax	0,75
FREQ 5			Linear Static	er	1
FREQ 5			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 6			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 6			Linear Static	5-var q distr	0,3
FREQ 6			Linear Static	6-frenatura	0,75
FREQ 6			Linear Static	8-sovr lat q1	0,563
FREQ 6			Linear Static	12-var Tmax	0,563
FREQ 6			Linear Static	er	1
FREQ 6			Linear Static	var q2 distr	0,3
QP	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
QP			Linear Static	2-perm cop	1
QP			Linear Static	3-sp terr M1	1
QP			Linear Static	er	1

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.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">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;">IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">102 di 209</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	102 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	102 di 209												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali																	

9.8.5 Diagrammi relativi alle combinazioni elementari

G1: Peso Proprio:



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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 103 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

G2: Peso Permanente:

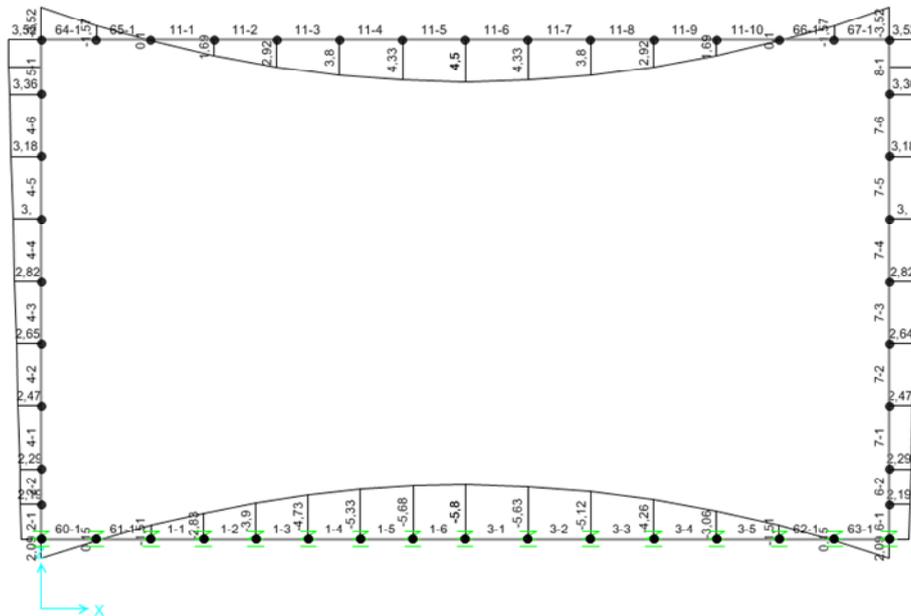


Figura 22 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 104 di 209

G3: Spinta delle terre:

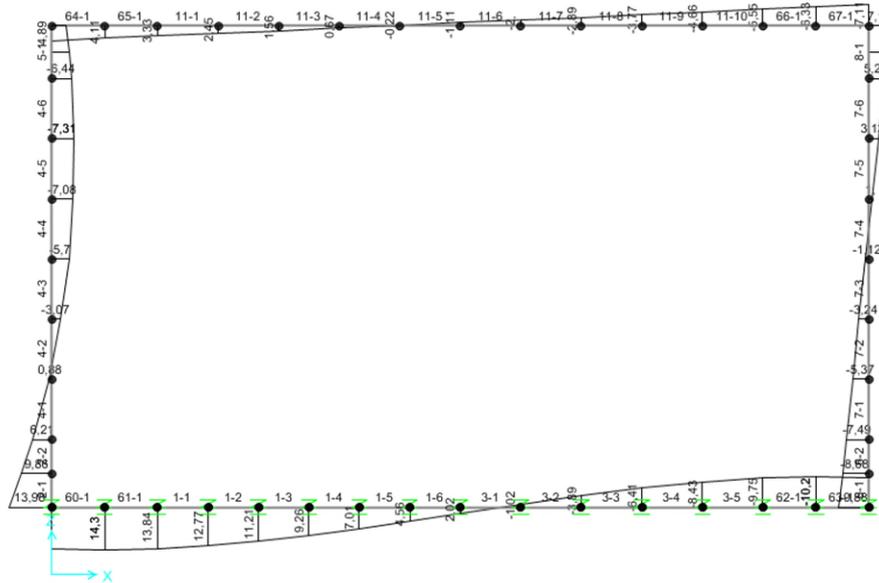


Figura 23 Diagramma momento flettente

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 105 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

q: Variabile Traffico:

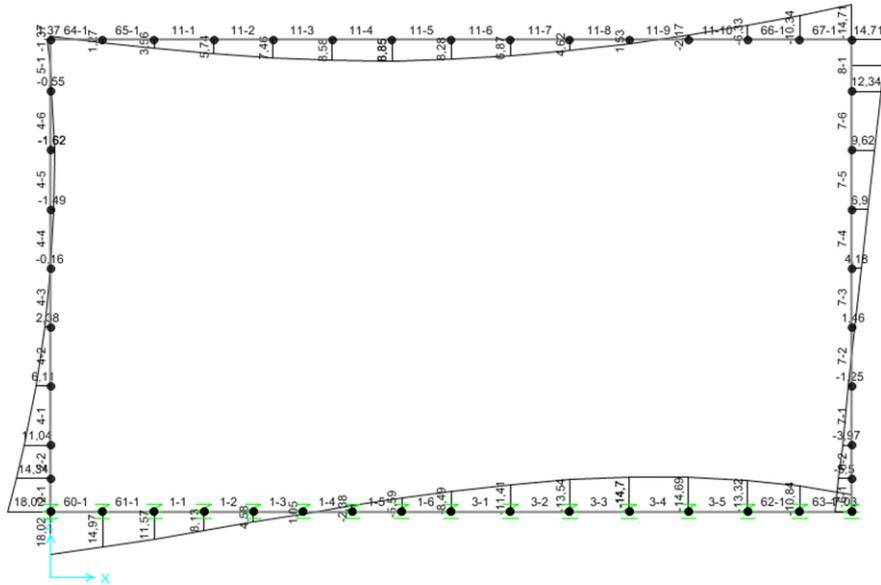


Figura 24 Diagramma momento flettente

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.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>IN0000 002</td> <td>B</td> <td>106 di 209</td> </tr> </tbody> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	106 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	106 di 209												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali																	

E: Sisma:

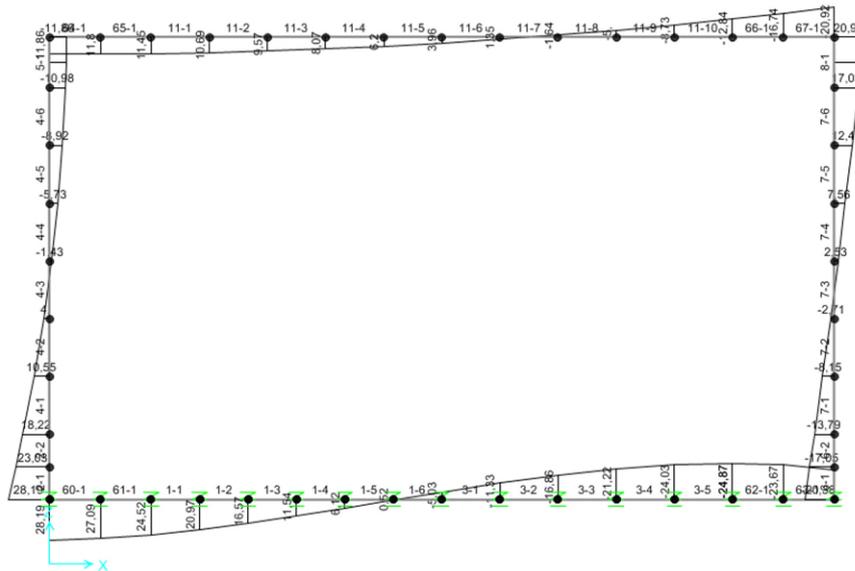
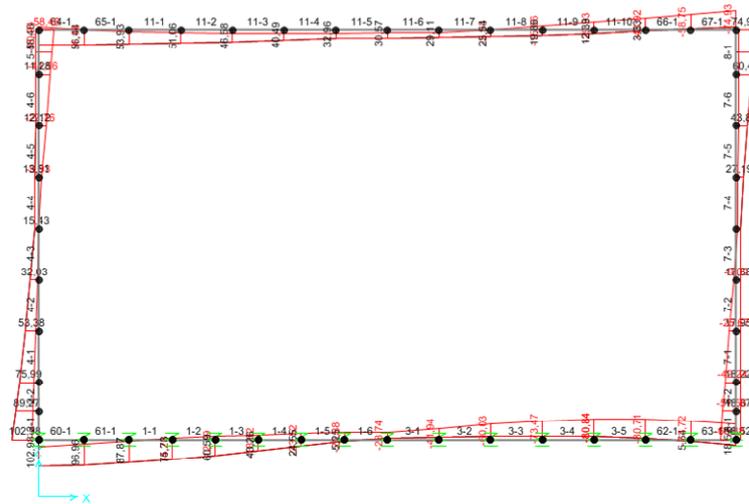


Figura 25 Diagramma momento flettente

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 107 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

9.8.6 Diagrammi di inviluppo SLU/SLV



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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 108 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

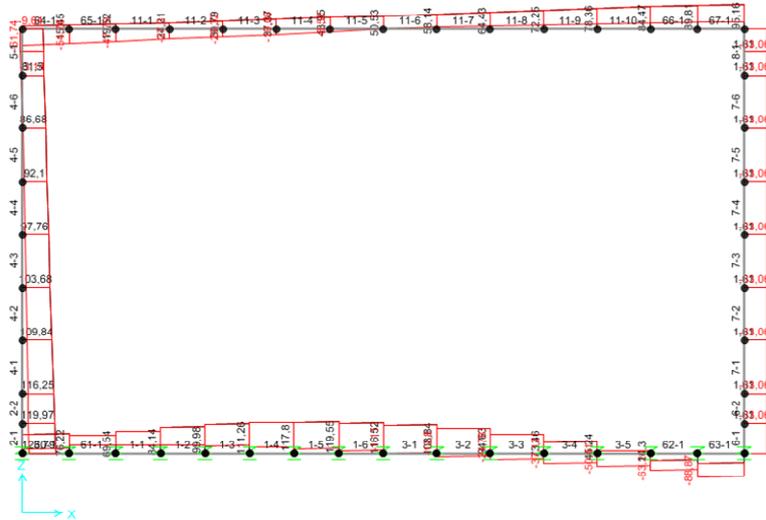


Figura 28 Diagramma taglio

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.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>IN0000 002</td> <td>B</td> <td>109 di 209</td> </tr> </tbody> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	109 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	109 di 209												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali																	

9.8.7 Diagrammi di involuppo SLE

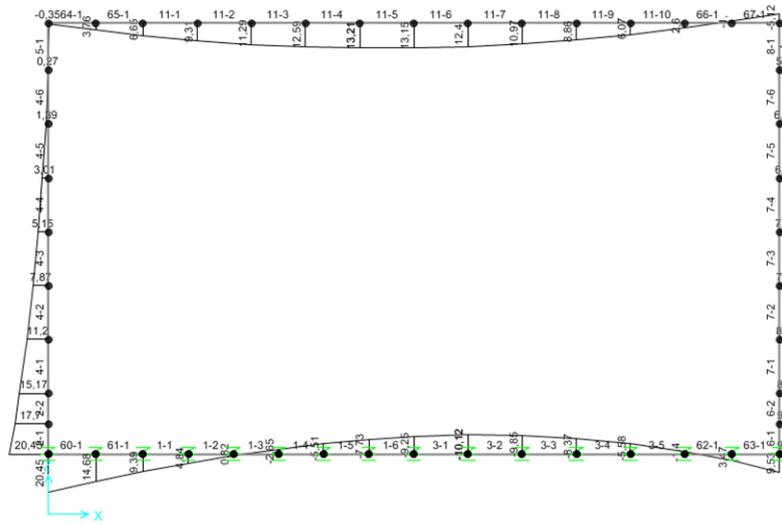


Figura 29 Diagramma momento flettente combinazione Quasi Permanente

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.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>IN0000 002</td> <td>B</td> <td>110 di 209</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	110 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	110 di 209													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali																		

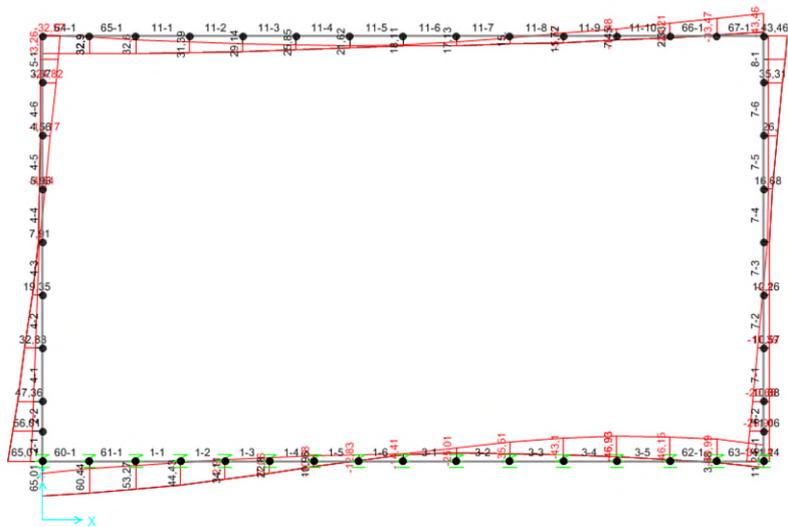


Figura 30 Diagramma momento flettente combinazione Frequente

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.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">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;">IN0000 002</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">111 di 209</td> </tr> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	111 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	111 di 209												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali																	

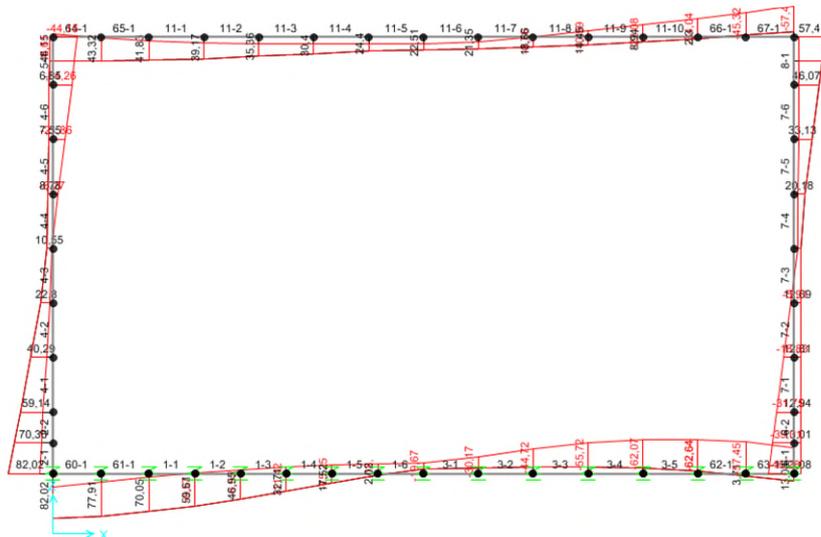
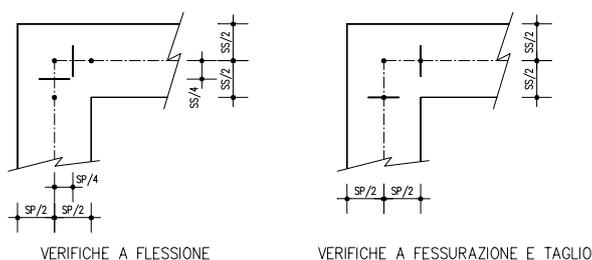


Figura 31 Diagramma momento flettente combinazione Caratteristica

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 112 di 209

9.9 VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

Nel presente capitolo si conducono le verifiche strutturali in corrispondenza delle sezioni più sollecitate. Con riferimento alle sezioni di incastro, i valori di sollecitazione flettente e tagliante – utilizzati per le verifiche – sono stati valutati come illustrato nel seguente schema:



Nello specifico l'azione flettente viene ricavata dal modello numerico in corrispondenza della sezione posta a un quarto dello spessore dall'asse dell'elemento finito, l'azione tagliante viene invece valutata in corrispondenza della sezione posta a un mezzo dello spessore dall'asse dell'elemento finito. In via conservativa si trascura l'azione assiale negli elementi orizzontali (soletta di copertura e soletta di fondazione).

Le verifiche a taglio sono svolte considerando il puntone in calcestruzzo inclinato di 30° e staffe verticali, mentre le verifiche in esercizio sono state condotte secondo i criteri seguenti:

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta $M_{cr} < M_{Ed}$ la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018, e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FR, QP e RARA della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili per le strutture in ambiente aggressivo sono:

Le massime aperture ammissibili per le strutture sono:

Ambiente ordinario

- combinazione di carico Frequente: $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$
- combinazione di carico Quasi Permanente: $w_k \leq w_2 = 0.20\text{mm}$.

Ambiente aggressivo e molto aggressivo

- combinazione di carico Rara: $w_k \leq w_1 = 0.20\text{mm}$ (per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture)

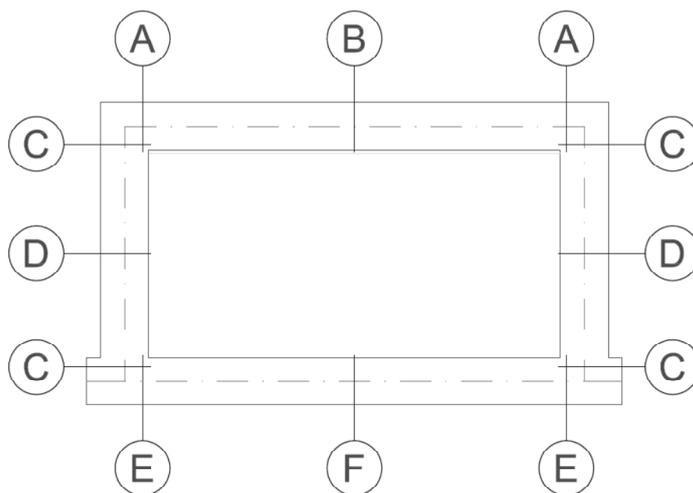
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 113 di 209

Verifica delle tensioni di esercizio: per la condizione di carico Quasi Permanente e Rara, si verifica che le tensioni di lavoro siano inferiori ai seguenti limiti:

- per la combinazione di azioni Quasi Permanente si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,45 \cdot f_{ck}$;
- per la combinazione di azioni Rara si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,60 \cdot f_{ck}$, mentre quelle dell'acciaio $\sigma_s < 0,80 \cdot f_{yk}$.

Per condurre le verifiche strutturali sono stati eseguiti gli involuppi delle azioni interne per tutte le tipologie di combinazioni di carico in precedenza definite; sono state in seguito individuate sei tipologie di sezioni in corrispondenza delle quali sono state valutate le azioni sollecitanti.

Le sei sezioni di cui sopra sono illustrate nel seguente schema:



Con "A" si indica la sezione di incastro e con "B" si indica la sezione in cui si verifica il massimo momento che tende le fibre inferiori della soletta di copertura. Con "C" si indica la sezione di incastro del piedritto, mentre con "D" la sezione di mezzeria. Per quanto riguarda la soletta di fondazione, con "E" si individua la sezione di incastro mentre con "F" si indica la sezione di massimo momento flettente con fibre tese superiori. Nella seguente tabella si riportano i valori numerici delle azioni maggiormente sollecitanti:

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 114 di 209

sez.	SLU			SLE - RARA		SLE - FREQUENTE		SLE - QUASI PERMANENTE	
	M [kNm/m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]
A	-58	-72	89	-45	-	-33	-	-5	-
B	32	-	47	23	-	19	-	13	-
C	-102	-80	123	-82	-57	-65	-46	-20	-34
D	-19	-70	99	-13	-50	-10	-39	-6	-27
E	-96	-	76	-77	-	-60	-	-14	-
F	79	-	44	60	-	46	-	10	-

Poiché derivanti da un inviluppo, le azioni più gravose (utilizzate nelle verifiche) sono state scelte secondo i criteri seguenti: per quanto concerne le azioni flettenti e le azioni taglianti sono stati scelti i massimi valori assoluti (riportati tuttavia con segno nella tabella soprastante), per le azioni assiali, invece, sono stati selezionati i minimi valori assoluti.

Le convenzioni di segno adottate sono le seguenti: l'azione flettente è negativa se tende le fibre esterne del tombino, l'azione tagliante è riportata in valore assoluto, l'azione assiale è negativa se di compressione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 115 di 209

9.9.1 Soletta superiore

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	35.0

Sezione di mezzera:

Armatura estradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	7.80 cm

Armatura intradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	6.80 cm
Armatura intradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1Ø10/40" =	1,96 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2+Ø/2 =	7.80 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
---	------------	----------------------

Armatura agli appoggi:

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	7.80 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2+Ø/2 =	6,80 cm
Armatura estradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1Ø10/40" =	1,96 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2+Ø/2 =	7,80 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø12/20" =	5,65 cm ²
---	------------	----------------------

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 116 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione.

