

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

IV28 – CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC - PK 107+055,597

Relazione di calcolo spalla A

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due <i>Consorzio Cepav due</i> <i>Il Direttore del Consorzio</i> <i>(Ing. T. Taranta)</i> Data: 29 MAG 2020	 Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	C L	I V 2 8 A 6	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	Data
A	Emissione	Montanari	08/05/20	Piacentini	08/05/20	08/05/20	08/05/20
B							
C							



CIG. 751447334A File: IN0R12EE2CLIV28A6001A_10.docx



Stampato dal Service
di plottaggio ITALFERR S.p.A.
ALBA S.p.A.

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
2 di 120**INDICE**

1	PREMESSA.....	7
2	NORME, DECRETI E DOCUMENTI.....	10
2.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE	10
2.2	NORMATIVA SPECIFICA PER I PONTI STRADALI	10
2.3	GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA.....	11
2.4	ULTERIORI PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE DI RFI E ITALFERR	11
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	12
3.1	CALCESTRUZZO.....	12
3.2	ACCIAIO.....	13
3.2.1	Armatore per c.a. – Acciaio B 450 C.....	13
3.2.2	Carpenteria metallica – Classe S355.....	13
4	ELABORATI DI RIFERIMENTO	14
5	CRITERI DI CALCOLO.....	15
5.1	CRITERI E DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA	15
5.1.1	Tipo di analisi condotta	15
5.1.2	Definizione dei parametri di caratterizzazione sismica.....	17
5.2	SPINTA DELLE TERRE	18
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	19
5.3.1	Combinazioni per la verifica allo SLU	20
5.3.2	Combinazioni per la verifica allo SLE.....	21
5.3.3	Coefficienti di combinazione delle azioni dovute al traffico.....	21
5.3.1	Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi strutturali	23
5.4	VALUTAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	26
5.4.1	Paraghiaia	26
5.4.2	Muri di risvolto e orecchie.....	27
5.4.3	Platea di fondazione	28
5.4.4	Pali di fondazione.....	28

6	CRITERI DI VERIFICA.....	29
6.1	VERIFICHE SLU.....	29
6.1.1	<i>Resistenza a sforzo normale e flessione</i>	29
6.1.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i>	29
6.1.2.1	<i>Elementi non armati a taglio</i>	29
6.1.2.2	<i>Elementi armati a taglio</i>	30
6.2	VERIFICHE SLE.....	31
6.2.1	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione</i>	31
6.2.2	<i>Verifiche delle tensioni in esercizio</i>	34
7	ANALISI DELLA SPALLA.....	35
7.1	SISTEMA DI RIFERIMENTO.....	35
7.2	DATI DI INPUT.....	37
7.2.1	<i>Geometria dell'impalcato</i>	37
7.2.2	<i>Geometria della spalla</i>	38
7.3	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO.....	39
7.3.1	<i>Carichi permanenti</i>	39
7.3.2	<i>Carichi accidentali</i>	40
7.3.3	<i>Azione di frenamento</i>	42
7.3.4	<i>Azione centrifuga</i>	42
7.3.5	<i>Variazione termica</i>	42
7.3.6	<i>Azione del vento</i>	43
7.3.7	<i>Azione sismica</i>	44
7.4	AZIONI RELATIVE ALLA SPALLA.....	46
7.4.1	<i>Peso proprio</i>	46
7.4.2	<i>Forze inerziali degli elementi della spalla</i>	47
7.4.3	<i>Spinta delle terre</i>	49
7.4.3.1	<i>Spinta statica del terreno di monte</i>	49
7.4.3.2	<i>Traffico a tergo spalla</i>	53
7.4.3.3	<i>Sovraspinta sismica del terreno di monte</i>	54
7.4.3.4	<i>Forse inerziali del terreno imbarcato</i>	55

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 28 A 6 001	Rev. A	Foglio 4 di 120
7.5	SOLLECITAZIONI A SPICCATO FUSTO				56
7.5.1	Azioni elementari.....				56
7.5.2	Sollecitazioni a spiccatto fusto				57
7.5.3	Sollecitazioni oggetto di verifica				59
7.6	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA DI FONDAZIONE				60
7.6.1.1	Azioni elementari.....				60
7.6.1.2	Sollecitazioni sulla palificata di fondazione				61
7.7	SOLLECITAZIONE SUI PALI DI FONDAZIONE				63
7.8	SOLLECITAZIONI SUL PARAGHIAIA.....				68
7.9	SOLLECITAZIONI SUI MURI DI RISVOLTO.....				71
7.9.1	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati				79
7.10	SOLLECITAZIONI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE (DIREZIONE LONGITUDINALE).....				81
7.11	SOLLECITAZIONI SULLA PLATEA DI FONDAZIONE (DIREZIONE TRASVERSALE)				82
7.12	SOLLECITAZIONI SUI RITEGNI				83
7.12.1	Ritegni trasversali.....				83
7.12.2	Ritegni longitudinali				83
8	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI				84
8.1	PARAGHIAIA.....				84
8.1.1	Verifiche agli SLU				84
8.1.1.1	Verifica a flessione.....				84
8.1.1.2	Verifica a Taglio.....				85
8.1.2	Verifiche agli SLE.....				86
8.1.2.1	Verifiche tensionali				86
8.1.2.2	Verifiche a fessurazione				87
8.2	MURI DI RISVOLTO (MENSOLA ORIZZONTALE).....				88
8.2.1	Verifiche agli SLU				88
8.2.1.1	Verifica a flessione.....				88
8.2.1.2	Verifica a Taglio.....				89
8.2.2	Verifiche agli SLE.....				90
8.2.2.1	Verifiche tensionali				90
8.2.2.2	Verifiche a fessurazione				91

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL IV 28 A 6 001	Rev. A	Foglio 5 di 120
8.3					
8.3					
8.3.1					
8.3.1.1					
8.3.1.2					
8.3.2					
8.3.2.1					
8.3.2.2					
8.4					
8.4.1					
8.4.1.1					
8.4.1.2					
8.4.2					
8.4.2.1					
8.4.2.2					
8.5					
8.5.1					
8.5.1.1					
8.5.2					
8.5.2.1					
8.5.2.2					
8.6					
8.6.1					
8.6.1.1					
8.6.2					
8.6.2.1					
8.6.2.2					
8.7					
8.7.1					
8.7.1.1					
8.7.1.2					
8.7.2					
8.7.2.1					
8.7.2.2					
8.8					

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001

Rev.
A

Foglio
6 di 120

8.8.1	Verifiche agli SLU	110
8.8.1.1	Verifica a flessione.....	110
8.8.1.2	Verifica a Taglio.....	111
8.8.2	Verifiche agli SLE.....	112
8.8.2.1	Verifiche tensionali e a fessurazione.....	112
8.9	PALI DI FONDAZIONE – SECONDA SEZIONE CAMBIO ARMATURA (PROFONDITÀ 15.00M)	113
8.9.1	Verifiche agli SLU	113
8.9.1.1	Verifica a flessione.....	113
8.9.1.2	Verifica a Taglio.....	114
8.9.2	Verifiche agli SLE.....	115
8.9.2.1	Verifiche tensionali e a fessurazione.....	115
8.10	RITEGNI	116
8.10.1	Ritegni trasversali.....	116
8.10.2	Ritegni longitudinali.....	117
9	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	118
9.1	VERIFICA DI PORTANZA VERTICALE DELLA PALIFICATA.....	118
9.2	VERIFICA DI PORTANZA ORIZZONTALE DELLA PALIFICATA.....	120

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda l'analisi, il dimensionamento e la verifica dei principali elementi strutturali della spalla A del cavalcaferrovia denominato "Tang. Sus BS – Collegamento QBSE/AC" che sovrappassa la futura linea AV/AC Milano-Verona in prossimità della progressiva 107+055,597.

L'andamento planimetrico dell'opera è in rettilineo, la viabilità in progetto al di sopra del cavalcavia è una strada di tipo F2. La sezione trasversale dell'opera è costituita da una sede carrabile di 8.50m, e da due cordoli esterni di larghezza complessiva pari a 4.25m (2.125m ognuno).

Il cavalcaferrovia è costituito da 1 campata di luce 50.40m.

L'opera in oggetto è un ponte a via di corsa inferiore. La struttura portante è costituita da due travi a doppia T a sezione variabile ($h=2.20\text{m}$ in corrispondenza dell'asse appoggi e $h=3.80\text{m}$ in mezzera) che corrono longitudinalmente per l'intero sviluppo dell'impalcato. Ciascuna trave è scomposta in 6 conci di lunghezza variabile. Le travi principali sono collegate trasversalmente da traversi, posti ad interasse costante $i=3.20\text{m}$.

Il sistema di vincolamento previsto per il cavalcavia è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato. Tali dispositivi, essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidità orizzontale, garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre tali dispositivi sono dotati di una certa capacità dissipativa in funzione della mescola elastomerica utilizzata, indispensabile per minimizzare gli spostamenti della struttura isolata.

Le spalle dell'opera, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano un plinto di forma rettangolare attestato su una palificata di fondazione costituita da pali $\varnothing 1500\text{ mm}$. Lo sviluppo dell'elevazione è costituito da un fusto, dal superiore paraghiaia e da idonei muri di risvolto e orecchie atti a gestire il retrostante corpo del rilevato.

La realizzazione dell'opera si suddivide in due macrofasi, in particolare:

- la prima, in cui viene realizzato un cavalcaferrovia provvisorio a lato di quello esistente dove deviare il traffico durante le fasi di demolizione e di ricostruzione del definitivo.
- la seconda, in cui viene realizzato il cavalcaferrovia definitivo in aderenza a quello provvisorio, dove verrà riportato il traffico in seguito allo spostamento dell'impalcato.

Data la geometria delle due spalle, provvisoria e definitiva, la situazione più sfavorevole, per l'analisi globale della spalla, risulta quella del primo caso visto l'interasse minore tra i pali in direzione trasversale. Per quanto riguarda l'analisi in elevazione il caso più sfavorevole risulta sempre quello della spalla provvisoria, ad eccezione del risvolto per il quale si farà riferimento alla geometria della spalla definitiva.

Si riportano di seguito alcune immagini descrittive della spalla oggetto della presente relazione.