Sezione di incastro (sez. A)

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di copertura è costituita da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 35 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura superiore è costituita da un primo strato costituito da $\phi 12/20$ e un secondo strato costituito da $\phi 10/40$, l'armatura inferiore è costituita invece da $\phi 12/20$, a taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×40 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																																									
	<table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">d</td> <td>riferito all'asse barra</td> <td style="padding-right: 10px;">α_{cc}</td> <td>coeff. effetti a lungo termine</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>copriferro netto</td> <td>v</td> <td>coeff. riduzione resistenza bielle</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>>0, se tese fibre inferiori</td> <td>α_e</td> <td>=E_s/E_c</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>>0, se di trazione</td> <td>k_t</td> <td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>in valore assoluto</td> <td>k₁</td> <td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>k₂</td> <td>0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>k₃</td> <td>3,4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>k₄</td> <td>0,425</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>σ</td> <td>>0 se di trazione</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>a_l</td> <td>traslazione armatura longitudinale</td> </tr> </table>	d	riferito all'asse barra	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	c	copriferro netto	v	coeff. riduzione resistenza bielle	M	>0, se tese fibre inferiori	α_e	= E_s/E_c	N	>0, se di trazione	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	V	in valore assoluto	k₁	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce			k₂	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura			k₃	3,4			k₄	0,425			σ	>0 se di trazione			a_l	traslazione armatura longitudinale
d	riferito all'asse barra	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																																						
c	copriferro netto	v	coeff. riduzione resistenza bielle																																						
M	>0, se tese fibre inferiori	α_e	= E_s/E_c																																						
N	>0, se di trazione	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																																						
V	in valore assoluto	k₁	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																																						
		k₂	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura																																						
		k₃	3,4																																						
		k₄	0,425																																						
		σ	>0 se di trazione																																						
		a_l	traslazione armatura longitudinale																																						
[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement																																									

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 117 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	35	6,2	28,0	25,2
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
2,5	10	7,7	1,96	
5	12	28,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

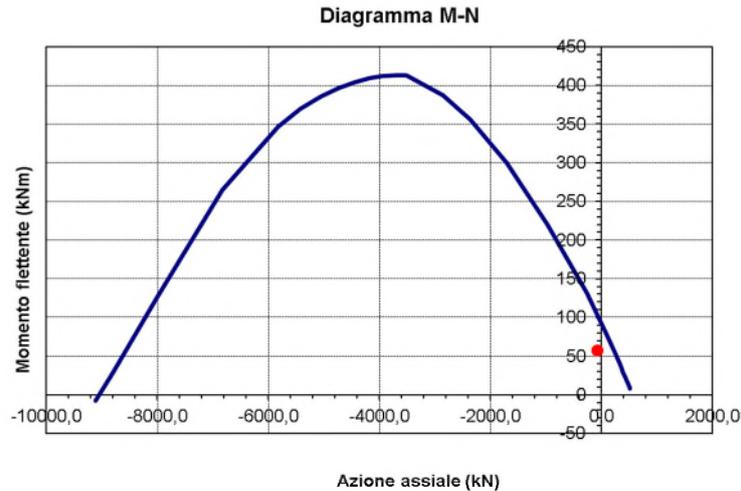
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8		
k ₃	3,4		
k ₄	0,425		
valori limite			
	0,45 f _{ck}		14,9 [MPa]
	0,8 f _{yk}		360,0 [MPa]
	W _{k,lim}		0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-58,00 [kNm]
N _{Ed}	-72 [kN]
V _{Ed}	89,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-103,1 [kNm]
FS	1,78
taglio	
V _{Rdc}	150,1 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	167,5 [kN]
V _{Rdmax}	1391,7 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _i	28,0 [cm]

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 118 di 209



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
MEk	-45,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	-56,0 [kNm]
yn	10,58 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-5,0 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-1,3 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	232,8 [MPa]
k ₂	0,5
$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
wk	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
MEk	-33,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	-56,0 [kNm]
yn	10,58 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,7 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-1,0 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	170,7 [MPa]
k ₂	0,5
$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
wk	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 119 di 209

Sezione di mezzeria (sez. B):

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di copertura è costituita da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 35 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 12/20$, l'armatura inferiore è costituita invece da un primo strato costituito da $\phi 12/20$ e un secondo strato costituito da un $\phi 10/40$. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																															
	<table border="0"> <tr><td>d</td><td>riferito all'asse barra</td></tr> <tr><td>c</td><td>copriferro netto</td></tr> <tr><td>M</td><td>>0, se tese fibre inferiori</td></tr> <tr><td>N</td><td>>0, se di trazione</td></tr> <tr><td>V</td><td>in valore assoluto</td></tr> </table> <table border="0"> <tr><td>α_{cc}</td><td>coeff. effetti a lungo termine</td></tr> <tr><td>v</td><td>coeff. riduzione resistenza bielle</td></tr> <tr><td>α_e</td><td>$=E_s/E_c$</td></tr> <tr><td>k_t</td><td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td></tr> <tr><td>k_1</td><td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td></tr> <tr><td>k_2</td><td>0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura</td></tr> <tr><td>k_3</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>k_4</td><td>0,425</td></tr> <tr><td>σ</td><td>>0 se di trazione</td></tr> <tr><td>al</td><td>traslazione armatura longitudinale</td></tr> </table>	d	riferito all'asse barra	c	copriferro netto	M	>0, se tese fibre inferiori	N	>0, se di trazione	V	in valore assoluto	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	v	coeff. riduzione resistenza bielle	α_e	$=E_s/E_c$	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce	k_2	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura	k_3	3,4	k_4	0,425	σ	>0 se di trazione	al	traslazione armatura longitudinale
d	riferito all'asse barra																														
c	copriferro netto																														
M	>0, se tese fibre inferiori																														
N	>0, se di trazione																														
V	in valore assoluto																														
α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																														
v	coeff. riduzione resistenza bielle																														
α_e	$=E_s/E_c$																														
k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																														
k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																														
k_2	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura																														
k_3	3,4																														
k_4	0,425																														
σ	>0 se di trazione																														
al	traslazione armatura longitudinale																														
<p>[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement</p>																															

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 120 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	35	6,2	28,0	25,2
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
2,5	10	27,3	1,96	
5	12	28,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]

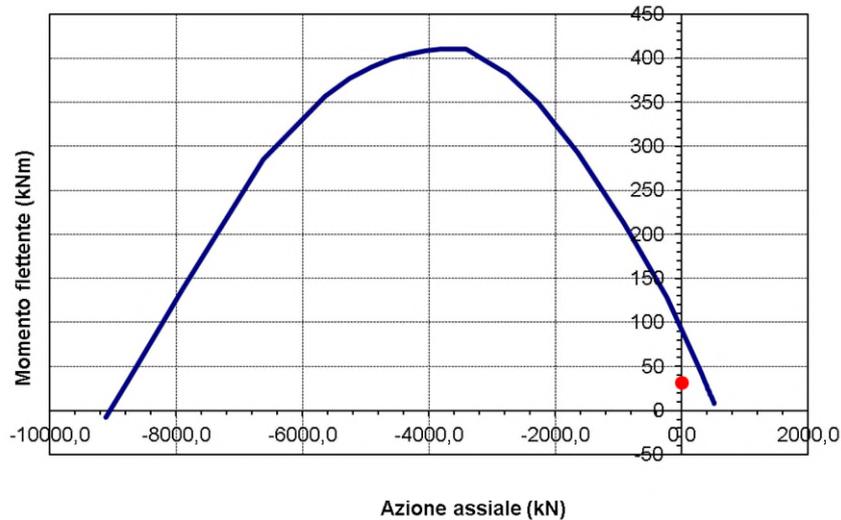
Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	32,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	47,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	92,3 [kNm]
FS	2,88
taglio	
V _{Rdc}	141,4 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	167,5 [kN]
V _{Rdmax}	1391,7 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	28,0 [cm]

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 121 di 209

Diagramma M-N



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
MEk	23,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	56,0 [kNm]
yn	-10,58 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-2,6 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-0,7 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	119,0 [MPa]
k ₂	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
Wk	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
MEk	19,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	56,0 [kNm]
yn	-10,58 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-2,1 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-0,6 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	98,3 [MPa]
k ₂	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
Wk	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 122 di 209

9.9.2 Piedritti

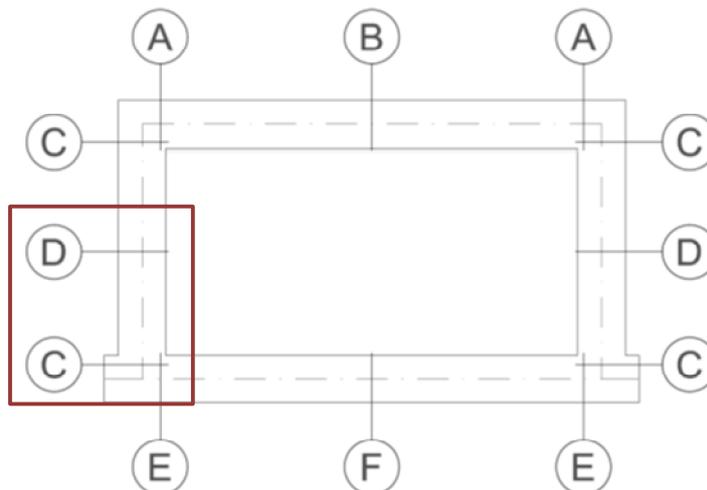
Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	35.0

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$ =	6,8 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 \emptyset 14/20" =	7,70 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$ =	6,8 cm
Armatura estradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1 \emptyset 14/20" =	7,70 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2 + $\emptyset/2$ =	7,8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
---	------------------------	----------------------



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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 123 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Sezione di incastro (sez. C)

Caratteristiche geometriche della sezione

Il piedritto è costituito da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 35 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura interna è costituita da uno strato compresso (intradosso) costituito da $\phi 12/20$ e un secondo strato teso (estradosso) costituito da $\phi 14/20$ e uno strato in sovrapposizione $\phi 14/20$, a taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×40 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																					
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>																				
	<table border="1"> <tr><td>α_{cc}</td><td>coeff. effetti a lungo termine</td></tr> <tr><td>v</td><td>coeff. riduzione resistenza bielle</td></tr> <tr><td>α_e</td><td>=Es/Ec</td></tr> <tr><td>k_t</td><td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td></tr> <tr><td>k_1</td><td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td></tr> <tr><td>k_2</td><td>0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_{e1} trazione eccentrica 1 trazione pura</td></tr> <tr><td>k_3</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>k_4</td><td>0,425</td></tr> <tr><td>σ</td><td>>0 se di trazione</td></tr> <tr><td>al</td><td>traslazione armatura longitudinale</td></tr> </table>	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	v	coeff. riduzione resistenza bielle	α_e	=Es/Ec	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce	k_2	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_{e1} trazione eccentrica 1 trazione pura	k_3	3,4	k_4	0,425	σ	>0 se di trazione	al	traslazione armatura longitudinale
α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																				
v	coeff. riduzione resistenza bielle																				
α_e	=Es/Ec																				
k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																				
k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																				
k_2	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_{e1} trazione eccentrica 1 trazione pura																				
k_3	3,4																				
k_4	0,425																				
σ	>0 se di trazione																				
al	traslazione armatura longitudinale																				

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 124 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	35	6,2	27,6	24,8
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	14	6,9	7,70	
5	14	7,9	7,70	
5	12	28,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

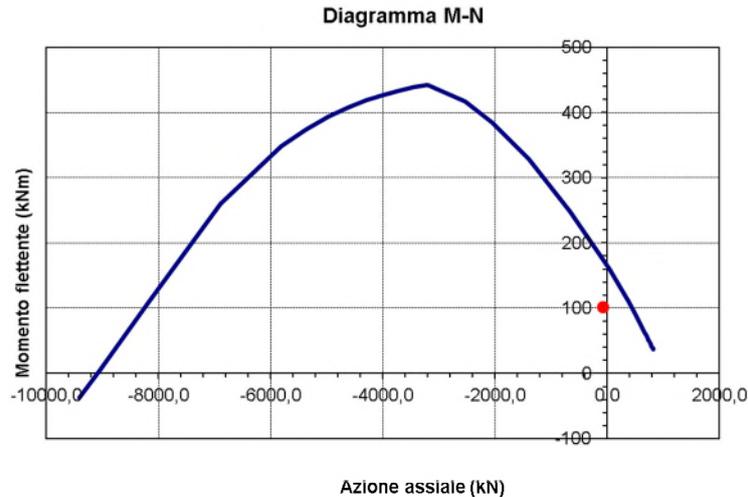
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-102,00 [kNm]
N _{Ed}	-80 [kN]
V _{Ed}	123,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-176,3 [kNm]
FS	1,73
taglio	
V _{Rdc}	149,7 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	165,3 [kN]
V _{Rdmax}	1373,4 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	27,6 [cm]

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 125 di 209



Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M_{Ek}	-82,00 [kNm]
N_{Ek}	-57 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-3,2 [kNm]
M_{cr}	-61,6 [kNm]
y_n	7,83 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-7,1 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-31,7 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	203,9 [MPa]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M_{Ek}	-65,00 [kNm]
N_{Ek}	-46 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-2,6 [kNm]
M_{cr}	-61,0 [kNm]
y_n	7,82 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-5,7 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-25,2 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	161,4 [MPa]
k_2	0,5
$s_{sm-s_{cm}}$	0,48 [%]
$s_{r,max}$	34,1 [cm]
w_k	0,165 [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 126 di 209

Sezione di mezzeria piedritto (sez. D)

Di seguito si riporta la verifica strutturale del piedritto in mezzeria, in corrispondenza della zona senza armatura integrativa (strato di sovrapposizione).

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	35	6,2	28,1	25,3
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	14	6,9	7,70	
5	12	28,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

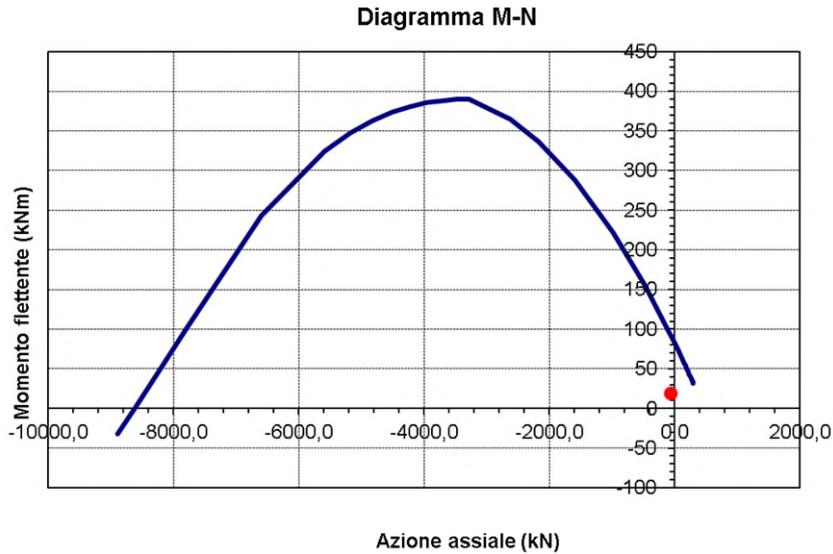
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8		
k ₃	3,4		
k ₄	0,425		
		valori limite	
		0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
		0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
		W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-19,00 [kNm]
N _{Ed}	-70 [kN]
V _{Ed}	99,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-93,9 [kNm]
FS	4,94
taglio	
V _{Rdc}	150,3 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	168,3 [kN]
V _{Rdmax}	1398,2 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	28,1 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 127 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M_{Ek}	-13,00 [kNm]
N_{Ek}	-50 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-2,9 [kNm]
M_{cr}	-59,0 [kNm]
y_n	6,83 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-1,3 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-7,2 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	32,6 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$s_{r,max}$	- [cm]
w_k	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M_{Ek}	-10,00 [kNm]
N_{Ek}	-39 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-2,3 [kNm]
M_{cr}	-58,4 [kNm]
y_n	6,76 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-1,0 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-5,6 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	24,8 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$s_{r,max}$	- [cm]
w_k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 128 di 209

9.9.3 Soletta inferiore

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	45.0

Sezione di mezzeria:

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$ =	6.8 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$ =	6.8 cm
Armatura estradosso o, A_a (cm ²) (2°strato)	1 \emptyset 12/40" =	2,83 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2 + $\emptyset/2$ =	7.8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
---	------------------------	----------------------

Armatura agli appoggi:

Armatura estradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$ =	6,8 cm

Armatura intradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.2 + $\emptyset/2$	6.8 cm
Armatura intradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.2 + $\emptyset/2$ =	7,8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 \emptyset 12/20" =	5,65 cm ²
---	------------------------	----------------------

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 129 di 209

Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione.

Sezione di incastro (sez.E)

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe Rck35, ha uno spessore di 45 cm e si considera una larghezza unitaria. L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 12/20$ mentre l'armatura inferiore è costituita invece da uno strato di $\phi 12/20$ e da un secondo strato costituito da $\phi 12/20$. A taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×40 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																					
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>																				
<p>A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement</p>	<table border="1"> <tr><td>α_{cc}</td><td>coeff. effetti a lungo termine</td></tr> <tr><td>v</td><td>coeff. riduzione resistenza bielle</td></tr> <tr><td>α_e</td><td>$=E_s/E_c$</td></tr> <tr><td>k_t</td><td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td></tr> <tr><td>k_1</td><td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td></tr> <tr><td>k_2</td><td>0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</td></tr> <tr><td>k_3</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>k_4</td><td>0,425</td></tr> <tr><td>σ</td><td>>0 se di trazione</td></tr> <tr><td>a_l</td><td>traslazione armatura longitudinale</td></tr> </table>	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	v	coeff. riduzione resistenza bielle	α_e	$=E_s/E_c$	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce	k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura	k_3	3,4	k_4	0,425	σ	>0 se di trazione	a_l	traslazione armatura longitudinale
α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																				
v	coeff. riduzione resistenza bielle																				
α_e	$=E_s/E_c$																				
k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																				
k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																				
k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura																				
k_3	3,4																				
k_4	0,425																				
σ	>0 se di trazione																				
a_l	traslazione armatura longitudinale																				

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 130 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	45	6,2	37,7	33,9
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
5	12	7,8	5,65	
5	12	38,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

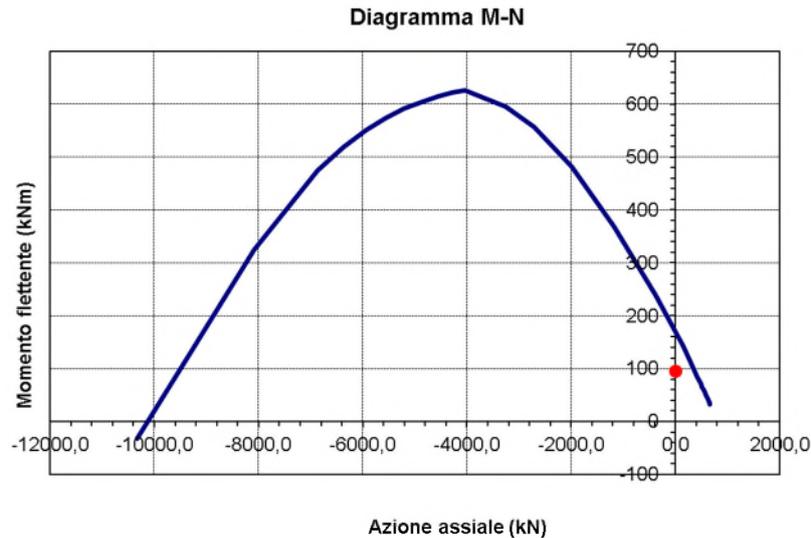
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	35 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	29,1 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	21,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [%]
v	0,530		
ϵ_{c2}	2,0 [%]		
ϵ_{cu2}	3,5 [%]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	13,1 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-96,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	76,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-169,4 [kNm]
FS	1,76
taglio	
V _{Rdc}	161,6 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	225,8 [kN]
V _{Rdmax}	1672,8 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _i	37,7 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 131 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante.

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M _{Ek}	-77,00 [kNm]
N _{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	0,0 [kNm]
M _{cr}	-86,5 [kNm]
γ _n	12,96 [cm]
σ _{c,min}	-4,5 [MPa]
σ _{s,min}	-19,2 [MPa]
σ _{s,max}	201,7 [MPa]
k ₂	0,5
ε _{sm} -ε _{cm}	- [%]
s _{r,max}	- [cm]
w _k	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M _{Ek}	-60,00 [kNm]
N _{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	0,0 [kNm]
M _{cr}	-86,5 [kNm]
γ _n	12,96 [cm]
σ _{c,min}	-3,5 [MPa]
σ _{s,min}	-15,0 [MPa]
σ _{s,max}	157,2 [MPa]
k ₂	0,5
ε _{sm} -ε _{cm}	- [%]
s _{r,max}	- [cm]
w _k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 132 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Sezione di mezzeria (sez. F):

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe Rck35, ha uno spessore di 45 cm e si considera una larghezza unitaria. L'armatura superiore è costituita da uno strato di $\phi 12/20$, e da un secondo strato costituito $\phi 12/40$. L'armatura inferiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 12/20$. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																					
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: right;">α_{cc}</td><td>coeff. effetti a lungo termine</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">v</td><td>coeff. riduzione resistenza bielle</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">α_e</td><td>$=E_s/E_c$</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_t</td><td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_1</td><td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_2</td><td>0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_3</td><td>3,4</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_4</td><td>0,425</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">σ</td><td>>0 se di trazione</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">a_l</td><td>traslazione armatura longitudinale</td></tr> </table>	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	v	coeff. riduzione resistenza bielle	α_e	$=E_s/E_c$	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce	k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura	k_3	3,4	k_4	0,425	σ	>0 se di trazione	a_l	traslazione armatura longitudinale
α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																				
v	coeff. riduzione resistenza bielle																				
α_e	$=E_s/E_c$																				
k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																				
k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																				
k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura																				
k_3	3,4																				
k_4	0,425																				
σ	>0 se di trazione																				
a_l	traslazione armatura longitudinale																				
<p>A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement</p>																					

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 133 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	45	6,2	37,9	34,1
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	A _{s1}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,8	5,65	
2,5	12	37,2	2,83	
5	12	38,2	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	A _{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

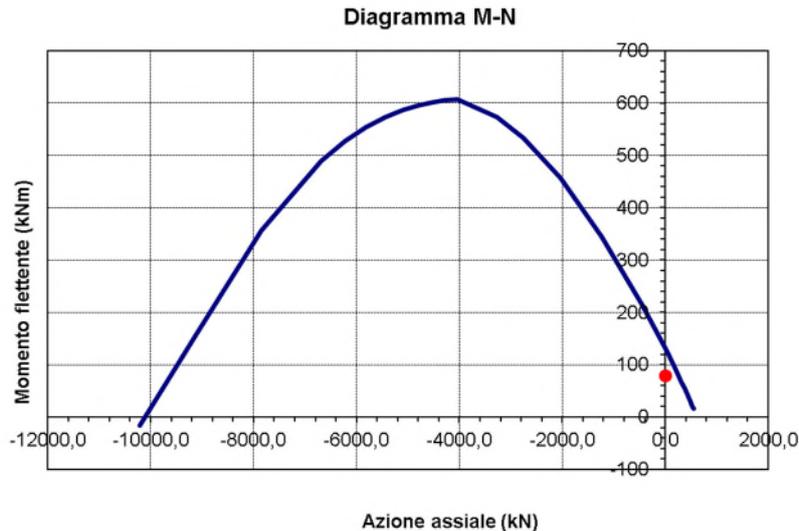
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	35 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	29,1 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	21,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [%]
v	0,530		
ε _{c2}	2,0 [%]		
ε _{cu2}	3,5 [%]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	13,1 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]
valori limite			

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	79,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	44,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	132,7 [kNm]
FS	1,68
taglio	
V _{Rdc}	162,1 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	226,8 [kN]
V _{Rdmax}	1680,2 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	37,9 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 134 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante.

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
MEk	60,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	85,2 [kNm]
y_n	-14,02 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,9 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-11,6 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	205,0 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$s_{r,max}$	- [cm]
w_k	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
MEk	46,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	85,2 [kNm]
y_n	-14,02 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,0 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-8,9 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	157,2 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$s_{r,max}$	- [cm]
w_k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

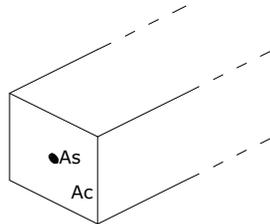
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 135 di 209

9.10 VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO

Vengono discussi brevemente gli effetti dovuti al ritiro nel calcestruzzo che provocando stati interni di coazione con l'armatura. Scopo della trattazione è quello di verificare l'armatura minima longitudinale nella soletta superiore dello scatolare.

9.10.1 Coazioni interne longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

Per il calcolo delle coazioni interne dovute ai fenomeni di ritiro si consideri una sezione di area unitaria A_c con un'unica barra di armatura di area A_s come rappresentato nell'immagine sottostante:



Si assumono le seguenti ipotesi:

- perfetta aderenza tra calcestruzzo ed acciaio;
- deformata piana della sezione in calcestruzzo;
- comportamento del calcestruzzo e dell'acciaio elastico e lineare,

Le equazioni di equilibrio, congruenza e legame dell'insieme calcestruzzo + acciaio che governano il fenomeno sono:

- $N_c + N_s = 0$ (equazione di equilibrio)
- $\epsilon_r = \epsilon_s - \epsilon_c$ (equazione di congruenza)
- $N_c = A_c \sigma_c = A_c E_c \epsilon_c$ (equazione legame costitutivo del calcestruzzo)
- $N_s = A_s \sigma_s = A_s E_s \epsilon_s$ (equazione legame costitutivo dell'acciaio)

Sostituendo le equazioni di legame in quella di equilibrio ed esprimendo la deformazione del calcestruzzo in funzione di quella dell'acciaio si ha:

$$N_s = -N_c = A_s E_s A_c E_c \epsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c)$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 136 di 209

Il comportamento viscoso del calcestruzzo viene considerato attraverso l'abbattimento del modulo elastico, pertanto è necessario sostituire il valore di E_c con E_c^* . La tensione sull'acciaio e sul calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$\sigma_s = A_c E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

$$\sigma_c = -A_s E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

9.10.2 Calcolo delle sollecitazioni longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria, assumendo la dimensione convenzionale h_0 pari $H/2 = 17,5$ cm, ed un calcestruzzo C32/40, classe N.

Caratteristiche della sezione:

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 35 \text{ cm}$$

$$A_{s, \text{long}} = 1+1\phi 12/20 = 1130 \text{ mm}^2$$

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 33642 \text{ N/mm}^2$$

Deformazione da ritiro:

$$U.R. = 75\%$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = 2,5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 40 - 10) \times 10^{-6} = 0.06225 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = k_h * \varepsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.319 \text{ ‰} = 0.223 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.=75\%)}$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} = \mathbf{0.285 \text{ ‰}}$$

A favore di sicurezza, si assume comunque una deformazione $\varepsilon_r = \mathbf{0.400 \text{ ‰}}$

Effetto viscosità:

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di h_0 , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a $\phi(t = \infty) = 1.6$. Il modulo elastico ridotto del calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi) = 12939,53 \text{ N/mm}^2$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 137 di 209

Tensioni nei materiali:

$$\sigma_s = \frac{(200 * 1000) * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(1130 * 210000) + (200 * 1000) * 12939.53} = 76,03 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_c = \frac{1130 * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(1130 * 210000) + (200 * 1000) * 12939.53} = 0,49 \frac{N}{mm^2}$$

La sollecitazione sul calcestruzzo risulta molto inferiore rispetto alla resistenza a trazione e quindi non porta a fessurazione il calcestruzzo; la sollecitazione sull'acciaio risulta modesta ed accettabile per le normali condizioni di esercizio della struttura.

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 Z Z CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 138 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

10. TOMBINO SCATOLARE – IN01

10.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il Tombino scatolare è situato nei pressi della nuova stazione Hirpinia alla progressiva Km. 0+700 nel tratto RI01, le cui dimensioni di progetto derivano dallo studio idraulico delle portate ad essi afferenti.

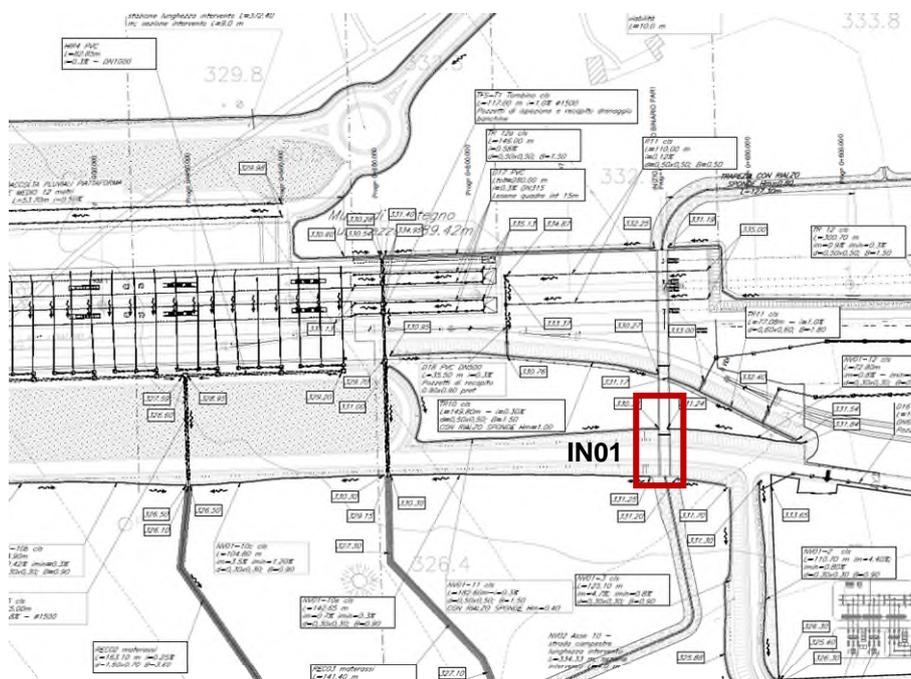


Figura 32 Inquadramento del tombino scatolare

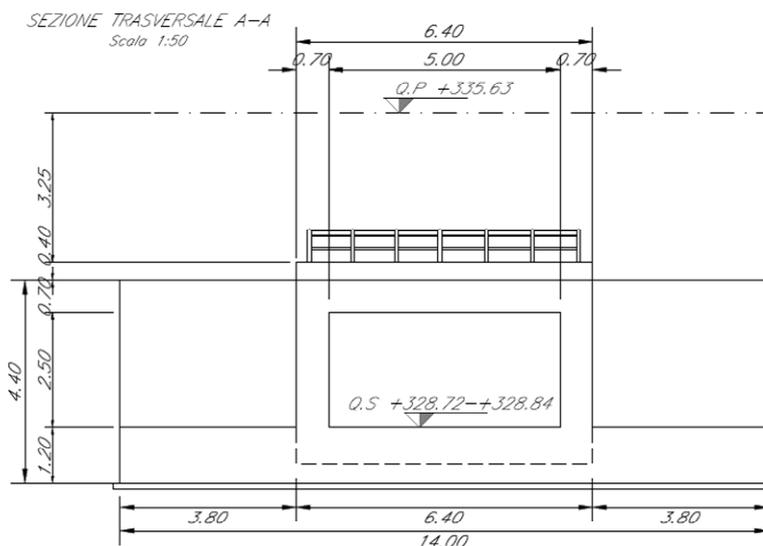
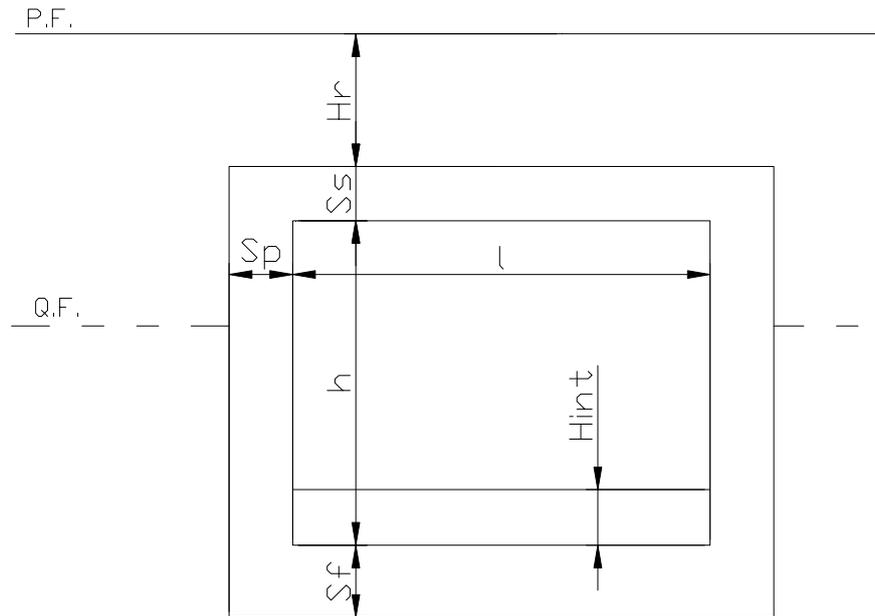


Figura 33 Sezione trasversale del tombino

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 139 di 209

10.2 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La sezione presa di riferimento per il calcolo è cautelativamente quella sottostante alle due corsie di carico. Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura:



Dimensioni geometriche (sezione in retto):

- $l = 5,00 \text{ m}$
- $h = 2,50 \text{ m}$
- $S_s = 0,70 \text{ m}$
- $S_f = 0,80 \text{ m}$
- $S_p = 0,70 \text{ m}$
- $H_r = 3,60 \text{ m}$ (3,00 m + 0,60 m di pavimentazione stradale)
- P.F. = quota Piano stradale (a 3,60 m sopra l'estradosso della soletta superiore)
- Q.F. = quota falda, minore della quota fondo scatolare.

La falda è al di sotto del piano di fondazione dello scatolare e pertanto non influenza il dimensionamento dell'opera.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 140 di 209

10.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE

10.3.1 Codice di calcolo

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un software ad elementi finiti (SAP2000), i setti in c.a. sono stati schematizzati con elementi "beam" mutuamente incastrati, con riferimento ad una larghezza unitaria della struttura; pertanto il calcolo viene condotto come un telaio piano.

10.3.2 Modellazione adottata

La struttura viene schematizzata attraverso un modello analitico agli elementi finiti, assumendo uno schema statico di telaio chiuso.

L'analisi strutturale viene condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso alla teoria delle molle elastiche alla Winkler.

La caratteristica elastica della generica molla viene calcolata nel seguente modo:

- K_s = costante di sottofondo [F/L³]
- b_t = interasse trasversale di competenza della generica molla
- b_l = interasse longitudinale di competenza della generica molla (= 1,00 m)
- $W_s = K_s (b_t \times b_l)$ = caratteristica elastica della generica molla

La costante di sottofondo adottata per la modellazione, funzione del tipo di terreno presente in sito, è calcolata come segue:

$$k_s = \frac{p}{s}$$

Dove:

- p = è la pressione della struttura esercitata sul terreno;
- s = è il cedimento corrispondente, calcolato come: $s = K_r \cdot \sum_i \frac{\Delta\sigma_{vi} \cdot \Delta H_i}{E_i}$

dove: E = modulo elastico strato terreno;

H = altezza dello strato del terreno;

σ_v = tensione verticale corrispondente;

K_r = coefficiente di rigidità della fondazione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 141 di 209

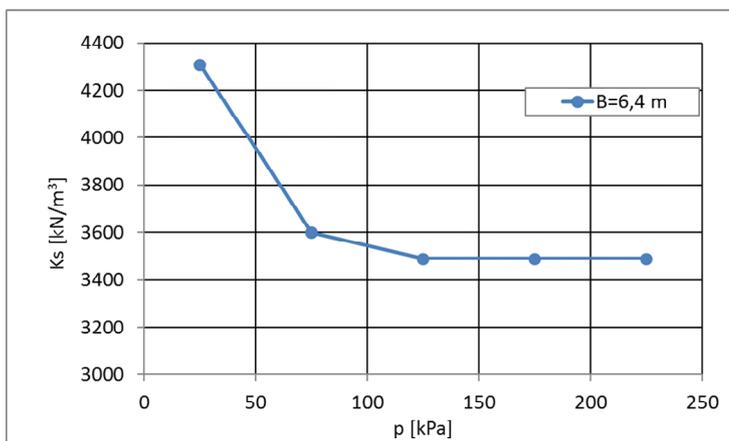
La stratigrafia del terreno nella porzione interessata presenta quattro diversi strati:

- 1° strato: Limo – Argilla | H = 6,00 m. | $E_{op2} = 13$ Mpa
- 2° strato: Sabbie | H = 2,50 m. | $E_{op2} = 20$ Mpa
- 3° strato: Ghiaie | H = 3,00 m. | $E_{op2} = 34$ Mpa
- 4° strato: Anzano | H = 6,00 m. | $E_{op2} = 45,5$ Mpa

Di seguito viene riportata la tabella con la quale è stato ottenuto il valore di K_s :

<i>larghezza della fondazione</i>	B	6,4	[m]
<i>pressione media in fondazione</i>	q	125,0	[kPa]
<i>coefficiente di Poisson</i>	n	0,30	[-]
<i>passo di calcolo</i>	Dz	0,5	[m]
<i>quota della falda</i>	z _w	3,0	[m]
<i>peso acqua</i>	g _w	10,0	[kN/m ³]
<i>peso terreno</i>	g	20,0	[kN/m ³]
<i>peso del terreno immerso</i>	g'	12,0	[kN/m ³]
<i>coefficiente di rigidità della fondazione</i>	k _r	0,85	[-]
<i>limite dell'incremento</i>	a	0,10	[-]
<i>profondità del piano di posa</i>	z _i	0,00	[m]
<i>cedimento in asse</i>	w	35,92	[mm]
<i>costante di sottofondo</i>	$k_s = p/w$	3490	[kN/m ³]

Inoltre, è stata condotta un'analisi parametrica del valore di K_s per ottenere il valore più congruo e omogeneo, al variare della pressione esercitata dalla struttura sul terreno sottostante. È stato ottenuto come valore più corretto da applicare al modello: $K_s = 3500$ kN/m³

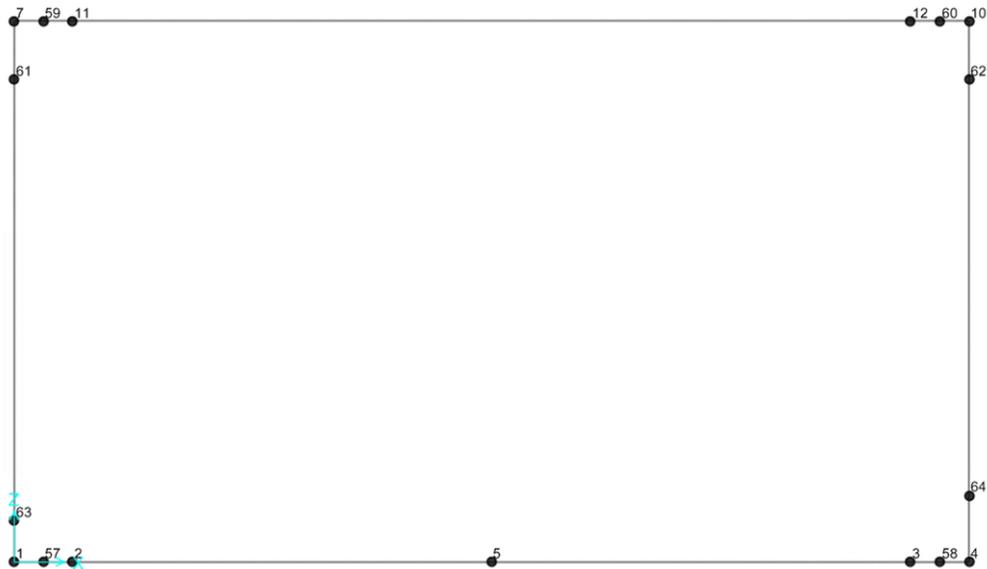


P [kPa]	K_s [kN/m ³]
25	4310
75	3600
125	3490
175	3490
225	3490

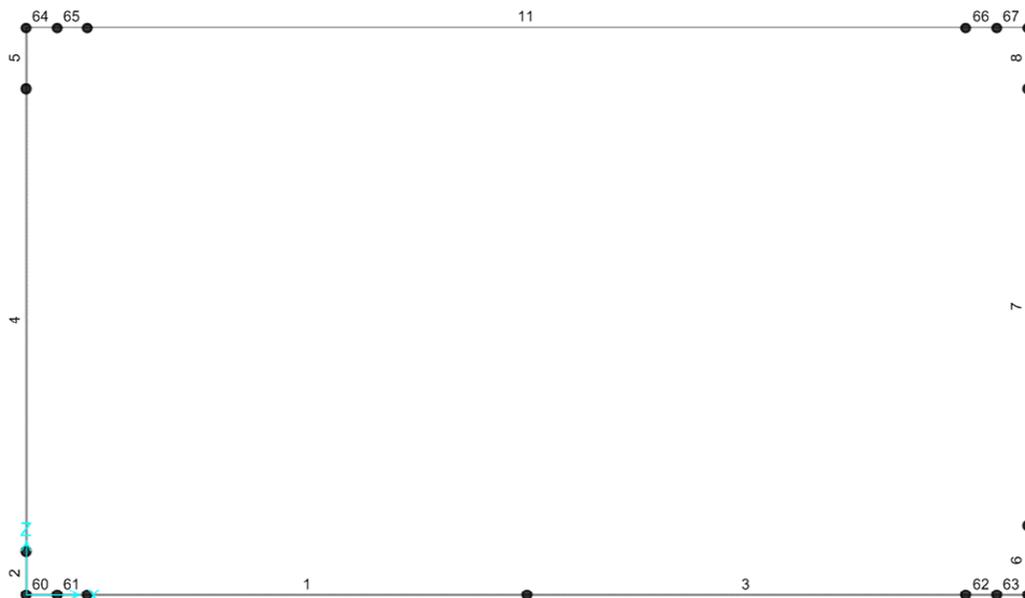
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 142 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

Numerazione dei nodi



Numerazione delle aste



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 143 di 209

10.4 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Vengono prese in considerazione le condizioni elementari di carico di seguito determinate.