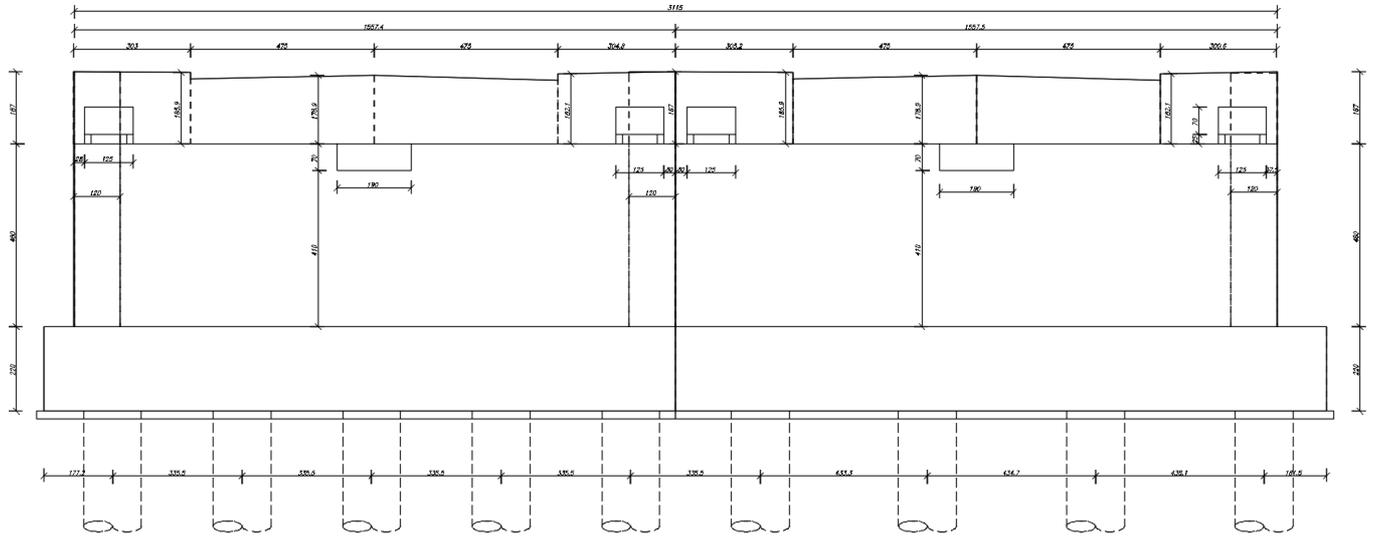


Figura 1 - Vista frontale

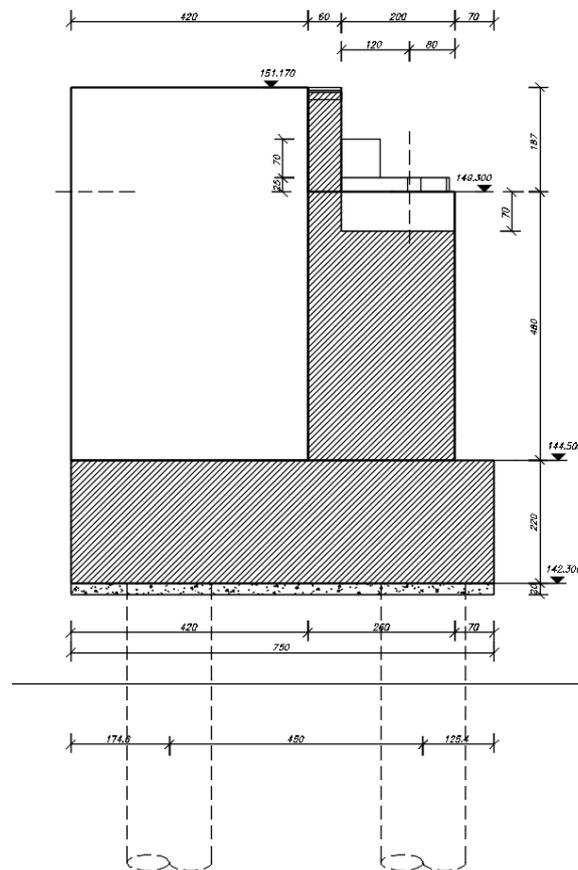


Figura 2 - Sezione in asse tracciamento

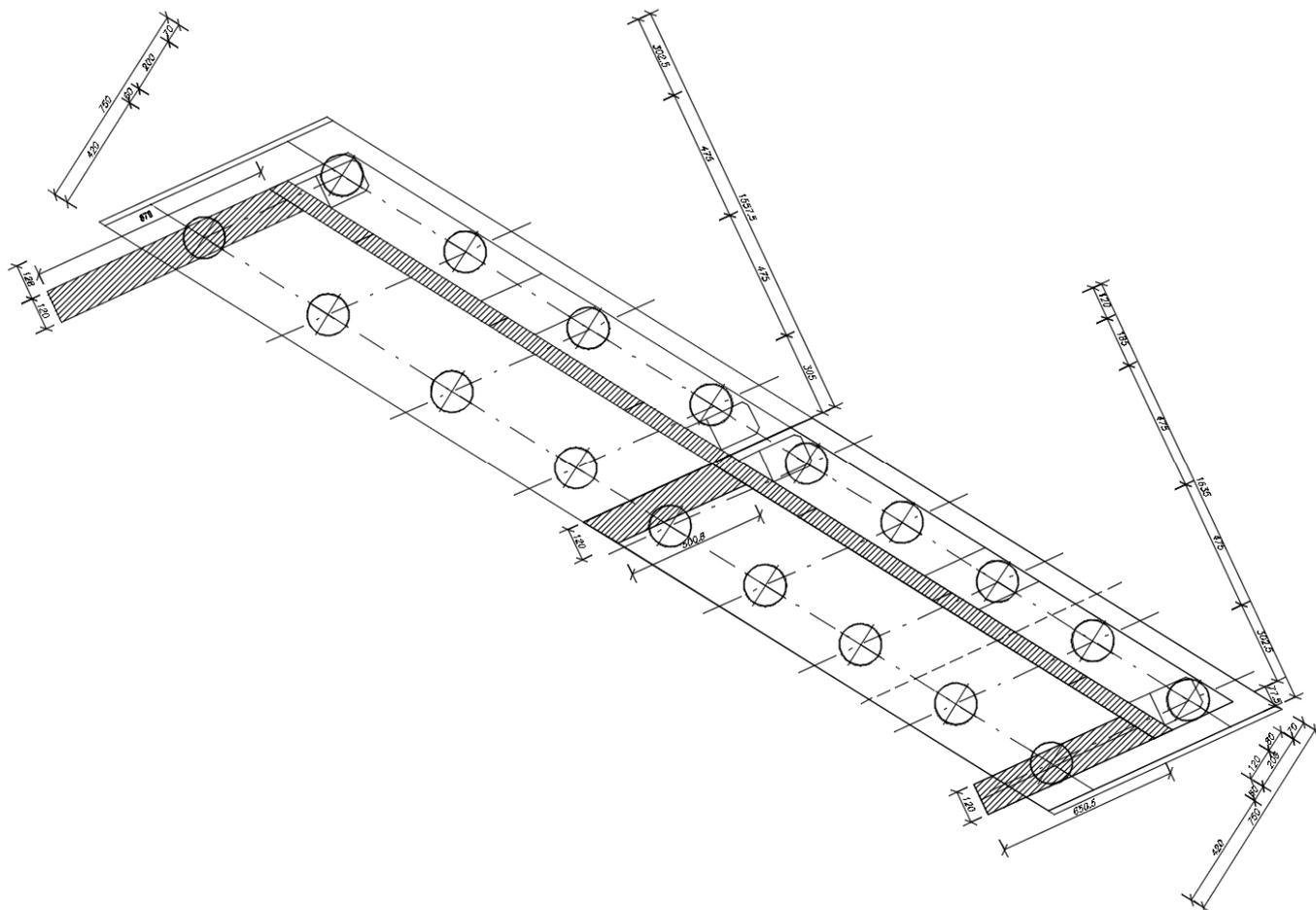


Figura 3 – Pianta fondazione e spiccato elevazione

Nella tabella seguente si riporta il riepilogo delle caratteristiche geometriche del cavalcaferrovia.

	L campata [m]	H fusto [m]	Tipo di fondazione provvisoria	Tipo di fondazione definitiva
SpA	50.40	4.80	10 pali 1500	10 pali 1500
SpB	50.40	7.30	10 pali 1500	12 pali 1500

2 NORME, DECRETI E DOCUMENTI

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

2.1 Opere in c.a. e strutture metalliche

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004: “Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-1-4 (Eurocodice 1) – Luglio 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- UNI EN 197-1:2011 – “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”.

2.2 Normativa specifica per i ponti stradali

- UNI EN 1991-2-1 (Eurocodice 1) – Marzo 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-2 (Eurocodice 3) – Gennaio 2007: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001

Rev.
A

Foglio
11 di 120

2.3 Geotecnica, fondazioni e geologia

- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1536:2010: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati”.

2.4 Ulteriori prescrizioni e specifiche tecniche di RFI e Italferr

- RFI DTC SI PS 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”.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi seguenti. Si riportano le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

3.1 Calcestruzzo

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2016 ed UNI 11104:2016.

Ai fini 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: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, viene assunta pari ad 5 mm in quanto si prescrive che l'esecuzione sia sottoposta ad un sistema di assicurazione della qualità, nella quale siano incluse le misure dei copriferri.

Si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copriferri minimi.

PARTE O ELEMENTO	Classe esposizione	Classe resistenza minima [MPa]	Ambiente	Copriferro minimo [mm]	Classe di resistenza adottata [MPa]
Cordoli laterali e marciapiedi	XC4 XD3 XF4	C 35/45	Molto Agg.	60	C 35/45
Soletta di impalcato	XC3	C 30/37	Ordinario	40	C 35/45
Baggioli e ritegni	XC4	C 32/40	Aggressivo	50	C 35/45
Elevazioni pile	XC4 XF1	C 32/40	Aggressivo	50	C 35/45
Elevazioni spalle	XC4 XF1	C 32/40	Aggressivo	50	C 32/40
Fondazioni pile e spalle	XC2	C 25/30	Ordinario	40	C 25/30
Pali e diaframmi di fondazione	XC2	C 25/30	Ordinario	60	C 25/30

Tabella 3.1 – Classi di cls e copriferri minimi

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Grandezza		u.m.	C25/30	C30/37	C32/40	C35/45
Resistenza caratteristica a compressione	f_{ck}	N/mm ²	25,00	30,00	32,00	35,00
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd}	N/mm ²	14,17	17,00	18,13	19,83
Resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	N/mm ²	1,80	2,00	2,12	2,25
Tensione di aderenza cls-armatura	f_{bd}	N/mm ²	2,70	3,00	3,18	3,37
Tensione massima di compressione (comb. rara)	σ_c	N/mm ²	15,00	18,00	19,20	21,00
Tensione massima di compressione (comb. q.p.)	σ_c	N/mm ²	11,25	13,50	14,40	15,75
Modulo elastico medio istantaneo	E_m	N/mm ²	31476	32836	33346	34077

Tabella 3.2 - Grandezze meccaniche relative al cls

3.2 Acciaio

3.2.1 Armature per c.a. – Acciaio B 450 C

Si utilizzano per le armature degli elementi in c.a. la seguente tipologia di acciaio:

Acciaio tipo: B450 C Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Proprietà		Requisito
Limite di snervamento	f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura	f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo	A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto	f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto	$f_y \text{ misurato} / f_y \text{ nom}$	$\leq 1,25$

3.2.2 Carpenteria metallica – Classe S355

Si utilizzano per le strutture metalliche del viadotto i seguenti tipi di acciaio:

Elementi saldati di spessore fino a 40mm S355J2G3
 Elementi saldati di spessore superiore a 40mm S355K2G3
 Elementi non saldati S355JO

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio da carpenteria utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Resistenza di calcolo ($t < 40$ mm) $f_d = 355$ N/mm²
 Resistenza di calcolo ($t > 40$ mm) $f_d = 335$ N/mm²
 Modulo elastico $E_s = 210000$ N/mm²

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
14 di 120

4 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Gli elaborati inerenti all'opera in oggetto sono elencati di seguito.

DESCRIZIONE	CODICE
<p><u>IV00 – CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO</u> PRESCRIZIONI MATERIALI E NOTE GENERALI STRADE CATEGORIA C2 – CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI STRADE CATEGORIA C2 CON PISTA CICLABILE – CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI RITEGNI SISMICI – DETTAGLI E POSIZIONAMENTO CUSCINETTI CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO – CONTROPIASTRE SUPERIORI PER DISPOSITIVI DI APPOGGIO SCHEMA FISSAGGIO PER MONTAGGIO DISPOSITIVI DI APPOGGIO SOLLEVAMENTO DEGLI IMPALCATI ARMATURA BAGGIOLI E RITEGNI ANTISISMICI SU PILE. TIPO A ARMATURA BAGGIOLI E RITEGNI ANTISISMICI SU PILE. TIPO B MESSA A TERRA E PREDISPOSIZIONE PER LA PROTEZIONE DALLE CORRENTI VAGANTI RELAZIONE DESCRITTIVA</p>	<p>INOR11EE24TIV0000001 INOR11EE2BZIV00A5002 INOR11EE2BZIV00A5003 INOR11EE2BYIV00A4001 INOR11EE2BZIV00A5004 INOR11EE2DZIV00A5001 INOR11EE2BCIV00A1001 INOR11EE2BCIV00A4001 INOR11EE2BCIV00A4002 INOR11EE2ROIV00A0001</p>
<p><u>IV28 – CAVALCAFERROVIA TANG. SUD BS – COLLEGAMENTO QBSE/AC km 107+055,597</u> RELAZIONE TECNICA GENERALE CAVALCAFERROVIA RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA A RELAZIONE DI CALCOLO SPALLA B RELAZIONE SUL COMPORTAMENTO SISMICO DELL'OPERA, APPOGGI, RITEGNI SISMICI E GIUNTI DI DILATAZIONE RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO PIANTE FONDAZIONI E PIANTE IMPALCATO SEZIONE LONGITUDINALE, PROSPETTO LONGITUDINALE E SEZIONE TRASVERSALE PIANTE TRACCIAMENTO SOTTOSTRUTTURE E PLINTI DI FONDAZIONE PIANTE SCAVI CARPENTERIA SPALLA A – TAVOLA 1/2 CARPENTERIA SPALLA A – TAVOLA 2/2 CARPENTERIA SPALLA B – TAVOLA 1/2 CARPENTERIA SPALLA B – TAVOLA 2/2 ARMATURA PALI DI FONDAZIONE SPALLE ARMATURA SPALLA A – TAVOLA 1/2 ARMATURA SPALLA A – TAVOLA 2/2 ARMATURA SPALLA B – TAVOLA 1/2 ARMATURA SPALLA B – TAVOLA 2/2 ARMATURA BAGGIOLI E RITEGNI ANTISISMICI SU SPALLE DISPOSITIVI DI APPOGGIO E GIUNTI CARPENTERIA IMPALCATO – DETTAGLI ED ARREDO CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO – DISEGNO D'ASSIEME CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO – SEZIONI TRASVERSALI E DETTAGLI CARPENTERIA METALLICA IMPALCATO – TRAVERSI LASTRE TRALICCIATE IMPALCATO – TAVOLA 1/2 LASTRE TRALICCIATE IMPALCATO – TAVOLA 2/2 ARMATURA SOLETTA IMPALCATO FASI COSTRUTTIVE – TAVOLA 1/2 FASI COSTRUTTIVE – TAVOLA 2/2 RELAZIONE GEOTECNICA PROFILO STRATIGRAFICO OPERE PROVISIONALI – SPALLA A – SPALLA B OPERE PROVISIONALI – SPALLA A – SPALLA B – RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>INOR12EE2ROIV28A0001 INOR12EE2CLIV28A6001 INOR12EE2CLIV28A6002 INOR12EE2CLIV28A0001 INOR12EE2CLIV28A5001 INOR12EE2P9IV28A0001 INOR12EE2PZIV28A0001 INOR12EE2P9IV28A3001 INOR12EE2P9IV2801001 INOR12EE2BZIV28A6001 INOR12EE2BZIV28A6002 INOR12EE2BZIV28A6003 INOR12EE2BZIV28A6004 INOR12EE2BZIV28A3001 INOR12EE2BZIV28A6005 INOR12EE2BZIV28A6006 INOR12EE2BZIV28A6007 INOR12EE2BZIV28A6008 INOR12EE2BCIV28A6001 INOR12EE2BZIV28A5001 INOR12EE2BZIV28A5002 INOR12EE2BZIV28A5003 INOR12EE2BZIV28A5004 INOR12EE2BZIV28A5005 INOR12EE2BBIV28A5001 INOR12EE2BZIV28A5007 INOR12EE2BZIV28A5008 INOR12EE2BZIV28A1001 INOR12EE2BZIV28A1002 INOR12EE2RBIV2800001 INOR12EE2FZIV2800001 INOR12EE2BZIV28A1003 INOR12EE2CLIV28A1001</p>

5 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.

5.1 Criteri e definizione dell'azione sismica

5.1.1 Tipo di analisi condotta

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, 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.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli Stati Limite di Esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli Stati Limite Ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali.

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.

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

Con riferimento al § 7.9.2., le spalle rientrano tra le opere alle quali non è richiesta capacità dissipativa. Si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica il comportamento elastico (fattore di struttura assunto unitario). Queste strutture, muovendosi con il terreno, non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo: le forze di inerzia di progetto possono pertanto essere determinate considerando un'accelerazione pari ad $a_g \cdot S$ (§ 7.9.5.6.2).

Il livello di protezione richiesto per la sottostruttura nei confronti dello SLD è da ritenere conseguito se sono soddisfatte le relative verifiche allo SLV.

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici di seguito definiti, di cui la componente verticale è considerata agente verso l'alto o verso il basso in quanto di pertinenza, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Il calcolo dell'azione sismica verticale e dell'azione sismica orizzontale dovuta alla massa inerziale attinente alla struttura della spalla ed al terreno imbarcato viene eseguito con analisi pseudostatica (NTC § 7.11.6) mediante metodi di equilibrio limite. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

ove:

- a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

L'accelerazione massima è valutata mediante la seguente relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

Essendo la spalla una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m , assume valore unitario (NT § 7.11.6.2.1).

Le spinte delle terre, in condizioni sismiche, sono calcolate in regime di spinta attiva, condizione che comporta il calcolo della sovraspinta sismica con la formula di Mononobe-Okabe:

$$\Delta P_d = 1/2 \times S \times (1 + k_v) \times (K - k_a) \times \gamma \times h_{\text{tot}}^2$$

Il punto di applicazione della sovraspinta che interessa la spalla è posto $h/2$.

Il calcolo dell'azione sismica orizzontale dovuta alla massa inerziale attinente all'impalcato è derivato da una analisi dinamica che ha coinvolto l'intero organismo strutturale costituito da impalcato, dispositivi di vincolo e sottostrutture. Tale analisi, avente come obiettivo, tra l'altro, la determinazione dei requisiti prestazioni dei dispositivi di vincolamento, viene diffusamente descritta nel documento "Relazione di Calcolo apparecchi di appoggio e giunti di dilatazione". L'azione sismica sulla spalla dovuta alla massa inerziale dell'impalcato è determinata sulla base delle risultanze dell'analisi dinamica secondo la relazione

$$F_0 = \delta \cdot K_e$$

ove:

- δ spostamento orizzontale massimo dell'impalcato (riferimento alla sezione di appoggio sulla spalla) nelle Configurazioni di Carico sismiche (SLV);
- K_e rigidità orizzontale equivalente del complessivo sistema di vincolamento dell'impalcato sulla spalla nelle Configurazioni di Carico sismiche (SLV).

5.1.2 Definizione dei parametri di caratterizzazione sismica

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 si esegue la determinazione dei parametri sismici che caratterizzano il sito di riferimento. I dati sismici del sito di costruzione, di seguito riportati, sono relativi alla sismicità propria del sito di ubicazione.

I parametri di vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento, vengono determinati conformemente a quanto previsto nel paragrafo 2.4 delle NTC 2008 e sulla base delle caratteristiche dell'opera progettata.

Trattandosi di un ponte di importanza strategica, si assume quale valore di vita nominale $V_N=100$ anni.

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera si colloca in Classe d'uso III: Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Alla suddetta classe d'uso è associato un valore del coefficiente d'uso $C_U=1,5$.

Si determina quindi il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ anni}$$

La classificazione del terreno di fondazione è determinata sulla base delle risultanze della relazione geotecnica allegata alla documentazione.

Le condizioni topografiche del sito, come dichiarato in relazione geotecnica, sono riconducibili a quelle della categoria T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$). La normativa vigente associa alla suddetta categoria un coefficiente di amplificazione topografica $S_T=1$.

Nella tabella seguente si riassumono i dati di base di caratterizzazione sismica:

Vita nominale (V_N)	100 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso (C_U)	1,5
Periodo di riferimento (V_R)	150 anni
Categoria topografica	T1

Tabella 5.1 - Dati di base per la caratterizzazione sismica

I valori dei parametri sismici, caratterizzanti la sismicità del sito di ubicazione, sono costituiti da:

- accelerazione orizzontale massima al suolo (a_g);
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale (F_0);
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale (TC^*).

I valori dei parametri sismici in oggetto, unitamente alla classificazione del terreno ai fini della caratterizzazione sismica, sono riportati in sede di analisi della struttura, quali dati di base nella definizione delle azioni sismiche.

5.2 Spinta delle terre

La spinta del terreno viene valutata in regime di spinta a riposo in condizioni statiche mentre, in condizioni sismiche, in regime di spinta attiva.

Le caratteristiche geomeccaniche assunte per il terreno utilizzato per il terrapieno della spalla sono valutate in uniformità a quanto previsto dal capitolato d'appalto in materia di materiale da rilevato e riportati in sede di analisi della struttura, quali dati di base nella definizione delle azioni di spinta delle terre.

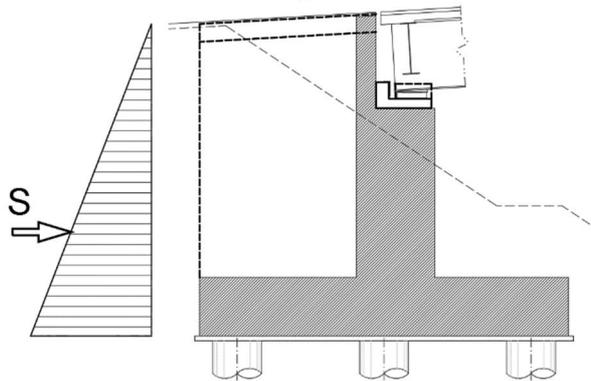
L'andamento delle tensioni orizzontali efficaci assume forma triangolare con valore massimo alla base:

$$\sigma = K \gamma H \quad [\text{kN/m}^2]$$

La risultante di spinta statica è pari a:

$$S_{stat} = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot k \quad [\text{kN/ m}]$$

La spinta così calcolata è applicata ad una distanza $H/3$ a partire dalla base della fondazione



In condizioni statiche si considera un sovraccarico accidentale pari a $q_{es}=30.00 \text{ kN/m}^2$.

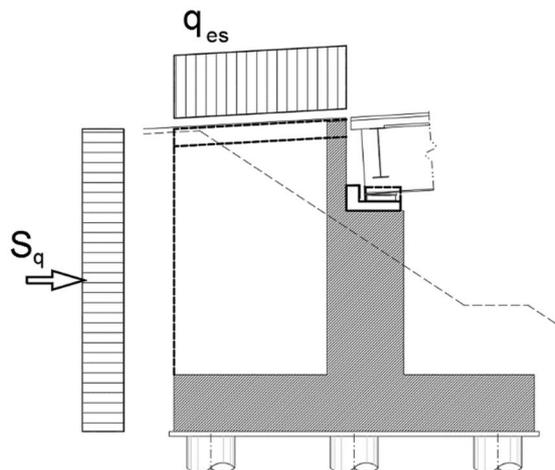
Il diagramma delle tensioni orizzontali che ne scaturiscono ha andamento costante con modulo pari a:

$$\sigma_q = q_{es} \cdot k \quad [\text{kN/m}^2]$$

La risultante di spinta è pari a:

$$S_q = q_{es} \cdot H \cdot k \quad [\text{kN/ m}]$$

La risultante di spinta è applicata a $1/2$ dell'altezza dalla base.



5.3 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 NT. Si riporta di seguito la sintesi delle combinazioni di carico previste dalla norma:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al 2.7 delle NTC:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d :

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

5.3.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

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

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU) - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR) - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni.

- combinazione 1 →(A1+M1+R1)→STR
- combinazione 2 →(A2+M1+R2)→GEO (carico limite)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 5.2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 5.3 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 5.4 - Coefficienti parziali γ_R per la resistenza del sistema

Per la condizione sismica le verifiche agli stati limite ultimi 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 sopra indicati (7.11.1 NTC).

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

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

Per opere del tipo in oggetto è lecito assumere valore nullo per il coefficiente ψ_{2i} .

5.3.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (stato tensionale e fessurazione) si adoperano le combinazioni di carico *rara*, *frequente* e *quasi permanente*. Conservativamente, in sede di verifica, potranno essere considerate le combinazioni di carico rare anche in rappresentanza delle combinazioni di carico frequenti e quasi permanenti.

5.3.3 Coefficienti di combinazione delle azioni dovute al traffico

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si considerano le combinazioni riportate nella seguente tabella:

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m ²
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3^a categoria
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tabella 5.5 – Combinazioni dei carichi delle azioni dovute al traffico

Nella seguente tabella, invece, si riportano i coefficienti di combinazione delle diverse categorie di azione:

<i>Azioni</i>	<i>Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)</i>	<i>Coefficiente ψ_0 di combinazione</i>	<i>Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)</i>	<i>Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)</i>
<i>Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)</i>	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
<i>Vento q_s</i>	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico SLU e SLE Esecuzione	0,6 0,8	0,2 ----	0,0 0,0
<i>Neve q_s</i>	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE esecuzione	0,0 0,8	0,0 0,6	0,0 0,5
<i>Temperatura</i>	T_k	0,6	0,6	0,5

Tabella 5.6 – Coefficienti di combinazione delle diverse categorie di azione

5.3.1 Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi strutturali

Sono state considerate tutte le combinazioni di carico contemplate dalla normativa per il caso in esame ma di seguito, per brevità di esposizione, si riportano le combinazioni più significative.