Tali Condizioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato: $\gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$
- pavimentazione stradale: $\gamma_{ric} = 22 \text{ kN/m}^3$
- rilevato stradale: $\gamma_{ballast} = 19 \text{ kN/m}^3$

10.4.1 Peso proprio strutture (g_1)

- soletta superiore $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0,70 \times 25,00 = 17,50 \text{ kN/m}^2$
- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0,70 \times 25,00 = 17,50 \text{ kN/m}^2$
- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.} = 0,80 \times 25,00 = 20,00 \text{ kN/m}^2$

10.4.2 Carichi permanenti portati (g_{2-1} e g_{2-2})

Si considera che la pavimentazione stradale abbia uno spessore pari a 60 cm.

g2-1 (sovraccarico del rilevato):

- peso rilevato $(H_r - H_{pav}) \cdot \gamma_{ric} = (3,60 - 0,60) \cdot 19,0 = 57,00 \text{ kN/m}^2$

g2-2 (peso proprio della pavimentazione):

- peso pavimentazione $H_{pav} \cdot \gamma_{pav} = 0,60 \cdot 22,0 = 13,86 \text{ kN/m}^2$

10.4.3 Spinta del terreno (g_{3-1} , g_{3-2} , g_{3-3} , e g_{3-4})

Nella definizione delle azioni elementari è stata indicata con g_{3-1} la spinta a riposo del terreno sul piedritto sinistro, con g_{3-2} la spinta a riposo del terreno sul piedritto destro, con g_{3-3} la spinta attiva del terreno sul piedritto sinistro e con g_{3-4} la spinta attiva del terreno sul piedritto destro; le quattro azioni elementari sopra citate sono state opportunamente combinate tra loro. Come dichiarato sopra, la falda non interessa lo scatolare quindi non influenza il calcolo delle spinte.

I calcoli sono stati condotti caratterizzando il terreno con i parametri illustrati in precedenza.

Si riportano nel seguito i coefficienti di spinta attiva e di spinta a riposo ottenuti nell'ambito della valutazione degli effetti del terreno circostante sulla struttura in oggetto:

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 144 di 209

$$\text{STR:} \quad \phi'_{M1} = 35^\circ \quad \Rightarrow k_0 = 0.426 \text{ e } k_a = 0.271$$

$$\text{GEO:} \quad \phi'_{M2} = 29,3^\circ \quad \Rightarrow k_0 = 0.511 \text{ e } k_a = 0.343$$

Il calcolo della pressione viene calcolata al variare della profondità z e considerando anche l'eventuale presenza della falda alla quota z₀.

La spinta verticale σ_v del terreno viene calcolata con l'espressione generale:

$$\sigma_v = \gamma_t \cdot z_0 + \gamma'_t \cdot (z - z_0) + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Analogamente si ricavano i valori delle spinte orizzontali per i diversi coefficienti di spinta, per ciascuna condizione di carico ed alle profondità di riferimento.

Approccio 1 – Combinazione 1

$$\sigma_{h0} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{0,M1} + \gamma'_t \cdot (z - z_0) \cdot k_{0,M1} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

$$\sigma_{ha} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{a,M1} + \gamma'_t \cdot (z - z_0) \cdot k_{a,M1} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$\sigma_{h0} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{0,M2} + \gamma'_t \cdot (z - z_0) \cdot k_{0,M2} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

$$\sigma_{ha} = \gamma_t \cdot z_0 \cdot k_{a,M2} + \gamma'_t \cdot (z - z_0) \cdot k_{a,M2} + \gamma_w \cdot (z - z_0)$$

Si riportano nella seguente tabella i valori delle pressioni orizzontali agenti sulla struttura, valutati sia per la Combinazione 1 (A1+M1+R1) che per la Combinazione 2 (A2+M2+R2):

			str	str	geo	geo
	z	σ_v	σ_{h0}	σ_{ha}	σ_{h0_M2}	σ_{ha_M2}
posizione	[m]	[kN/m ²]				
asse di copertura	3,95	76,85	32,8	20,8	39,3	26,4
intradosso copertura	4,30	83,50	35,6	22,6	42,7	28,7
h/2	5,55	107,25	45,7	29,1	54,8	36,8
intradosso fondazione	6,80	131,00	55,9	35,5	67,0	45,0
asse fondazione	7,20	138,60	59,1	37,6	70,9	47,6

Tabella 3 – Valori delle pressioni orizzontali sui piedritti

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori delle pressioni orizzontali agenti sui piedritti negli scenari di spinta attiva e di spinta a riposo; le rispettive posizioni sono indicate in tabella.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 145 di 209

10.4.4 Idrostatica (g₂₋₅)

La quota della falda di progetto è assunta a quota +324,8 m s.l.m., non è quindi interferente con il manufatto in oggetto.

10.4.5 Ritiro (er)

Si considera il ritiro differenziale tra la soletta superiore e il resto della struttura, sulla quale a favore di sicurezza si considerano già scontate le deformazioni lente. La deformazione da ritiro viene valutata come previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) al § 11.2.10.6.

L'azione viene applicata come variazione termica negativa equivalente.

La deformazione totale da ritiro è pari a:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove:

$$\varepsilon_{cd} = k_h \cdot \varepsilon_{c0}$$

è la deformazione per ritiro da essiccamento

$$\varepsilon_{ca} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \quad \text{con } f_{ck} \text{ in N/mm}^2 \quad \text{è la deformazione per ritiro autogeno}$$

umidità relativa media del sito	$u_R = 75 \%$
resistenza caratteristica	$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
area sezione calcestruzzo	$A_c = 4,48 \text{ m}^2$
perimetro esposto	$u = 12,80 \text{ m}$
dimensione fittizia	$h_0 = 0.70 \text{ m}$
coefficiente	$k_h = 0.70$
deformazione effettiva	$\varepsilon_{c0} = -0.319 \text{ ‰}$
ritiro da essiccamento	$\varepsilon_{cd,\infty} = -0.223 \text{ ‰} +$
deformazione per ritiro autogeno	$\varepsilon_{ca,\infty} = -0.045 \text{ ‰} =$
ritiro totale	$\varepsilon_{cs} = -0.268 \text{ ‰}$

variazione termica equivalente

coeff. espansione termica	$\alpha = 0.00001$ norma Tabella 3.5.III
variazione termica $\Delta T = \varepsilon_{cs}/\alpha$	$\Delta T = -9.43 \text{ }^\circ\text{C}$
comportamento viscoso cls	$\phi = 1.84$ norma Tabella 11.2.VI
variazione termica applicata	$\Delta T = -9.43 \text{ }^\circ\text{C}$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 146 di 209

10.4.6 Azioni variabili verticali (Schema di carico 1 – q_{11} , q_{12} , q_{13} e q_{21} , q_{22} , q_{23})

I carichi verticali da traffico sono definiti dagli schemi di Carico descritti nel (§5.1.3.3.3. del D.M. 14 gennaio 2008), disposti su corsie convenzionali.

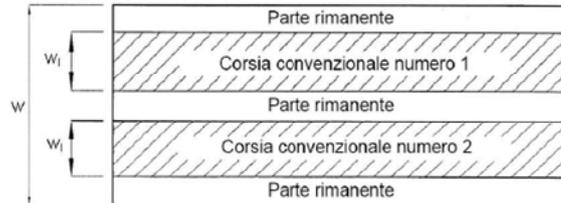


Fig. 5.1.1 - Esempio di numerazione delle corsie

Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di carico:

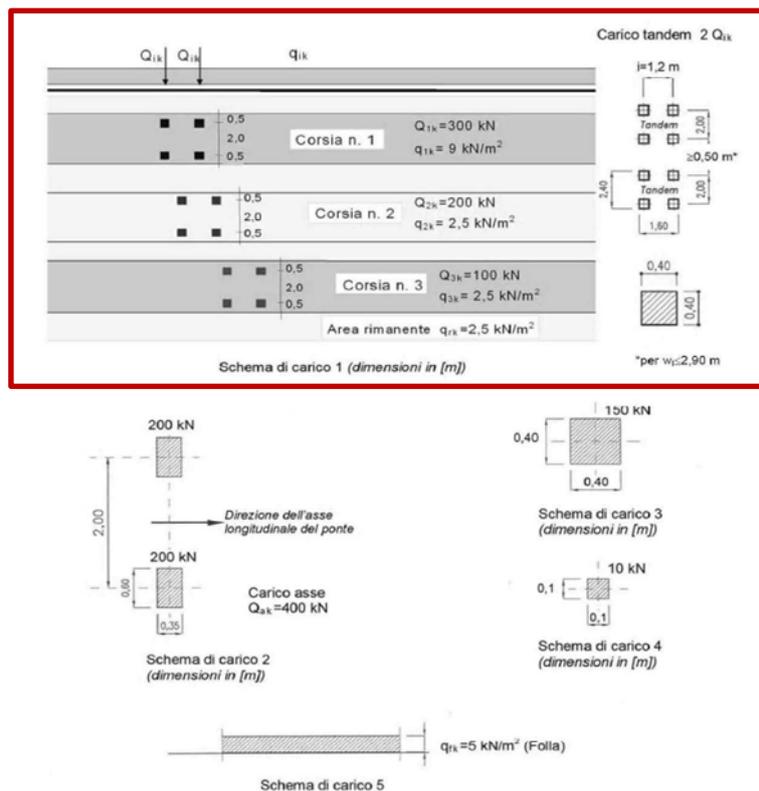


Figura 34 Schemi di carico 1-5

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 147 di 209

Schema di Carico 1

È costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato nella (fig.4). Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Distribuzione longitudinale del carico per mezzo della pavimentazione stradale

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali ed associati agli schemi di carico 1,2,3 e 4 si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta. La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera avvenire secondo un angolo di 45°, fino al piano medio della struttura della soletta sottostante (fig.5).

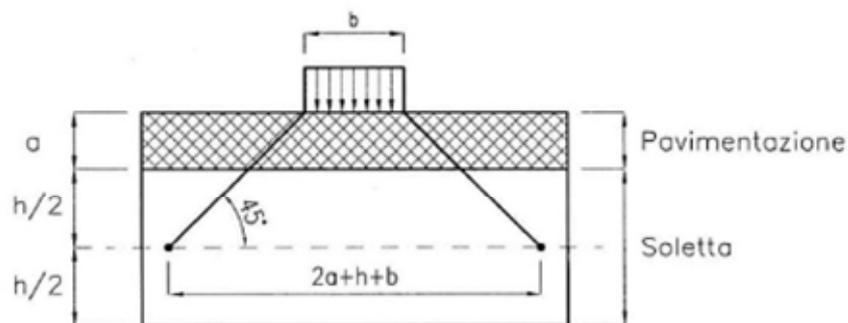


Fig. 5.1.3.a - Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

Figura 35 Distribuzione longitudinale del carico assiale sotto le traverse

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 148 di 209

Considerazioni geometriche

Il carico variabile va considerato diffuso su una superficie dipendente dalle geometrie del rilevato e della struttura; l'area in questione è pari a:

$$A_{diff} = B_L \cdot B_T$$

Si indica con B_T la larghezza di diffusione del carico trasversale dell'impronta alla quota del piano medio della soletta di copertura e con B_L la lunghezza di diffusione del carico longitudinale dell'impronta alla quota del piano medio della soletta di copertura. Assumendo che la diffusione avvenga con rapporto a 45° lungo la pavimentazione e 35° sul rilevato, si ottiene, considerando la larghezza del carico tandem $L_{impr.} = 2,40$ m:

$$B_T = L_{impr.} + 2 * [H_{pav} (\tan 45^\circ) + H_{rilev} (\tan 35^\circ) + H/2 \text{ soletta}]$$

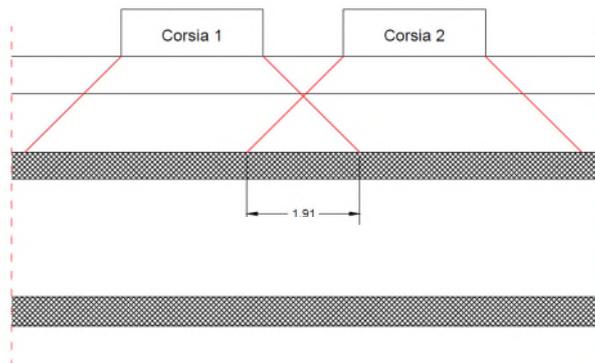
Partendo da sotto la traversina fino a giungere all'estradosso della soletta di copertura la stratigrafia è la seguente:

- 60 cm di pavimentazione stradale;
- 300 cm di terreno di riempimento;

Quindi si ha che:

$$[H_{pav} (\tan 45^\circ) + H_{rilev} (\tan 35^\circ) + H/2 \text{ soletta}] = 0,60 + 2,10 + 0,35 = 3,05 \text{ m}$$

Il valore della larghezza di diffusione trasversale risulta $B_T = 8,50$ m; poiché le diffusioni dei carichi interferiscono si considera sulla soletta un carico distribuito pari al carico diffuso della prima corsia più quella della seconda.



La lunghezza di ripartizione longitudinale (B_L) risulta maggiore dell'interasse delle traverse; si considera quindi un'unica impronta di carico di lunghezza pari alla lunghezza dello scatolare:

$$B_L = 6,40 \text{ m.}$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 149 di 209

10.4.7 Azioni verticali causate da traffico stradale – Max momento flettente (varMmax)

In base alle considerazioni geometriche formulate in precedenza, le forze concentrate Q_{VK} (carichi tandem) possono essere considerate come un carico q_{equi} ripartito sull'area di diffusione $B_L * B_T$:

$$q_{equi1} = \frac{4 * 150 \text{ kN}}{(6,4m * 8,50m)} = 11,03 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{equi2} = \frac{4 * 100 \text{ kN}}{(6,4m * 8,50m)} = 7,35 \text{ kN/m}^2$$

il carico distribuito viene applicato nella disposizione che massimizza il momento flettente sulla soletta superiore e sovrapposto con il carico distribuito di **9,00 kN/m²** per la prima corsia e **2,50 kN/m²** per la seconda corsia.

Il valore considerato per le azioni di traffico è pari a:

$$q_{varMmax} = 11,03 + 7,35 = \mathbf{18,38 \text{ kN/m}^2}$$

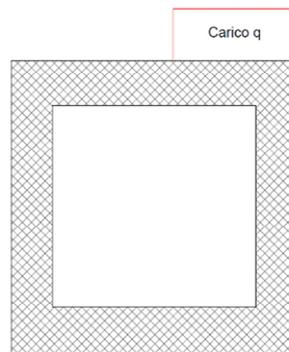


10.4.8 Azioni verticali causate da traffico stradale – Max taglio su soletta (varTmax)

il carico distribuito viene applicato nella disposizione che massimizza il taglio sulla soletta superiore e sovrapposto con il carico distribuito di **9,00 kN/m²** per la prima corsia e **2,50 kN/m²** per la seconda corsia.

Il valore considerato per le azioni di traffico è pari a:

$$q_{varTmax} = 11,03 + 7,35 = \mathbf{18,38 \text{ kN/m}^2}$$



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 150 di 209

10.4.9 Azioni orizzontali traffico veicolare – Corsia1 (sovr.q₁) Corsia2 (sovr.q₂)

I sovraccarichi indotti sul terreno dal traffico veicolare si traducono anche in incrementi di pressioni orizzontali sulle pareti verticali del tombino in ragione del coefficiente di spinta a riposo. In via conservativa tali incrementi di azioni orizzontali sono stati considerati come una distribuzione di carico uniforme agente su tutto lo sviluppo verticale delle suddette pareti. La pressione verticale di riferimento utilizzata è pari al sovraccarico di azioni verticali indotto dal traffico valutato in precedenza per le due corsie. In particolare, si ottengono le seguenti pressioni verticali e orizzontali:

	Corsia 1		Corsia 2	
	σ_v [kN/m ²]	σ_{h0} [kN/m ²]	σ_v [kN/m ²]	σ_{h0} [kN/m ²]
asse di copertura	10,35	4,41	6,90	2,94
intradosso copertura	9,75	4,16	6,50	2,77
h/2	8,08	3,44	5,38	2,30
intradosso fondazione	6,89	2,94	4,60	1,96
asse fondazione	6,58	2,81	4,39	1,87

10.4.10 Azioni da avviamento/frenatura – Corsia1 (fren.q₁)

I sovraccarichi orizzontali causati dall'avviamento/frenatura sulla copertura del tombino stradale sono stati trattati come delle azioni distribuite orizzontali agenti in corrispondenza dell'asse medio della copertura stessa. Analogamente con quanto fatto per i carichi verticali, tali azioni sono state ripartite su una larghezza opportuna valutata secondo i criteri sopra esposti; in particolare per la corsia1 si ottiene un carico distribuito pari a:

$$180 \text{ kN} \leq q = 0,6(2 * Q_{1k}) + 0,10q_{1k} * w_1 * L \leq 900 \text{ kN}$$

larghezza scatolare $L_{\text{scat}} = 6,40 \text{ m}$

larghezza modello $L_{\text{mod}} = 5,70 \text{ m}$

lunghezza di calcolo $L_{\text{calc}} = 8,50 \text{ m}$

avviamento	$F_h =$	381,60	kN
forza diffusa	$f_h =$	7,88	kN/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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 151 di 209

10.5 CARICHI SISMICI (S₁-S₂-S₃-S₄)

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "C", la categoria topografica è "T1". Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m , assume valore unitario.

L'azione sismica viene valutata come:

- incremento di spinta laterale agente asimmetricamente (s1)
- inerzia del terreno in testa allo scatolare (s2)
- inerzia della struttura (s3)
- inerzia del sovraccarico ferroviario (s4)

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC § 7.11.6.2.1 e EC8-5 § 7.3.2.1), 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 come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h^2$$

Si precisa che S, prodotto tra S_S e S_T, è pari a:

$$S = S_S \cdot S_T = 1.18 \cdot 1.0 = 1.18$$

componente orizzontale

accelerazione massima del sito: $a_{max} = S \cdot a_g = 1.18 \cdot 0.380 \text{ g}$

coefficiente di riduzione $\beta_m = 1.0$

coefficiente sismico orizzontale $k_h = 0.448 \text{ g}$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 152 di 209

10.5.1 incremento sismico spinta delle terre (s1)

altezza del rilevato sismicamente attivo	$H_{\text{sism}} = 4,00 \text{ m}$
peso specifico equivalente del rilevato	$\gamma_{\text{rilevato}} = 17,16 \text{ kN/m}^3$
incremento sismico $k_h \cdot \gamma_{\text{rilevato}} \cdot H^2 =$	$F_{\text{sism}} = 123,10 \text{ kN/m}$
pressione sullo scatolare $F_{\text{sism}}/H_{\text{scat}} =$	$p_{\text{sism}} = \mathbf{30,77 \text{ kN/m}^2}$

10.5.2 inerzia carichi permanenti (s2)

peso totale permanenti sopra scatolare	$P_{\text{tot,perm}} = 437,76 \text{ kN/m}$
inerzia carichi permanenti	$I_{\text{tot,perm}} = 196,29 \text{ kN/m}$
carico distribuito	$f_{i,\text{perm}} = \mathbf{34,44 \text{ kN/m}^2}$

10.5.3 inerzia struttura (s3)

peso proprio soletta superiore	$\gamma_{1,\text{sup}} = 17,50 \text{ kN/m}^2$
peso proprio piedritti	$\gamma_{1,\text{piedritti}} = 17,50 \text{ kN/m}^2$
peso proprio soletta inferiore	$\gamma_{1,\text{inf}} = 20,00 \text{ kN/m}^2$
inerzia soletta superiore	$\gamma_{1,\text{sup}} \cdot S \cdot a_g = f_{i,\text{pp,sup}} = \mathbf{7,85 \text{ kN/m}^2}$
inerzia piedritti	$\gamma_{1,\text{piedritti}} \cdot S \cdot a_g = f_{i,\text{pp,piedritti}} = \mathbf{7,85 \text{ kN/m}^2}$
inerzia soletta inferiore	$\gamma_{1,\text{inf}} \cdot S \cdot a_g = f_{i,\text{pp,inf}} = \mathbf{8,97 \text{ kN/m}^2}$

10.5.4 inerzia sovraccarico (s4)

risultante corsie	$R_{\text{corsie}} = 117,63 \text{ kN/m}$
carico concomitante	$\psi/2 \cdot R_{\text{max}} = W = 23,53 \text{ kN/m}$
inerzia carico	$W \cdot S \cdot a_g = I_s = 10,55 \text{ kN/m}$
carico distribuito	$I_s/L_{\text{scat}} = f_{i,\text{treno}} = \mathbf{1,85 \text{ kN/m}^2}$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 153 di 209

10.6 RIEPILOGO CARICHI SOLLECITANTI

Nella seguente tabella vengono riepilogati i valori delle sollecitazioni per i singoli casi di carico, determinati come sopra riportato.

g_1	Peso proprio strutture	Piedritto 17,5 Soletta sup. 17,5 Soletta inf. 20,0	kN/m²
g_{2-1}	Peso permanente	57,00	kN/m²
g_{2-2}	Pavimentazione stradale	13,20	kN/m²
g_{3-1}	Spinta a riposo lato sinistro	var	kN/m²
g_{3-2}	Spinta a riposo lato destro	var	kN/m²
g_{3-3}	Spinta attiva lato sinistro	var	kN/m²
g_{3-4}	Spinta attiva lato destro	var	kN/m²
g_{2-5}	Idrostatica	var	kN/m²
er	Ritiro	-9,43	°C
$varM_{max}$	Corsie1-2	18,38	kN/m²
$varT_{max}$	Corsie1-2	18,38	kN/m²
q_{12}	Corsia1	9,00	kN/m²
q_{22}	Corsia2	2,50	kN/m²
$Sovr.q_1$	Corsia1	Var	kN/m
$Sovr.q_2$	Corsia2	Var	kN/m
$Fren.q_1$	Corsia1	7,88	kN/m
s_1	$\Delta p_{d,terr}$	30,77	kN/m²
s_2	$\Delta p_{d,perm}$	34,44	kN/m²
s_3	$\Delta p_{d,STRU}$	Piedritto 7,85 Soletta sup. 7,85 Soletta inf. 8,97	kN/m²
s_4	$\Delta p_{LM71,h}$	1,82	kN/m²

Con “var” si è indicato un carico variabile lungo l'altezza del piedritto, per i dettagli si rimanda ai paragrafi precedenti.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 154 di 209

10.7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle N.T.C.

Le combinazioni sono state effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.1.IV, con i coefficienti parziali di sicurezza indicati in tabella 5.1.V e i coefficienti di combinazione dei carichi della tabella 5.1.VI, tabelle tutte riportate nel capitolo 5.1.3. delle N.T.C.

10.7.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interraste si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e dal raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti solo in riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale (STR) corrispondente al raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

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

$$\text{STR-SLU} \quad \Rightarrow \quad \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{STR-SLV} \quad \Rightarrow \quad E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

Le verifiche allo stato limite ultimo sismico § 7.11.1(NTC) devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

L'azione sismica è calcolata come combinazione delle componenti orizzontali con quella verticale come $E = 1.0 \times E_x + 0.3 \times E_y + 0.3 \times E_z$ con rotazione dei coefficienti moltiplicativi.

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 5.1.VI della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0.0$.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 155 di 209

10.7.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/ stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Rara	⇒	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Frequente	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Quasi permanente	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 156 di 209

10.8 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati in Tab. 5.1.IV (NTC).

	Azioni verticali	Frenatura e avviamento	
Gruppo 1	Valore k	-	Rara e frequente
Gruppo 2a	Valore freq.	Valore k	Rara e frequente

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.1.V e i coefficienti di combinazione Ψ in Tab. 5.1.VI (NTC).

Per le verifiche agli stati limite d'esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.1.VI (NTC).

10.8.1 Condizioni di carico

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

LoadPat Text	DesignType Text
DEAD	Dead
perm cop	Dead
sp terr M1	Dead
sp terr M2	Dead
var Mmax	Dead
var Tmax	Dead
var q distr	Dead
var q2 distr	Dead
sovr lat q1	Dead
sovr lat q2	Dead
fren.q1	Dead
sisma orizz	Dead
sisma vert	Dead
Inerzia H	Dead
Inerzia V	Dead
er	Dead

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 157 di 209

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

I valori numerici riportati nelle colonne delle seguenti tabelle di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata. Tali valori sono il risultato dei prodotti tra coefficienti parziali operanti sulle azioni.

10.8.2 Combinazioni SLU di tipo STR

SLU 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 1			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
SLU 1			Linear Static	4-var Mmax	1,35
SLU 1			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 1			Linear Static	er	1,2
SLU 1			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 2			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 2			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 2			Linear Static	4-var Mmax	1,35
SLU 2			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 2			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 2			Linear Static	er	1,2
SLU 2			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 3			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 3			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 3			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 3			Linear Static	er	1,2
SLU 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 4			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 4			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 4			Linear Static	4-var Mmax	1,0125
SLU 4			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 4			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 4			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54

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 tombini stradali		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 158 di 209

SLU 4			Linear Static	er	1,2
SLU 4			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 5			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 5			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 5			Linear Static	4-var Mmax	1,0125
SLU 5			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 5			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 5			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 5			Linear Static	er	1,2
SLU 5			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 6			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
SLU 6			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 6			Linear Static	12-var Tmax	1,35
SLU 6			Linear Static	er	1,2
SLU 6			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 7	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 7			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 7			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 7			Linear Static	5-var q distr	1,35
SLU 7			Linear Static	8-sovr lat q1	1,35
SLU 7			Linear Static	12-var Tmax	1,35
SLU 7			Linear Static	er	1,2
SLU 7			Linear Static	var q2 distr	1,35
SLU 8	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
SLU 8			Linear Static	2-perm cop	1
SLU 8			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 8			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 8			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 8			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 8			Linear Static	12-var Tmax	1,0125
SLU 8			Linear Static	er	1,2

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 159 di 209

SLU 8			Linear Static	var q2 distr	0,54
SLU 9	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1,35
SLU 9			Linear Static	2-perm cop	1,5
SLU 9			Linear Static	3-sp terr M1	1,35
SLU 9			Linear Static	5-var q distr	0,54
SLU 9			Linear Static	6-frenatura	1,35
SLU 9			Linear Static	8-sovr lat q1	0,54
SLU 9			Linear Static	12-var Tmax	1,0125
SLU 9			Linear Static	er	1,2
SLU 9			Linear Static	var q2 distr	0,54

10.8.3 Combinazioni SLV

S Orizzontale	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
S Orizzontale			Linear Static	2-perm cop	1
S Orizzontale			Linear Static	3-sp terr M1	1
S Orizzontale			Linear Static	7-sisma orizz	1
S Orizzontale			Linear Static	11-sisma vert	0,3
S Orizzontale			Linear Static	Inerzia H	1
S Orizzontale			Linear Static	Inerzia V	0,3
S Orizzontale			Linear Static	er	0,5
S Verticale	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
S Verticale			Linear Static	2-perm cop	1
S Verticale			Linear Static	3-sp terr M1	1
S Verticale			Linear Static	7-sisma orizz	0,3
S Verticale			Linear Static	11-sisma vert	1
S Verticale			Linear Static	Inerzia H	0,3
S Verticale			Linear Static	Inerzia V	1
S Verticale			Linear Static	er	0,5
Enve SLV	Envelope	No	Response Combo	S Orizzontale	1
Enve SLV			Response Combo	S Verticale	1

10.8.4 Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Frequente – Caratteristica

RARA 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
--------	------------	----	---------------	--------	---

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 160 di 209

RARA 1			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 1			Linear Static	4-var Mmax	1
RARA 1			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 1			Linear Static	er	1
RARA 1			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 2			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 2			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 2			Linear Static	4-var Mmax	1
RARA 2			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 2			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 2			Linear Static	er	1
RARA 2			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 3			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 3			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 3			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 3			Linear Static	er	1
RARA 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 4			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 4			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 4			Linear Static	4-var Mmax	0,75
RARA 4			Linear Static	5-var q distr	0,4
RARA 4			Linear Static	6-frenatura	1
RARA 4			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 4			Linear Static	er	1
RARA 4			Linear Static	var q2 distr	0,4
RARA 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 5			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 5			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 5			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 5			Linear Static	12-var Tmax	1
RARA 5			Linear Static	er	1

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 tombini stradali		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 161 di 209

RARA 5			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 6			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 6			Linear Static	5-var q distr	1
RARA 6			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 6			Linear Static	12-var Tmax	1
RARA 6			Linear Static	er	1
RARA 6			Linear Static	var q2 distr	1
RARA 7	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
RARA 7			Linear Static	2-perm cop	1
RARA 7			Linear Static	3-sp terr M1	1
RARA 7			Linear Static	5-var q distr	0,4
RARA 7			Linear Static	6-frenatura	1
RARA 7			Linear Static	8-sovr lat q1	1
RARA 7			Linear Static	12-var Tmax	0,75
RARA 7			Linear Static	er	1
RARA 7			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 1	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 1			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 1			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 1			Linear Static	4-var Mmax	0,75
FREQ 1			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 1			Linear Static	er	1
FREQ 1			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 2	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 2			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 2			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 2			Linear Static	4-var Mmax	0,75
FREQ 2			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 2			Linear Static	8-sovr lat q1	0,75
FREQ 2			Linear Static	er	1
FREQ 2			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 3	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1

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 tombini stradali			COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 162 di 209

FREQ 3			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 3			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 3			Linear Static	4-var Mmax	0,563
FREQ 3			Linear Static	5-var q distr	0,3
FREQ 3			Linear Static	6-frenatura	0,75
FREQ 3			Linear Static	8-sovr lat q1	0,563
FREQ 3			Linear Static	er	1
FREQ 3			Linear Static	var q2 distr	0,3
FREQ 4	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 4			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 4			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 4			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 4			Linear Static	12-var Tmax	0,75
FREQ 4			Linear Static	er	1
FREQ 4			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 5	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 5			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 5			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 5			Linear Static	5-var q distr	0,4
FREQ 5			Linear Static	8-sovr lat q1	0,75
FREQ 5			Linear Static	12-var Tmax	0,75
FREQ 5			Linear Static	er	1
FREQ 5			Linear Static	var q2 distr	0,4
FREQ 6	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
FREQ 6			Linear Static	2-perm cop	1
FREQ 6			Linear Static	3-sp terr M1	1
FREQ 6			Linear Static	5-var q distr	0,3
FREQ 6			Linear Static	6-frenatura	0,75
FREQ 6			Linear Static	8-sovr lat q1	0,563
FREQ 6			Linear Static	12-var Tmax	0,563
FREQ 6			Linear Static	er	1
FREQ 6			Linear Static	var q2 distr	0,3
QP	Linear Add	No	Linear Static	1-DEAD	1
QP			Linear Static	2-perm cop	1
QP			Linear Static	3-sp terr M1	1
QP			Linear Static	er	1

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 163 di 209

10.8.5 Diagrammi relativi alle combinazioni elementari

G1: Peso Proprio:

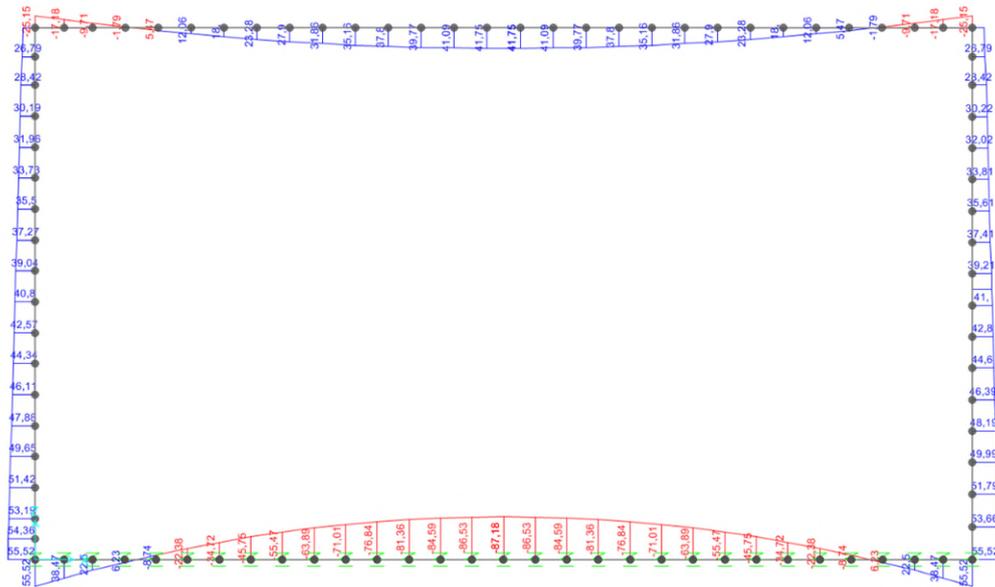


Figura 36 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 164 di 209

G2: Peso Permanente:

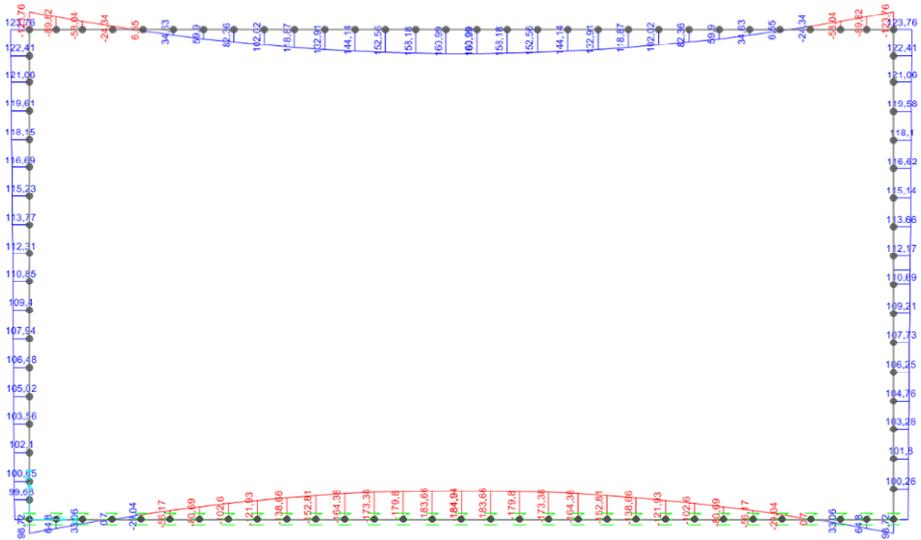


Figura 37 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 165 di 209

G3: Spinta delle terre:

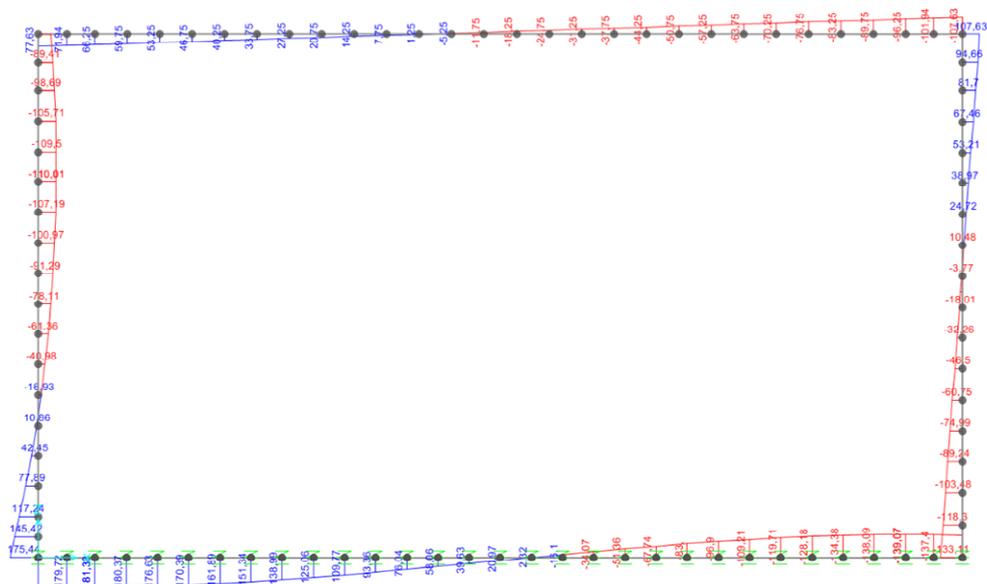


Figura 38 Diagramma momento flettente

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 166 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

q: Variabile Traffico:

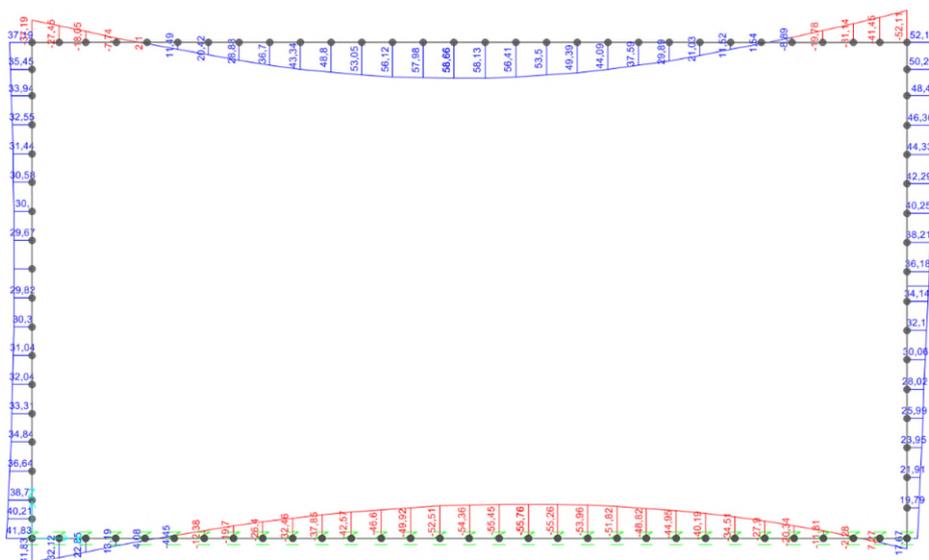


Figura 39 Diagramma momento flettente

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 167 di 209

E: Sisma:

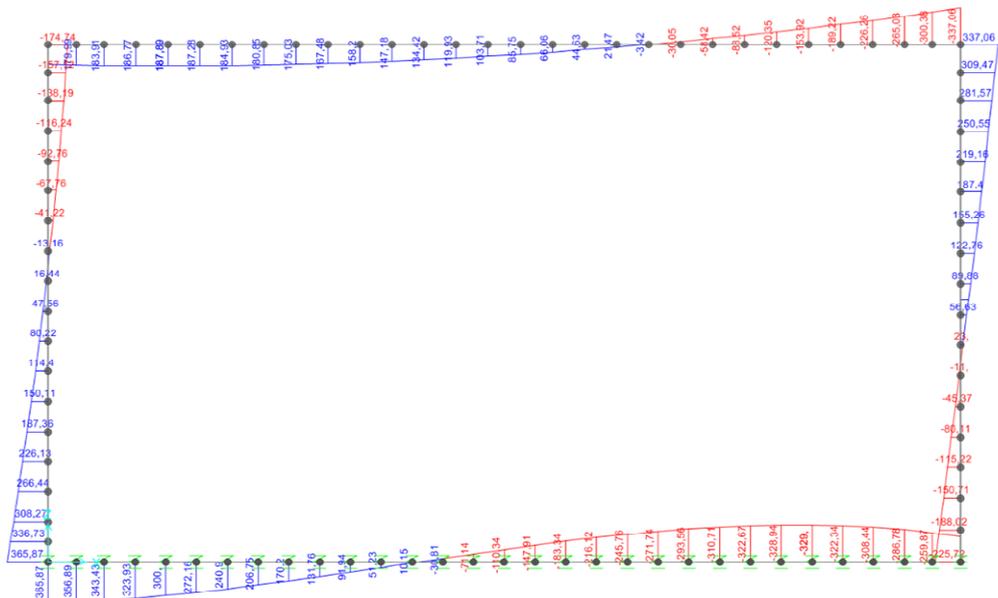


Figura 40 Diagramma momento flettente

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 169 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

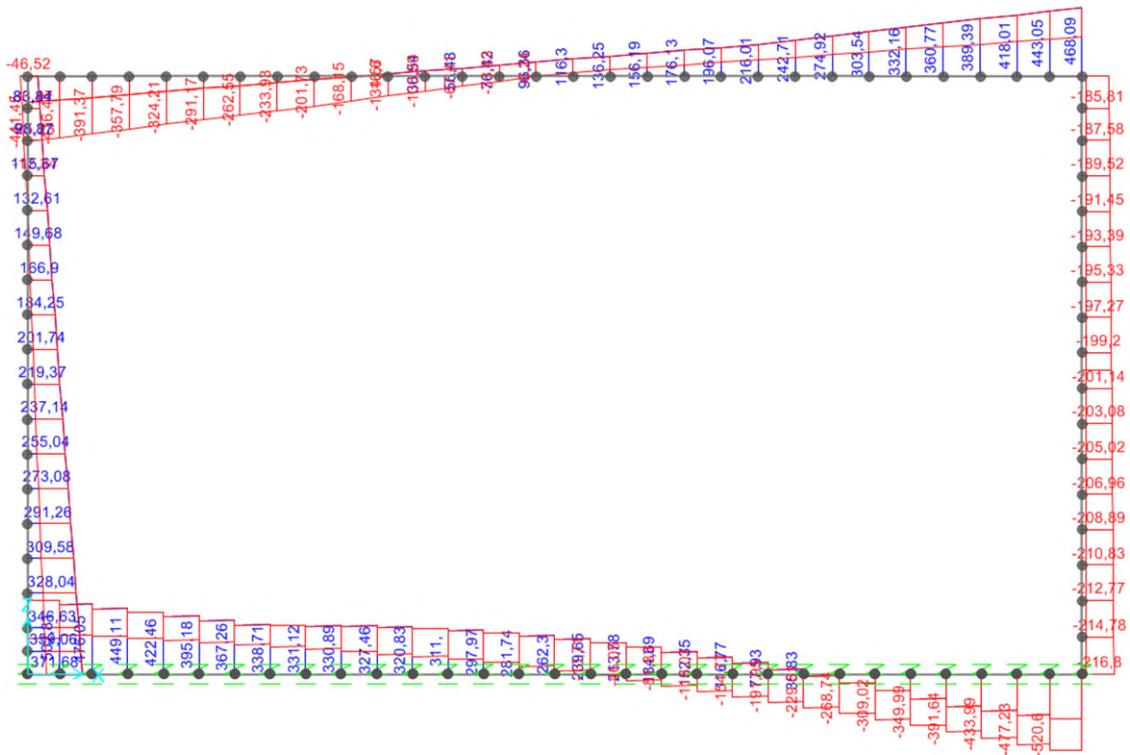


Figura 43 Diagramma taglio

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 tombini stradali		COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 170 di 209