In sede di analisi della struttura, i coefficienti di combinazione delle azioni elementari nelle varie Combinazioni di Carico indagate risultano pertanto:

SLU-A1:

	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4	Comb. 5	Comb. 6	Comb. 7	Comb. 8	Comb. 9	Comb. 10	Comb. 11
Pesi propri e portati impalcato	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Inerzia sismica impalcato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Traffico impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	1.01	1.01	1.01
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35
DT	1.20	0.72	0.72	0.72	0.72	1.20	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Vento	0.00	1.50	0.00	0.90	1.50	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Peso proprio spalla	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Inerzia sismica spalla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terreno imbarcato	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Spinta a riposo terre	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Spinta attiva terre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sovrappinta sismica terre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inerzia sismica terreno imbarcato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Traffico tergo spalla	0.00	0.00	1.35	1.35	0.54	0.54	0.00	0.54	1.35	0.00	0.54

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
24 di 120SLE Rare:

	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4	Comb. 5	Comb. 6	Comb. 7	Comb. 8	Comb. 9	Comb. 10	Comb. 11
Pesi propri e portati impalcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Inerzia sismica impalcato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Traffico impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75
Frenatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
DT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vento	0.00	1.00	0.00	0.60	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Peso proprio spalla	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Inerzia sismica spalla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terreno imbarcato	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta a riposo terre	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta attiva terre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sovraspinta sismica terre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inerzia sismica terreno imbarcato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Traffico tergo spalla	0.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.40	0.00	0.40	1.00	0.00	0.40

SLE Frequenti:

	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4
Pesi propri e portati impalcato	1,00	1,00	1,00	1,00
Inerzia sismica impalcato	-	-	-	-
Traffico impalcato	0,00	0,00	0,00	0,75
Frenatura	0,00	0,00	0,00	0,00
DT	0,60	0,50	0,50	0,50
Vento	0,00	0,00	0,20	0,00
Peso proprio spalla	1,00	1,00	1,00	1,00
Inerzia sismica spalla	-	-	-	-
Terreno imbarcato	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta a riposo terre	1,00	1,00	1,00	1,00
Spinta attiva terre	-	-	-	-
Sovraspinta sismica terre	-	-	-	-
Inerzia sismica terreno imbarcato	-	-	-	-
Traffico tergo spalla	0,00	0,40	0,00	0,00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
25 di 120SLE Quasi Permanenti:

	Comb. 1
Pesi propri e portati impalcato	1.00
Inerzia sismica impalcato	-
Traffico impalcato	0.00
Frenatura	0.00
DT	0.50
Vento	0.00
Peso proprio spalla	1.00
Inerzia sismica spalla	-
Terreno imbarcato	1.00
Spinta a riposo terre	1.00
Spinta attiva terre	-
Sovrappinta sismica terre	-
Inerzia sismica terreno imbarcato	-
Traffico tergo spalla	0.00

SLV:

	Comb. 1
Pesi propri e portati impalcato	1.00
Inerzia sismica impalcato	1.00
Traffico impalcato	-
Frenatura	-
DT	0.50
Vento	-
Peso proprio spalla	1.00
Inerzia sismica spalla	1.00
Terreno imbarcato	1.00
Spinta a riposo terre	-
Spinta attiva terre	1.00
Sovrappinta sismica terre	1.00
Inerzia sismica terreno imbarcato	1.00
Traffico tergo spalla	-

5.4 Valutazione delle sollecitazioni sugli elementi strutturali

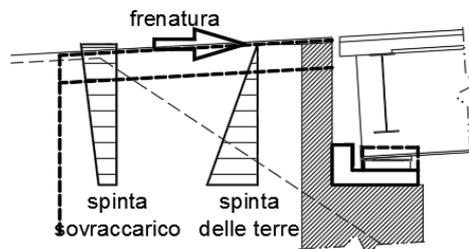
5.4.1 Paraghiaia

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato sulla base delle spinte delle terre, di quelle derivanti dal sovraccarico sul rilevato, nonché dell'azione di frenamento determinata ai sensi della Circ. Min. LL. PP. 617/2009 p.to C5.1.3.3.7.2. La condizione sismica viene valutata con le relative sovraspinte.

Il paraghiaia presenta uno schema statico di lastra incastrata su 3 lati (alla base sul fusto ed alle estremità laterali sui muri di risvolto). Tale schema può essere semplificato in via conservativa come duplice funzionamento (vedi figure):

- calcolo delle sollecitazioni che interessano le fibre verticali: si considera il funzionamento di schema di mensola verticale inflessa incastrata nel fusto;
- calcolo delle sollecitazioni che interessano le fibre orizzontali: si considera il funzionamento di schema di mensola orizzontale tenso-inflessa (con trazione connessa alle spinte agenti sui muri di risvolto) incastrata nei muri di risvolto.

Schema a)



Schema b)

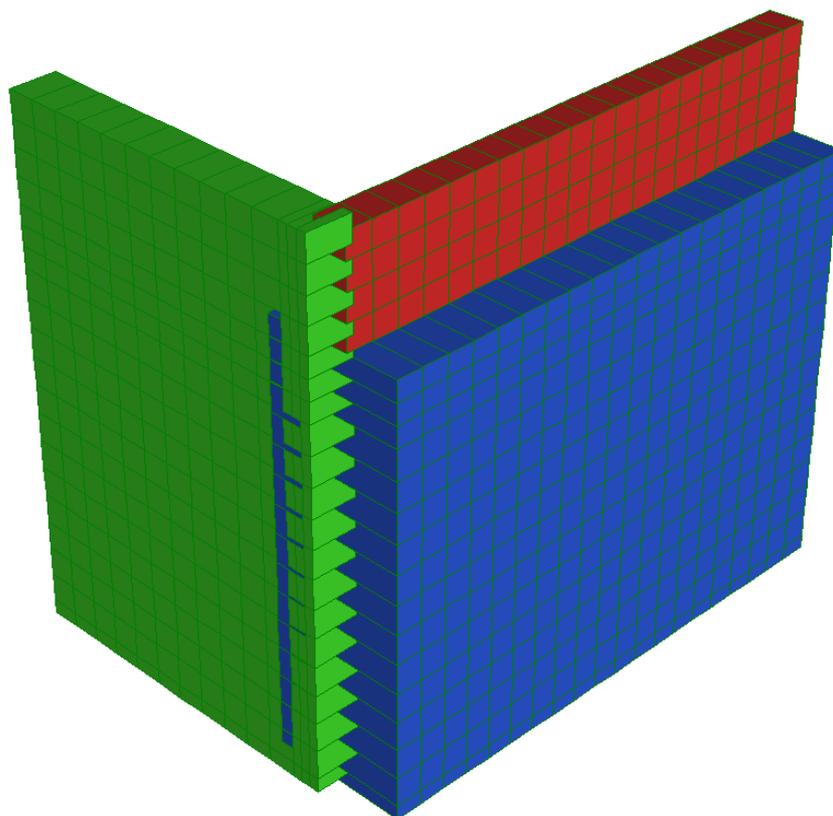


In considerazione dei rapporti dimensionali caratterizzanti il paraghiaia della spalla in oggetto, come funzionamento dimensionante, è assunto lo schema statico di mensola verticale incastrata alla base sul fusto. Nella direzione ortogonale verrà comunque disposta idonea armatura atta a garantire un buon funzionamento d'assieme e ad assorbire eventuali sollecitazioni flessionali secondarie.

5.4.2 Muri di risvolto e orecchie

L'analisi dei muri di risvolto e delle orecchie è stata eseguita mediante un modello di calcolo implementato con il software Straus7, grazie al quale è stato possibile valutare la ripartizione delle sollecitazioni nelle strutture in elevazione.

La geometria della struttura e i rapporti reciproci tra gli elementi strutturali sono chiaramente individuati dalle immagini dei modelli strutturali riportati di seguito.



Il modello è composto dal fusto, dal superiore paraghiaia e dai retrostanti muri di risvolto che terminano con le orecchie aggettanti. Le varie parti della struttura sono state modellate con elementi a quattro nodi tipo "shell".

Le strutture in calcestruzzo sono vincolate rigidamente tra loro, mentre, i vincoli alla base, realizzati con incastri, riproducono il collegamento delle strutture in elevazione con la platea di fondazione.

Il peso proprio di tutti gli elementi strutturali modellati è calcolato in automatico dal software utilizzato.

Essendo l'analisi limitata alle strutture costituenti i muri di risvolto e le orecchie, il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato sulla base delle spinte delle terre e di quelle derivanti dal sovraccarico sul rilevato, trascurando le azioni derivanti dall'impalcato in quanto non influenti per le analisi delle porzioni di struttura in oggetto. La condizione sismica viene valutata con le relative sovraspinte.

I carichi sono stati inseriti mediante l'applicazione di carichi di superficie direttamente sui singoli elementi bidimensionali.

5.4.3 Platea di fondazione

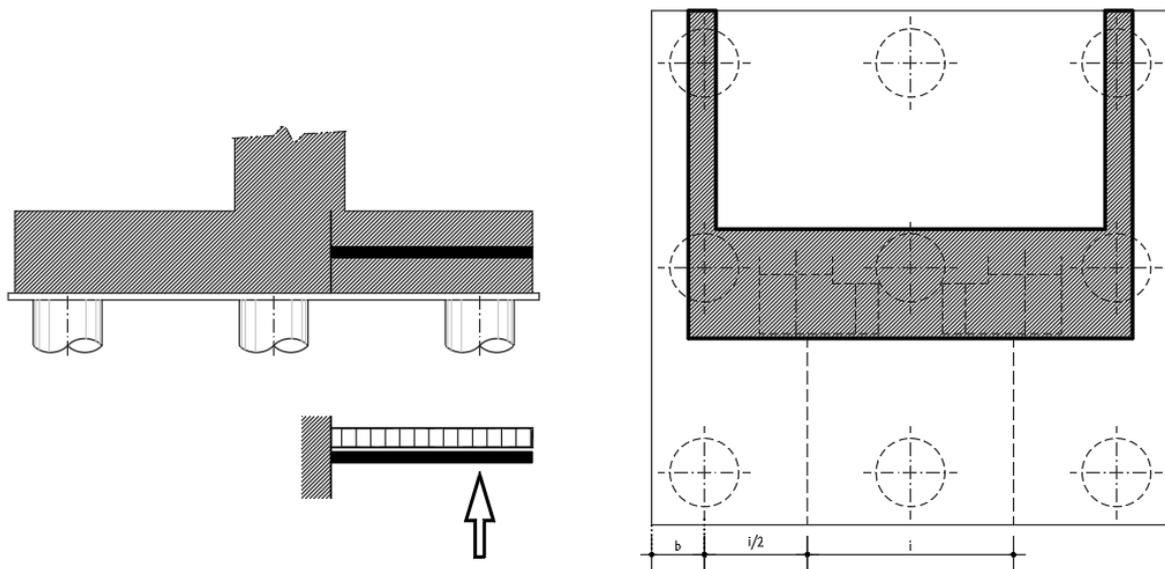
Il plinto, in direzione longitudinale, è una struttura tozza nel quale si formano flussi di tensioni di compressione nel calcestruzzo e flussi di tensioni di trazione che si ipotizzano localizzati nelle armature. La verifica è svolta applicando il criterio tirante-puntone calcolando la tensione massima sulle barre di armatura inferiori esistenti e confrontandola con le tensioni ammissibili.

La biella significativa, in corrispondenza del palo d'angolo più sollecitato, congiunge la testa del palo con la sezione di incastro del fusto.

La sezione resistente viene valutata considerando una diffusione con un angolo a 45° e limitando la sua larghezza all'interasse tra i pali e al bordo della platea.