10.8.7 Diagrammi di involuppo SLE

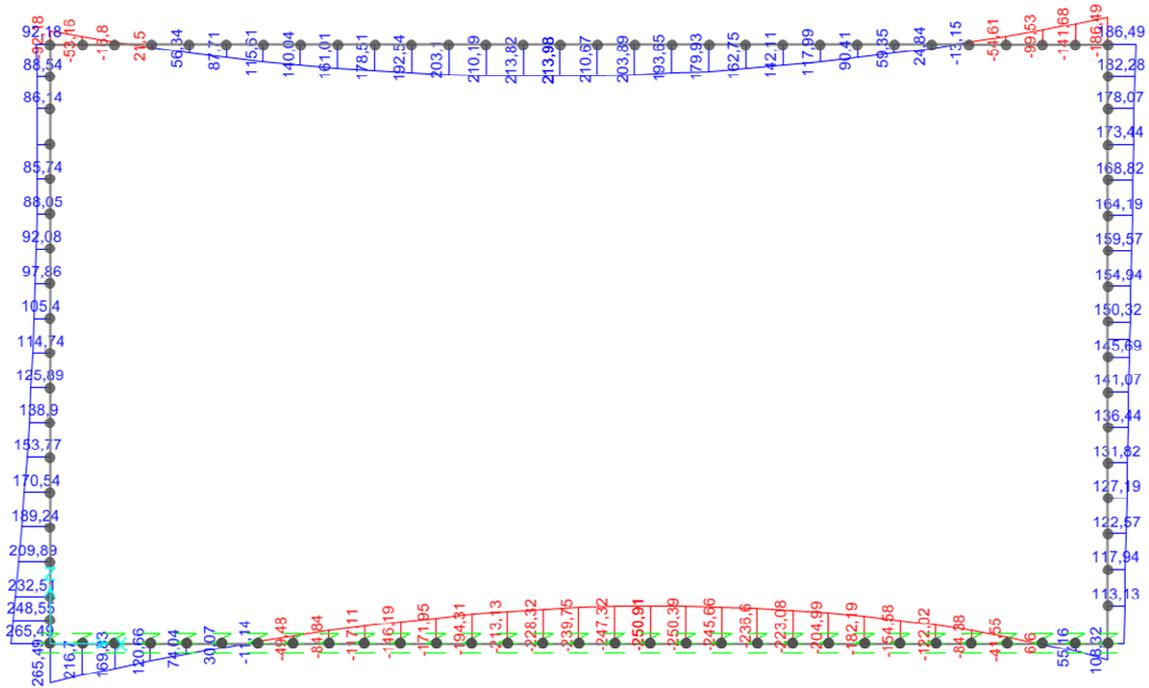
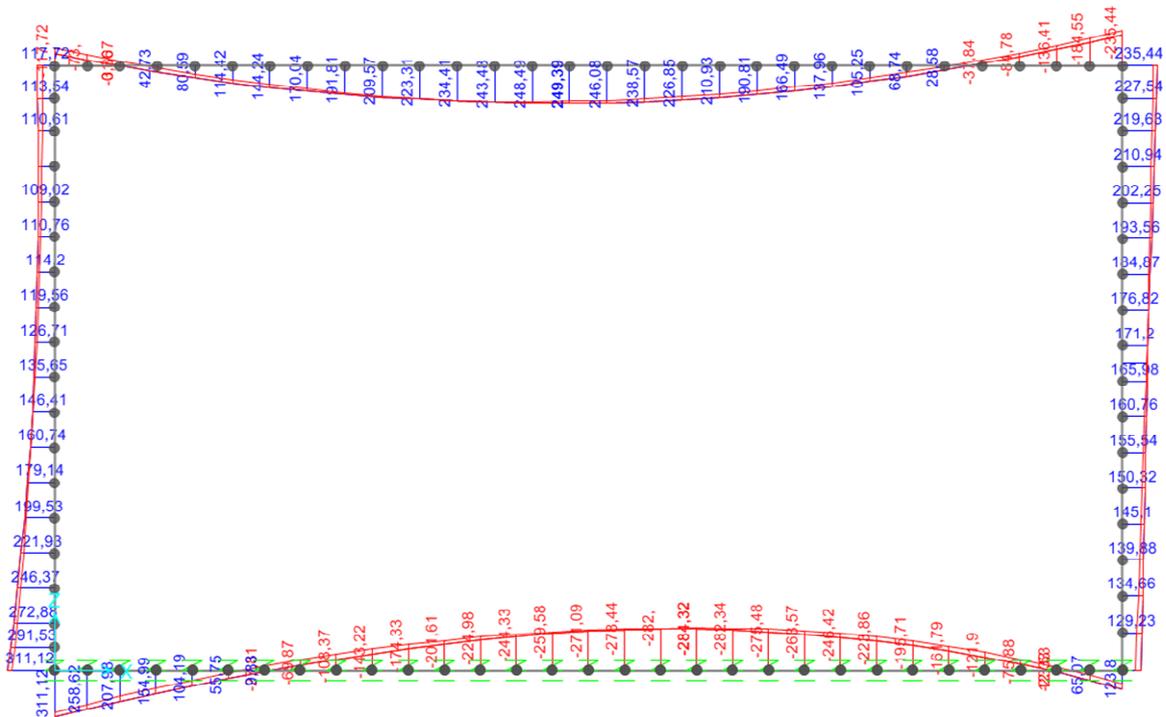
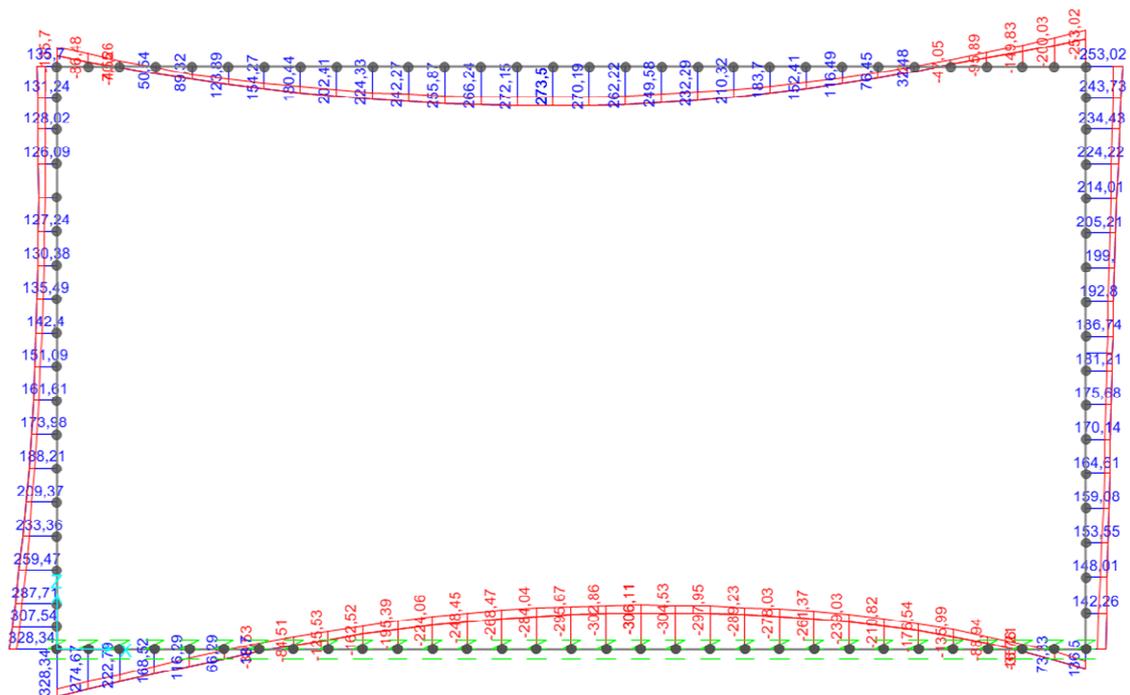


Figura 44 Diagramma momento flettente combinazione Quasi Permanente

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.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF28</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL</td> <td>IN0000 002</td> <td>B</td> <td>171 di 209</td> </tr> </tbody> </table>					COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	171 di 209
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO												
IF28	01	E ZZ CL	IN0000 002	B	171 di 209												
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali																	



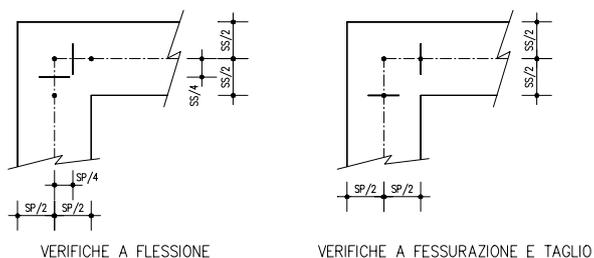
APPALTATORE: Consorzio Soci HIRPINIA AV SALINI IMPREGIO S.P.A. ASTALDI S.P.A	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 172 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 173 di 209

10.9 VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

Nel presente capitolo si conducono le verifiche strutturali in corrispondenza delle sezioni più sollecitate. Con riferimento alle sezioni di incastro, i valori di sollecitazione flettente e tagliante – utilizzati per le verifiche – sono stati valutati come illustrato nel seguente schema:



Nello specifico l'azione flettente viene ricavata dal modello numerico in corrispondenza della sezione posta a un quarto dello spessore dall'asse dell'elemento finito, l'azione tagliante viene invece valutata in corrispondenza della sezione posta a un mezzo dello spessore dall'asse dell'elemento finito. In via conservativa si trascura l'azione assiale negli elementi orizzontali (soletta di copertura e soletta di fondazione).

Le verifiche a taglio sono svolte considerando il puntone in calcestruzzo inclinato di 30° e staffe verticali, mentre le verifiche in esercizio sono state condotte secondo i criteri seguenti:

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta $M_{cr} < M_{Ed}$ la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018, e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FR, QP e RARA della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili per le strutture in ambiente aggressivo sono:

Le massime aperture ammissibili per le strutture sono:

Ambiente ordinario

- combinazione di carico Frequente: $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$
- combinazione di carico Quasi Permanente: $w_k \leq w_2 = 0.20\text{mm}$.

Ambiente aggressivo e molto aggressivo

- combinazione di carico Rara: $w_k \leq w_1 = 0.20\text{mm}$ (per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture)

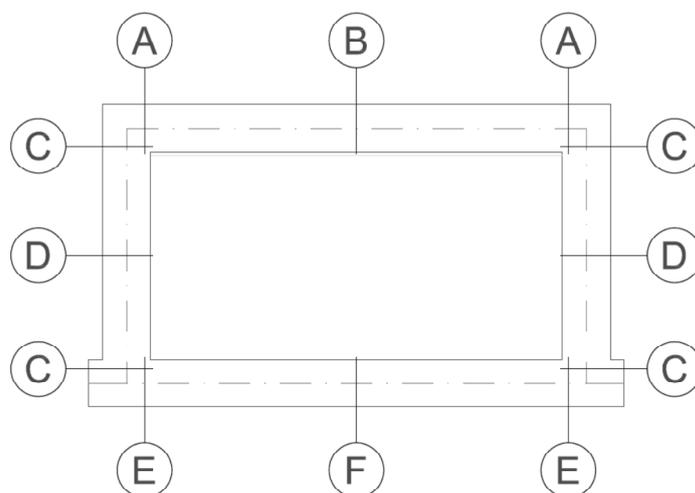
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 174 di 209

Verifica delle tensioni di esercizio: per la condizione di carico Quasi Permanente e Rara, si verifica che le tensioni di lavoro siano inferiori ai seguenti limiti:

- per la combinazione di azioni Quasi Permanente si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,45 \cdot f_{ck}$;
- per la combinazione di azioni Rara si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,60 \cdot f_{ck}$, mentre quelle dell'acciaio $\sigma_s < 0,80 \cdot f_{yk}$.

Per condurre le verifiche strutturali sono stati eseguiti gli involuppi delle azioni interne per tutte le tipologie di combinazioni di carico in precedenza definite; sono state in seguito individuate sei tipologie di sezioni in corrispondenza delle quali sono state valutate le azioni sollecitanti.

Le sei sezioni di cui sopra sono illustrate nel seguente schema:



Con "A" si indica la sezione di incastrato e con "B" si indica la sezione in cui si verifica il massimo momento che tende le fibre inferiori della soletta di copertura. Con "C" si indica la sezione di incastrato del piedritto, mentre con "D" la sezione di mezzeria. Per quanto riguarda la soletta di fondazione, con "E" si individua la sezione di incastrato mentre con "F" si indica la sezione di massimo momento flettente con fibre tese superiori. Nella seguente tabella si riportano i valori numerici delle azioni maggiormente sollecitanti:

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 175 di 209

sez.	SLU			SLE - RARA		SLE - FREQUENTE		SLE - QUASI PERMANENTE	
	M [kNm/m]	N [kN/m]	T [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	M [kNm/m]	N [kN/m]
A	-412	-176	418	-200	-	-184,5	-	-144	-
B	391	-	106	272	-	248	-	212	-
C	-530	-508	359	-307	-352	-291	-323	-248	-282
D	234	-479	219	151	-328	136	-299	115	-258
E	-533	-	476	-275	-	-260	-	-217	-
F	471	-	226	305	-	283	-	250	-

Poiché derivanti da un inviluppo, le azioni più gravose (utilizzate nelle verifiche) sono state scelte secondo i criteri seguenti: per quanto concerne le azioni flettenti e le azioni taglianti sono stati scelti i massimi valori assoluti (riportati tuttavia con segno nella tabella soprastante), per le azioni assiali, invece, sono stati selezionati i minimi valori assoluti.

Le convenzioni di segno adottate sono le seguenti: l'azione flettente è negativa se tende le fibre esterne del tombino, l'azione tagliante è riportata in valore assoluto, l'azione assiale è negativa se di compressione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 176 di 209

10.9.1 Soletta superiore

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	70.0

Sezione di mezzeria:

Armatura estradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø22/20" =	19.01 cm ²
Copriferro 1°strato $c1$ (cm)	6.6+Ø/2 =	7.70 cm

Armatura intradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø22/20" =	19.01 cm ²
Copriferro 1°strato $c1$ (cm)	6.6+Ø/2 =	7.70 cm
Armatura intradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1Ø20/40" =	7.85 cm ²
Copriferro 2°strato $c2$ (cm)	7.6+Ø/2 =	8.70 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø16/20" =	10.05 cm ²
---	------------	-----------------------

Armatura agli appoggi:

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1Ø22/20" =	19.01 cm ²
Copriferro 1°strato $c1$ (cm)	6.6+Ø/2 =	7.70 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1Ø22/20" =	19.01 cm ²
Copriferro 1°strato $c1$ (cm)	6.6+Ø/2 =	7.70 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1Ø16/20" =	10.05 cm ²
---	------------	-----------------------

Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 177 di 209

Sezione di incastro (sez. A)

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di copertura è costituita da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 70 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 22/20$, l'armatura inferiore è costituita da $\phi 22/20$, a taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×20 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.6 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda	
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>
	<p>α_{cc} coeff. effetti a lungo termine</p> <p>v coeff. riduzione resistenza bielle</p> <p>$\alpha_e = E_s/E_c$</p> <p>k_t 0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</p> <p>k_1 0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</p> <p>k_2 0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura</p> <p>k_3 3,4</p> <p>k_4 0,425</p> <p>σ >0 se di trazione</p> <p>a_l traslazione armatura longitudinale</p>
<p>A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement</p>	

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 178 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	70	6,2	62,7	56,4
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	A _{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	22	7,3	19,01	
5	22	62,7	19,01	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	A _{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
5	10	20	90	3,93

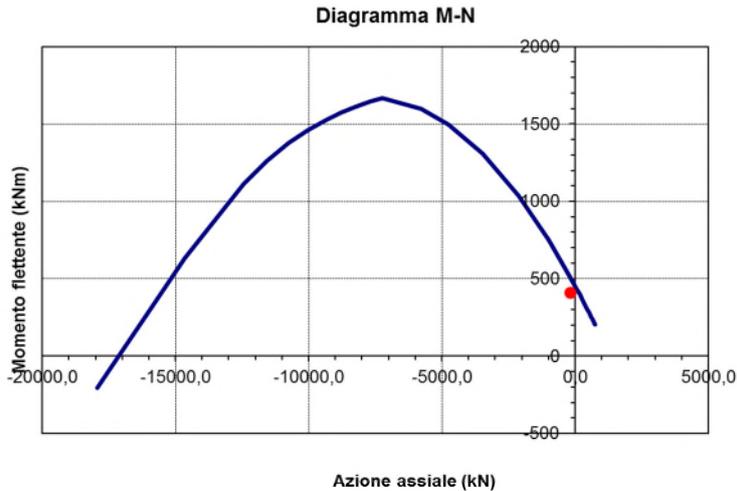
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ε _{c2}	2,0 [%]		
ε _{cu2}	3,5 [%]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8		
k ₃	3,4		
k ₄	0,425		
valori limite			
	0,45 f _{ck}	14,9	[MPa]
	0,8 f _{yk}	360,0	[MPa]
	W _{k,lim}	0,2	[mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-412,00 [kNm]
N _{Ed}	-176 [kN]
V _{Ed}	418,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-509,9 [kNm]
FS	1,24
taglio	
V _{Rdc}	271,2 [kN]
predisporre armatura a taglio	
V _{Rds}	751,0 [kN]
V _{Rdmax}	3119,9 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione duttile	
a _l	48,9 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 179 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M_{Ek}	-200,00 [kNm]
N_{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	0,0 [kNm]
M_{cr}	-241,0 [kNm]
y_n	19,93 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,9 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-30,0 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	183,6 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$S_{r,max}$	- [cm]
W_k	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M_{Ek}	-184,50 [kNm]
N_{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	0,0 [kNm]
M_{cr}	-241,0 [kNm]
y_n	19,93 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,6 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-27,7 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	169,4 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
$S_{r,max}$	- [cm]
W_k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 180 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Sezione di mezzeria (sez. B):

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di copertura è costituita da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 40 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 22/20$, l'armatura inferiore è costituita invece da uno strato costituito da $\phi 22/20$. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.6 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																					
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>																				
	<table border="1"> <tr><td>α_{cc}</td><td>coeff. effetti a lungo termine</td></tr> <tr><td>v</td><td>coeff. riduzione resistenza bielle</td></tr> <tr><td>α_e</td><td>=E_s/E_c</td></tr> <tr><td>k_t</td><td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td></tr> <tr><td>k_1</td><td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td></tr> <tr><td>k_2</td><td>0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura</td></tr> <tr><td>k_3</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>k_4</td><td>0,425</td></tr> <tr><td>σ</td><td>>0 se di trazione</td></tr> <tr><td>a_l</td><td>traslazione armatura longitudinale</td></tr> </table>	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	v	coeff. riduzione resistenza bielle	α_e	= E_s/E_c	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce	k_2	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura	k_3	3,4	k_4	0,425	σ	>0 se di trazione	a _l	traslazione armatura longitudinale
α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																				
v	coeff. riduzione resistenza bielle																				
α_e	= E_s/E_c																				
k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																				
k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																				
k_2	0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura																				
k_3	3,4																				
k_4	0,425																				
σ	>0 se di trazione																				
a _l	traslazione armatura longitudinale																				

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 181 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	70	6,6	62,0	55,8
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	22	7,3	19,01	
2,5	20	61,4	7,85	
5	22	62,3	19,01	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	40	90	1,96

materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ε _{c2}	2,0 [%]		
ε _{cu2}	3,5 [%]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]

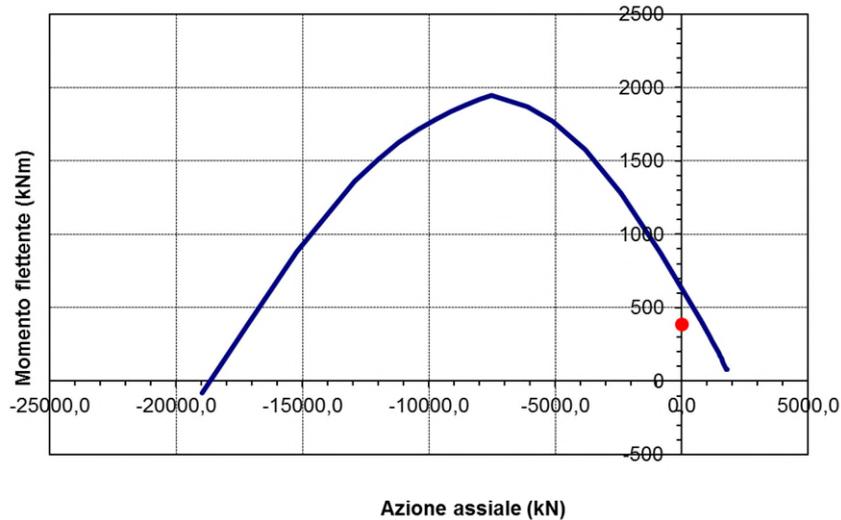
Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	391,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	106,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	632,2 [kNm]
FS	1,62
taglio	
V _{Rdc}	245,6 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	185,8 [kN]
V _{Rdmax}	3086,9 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione duttile	
a _l	62,0 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 182 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Diagramma M-N



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
MEk	272,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	248,8 [kNm]
yn	-17,61 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-4,7 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-40,8 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	181,9 [MPa]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
MEk	248,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	248,8 [kNm]
yn	-17,61 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-4,3 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-37,2 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	165,8 [MPa]
k ₂	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
Wk	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 183 di 209

10.9.2 Piedritti

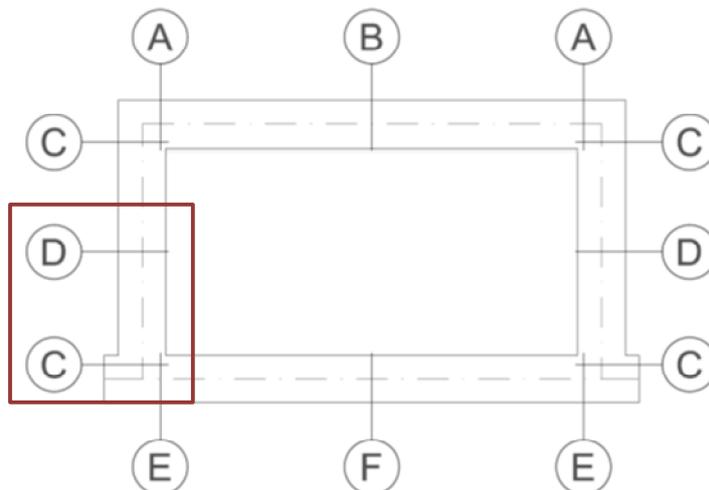
Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	70.0

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 \emptyset 24/20" =	22.62 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.6 + $\emptyset/2$ =	7.8 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 \emptyset 24/20" =	22.62 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.6 + $\emptyset/2$ =	7.8 cm
Armatura estradosso, A_a (cm ²) (2°strato)	1 \emptyset 24/40" =	11.31 cm ²
Copriferro 2°strato c_2 (cm)	7.6 + $\emptyset/2$ =	8.8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 \emptyset 16/20" =	10.05 cm ²
---	------------------------	-----------------------



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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 184 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Sezione di incastro (sez. C)

Caratteristiche geometriche della sezione

Il piedritto è costituito da un calcestruzzo di classe Rck40, ha uno spessore di 70 cm e si considera una larghezza unitaria L'armatura interna è costituita da uno strato compresso (intradosso) costituito da $\phi 24/20$ e un secondo strato teso (estradosso) costituito da $\phi 24/20$ e uno strato in sovrapposizione $\phi 24/40$, a taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×40 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.6 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda	
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>
	<p>α_{cc} coeff. effetti a lungo termine</p> <p>v coeff. riduzione resistenza bielle</p> <p>α_e =Es/Ec</p> <p>k_t 0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</p> <p>k_1 0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</p> <p>k_2 0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</p> <p>k_3 3,4</p> <p>k_4 0,425</p> <p>σ >0 se di trazione</p> <p>a_l traslazione armatura longitudinale</p>
<p>[A] - compression chord, [B] - struts, [C] - tensile chord, [D] - shear reinforcement</p>	

A favore di sicurezza, le verifiche strutturali dei piedritti e della soletta di copertura vengono svolte con una classe di calcestruzzo inferiore (C32/40).