Il comportamento della platea in direzione trasversale è riconducibile allo schema di trave a mensola vincolata in corrispondenza dell'incastro con lo spiccato fusto. La mensola risulta caricata dall'azione assiale dei pali frontali (soggetti a massimo sforzo normale di compressione), sgravata del peso proprio della platea e del peso del terreno di ricoprimento. Lo schema di calcolo è il seguente con larghezza di calcolo al minimo tra:

- l'interasse dei pali i
- il semi-interasse dei pali sommato alla larghezza dello sbalzo trasversale $i/2+b$



In corrispondenza degli allineamenti dei pali, ove si prevede una concentrazione degli stati sollecitativi e tensionali, viene prevista una quantità di armatura integrativa.

Vista la geometria globale della spalla non risultano significative le verifiche della platea in direzione trasversale e quelle dello sbalzo posteriore.

5.4.4 Pali di fondazione

Per quanto riguarda i criteri di calcolo impiegati per le analisi, il dimensionamento e la determinazione della capacità portante delle palificate si rimanda alla specifica Relazione Geotecnica.

6 CRITERI DI VERIFICA

6.1 Verifiche SLU

6.1.1 Resistenza a sforzo normale e flessione

Si fa riferimento alle ipotesi di base riportate nel paragrafo 4.1.2.1.2.1 delle NT:

- Conservazione delle sezioni piane,
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo,
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla,
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione,
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Per quanto concerne i materiali si adotta il diagramma di calcolo tensione-deformazione “parabola-rettangolo” per il calcestruzzo, elastico-perfettamente plastico per l'acciaio.

La verifica di resistenza si conduce confrontando $M_{Rd}(N_{Ed})$ con M_{Ed} come indicato di seguito:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ,

N_{Ed} è il valore di calcolo della compressione assiale (sforzo normale) dell'azione,

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

6.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

Si distingue tra elementi non armati a taglio (paragrafo 4.1.2.1.3.1 delle NT) ed elementi armati a taglio con staffe (paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NT).

6.1.2.1 Elementi non armati a taglio

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove:

V_{Rd} è il valore di calcolo della resistenza a taglio,

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

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

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

Con:

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

$$u_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

dove:

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

ρ_1 è il rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02),

σ_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{ck}$),

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

6.1.2.2 Elementi armati a taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} per elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio è valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio.

Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo ed i puntoni d'anima inclinati.

L'inclinazione ϑ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i seguenti limiti:

$$1 \leq \text{ctg } \vartheta \leq 2.5.$$

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed},$$

dove:

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

Con riferimento all'armatura trasversale (staffe), la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw}/s f_{yd} \text{ctg } \vartheta.$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} \text{ctg } \vartheta (1 + \text{ctg}^2 \vartheta).$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd}, V_{Rsd}),$$

dove:

d è l'altezza utile della sezione,

σ_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{ck}$),

b_w è la larghezza minima della sezione,

A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale,

s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive,

f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima,

α_c è il coefficiente maggiorativo funzione di σ_{cp} .

6.2 Verifiche SLE

6.2.1 Verifiche allo stato limite di fessurazione

In ordine di severità si distinguono i seguenti stati limite:

- Stato limite di decompressione nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- Stato limite di formazione delle fessure nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:
 $\sigma_{ct} = f_{ctm}/1.2$,
 con f_{ctm} definito nel paragrafo 11.2.10.2 delle NT;
- Stato limite di apertura delle fessure, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm};$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm};$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$$

Lo stato limite di fessurazione è fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito. Le combinazioni di riferimento sono:

- Combinazione Quasi Permanente,
- Combinazione Frequente.

Le condizioni ambientali si distinguono come riportato nella tabella seguente:

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 6.1 – Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per quanto concerne la sensibilità delle armature, trattandosi di armature di acciaio ordinario queste si considerano poco sensibili.

La scelta dei limiti di fessurazione si esegue sulla base di quanto riportato nella tabella seguente:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 6.2 – Limiti di fessurazione

Per quanto concerne gli stati limite di decompressione (“a” nell’elenco precedente) e di formazione delle fessure (“b”), le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

Per quanto concerne lo stato limite di apertura delle fessure il valore di calcolo di apertura w_d non deve superare i valori nominali w_1 , w_2 , w_3 secondo quanto riportato nella tabella precedente.

Il valore di calcolo è dato da:

$$w_d = 1.7 w_m,$$

dove:

w_m rappresenta l’ampiezza media delle fessure.

L’ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura ϵ_{sm} per la distanza tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}.$$

Per i valori di ϵ_{sm} e Δ_{sm} si fa riferimento a quanto indicato da comprovata letteratura tecnica.

Nella Circolare Applicativa del 2009, si fa riferimento al seguente calcolo per w_d :

$$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{sm,max}$$

dove:

$\Delta_{sm,max}$ rappresenta la distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria delle barre, ϵ_{sm} , può essere calcolata con la seguente espressione:

$$\epsilon_{sm} = 1/E_s [\sigma_s - k_t f_{ctm}/\rho_{eff} (1 + \alpha_e \rho_{eff})] \geq 0.6 \sigma_s/E_s,$$

dove:

σ_s è la tensione nell’armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata,

α_e è il rapporto E_s/E_{cm} ,

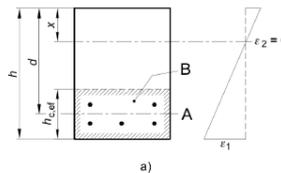
ρ_{eff} è pari ad $A_s/A_{c,eff}$,

$A_{c,eff}$ è l’area efficace di calcestruzzo teso attorno all’armatura, di altezza $h_{c,ef}$, dove $h_{c,ef}$ è il valore minore tra $2.5(h-d)$, $(h-x)/3$ ed $h/2$ (come indicato in figura seguente); nel caso di elementi in trazione, in cui esistono due aree efficaci, l’una all’estradosso e l’altra all’intradosso, entrambe le aree vanno considerate separatamente,

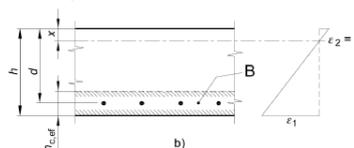
k_t è un fattore dipendente dalla durata del carico.

Legenda

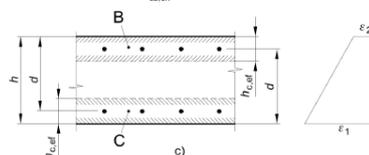
- a) Trave
A Livello del baricentro dell’acciaio
B Area tesa efficace, $A_{c,eff}$



- b) Piastra
B Area tesa efficace, $A_{c,eff}$



- c) Elemento in trazione
B Area tesa efficace di estradosso, $A_{c,t,eff}$
C Area tesa efficace di intradosso, $A_{c,b,eff}$



Per quanto concerne la distanza massima Δ_{smax} , nel caso in cui l'armatura sia disposta con una spaziatura non superiore a $5(c + \phi/2)$, essa può essere valutata come segue:

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_3 k_4 \phi / \rho_{eff},$$

dove:

ϕ è il diametro delle barre (se nella sezione sono impiegate barre di diametro diverso si raccomanda l'uso di un opportuno diametro equivalente ϕ_{eq}),

c è il ricoprimento delle barre di armatura,

k_1 è funzione dell'aderenza delle armature,

k_2 è funzione dello stato sollecitativo di trazione o flessione,

k_3 assume il valore fisso di 3.4,

k_4 assume il valore fisso di 0.425.

Nel caso in esame, come riportato nelle caratteristiche dei materiali, le strutture di elevazione presentano classe di esposizione XC4 e XF1, le strutture di fondazione XC2 e i pali di fondazione XC2. Si ottengono pertanto i seguenti limiti per lo stato limite di fessurazione:

	Condizioni ambientali	Combinazione azioni	limite apertura fessure w_a
Strutture di elevazione	Aggressive	Frequente	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
		Quasi Permanente	$\leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$
Strutture di fondazione	Ordinarie	Frequente	$\leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$
		Quasi Permanente	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
Pali di fondazione	Ordinarie	Frequente	$\leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$
		Quasi Permanente	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

Nei casi previsti dalla norma, la verifica di fessurazione può essere condotta per via indiretta (C4.1.2.2.4). Essa consiste nell'appurare che la tensione nelle barre di armatura sia limitata entro determinati valori tabellati in funzione del diametro della barra e della spaziatura massima:

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Diametro massimo ϕ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

6.2.2 Verifiche delle tensioni in esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c deve rispettare la seguente limitazione:

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara),
- $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.

La tensione massima per l'acciaio σ_s deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ per combinazione caratteristica.

Nel caso in esame si ottiene pertanto:

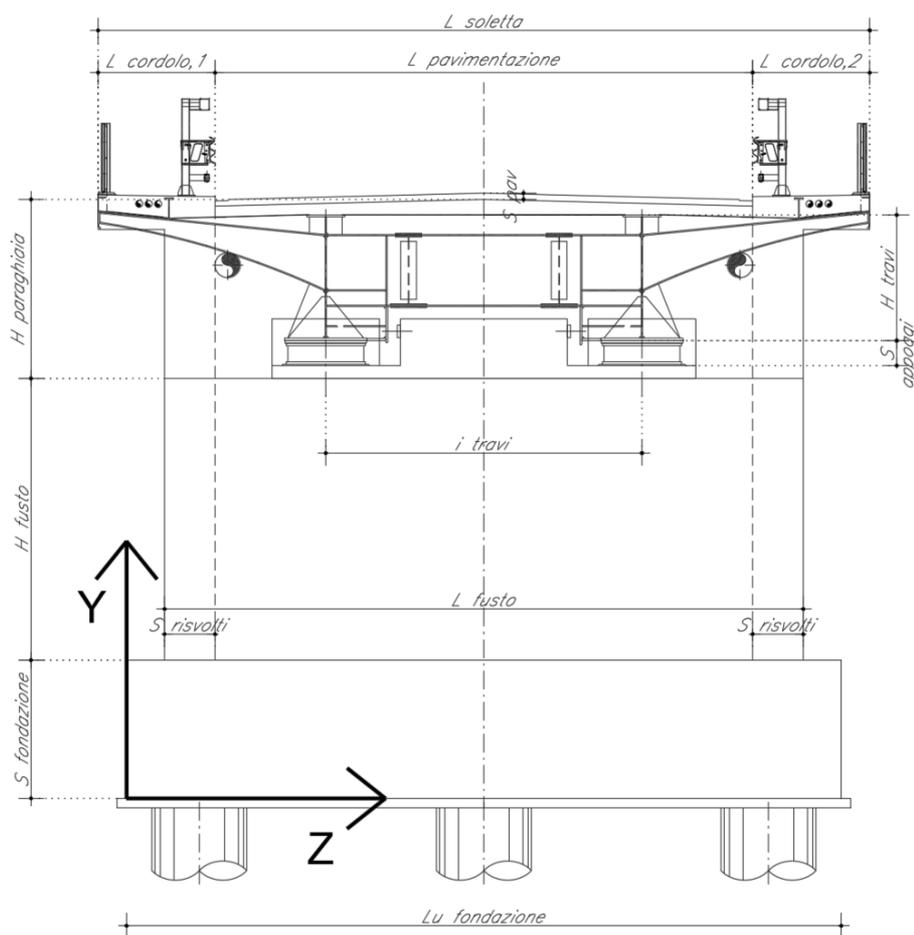
- Per le strutture di elevazione $f_{ck} = 32 \text{ MPa}$ da cui:
 - $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica (rara),
 - $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente.
- Per le strutture di fondazione e per i pali di fondazione $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ da cui:
 - $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 15 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica (rara),
 - $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 11.3 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente.
- Per l'acciaio B450C la tensione deve rispettare il seguente limite: $\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 360 \text{ Mpa}$

7 ANALISI DELLA SPALLA

Nel presente paragrafo si riporta l'analisi globale della spalla in oggetto. Per la geometria e le caratteristiche dimensionali si fa riferimento alle figure riportate in premessa. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

7.1 Sistema di riferimento

Nell'immagine riportata di seguito viene rappresentato il sistema di riferimento impiegato per svolgere l'analisi.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