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 185 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	70	6,6	61,9	55,7
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	A _{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	24	7,8	22,62	
2,5	24	8,8	11,31	
5	24	62,2	22,62	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	A _{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

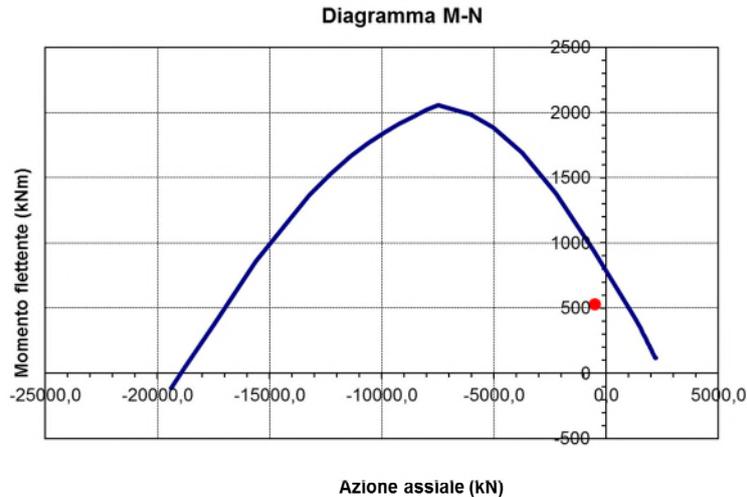
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [%]
v	0,520		
ε _{c2}	2,0 [%]		
ε _{cu2}	3,5 [%]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-530,00 [kNm]
N _{Ed}	-508 [kN]
V _{Ed}	359,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-927,8 [kNm]
FS	1,75
taglio	
V _{Rdc}	312,5 [kN]
predisporre armatura a taglio	
V _{Rds}	370,5 [kN]
V _{Rdmax}	3078,4 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	48,2 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 186 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M_{Ek}	-307,00 [kNm]
N_{Ek}	-352 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-43,1 [kNm]
M_{cr}	-300,4 [kNm]
y_n	10,43 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-5,1 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-52,4 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	117,5 [MPa]
k_2	0,5
$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$	0,35 [‰]
$S_{r,max}$	40,6 [cm]
w_k	0,143 [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M_{Ek}	-291,00 [kNm]
N_{Ek}	-323 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	-39,6 [kNm]
M_{cr}	-296,8 [kNm]
y_n	10,62 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-4,8 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-49,4 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	112,8 [MPa]
k_2	0,5
$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$	- [‰]
$S_{r,max}$	- [cm]
w_k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 187 di 209

Sezione di mezzeria piedritto (sez. D)

Di seguito si riporta la verifica strutturale del piedritto in mezzeria, in corrispondenza della zona senza armatura integrativa (strato di sovrapposizione).

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	70	6,6	62,2	56,0
armatura longitudinale				
nbarre	ϕ	d	A_{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	24	7,8	22,62	
5	24	62,2	22,62	
armatura a taglio				
nbracci	ϕ	s	α	A_{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

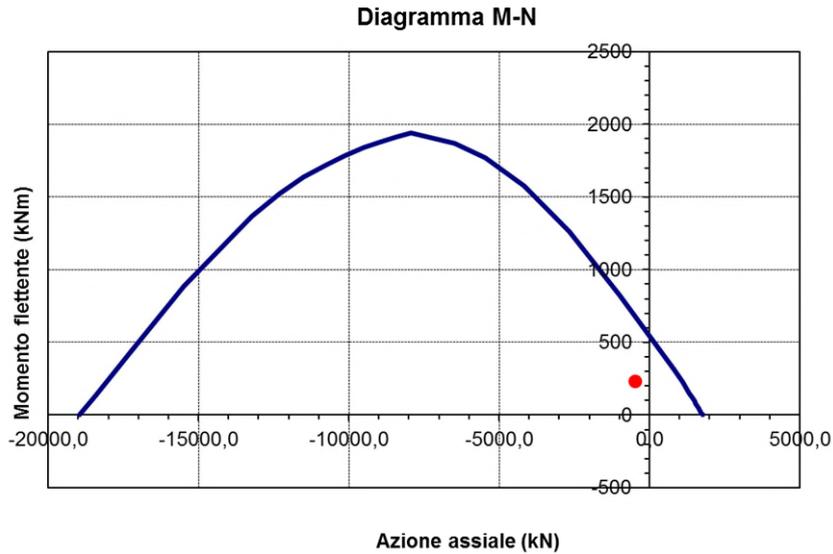
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	40 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	33,2 [MPa]	γ_s	1,15
γ_c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α_{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	24,5 [MPa]	ϵ_{uk}	67,5 [‰]
v	0,520		
ϵ_{c2}	2,0 [‰]		
ϵ_{cu2}	3,5 [‰]		
α_e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8		
k ₃	3,4		
k ₄	0,425		
		valori limite	
		0,45 f _{ck}	14,9 [MPa]
		0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
		W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	234,00 [kNm]
N _{Ed}	-479 [kN]
V _{Ed}	219,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	679,3 [kNm]
FS	2,90
taglio	
V _{Rdc}	309,9 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	372,5 [kN]
V _{Rdmax}	3095,0 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
a _l	62,2 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 188 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M_{Ek}	151,00 [kNm]
N_{Ek}	-328 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	40,8 [kNm]
M_{cr}	286,3 [kNm]
y_n	-7,78 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-2,8 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-30,1 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	54,2 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [‰]
$S_{r,max}$	- [cm]
W_k	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M_{Ek}	136,00 [kNm]
N_{Ek}	-299 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	37,2 [kNm]
M_{cr}	282,7 [kNm]
y_n	-7,60 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-2,5 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-27,1 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	48,2 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [‰]
$S_{r,max}$	- [cm]
W_k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 189 di 209

10.9.3 Soletta inferiore

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	80.0

Sezione di mezzeria:

Armatura intradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 \emptyset 24/20" =	22.62 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.6 + $\emptyset/2$ =	7.8 cm

Armatura estradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 \emptyset 24/20" =	22.62 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.6 + $\emptyset/2$ =	7.8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 \emptyset 16/20" =	10.05 cm ²
---	------------------------	-----------------------

Armatura agli appoggi:

Armatura estradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 \emptyset 24/20" =	22.62 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.6 + $\emptyset/2$ =	7.8 cm

Armatura intradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 \emptyset 24/20" =	22.62 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.6 + $\emptyset/2$	7.8 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 \emptyset 16/20" =	10.05 cm ²
---	------------------------	-----------------------

Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione.

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 190 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

Sezione di incastro (sez.E)

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe Rck35, ha uno spessore di 80 cm e si considera una larghezza unitaria. L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 24/20$ mentre l'armatura inferiore è costituita invece da uno strato di $\phi 24/20$. A taglio vengono disposti degli spilli $\phi 10$ a maglia 20×20 in corrispondenza della zona di incastro con i piedritti. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.6 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda	
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>
	<p>α_{cc} coeff. effetti a lungo termine</p> <p>v coeff. riduzione resistenza bielle</p> <p>α_e =E_s/E_c</p> <p>k_t 0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</p> <p>k_1 0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</p> <p>k_2 0,5 flessione ($\epsilon_1 + \epsilon_2$)/2 ϵ_1 trazione eccentrica 1 trazione pura</p> <p>k_3 3,4</p> <p>k_4 0,425</p> <p>σ >0 se di trazione</p> <p>a1 traslazione armatura longitudinale</p>
<p>A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement</p>	

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 191 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	80	6,6	72,2	65,0
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	24	7,8	22,62	
5	24	72,2	22,62	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
5	10	20	90	3,93

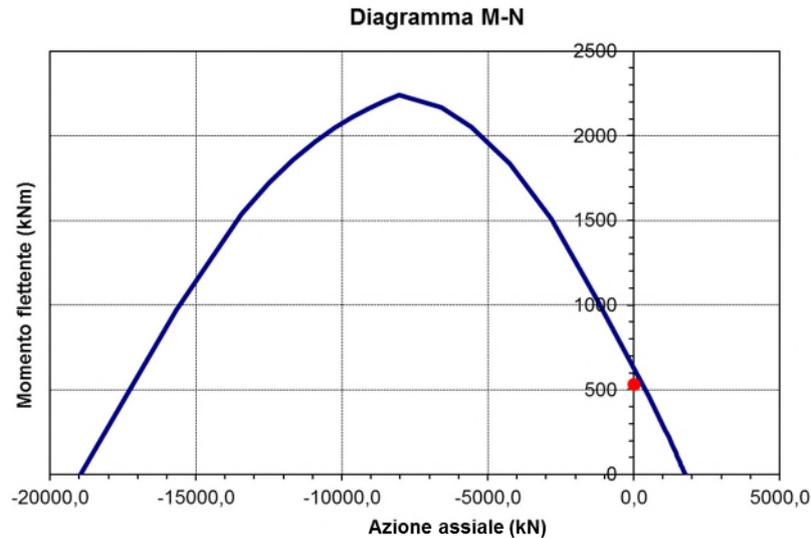
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	35 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	29,1 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	21,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [%]
v	0,530		
ε _{c2}	2,0 [%]		
ε _{cu2}	3,5 [%]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	13,1 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]
valori limite			

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	-533,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	476,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	-626,4 [kNm]
FS	1,18
taglio	
V _{Rdc}	256,8 [kN]
predisporre armatura a taglio	
V _{Rds}	864,7 [kN]
V _{Rdmax}	3203,7 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione duttile	
a _l	56,3 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 192 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante.

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
MEk	-275,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	-290,8 [kNm]
yn	22,52 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,9 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-32,6 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	184,1 [MPa]
k ₂	0,5
$\epsilon_{sm-\epsilon_{cm}}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
Wk	- [mm]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
MEk	-260,00 [kNm]
NEk	0 [kN]
tensioni e fessure	
Mdec	0,0 [kNm]
Mcr	-290,8 [kNm]
yn	22,52 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-3,7 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-30,8 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	174,1 [MPa]
k ₂	0,5
$\epsilon_{sm-\epsilon_{cm}}$	- [%]
Sr,max	- [cm]
Wk	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 193 di 209

Sezione di mezzeria (sez. F):

Caratteristiche geometriche della sezione

La soletta di fondazione è costituita da un calcestruzzo di classe Rck35, ha uno spessore di 80 cm e si considera una larghezza unitaria. L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da $\phi 24/20$. L'armatura inferiore è costituita da uno strato di $\phi 24/20$. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (1,0 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.6 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda																					
	<p>d riferito all'asse barra</p> <p>c copriferro netto</p> <p>M >0, se tese fibre inferiori</p> <p>N >0, se di trazione</p> <p>V in valore assoluto</p>																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: right;">α_{cc}</td><td>coeff. effetti a lungo termine</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">v</td><td>coeff. riduzione resistenza bielle</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">α_e</td><td>$=E_s/E_c$</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_t</td><td>0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_1</td><td>0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_2</td><td>0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_3</td><td>3,4</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">k_4</td><td>0,425</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">σ</td><td>>0 se di trazione</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">a_l</td><td>traslazione armatura longitudinale</td></tr> </table>	α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine	v	coeff. riduzione resistenza bielle	α_e	$=E_s/E_c$	k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata	k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce	k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura	k_3	3,4	k_4	0,425	σ	>0 se di trazione	a_l	traslazione armatura longitudinale
α_{cc}	coeff. effetti a lungo termine																				
v	coeff. riduzione resistenza bielle																				
α_e	$=E_s/E_c$																				
k_t	0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata																				
k_1	0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce																				
k_2	0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2\epsilon_1$ trazione eccentrica 1 trazione pura																				
k_3	3,4																				
k_4	0,425																				
σ	>0 se di trazione																				
a_l	traslazione armatura longitudinale																				
<p>A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement</p>																					

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 194 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	80	6,6	72,2	65,0
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	A _{sl}	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	24	7,8	22,62	
5	24	72,2	22,62	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	A _{sw}
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	10	20	90	1,96

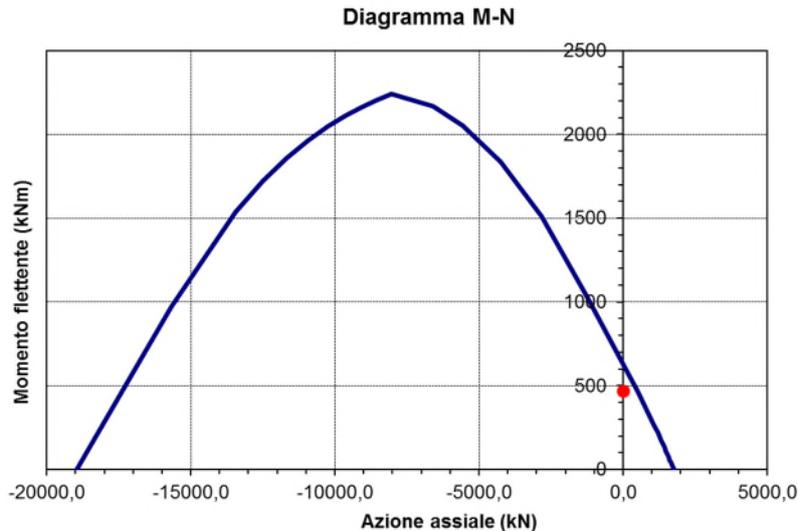
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
R _{ck}	35 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	29,1 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	21,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [%]
ν	0,530		
ε _{c2}	2,0 [%]		
ε _{cu2}	3,5 [%]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	0,45 f _{ck}	13,1 [MPa]
k ₃	3,4	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
k ₄	0,425	W _{k,lim}	0,2 [mm]
valori limite			

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	471,00 [kNm]
N _{Ed}	0 [kN]
V _{Ed}	226,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	626,4 [kNm]
FS	1,33
taglio	
V _{Rdc}	256,8 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	432,4 [kN]
V _{Rdmax}	3203,7 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
ai	72,2 [cm]

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 195 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante.

Combinazione Rara (limitazione tensioni)

SLE	
M _{Ek}	305,00 [kNm]
N _{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	0,0 [kNm]
M _{cr}	290,8 [kNm]
γ _n	-22,52 [cm]
σ _{c,min}	-4,3 [MPa]
σ _{s,min}	-36,1 [MPa]
σ _{s,max}	204,2 [MPa]

Combinazione frequente (fessurazione)

SLE	
M _{Ek}	283,00 [kNm]
N _{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M _{dec}	0,0 [kNm]
M _{cr}	290,8 [kNm]
γ _n	-22,52 [cm]
σ _{c,min}	-4,0 [MPa]
σ _{s,min}	-33,5 [MPa]
σ _{s,max}	189,5 [MPa]
k ₂	0,5
ε _{sm-ε_{cm}}	- [%]
s _{r,max}	- [cm]
w _k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.

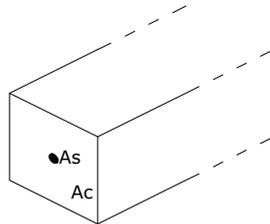
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 196 di 209

10.10 VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO

Vengono discussi brevemente gli effetti dovuti al ritiro nel calcestruzzo che provocando stati interni di coazione con l'armatura. Scopo della trattazione è quello di verificare l'armatura minima longitudinale nella soletta superiore dello scatolare.

10.10.1 Coazioni interne longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

Per il calcolo delle coazioni interne dovute ai fenomeni di ritiro si consideri una sezione di area unitaria A_c con un'unica barra di armatura di area A_s come rappresentato nell'immagine sottostante:



Si assumono le seguenti ipotesi:

- perfetta aderenza tra calcestruzzo ed acciaio;
- deformata piana della sezione in calcestruzzo;
- comportamento del calcestruzzo e dell'acciaio elastico e lineare,

Le equazioni di equilibrio, congruenza e legame dell'insieme calcestruzzo + acciaio che governano il fenomeno sono:

- $N_c + N_s = 0$ (equazione di equilibrio)
- $\epsilon_r = \epsilon_s - \epsilon_c$ (equazione di congruenza)
- $N_c = A_c \sigma_c = A_c E_c \epsilon_c$ (equazione legame costitutivo del calcestruzzo)
- $N_s = A_s \sigma_s = A_s E_s \epsilon_s$ (equazione legame costitutivo dell'acciaio)

Sostituendo le equazioni di legame in quella di equilibrio ed esprimendo la deformazione del calcestruzzo in funzione di quella dell'acciaio si ha:

$$N_s = - N_c = A_s E_s A_c E_c \epsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c)$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 197 di 209

Il comportamento viscoso del calcestruzzo viene considerato attraverso l'abbattimento del modulo elastico, pertanto è necessario sostituire il valore di E_c con E_c^* . La tensione sull'acciaio e sul calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$\sigma_s = A_c E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

$$\sigma_c = -A_s E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

10.10.2 Calcolo delle sollecitazioni longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria, assumendo la dimensione convenzionale h_0 pari $H/2 = 35$ cm, ed un calcestruzzo C32/40, classe N.

Caratteristiche della sezione:

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 70 \text{ cm}$$

$$A_{s, \text{long}} = 1+1\phi 16/20 = 2010 \text{ mm}^2$$

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 33642 \text{ N/mm}^2$$

Deformazione da ritiro:

$$U.R. = 75\%$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = 2,5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 40 - 10) \times 10^{-6} = 0.06225 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{ca}(t = \infty) = k_h * \varepsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.319 \text{ ‰} = 0.223 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.=75\%)}$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} = \mathbf{0.285 \text{ ‰}}$$

A favore di sicurezza, si assume comunque una deformazione $\varepsilon_r = \mathbf{0.400 \text{ ‰}}$

Effetto viscosità:

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di h_0 , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a $\phi(t = \infty) = 1.6$. Il modulo elastico ridotto del calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi) = 12939,53 \text{ N/mm}^2$$

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 198 di 209

Tensioni nei materiali:

$$\sigma_s = \frac{(350 * 1000) * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(2010 * 210000) + (350 * 1000) * 12939.53} = 76,84 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_c = \frac{2010 * 12939.53 * (210000 * 0.00040)}{(2010 * 210000) + (350 * 1000) * 12939.53} = 0,44 \frac{N}{mm^2}$$

La sollecitazione sul calcestruzzo risulta molto inferiore rispetto alla resistenza a trazione e quindi non porta a fessurazione il calcestruzzo; la sollecitazione sull'acciaio risulta modesta ed accettabile per le normali condizioni di esercizio della struttura.