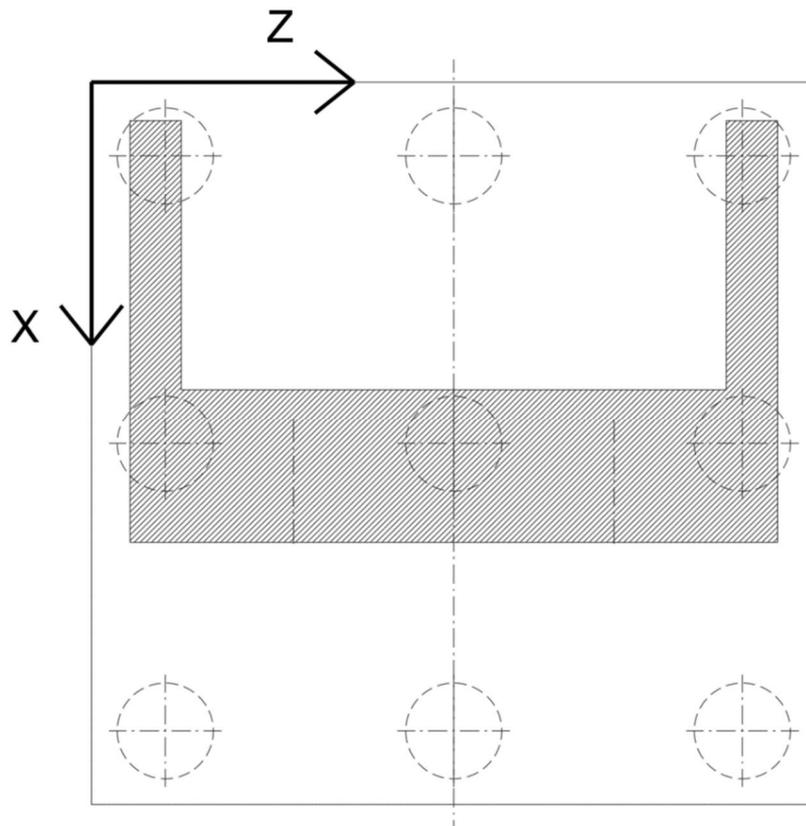
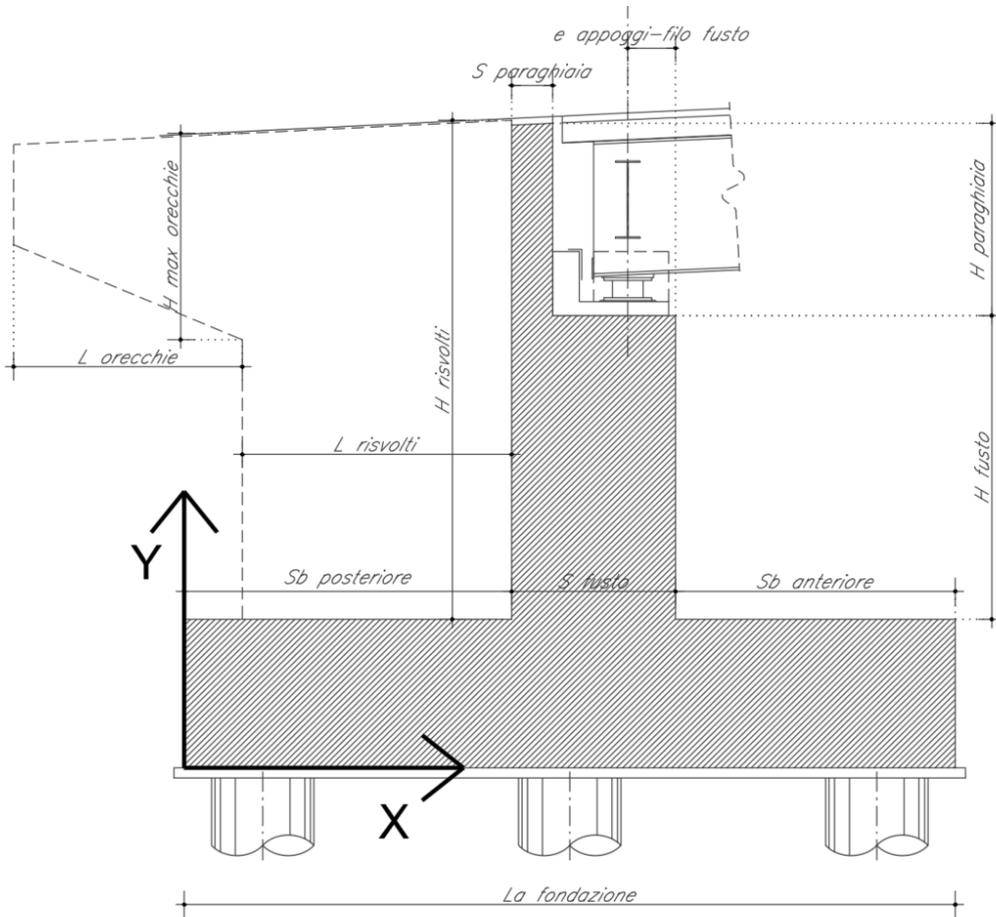
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001

Rev.
A

Foglio
36 di 120



7.2 Dati di input

7.2.1 Geometria dell'impalcato

Si riportano di seguito i principali dati geometrici dell'impalcato necessari per l'analisi della spalla. La simbologia adottata fa riferimento ai parametri indicati nelle figure precedenti.

Dati relativi all'impalcato

Numero travi	n° travi	2,00
Lunghezza impalcato (m)	L _{impalcato}	50,40
Interasse travi (m)	i _{travi}	13,75
Altezza travi in corrispondenza dell'appoggio (m)	H _{travi}	2,20
Interasse appoggi (m)	i _{appoggi}	50,40
Lunghezza di afferenza alla spalla (m)	L _{afferenza(spalla)}	25,20
Larghezza pavimentazione (m)	L _{pavimentazione}	9,50
Spessore pavimentazione (m)	S _{pavimentazione}	0,10
Larghezza soletta (m)	L _{soletta}	13,73
Larghezza carreggiata (m)	L _{carreggiata}	9,50
Spessore medio soletta (m)	S _{soletta}	0,23
Larghezza cordolo n° 1 -a maggior z- (m)	L _{cordolo,1}	2,125
Larghezza cordolo n° 2 -a minor z- (m)	L _{cordolo,2}	2,125
Altezza max cordoli (m)	H _{max,cordoli}	0,24
Altezza media cordoli (m)	H _{media,cordoli}	0,20

Dati relativi agli appoggi ed alla curvatura impalcato

Spessore apparecchi di appoggio della spalla (m)	S _{appoggi}	0.30
Posizione asse appoggi rispetto a filo valle fusto (m)	e _{appoggi-filo fusto}	0.70
Eccentricità asse impalcato-asse appoggi travi (m)	e _{impalcato-appoggi}	0.00
Raggio di curvatura -zero se rettilineo- (m)	R _{curvatura}	0.00
Azione d'attrito sugli appoggi in % sui carichi permanenti	a%	0.00

7.2.2 Geometria della spalla

Si riportano di seguito i principali dati geometrici necessari per il calcolo delle azioni globali relative alla spalla. La simbologia adottata fa riferimento ai parametri indicati nelle figure precedenti.

Dati relativi alla spalla

Altezza fusto spalla (m)	H _{fusto}	4,80
Spessore fusto spalla (m)	S _{fusto}	2,60
Lunghezza fusto spalla (m)	L _{fusto}	18,57
Eccentricità trasversale fusto rispetto alla platea (m)	e _{fusto-spalla}	0,39
Altezza media paraghiaia (m)	H _{paraghiaia}	1,72
Spessore paraghiaia (m)	S _{paraghiaia}	0,60
Altezza risvolti (m)	H _{risvolti}	6,52
Lunghezza risvolti (m)	L _{risvolti}	6,12
Spessore medio risvolti (m)	S _{risvolti}	1,20
Altezza massima orecchie (m)	H _{orecchie}	0,00
Lunghezza massima orecchie (m)	L _{orecchie}	0,00
Spessore medio orecchie (m)	S _{orecchie}	0,00

Dati relativi alla platea di fondazione

Lunghezza platea di fondazione (m)	Lu _{fondazione}	19,50
Larghezza platea di fondazione -lungo asse stradale- (m)	La _{fondazione}	7,50
Sbalzo anteriore (m)	Sb _{anteriore}	0,70
Sbalzo posteriore (m)	Sb _{posteriore}	4,20
Spessore platea (m)	S _{fondazione}	2,20

Dati relativi alla palificata di fondazione

Numero di pali	n° pali	10,00
Diametro pali (m)	D pali	1,50

7.3 Azioni trasmesse dall'impalcato

Le azioni descritte nella 'Relazione di calcolo apparecchi di appoggio e giunti di dilatazione' e trasmesse alla spalla in esame sono riportate di seguito.

7.3.1 Carichi permanenti

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi permanenti unitari riferiti all'impalcato.

	Peso unitario			Larghezza [m]	Spessore [m]	Numero [-]	Carico lineare [kN/m]
	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[kN/m]				
Peso struttura in acciaio		4.00		13.75		=	55.00
Peso soletta	25.00			13.75	0.23	=	79.06
Totale strutturali							134.06
Pavimentazione		2.40		9.50		=	22.80
Cordolo 1	25.00			2.125	0.20	1 =	10.63
Cordolo 2	25.00			2.125	0.20	1 =	10.63
Barriere sicurezza e parapetto			3.00			2 =	6.00
Totale Permanenti Portati							50.06
Totale							184.12

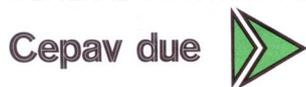
Le azioni permanenti trasmesse dall'impalcato allo spiccato del fusto e in corrispondenza dell'intradosso della fondazione sono le seguenti.

% afferenza carico verticale alla spalla fissa	50,00 %
Luce campata 1 adiacente a spalla fissa	50,40 m
Peso afferente alla spalla per unità di lunghezza	185 kN/m

N/metro	185 kN/m	SPICCATO FUSTO
N	4.662 kN	
e _{trav, appoggio}	0,00 m	
M _{trav}	0,00 kNm	
e _{long, appoggio}	0,60 m	
M _{long}	2.797 kNm	

N/metro	185 kN/m	INTRADOSSO FONDAZIONE
N	4.662 kN	
e _{trav, appoggio}	0,34 m	
M _{trav}	1.594 kNm	
e _{long, appoggio}	2,47 m	
M _{long}	11.501 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
40 di 120

7.3.2 Carichi accidentali

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo n° 1. Nella tabella seguente si riassumono le singole reazioni sulla spalla dovute ad ogni singola colonna di carico, e la reazione totale, riferite all'asse della carreggiata:

CARICHI VERTICALI DA TRAFFICO

SCHEMA DI CARICO 1	Corsia 1		Corsia 2		Corsia 3		Rimanente
Larghezza corsia [m]	3,00		3,00		3,00		0,50
Q_{ik} [kN] afferente a spalla	300	300	200	200	100	100	
Ascissa Tandem [m]	9,00	7,00	6,00	4,00	3,00	1,00	
<i>Rispetto a baricentro spiccato fusto:</i>							
Momento trasv. da carico tandem [kNm]	1.272,00	672,00	248,00	-152,00	-176,00	-376,00	
<i>Rispetto a baricentro palificata:</i>							
Momento trasv. da carico tandem [kNm]	1.374,60	774,60	316,40	-83,60	-141,80	-341,80	
q_{ik} [kN/m ²]	9,00		2,50		2,50		2,50
q_{ik} [kN] afferente a spalla	680,40		189,00		189,00		31,50
Ascissa colonna di carico [m]	8,00		5,00		2,00		0,25
<i>Rispetto a baricentro spiccato fusto:</i>							
Momento trasv. da carico distr. [kNm]	2.204,50		45,36		-521,64		-142,07
<i>Rispetto a baricentro palificata:</i>							
Momento trasv. da carico distr. [kNm]	2.437,19		110,00		-457,00		-131,29

CARICHI VERTICALI DA FOLLA

q_{fk}	2,50 kN/m ²
Largh. pedonale 1	1,65 m
Largh. pedonale 2	1,65 m
$q_{fk,1}$	4,13 kN/m
$q_{fk,2}$	4,13 kN/m
$F_{marciapiede 1}$	104 kN
$F_{marciapiede 2}$	104 kN
$Z_{folla,marciapiede 1}$	-0,67 m
$Z_{folla,marciapiede 2}$	10,33 m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
41 di 120

Le azioni dovute ai carichi mobili trasmesse dall'impalcato allo spiccato del fusto e in corrispondenza dell'intradosso della fondazione sono le seguenti.

CARICHI VERTICALI DA FOLLA E TRAFFICO		
N_{traffico}	2.290 kN	SPICCATO FUSTO
N_{folla}	208 kN	
N_{tot}	2.498 kN	
$M_{\text{trasv,traffico}}$	3.074 kNm	
$M_{\text{trasv,folla}}$	15 kNm	
$M_{\text{trasv,tot}}$	3.089 kNm	
$M_{\text{long,traffico}}$	1.374 kNm	
$M_{\text{long,folla}}$	125 kNm	
$M_{\text{long,tot}}$	1.499 kNm	
N_{traffico}	2.290 kN	INTRADOSSO FONDAZIONE
N_{folla}	208 kN	
N_{tot}	2.498 kN	
$M_{\text{trasv,traffico}}$	3.857 kNm	
$M_{\text{trasv,folla}}$	615 kNm	
$M_{\text{trasv,tot}}$	5.326 kNm	
$M_{\text{long,traffico}}$	5.649 kNm	
$M_{\text{long,folla}}$	513 kNm	
$M_{\text{long,tot}}$	6.162 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
42 di 120

7.3.3 Azione di frenamento

Le azioni di frenamento trasmesse dall'impalcato allo spiccato del fusto e in corrispondenza dell'intradosso della fondazione sono le seguenti.

AZIONI DI ACCELERAZIONE E FRENATURA		
$T_{\text{long, frenatura}}$	248,04 kN	SPICCATO FUSTO
e_{vert}	5,40 m	
e_{trav}	0,00 m	
$M_{\text{long, frenatura}}$	1.339 kNm	
$M_{\text{torc, frenatura}}$	0,00 kNm	
$T_{\text{long, frenatura}}$	248,04 kN	INTRADOSSO FONDAZIONE
e_{vert}	7,60 m	
e_{trav}	0,34 m	
$M_{\text{long, frenatura}}$	1.885 kNm	
$M_{\text{torc, frenatura}}$	84,83 kNm	

7.3.4 Azione centrifuga

Essendo l'asse viario rettilineo l'azione centrifuga risulta nulla.

7.3.5 Variazione termica

Variazione termica uniforme di progetto 30.000 °C

Fattore moltiplicativo k appoggi per bassi spostamenti 2.00

T_{long}	119 kN	SPICCATO FUSTO
e_{vert}	5,40 m	
e_{trav}	0,00	
M_{long}	643 kNm	
M_{torc}	0,00 kNm	

T_{long}	119 kN	INTRADOSSO FONDAZIONE
e_{vert}	7,60 m	
e_{trav}	0,34	
M_{long}	905 kNm	
M_{torc}	40,71 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
43 di 120**7.3.6 Azione del vento**

Pressione vento	2.50 kPa
L 1° campata	50.40 m
% afferenza carico vento alla spalla	50.00 %
H impalcato	1.30 m
H barriera	3.00 m

T _{trasv}	271 kN	SPICCATO FUSTO
e _{vert}	5,4 m	
e _{long}	0,6 m	
M _{trasv}	2.045 kNm	
M _{torc}	163 kNm	

T _{trasv}	271 kN	INTRADOSSO FONDAZIONE
e _{vert}	7,6 m	
e _{long}	2,5 m	
M _{trasv}	2.641 kNm	
M _{torc}	668 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
44 di 120

7.3.7 Azione sismica

Di seguito si riportano i parametri assunti alla base del calcolo dell'azione sismica.

Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

Probabilità di superamento	10.00 %
T_R	1424 anni
a_g	0,2310 g
a_{gv}	0,1500 g
F_0	2,4700
F_v	1,6100
T_c^*	0,2810 s
Categoria suolo	E
Categoria topografica	T1
S_t	1.0000
S_s	1.3686
S	1.369
C_c	1.9054
T_B	0.1797
T_c	0.5392
T_D	2.5280

Sulla spalla in oggetto il sistema di vincolamento trasmette le azioni sismiche longitudinali derivanti dall'impalcato calcolate di seguito.

Lunghezza totale ponte	50,40 m
Luce campata adiacente spalla fissa	50,40 m
$m_{\text{IMPALCATO TOTALE}}$	950.458,72 kg
$m_{\text{IMPALCATO AFFERENTE A SPALLA FISSA}}$	475.229,36 kg
% attrito	100,00 %
$F_{\text{SISMICA LONG}}$	2.955,88 kN
% sisma in y (long.)	100.00 %
% sisma in x (trasv.)	30.00 %
% sisma in verticale	30.00 %

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
45 di 120

Le azioni dovute al sisma trasmesse dall'impalcato allo spiccato del fusto e in corrispondenza dell'intradosso della fondazione sono le seguenti.

N	520,15 kN	SPICCATO FUSTO
T _{long}	852,80 kN	
T _{trav}	255,84 kN	
e _{vert}	5,40 m	
e _{trav}	0,00 m	
e _{long}	0,60 m	
M _{trav}	1.637,38 kNm	
M _{torc}	153,50 kNm	
M _{long}	4.917,21 kNm	

N	520,15 kN	INTRADOSSO FONDAZIONE
T _{long}	852,80 kN	
T _{trav}	255,84 kN	
e _{vert}	7,60 m	
e _{trav}	0,34 m	
e _x	2,47 m	
M _{trav}	2.378,12 kNm	
M _{torc}	922,81 kNm	
M _{long}	7.764,50 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
46 di 120

7.4 Azioni relative alla spalla

7.4.1 Peso proprio

Elemento strutturale	N (kN)	x _G (m)	y _G (m)
Paraghiaia	479	-0,20	7,86
Muri d'ala	2.394	-3,61	5,46
Orecchie	0	0,00	0,00
Fusto	5.794	1,00	4,60
Plinto	8.044	-0,84	1,10

Le azioni dovute ai pesi propri degli elementi della spalla, allo spiccato del fusto e in corrispondenza dell'intradosso della fondazione, sono le seguenti.

γ	25,00 kN/m ³	SPICCATO FUSTO
N	6.273 kN	
M _{long}	-575 kNm	
γ	25,00 kN/m ³	INTRADOSSO FONDAZIONE
N	16.711 kN	
M _{long}	4.787 kNm	
M _{trasv}	2.618 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
47 di 120

7.4.2 Forze inerziali degli elementi della spalla

	Rispetto base fusto	Rispetto intradosso fondazione		
N	479,11	479,11	kN	PARAGHIAIA
Massa paraghiaia	48.838,53	48.838,53	kg	
T _{long}	151,89	151,89	kN	
e _{vert,paraghiaia}	5,66	7,86	m	
M _{long,paraghiaia}	859,67	1.193,82	kNm	
T _{trav}	45,57	45,57	kN	
M _{trav}	257,90	358,15	kNm	

N		2.394,14	kN	MURI D'ALA
Massa muri d'ala		244.051,38	kg	
T _{long}		758,99	kN	
e _{vert,muri d'ala}		5,46	m	
M _{long,muri d'ala}		4.144,07	kNm	
T _{trav}		227,70	kN	
M _{trav}		1.243,22	kNm	

N	5.793,84	5.793,84	kN	FUSTO
Massa fusto	590.605,50	590.605,50	kg	
T _{long}	1.836,75	1.836,75	kN	
e _{vert,fusto}	2,40	4,60	m	
M _{long,fusto}	4.408,21	8.449,06	kNm	
T _{trav}	551,03	551,03	kN	
M _{trav}	1.322,46	2.534,72	kNm	

N		8.043,75	kN	PLINTO
Massa plinto		819.954,13	kg	
T _{long}		2.550,01	kN	
e _{vert,plinto}		1,10	m	
M _{long,plinto}		2.805,02	kNm	
T _{trav}		765,00	kN	
M _{trav}		841,50	kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
48 di 120

Massa totale	639.444,04 kg	SPICCATO FUSTO
N _{sismica}	282,28 kN	
T _{long}	1.988,64 kN	
M _{long,plinto}	5.242,01 kNm	
T _{trasv}	596,59 kN	
M _{trasv}	1.580,36 kNm	
Massa totale	1.703.449,54 kg	INTRADOSSO FONDAZIONE
N _{sismica}	751,99 kN	
T _{long}	5.297,64 kN	
M _{long,plinto}	16.807,37 kNm	
T _{trasv}	1.589,29 kN	
M _{trasv}	4.977,59 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
49 di 120

7.4.3 Spinta delle terre

7.4.3.1 Spinta statica del terreno di monte

SPINTA RIPOSO TERRENO DI MONTE

$\phi\kappa$ [°]	$\phi\kappa$ [rad]	$\text{tg}(\phi\kappa)$
38.00	0.66	0.78

M1

K_0	0.38
γ	20.00 kN/m ³
$H_{\text{MEDIA PARAGHIAIA}}$	1,72 m
H_{FUSTO}	4,80 m
H_{PLINTO}	2,20 m
$H_{\text{media(spalla)}}$	8,72 m
$B_{\text{terreno imbarcato}}$	4,20 m
θ	0,00 °
$X_{\text{G,terreno imbarcato(MONTE)}}$	-3,06 m
$X_{\text{G,terreno imbarcato(VALLE)}}$	3,22 m
$X_{\text{G,PALIFICATA}}$	-0,87 m

Paraghiaia

$L_{\text{PARAGHIAIA}}$	18,57 m
$H_{\text{PARAGHIAIA}}$	1,72 m
$S_{\text{PARAGHIAIA}}$	211 kN
$Y_{\text{S.PARAGHIAIA}}$	7,57 m

Fusto

L_{FUSTO}	18,57 m
H_{FUSTO}	4,80 m
S_{FUSTO}	2.823 kN
$Y_{\text{S.FUSTO}}$	4,13 m

Plinto

L_{PLINTO}	19,50 m
H_{PLINTO}	2,20 m
S_{PLINTO}	2.513 kN
$Y_{\text{S.PLINTO}}$	1,05 m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
50 di 120

$T_{\text{long,spinta}}$	3.034 kN	SPICCATO FUSTO
$M_{\text{long,spinta}}$	6.594 kNm	
$N_{\text{terreno imbarcato}}$	0 kN	
$M_{\text{long,terreno imbarcato}}$	0 kNm	
N_{tot}	0 kN	
$T_{\text{long,tot}}$	3.034 kN	
$M_{\text{long,tot}}$	6.594 kNm	INTRADOSSO FONDAZIONE
$T_{\text{long,spinta}}$	5.547 kN	
$M_{\text{long,spinta}}$	15.900 kNm	
$N_{\text{terreno imbarcato}}$	9.037 kN	
$M_{\text{long,terreno imbarcato}}$	-18.105 kNm	
N_{tot}	9.037 kN	
$T_{\text{long,tot}}$	5.547 kN	
$M_{\text{long,tot}}$	-2.205 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
51 di 120**SPINTA ATTIVA TERRENO DI MONTE**

$\phi\kappa$ [°]	$\phi\kappa$ [rad]	$\text{tg}(\phi\kappa)$
38.00	0.66	0.78

M1

K_a	0.24
γ	20.00 kN/m ³
$H_{\text{MEDIA PARAGHIAIA}}$	1,72 m
H_{FUSTO}	4,80 m
H_{PLINTO}	2,20 m
$H_{\text{media(spalla)}}$	8,72 m
$B_{\text{terreno imbarcato}}$	4,20 m
θ	0,00 °
X G,terreno imbarcato	-3,06 m
X G,terreno imbarcato(VALLE)	3,22 m
X G.PALIFICATA	-0,87 m

Paraghiaia

L PARAGHIAIA	18,57 m
H PARAGHIAIA	1,72 m
S PARAGHIAIA	131 kN
Y S,PARAGHIAIA	7,57 m

Fusto

L FUSTO	18,57 m
H FUSTO	4,80 m
S FUSTO	1.747 kN
Y S,FUSTO	4,13 m

Plinto

L PLINTO	19,50 m
H PLINTO	2,20 m
S PLINTO	1.555 kN
Y S,PLINTO	1,05 m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
52 di 120