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 IN0000 002	REV. B	FOGLIO 199 di 209
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali						

11. TOMBINO CIRCOLARE – IN02

11.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il Tombino circolare è situato nei pressi del viadotto VI04 alla progressiva Km. 16+684 nel tratto TR05, le cui dimensioni di progetto derivano dallo studio idraulico delle portate ad essi afferenti.

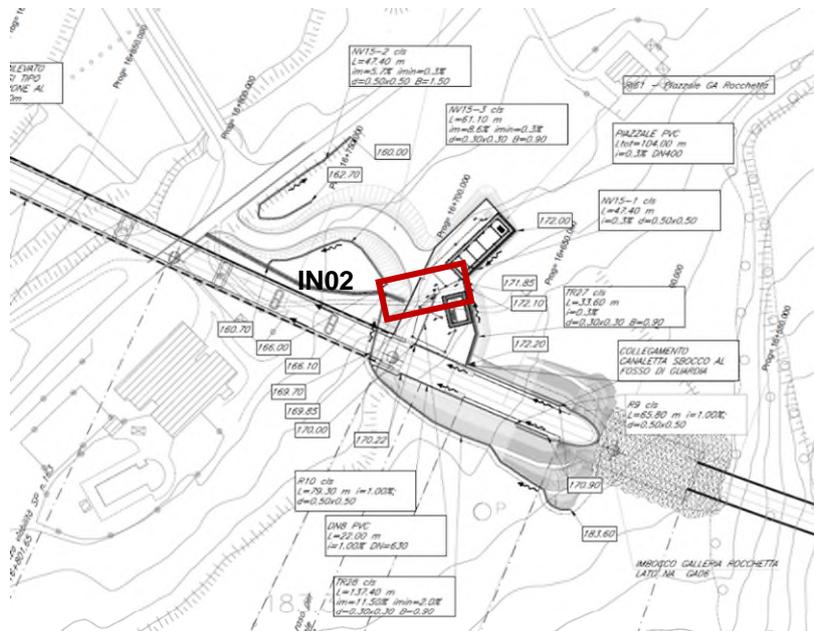
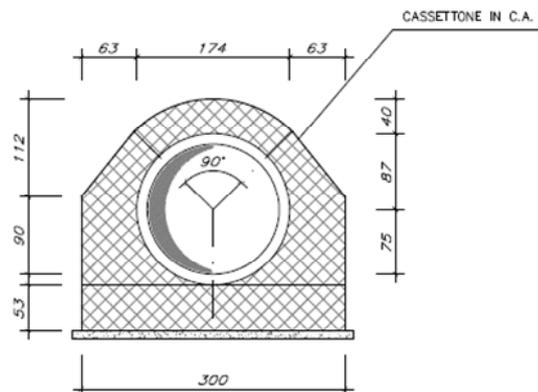


Figura 47 Inquadramento del tombino scatolare

SEZIONE B-B –Scala 1:20–



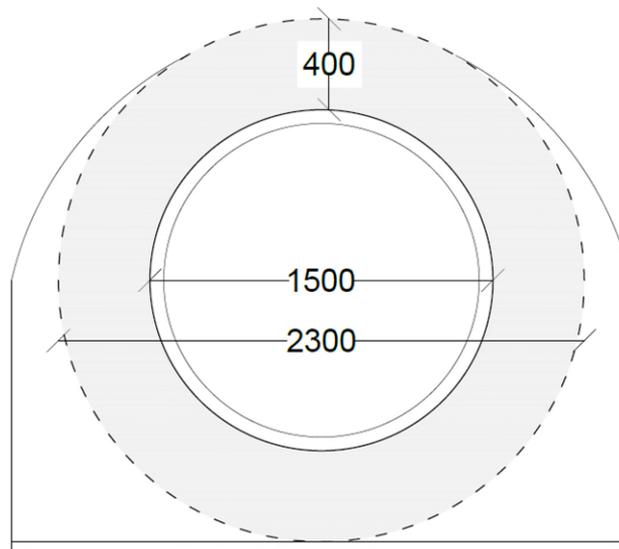
IN02	16+700	Circolare	1500	169.30	168.50	22.4	0.036	171.63	0.83	IFOG01D11AZID0002002B
------	--------	-----------	------	--------	--------	------	-------	--------	------	-----------------------

Figura 48 Sezione trasversale del tombino

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 200 di 209

11.2 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La sezione presa di riferimento per il calcolo è cautelativamente quella sottostante alle due corsie di carico. Si riporta lo schema del modello utilizzato per effettuare le verifiche:



Dimensioni geometriche (sezione in retto):

- $D_i = 1,50$ m
- $D_e = 2,30$ m
- $S_{cls} = 0,40$ m
- $H_r = 0,83$ m (0,33 m + 0,50 m di pavimentazione stradale)
- P.F. = quota Piano stradale (a 0,83 m sopra l'estradosso della soletta superiore)
- Q.F. = quota falda, minore della quota fondo scatolare.

La falda è al di sotto del piano di fondazione dello scatolare e pertanto non influenza il dimensionamento dell'opera.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 201 di 209

<i>Dati Tubazione CLS</i>	
D _e (esterno)	1740 [mm]
D _i (interno)	1500 [mm]
S (spessore)	120 [mm]
<i>Caratteristiche terreno</i>	
H (profondità)	0,33 [m]
ρ (peso specifico)	19000 [N/m ³]
φ (angolo di attrito)	35 °
k _a (spinta attiva)	0,27
K ₀ (spinta a riposo=)	0,43
<i>Caratteristiche pavimentazione strada</i>	
H _s (altezza pav.)	0,5 [m]

<i>Dati Soletta in C.A.</i>	
D _e	2,3 [m]
D _i	1,5 [m]
S (spessore)	0,4 [m]
r (raggio medio)	0,95 [m]
R _t (carico rottura)	16,46 [N/mm ²]
R _m	29,05 [N/mm ²]
K _s (coefficiente di sicurezza)	2,5
ρ (peso specifico)	25000 [N/m ³]

Figura 49 Dati geometrici e dei materiali della tubazione interrata

11.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un foglio di calcolo, che utilizza le formule di verifica del D.M. 04/04/2014 – “Norme tecniche per attraversamenti e parallelismi di condutture di liquidi e gas con ferrovie e linee di trasporto”. Il calcolo viene condotto come un telaio piano.

L'analisi strutturale viene condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

11.4 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza.

Vengono prese in considerazione le condizioni elementari di carico di seguito determinate.

Tali Condizioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: γ_{c.a.} = 25 kN/m³
- pavimentazione stradale: γ_{ric} = 22 kN/m³
- rilevato stradale: γ_{ril} = 19 kN/m³

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B
					FOGLIO 202 di 209

11.4.1 Azione permanente terreno

Carico Terreno	
P_t	15,77 [kN/m ²]

11.4.2 Azione variabile da traffico

Carico strada traffico veicolare	
L_{dl} (diffusione long.)	2,64 [m]
L_{dt} (diffusione trasv.)	3,439 [m]
q_k (corsie carico)	600 [kN]
P_s	75,77 [kN/m ²]
L_{corsia}	3 [m]

11.4.3 Carichi Totali applicati

Carico Totale		
P_{tot}	91,54 [kN/m ²]	$P_t + P_s'$
Pressione uniforme spinte orizzontali		
q	39,04 [kN/m ²]	$'q = P * K_a'$
Pressione variabile spinte orizzontali		
z	18,63 [kN/m ²]	$'z = \rho * D * K_o'$ $'D = 2 * r'$
Peso degli elementi		
Q_{sv}	173,93 [kN/m]	
Q_2	59,6903 [kN/m]	
Q_3	15,2681 [kN/m]	
Q_{tot}	248,889 [kN/m]	

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 203 di 209

11.5 VERIFICA DELLA SEZIONE AI SENSI DEL D.M. 04/04/2014

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\varphi_s = 60^\circ$
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = (\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8})pr^2 = 0.29941 pr^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} pr = -0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{5}{48} zr^2 = -0.10417 zr^2$ $N = \frac{5}{16} zr = 0.31250 zr$	(Q=reazione totale) $M = -0.0073038 Qr$ $N = 0.014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_1 sr^2 = -0.57080 \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{\pi}{2} \gamma_1 sr = 1.57080 \gamma_1 sr$	$M = (\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8})pr^2 = -0.30669 pr^2$ $N = pr$	$M = \frac{1}{4} qr^2$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} zr^2 = 0.125 zr^2$ $N = 0$	$M = 0.0075118 Qr$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = (\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8})pr^2 = 0.58721 pr^2$ $N = \frac{1}{3\pi} pr = 0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{7}{48} zr^2 = -0.14583 zr^2$ $N = \frac{11}{16} zr = 0.68750 zr$	$M = -0.11165 Qr$ $N = 0.11916 Q$

A - Peso proprio del tubo			
	Sezione 0°	Sezione 90°	Sezione 180°
M	4512,50 [Nm/m]	-5151,44 [Nm/m]	13537,50 [Nm/m]
N	-4750,00 [N/m]	14922,57 [N/m]	4750,00 [N/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>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 204 di 209

B - Carico ripartito superiore			
	Sezione 0°	Sezione 90°	Sezione 180°
M	24736,33 [Nm/m]	-25337,78 [Nm/m]	48513,48 [Nm/m]
N	-9227,01 [N/m]	86965,18 [N/m]	9227,01 [N/m]

C - Carico ripartito laterale			
	Sezione 0°	Sezione 90°	Sezione 180°
M	-8807,45 [Nm/m]	8807,45 [Nm/m]	-8807,45 [Nm/m]
N	37084,00 [N/m]	0,00 [N/m]	37084,00 [N/m]

D - Carico triangolare laterale			
	Sezione 0°	Sezione 90°	Sezione 180°
M	-1751,91 [Nm/m]	2102,23 [Nm/m]	-2452,54 [Nm/m]
N	5532,18 [N/m]	0,00 [N/m]	12170,79 [N/m]

E - Reazione radiale costante su un angolo di 60°			
	Sezione 0°	Sezione 90°	Sezione 180°
M	-1726,94 [Nm/m]	1776,12 [Nm/m]	-26399,01 [Nm/m]
N	3687,78 [N/m]	0,00 [N/m]	29657,58 [N/m]

TABELLA DI SINTESI	Sezione 0°		Sezione 90°		Sezione 180°	
	M1	N1	M2	N2	M3	N3
A - Peso proprio del tubo	4512,50	-4750,00	-5151,44	14922,57	13537,50	4750,00
B - Carico ripartito superiore	24736,33	-9227,01	-25337,78	86965,18	48513,48	9227,01
C - Carico ripartito laterale	-8807,45	37084,00	8807,45	0,00	-8807,45	37084,00
D - Carico triangolare laterale	-1751,91	5532,18	2102,23	0,00	-2452,54	12170,79
E - Reazione radiale costante su un angolo di 60°	-1726,94	3687,78	1776,12	0,00	-26399,01	29657,58
Totale M [Nm/m]	16962,53		-17803,42		24391,98	
Totale N [N/m]		32326,96		101887,74		92889,39

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 205 di 209

11.5.1 Calcolo degli Sforzi flessionali e longitudinali

Calcolo degli sforzi flessionali (sf) e longitudinali nelle sezioni 0° - 90° - 180°			
L (Lunghezza standard del tubo)	1 [m]		
Sforzo flessionale (s_f) = $6 \cdot M/s^2$	0° 0,64 [Nm/mm ²]	90° -0,67 [Nm/mm ²]	180° 0,91 [Nm/mm ²]
Sforzo Longitudinale (s_l) = $N/L \cdot s$	0° 0,081 [Nm/mm ²]	90° 0,25 [Nm/mm ²]	180° 0,23 [Nm/mm ²]
Sforzo Totale $S_t = (s_l + s_f)$:	0,72 [Nm/mm ²]	-0,41 [Nm/mm ²]	1,15 [Nm/mm ²]
Verifica di Confronto			
f_{cm} (C28/35)	16,46 [N/mm ²]		
$0.5 \cdot f_{cm} \geq S_t$ (max)	Verificato		

11.5.2 Verifica dell'armatura minima

Nel presente capitolo si conducono le verifiche strutturali in corrispondenza delle sezioni più sollecitate.

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta $M_{cr} < M_{Ed}$ la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FR, QP e RARA della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili per le strutture in ambiente aggressivo sono:

Le massime aperture ammissibili per le strutture sono:

Ambiente ordinario

- combinazione di carico Frequente: $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$
- combinazione di carico Quasi Permanente: $w_k \leq w_2 = 0.20\text{mm}$.

Ambiente aggressivo e molto aggressivo

- combinazione di carico Rara: $w_k \leq w_1 = 0.20\text{mm}$ (per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture)

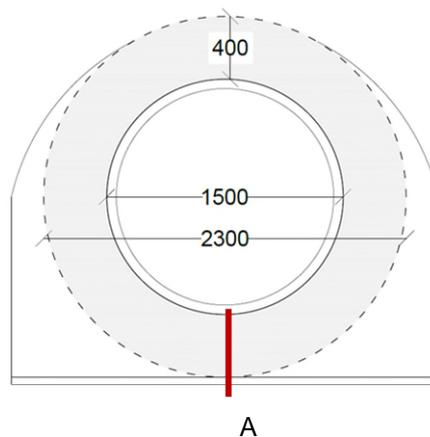
APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV SALINI IMPREGILO S.P.A. ASTALDI S.P.A.	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING S.P.A. ALPINA S.P.A.						
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di calcolo tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 206 di 209

Verifica delle tensioni di esercizio: per la condizione di carico Quasi Permanente e Rara, si verifica che le tensioni di lavoro siano inferiori ai seguenti limiti:

- per la combinazione di azioni Quasi Permanente si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,45 \cdot f_{ck}$;
- per la combinazione di azioni Rara si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a $\sigma_c < 0,60 \cdot f_{ck}$, mentre quelle dell'acciaio $\sigma_s < 0,80 \cdot f_{yk}$.

Per condurre le verifiche strutturali sono stati eseguiti gli involuppi delle azioni interne per tutte le tipologie di combinazioni di carico in precedenza definite; sono state in seguito individuate sei tipologie di sezioni in corrispondenza delle quali sono state valutate le azioni sollecitanti.

Le sei sezioni di cui sopra sono illustrate nel seguente schema:



Con "A" si indica la sezione della condotta dove vengono effettuate le verifiche di armatura.

Poiché derivanti da un involuppo, le azioni più gravose (utilizzate nelle verifiche) sono state scelte secondo i criteri seguenti: per quanto concerne le azioni flettenti e le azioni taglianti sono stati scelti i massimi valori assoluti (riportati tuttavia con segno nella tabella soprastante), per le azioni assiali, invece, sono stati selezionati i minimi valori assoluti.

Le convenzioni di segno adottate sono le seguenti: l'azione flettente è negativa se tende le fibre esterne del tombino, l'azione tagliante è riportata in valore assoluto, l'azione assiale è negativa se di compressione.

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 207 di 209

Caratteristiche geometriche della sezione

Larghezza b (cm)	100.0
Altezza h (cm)	40.0

Armatura estradosso, A_a (cm ²)(1°strato)	1 ϕ 12/20" =	5.66 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.0+ ϕ /2 =	6.60 cm

Armatura intradosso, A_a (cm ²) (1°strato)	1 ϕ 12/20" =	5.66 cm ²
Copriferro 1°strato c_1 (cm)	6.0+ ϕ /2 =	6.60 cm

Armatura ripartizione, A_a (cm ²)	1 ϕ 12/20" =	5.66 cm ²
---	-------------------	----------------------

Sezione A

La soletta è costituita da un calcestruzzo di classe Rck35, ha uno spessore di 40 cm e si considera una larghezza unitaria. L'armatura superiore è costituita da uno strato costituito da ϕ 12/20, l'armatura inferiore è costituita da ϕ 12/20, a taglio vengono disposti degli spilli ϕ 8 a maglia 40x40. La distanza tra la generatrice della barra di armatura e il lembo esterno della sezione è stata calcolata come segue: al copriferro minimo (4.0 cm) sono stati sommati il diametro dello spillo (0,8 cm), il diametro della barra di armatura esterna che si sviluppa in senso longitudinale (1.2 cm) e il raggio della barra di armatura interna. Segue una tabella riassuntiva con indicate in forma compatta le convenzioni di segno adottate, le caratteristiche geometriche e le caratteristiche dei materiali.

legenda	
	d riferito all'asse barra c copriferro netto M >0 , se tese fibre inferiori N >0 , se di trazione V in valore assoluto
	α_{cc} coeff. effetti a lungo termine v coeff. riduzione resistenza bielle $\alpha_e = E_s/E_c$ k_t 0,6 azioni di breve durata 0,4 azioni di lunga durata k_1 0,8 barre aderenza migliorata 1,6 barre lisce k_2 0,5 flessione $(\epsilon_1 + \epsilon_2)/2_{\epsilon_1}$ trazione eccentrica 1 trazione pura k_3 3,4 k_4 0,425 σ >0 se di trazione a_l traslazione armatura longitudinale
	A - compression chord, B - struts, C - tensile chord, D - shear reinforcement

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 208 di 209

geometria				
sezione trasversale				
B	H	c	d	z
[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]
100	40	6,0	33,4	30,1
armatura longitudinale				
nbarre	φ	d	Asl	
	[mm]	[cm]	[cm ²]	
5	12	6,6	5,65	
5	12	33,4	5,65	
armatura a taglio				
nbracci	φ	s	α	Asw
	[mm]	[cm]	[°]	[cm ²]
2,5	8	40	90	1,26

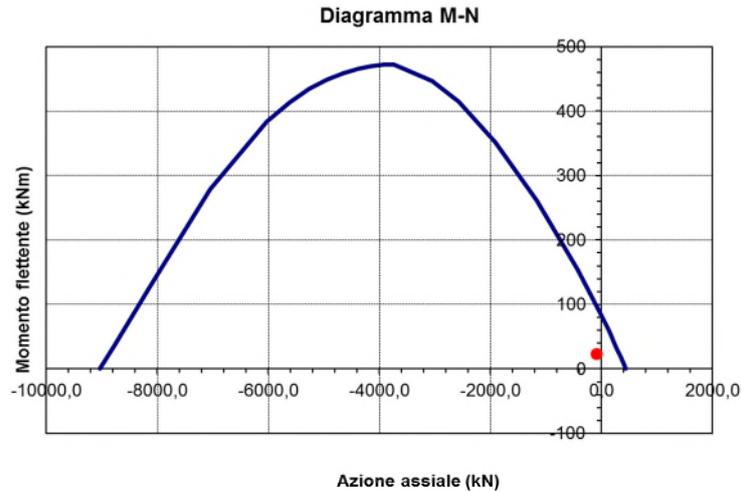
materiali			
calcestruzzo		acciaio	
Rck	35 [MPa]	f _{yk}	450 [MPa]
f _{ck}	29,1 [MPa]	γ _s	1,15
γ _c	1,15	f _{yd}	391,3 [MPa]
α _{cc}	0,85	E _s	200000 [MPa]
f _{cd}	21,5 [MPa]	ε _{uk}	67,5 [‰]
ν	0,530		
ε _{c2}	2,0 [‰]		
ε _{cu2}	3,5 [‰]		
α _e	15,0		
k _t	0,4		
k ₁	0,8	valori limite	
k ₃	3,4	0,45 f _{ck}	13,1 [MPa]
k ₄	0,425	0,8 f _{yk}	360,0 [MPa]
		W _{k,lim}	0,2 [mm]

Verifiche SLU

Per la sezione in esame seguono le verifiche a flessione e a taglio eseguite in corrispondenza degli stati limite ultimi.

SLU	
M _{Ed}	24,00 [kNm]
N _{Ed}	-93 [kN]
V _{Ed}	0,00 [kN]
presso-flessione	
M _{Rd}	99,3 [kNm]
FS	4,14
taglio	
V _{Rdc}	160,5 [kN]
non serve armatura a taglio	
V _{Rds}	64,0 [kN]
V _{Rdmax}	1482,0 [kN]
θ	30,0 [°]
sezione	duttile
al	33,4 [cm]

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 tombini stradali	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO IN0000 002	REV. B	FOGLIO 209 di 209



Le sollecitazioni sono state ottenute trascurando, a favore di sicurezza, le azioni normali di compressione. Le azioni sollecitanti sono inferiori a quelle resistenti, pertanto si ritengono soddisfatte le verifiche.

Verifiche SLE

Seguono le verifiche condotte agli stati limite di esercizio per la combinazione rara che è quella dimensionante

Combinazione frequente (fessurazione – lim. tensioni)

SLE	
M_{Ek}	24,00 [kNm]
N_{Ek}	0 [kN]
tensioni e fessure	
M_{dec}	0,0 [kNm]
M_{cr}	66,4 [kNm]
y_n	-13,29 [cm]
$\sigma_{c,min}$	-2,3 [MPa]
$\sigma_{s,min}$	-0,6 [MPa]
$\sigma_{s,max}$	136,3 [MPa]
k_2	0,5
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	- [%a]
$S_{r,max}$	- [cm]
W_k	- [mm]

Le tensioni sul calcestruzzo e sull'acciaio d'armatura sono sempre inferiori alle massime previste. Le sollecitazioni sono inferiori alle resistenze, le verifiche si ritengono pertanto soddisfatte.