$T_{\text{long,spinta}}$	1.878 kN	SPICCATO FUSTO
$M_{\text{long,spinta}}$	4.081 kNm	
$N_{\text{terreno imbarcato}}$	0 kN	
$M_{\text{long,terreno imbarcato}}$	0 kNm	
N_{tot}	0 kN	
$T_{\text{long,tot}}$	1.878 kN	
$M_{\text{long,tot}}$	4.081 kNm	INTRADOSSO FONDAZIONE
$T_{\text{long,spinta}}$	3.433 kN	
$M_{\text{long,spinta}}$	9.841 kNm	
$N_{\text{terreno imbarcato}}$	9.037 kN	
$M_{\text{long,terreno imbarcato}}$	-18.105 kNm	
N_{tot}	9.037 kN	
$T_{\text{long,tot}}$	3.433 kN	
$M_{\text{long,tot}}$	-8.264 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
53 di 1207.4.3.2 Traffico a tergo spalla

M1	
K0	0,38
q TRAFFICO	30,00 kN/m ²
H SPALLA	8,72 m
B PLINTO	7,50 m
H PLINTO	2,20 m
B TERRENO IMBARCATO	4,20 m
X G .TERRENO IMBARCATO	-3,06 m
L PARAGHIAIA	18,57 m
X G .PALIFICATA	-0,87 m

N	0 kN	SPICCATO FUSTO
T _{long}	1.396 kN	
M _{long}	4.551 kNm	

N	2.037 kN	INTRADOSSO FONDAZIONE
T _{long}	1.867 kN	
M _{long}	6.790 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
54 di 1207.4.3.3 Sovrappinta sismica del terreno di monte

$\phi\kappa$ [°]	$\phi\kappa$ [rad]	$\text{tg}(\phi\kappa)$
38.00	0.66	0.78

M1	
$H_{\text{media(spalla)}}$	8,72 m
γ	20,00 kN/m ³
K_a	0,24
k_h	0,32
k_v	0,16
θ	15,30 °
α	90,00 °
β	0,00 °
δ	0,00 °
$K_{a,e}$	0,41
S_e	359,97 kN/m
S_a	180,88 kN/m
$\Delta\Sigma$	179,09 kN/m
$q_{\Delta\Sigma}$	20,54 kN/m/m
<u>Paraghiaia</u>	
$L_{\text{PARAGHIAIA}}$	18,57 m
$H_{\text{PARAGHIAIA}}$	1,72 m
$\Delta\Sigma_{e,PARAGHIAIA}$	656 kN
$y_{Se,PARAGHIAIA}$	7,86 m
$M_{\text{long,PARAGHIAIA}}$	5.156 kNm
<u>Fusto</u>	
L_{FUSTO}	18,57 m
H_{FUSTO}	4,80 kN
$\Delta\Sigma_{e,FUSTO}$	1.831 kN
$y_{Se,FUSTO}$	4,60 m
$M_{\text{long,FUSTO}}$	8.421 kNm
<u>Plinto</u>	
L_{PLINTO}	19,50 m
H_{PLINTO}	2,20 m
$\Delta\Sigma_{e,PLINTO}$	881 kN
$y_{Se,PLINTO}$	1,10 m
$M_{\text{long,PLINTO}}$	969 kNm

$T_{\text{long,spinta}}$	2.487 kN	SPICCATO FUSTO
$M_{\text{long,spinta}}$	8.106 kNm	
$T_{\text{long,spinta}}$	3.368 kN	INTRADOSSO FONDAZIONE
$M_{\text{long,spinta}}$	14.546 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
55 di 1207.4.3.4 Forse inerziali del terreno imbarcato

Massa terreno imbarcato	841.498,72 kg	SPICCATO FUSTO
$T_{long,SISMICA}$	2.617,02 kN	
y_G	3,34 m	
$M_{long,SISMICA}$	8.727,75 kNm	
$T_{trav,SISMICA}$	785,11 kN	
$M_{trav,SISMICA}$	2.618,33 kNm	
$N_{SISMICA}$	0,00 kN	
X_G	-4,06 m	
$M_{long,SISMICA}$	0,00 kNm	INTRAD. FONDAZIONE
Massa terreno imbarcato	921.248,20 kg	
$T_{long,SISMICA}$	2.865,03 kN	
$y_{G,terreno\ imbarcato\ MONTE}$	5,54 m	
$y_{G,terreno\ imbarcato\ VALLE}$	2,70 m	
$M_{long,SISMICA}$	15.612,61 kNm	
$T_{trav,SISMICA}$	859,51 kN	
$M_{trav,SISMICA}$	4.757,39 kNm	
$N_{SISMICA}$	406,69 kN	
X_G	-2,19 m	
$M_{long,SISMICA}$	-891,86 kNm	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
56 di 120

7.5 Sollecitazioni a spiccato fusto

7.5.1 Azioni elementari

SOLLECITAZIONI SPICCATO FUSTO						
	N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]	T trasv [kN]	M trasv [kNm]	M torc [kNm]
Pesi propri + portati impalcato	4.662	-	2.797	-	0	-
Inerzia sismica impalcato	520	853	4.917	256	1.637	154
Traffico impalcato	2.498	-	1.499	-	3.089	-
Frenatura e centrifuga	-	248	1.339	0	0	0
DT	-	119	643	-	-	0
Attrito	-	0	0	-	-	0
Vento	-	-	-	271	2.045	163
P.P. spalla	6.273	-	-575	-	-	-
Inerzia sismica spalla	282	1.989	5.242	597	1.580	-
Terreno imbarcato	0	-	0	-	-	-
Spinta statica terre a riposo	-	3.034	6.594	-	-	-
Spinta statica terre attiva	-	1.878	4.081	-	-	-
Sovraspinta sismica terre	-	2.487	8.106	-	-	-
Inerzia sismica terreno imbarcato	0	2.617	8.728	785	2.618	-
Traffico tergo spalla	0	1.396	4.551	-	-	-

7.5.2 Sollecitazioni a spiccato fusto

Di seguito si riportano le sollecitazioni globali risultanti nella sezione di spiccato fusto.

COMBO SLU-A1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N [kN]	14.762	14.762	14.762	14.762	14.762	14.762	18.134	18.134	17.285	17.285	17.285
T long [kN]	4.239	4.182	6.066	6.066	4.936	4.993	4.182	4.936	6.066	4.517	5.270
M long [kNm]	12.673	12.365	18.509	18.509	14.822	15.131	14.388	16.845	20.022	15.687	18.144
T trasv [kN]	0	406	0	244	406	244	244	244	244	244	244
M trasv [kNm]	0	3.068	0	1.841	3.068	1.841	6.011	6.011	4.960	4.960	4.960
M torc [kNm]	0	244	0	146	244	146	146	146	146	146	146

COMBO SLE - RARE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N [kN]	10.935	10.935	10.935	10.935	10.935	10.935	13.433	13.433	12.808	12.808	12.808
T long [kN]	3.153	3.105	4.501	4.501	3.664	3.711	3.105	3.664	4.501	3.353	3.912
M long [kNm]	9.459	9.202	13.753	13.753	11.022	11.279	10.701	12.521	14.877	11.665	13.486
T trasv [kN]	0	271	0	163	271	163	163	163	163	163	163
M trasv [kNm]	0	2.045	0	1.227	2.045	1.227	4.316	4.316	3.544	3.544	3.544
M torc [kNm]	0	163	0	98	163	98	98	98	98	98	98

COMBO SLE - FREQUENTE				
	1	2	3	4
N [kN]	10.935	10.935	10.935	12.808
T long [kN]	3.105	3.652	3.094	3.094
M long [kNm]	9.202	10.958	9.138	10.262
T trasv [kN]	0	0	54	0
M trasv [kNm]	0	0	409	2.317
M torc [kNm]	0	0	33	0

COMBO SLE - QP	
	1
N [kN]	10.935
T long [kN]	3.094
M long [kNm]	9.138
T trasv [kN]	0
M trasv [kNm]	0
M torc [kNm]	0

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001

Rev.
A

Foglio
58 di 120

**COMBO
SLV**

1

N [kN]	11.737
T long [kN]	9.882
M long [kNm]	33.618
T trasv [kN]	1.638
M trasv [kNm]	5.836
M torc [kNm]	154

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
59 di 120

7.5.3 Sollecitazioni oggetto di verifica

La verifica dell'elemento strutturale viene condotta facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria. Le sollecitazioni a spiccato fusto riferite ad una larghezza unitaria pari a 1 m risultano pertanto:

COMBO SLU-A1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N [kN]	913	913	913	913	913	913	1.121	1.121	1.069	1.069	1.069
T long [kN]	262	259	375	375	305	309	259	305	375	279	326
M long [kNm]	784	765	1.145	1.145	917	936	890	1.042	1.238	970	1.122

COMBO SLE - RARE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N [kN]	676	676	676	676	676	676	831	831	792	792	792
T long [kN]	195	192	278	278	227	230	192	227	278	207	242
M long [kNm]	585	569	851	851	682	698	662	774	920	721	834

COMBO SLE - FREQUENTE				
	1	2	3	4
N [kN]	676	676	676	792
T long [kN]	192	226	191	191
M long [kNm]	569	678	565	635

COMBO SLE - QP	
	1
N [kN]	676
T long [kN]	191
M long [kNm]	565

COMBO SLV	
	1
N [kN]	726
T long [kN]	611
M long [kNm]	2.079

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
60 di 120

7.6 Sollecitazioni sulla palificata di fondazione

7.6.1.1 Azioni elementari

Si riportano di seguito le caratteristiche di sollecitazione relative alla palificata, riferite agli assi baricentrici della platea.

SOLLECITAZIONI INTRADOSSO FONDAZIONE						
	N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]	T trasv [kN]	M trasv [kNm]	M torc [kNm]
Pesi propri + portati impalcato	4.662	-	11.501	-	1.594	-
Inerzia sismica impalcato	520	853	7.764	256	2.378	923
Traffico impalcato	2.498	-	6.162	-	5.326	-
Frenatura e centrifuga	-	248	1.885	0	0	85
DT	-	119	905	-	-	41
Attrito	-	0	0	-	-	0
Vento	-	-	-	271	2.641	668
P.P. spalla	16.711	-	4.787	-	2.618	-
Inerzia sismica spalla	752	5.298	16.807	1.589	4.978	-
Terreno imbarcato	9.037	-	-18.105	-	-	-
Spinta statica terre a riposo	-	5.547	15.900	-	-	-
Spinta statica terre attiva	-	3.433	9.841	-	-	-
Sovraspinta sismica terre	-	3.368	14.546	-	-	-
Inerzia sismica terreno imbarcato	407	2.865	14.721	860	4.757	-
Traffico tergo spalla	2.037	1.867	6.790	-	-	-

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
61 di 120

7.6.1.2 Sollecitazioni sulla palificata di fondazione

Le sollecitazioni riportate nella tabella sottostante sono calcolate rispetto al baricentro della palificata.

COMBO SLU-A1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N [kN]	41.054	41.054	43.804	43.804	42.154	42.154	44.426	45.526	46.327	43.577	44.677
T long [kN]	7.631	7.574	10.094	10.094	8.582	8.639	7.574	8.582	10.094	7.909	8.917
M long [kNm]	20.098	19.663	28.830	28.830	23.330	23.764	27.982	31.649	35.053	28.432	32.099
T trasv [kN]	0	406	0	244	406	244	244	244	244	244	244
M trasv [kNm]	5.687	9.649	5.687	8.064	9.649	8.064	15.254	15.254	13.444	13.444	13.444
M torc [kNm]	49	1.032	29	631	1.032	650	631	631	631	745	745

COMBO SLE RARA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N [kN]	30.410	30.410	32.448	32.448	31.225	31.225	32.908	33.723	34.321	32.284	33.099
T long [kN]	5.666	5.618	7.485	7.485	6.365	6.413	5.618	6.365	7.485	5.866	6.613
M long [kNm]	14.988	14.626	21.416	21.416	17.342	17.704	20.788	23.504	26.037	21.133	23.848
T trasv [kN]	0	271	0	163	271	163	163	163	163	163	163
M trasv [kNm]	4.213	6.854	4.213	5.797	6.854	5.797	11.124	11.124	9.792	9.792	9.792
M torc [kNm]	41	693	24	425	693	442	425	425	425	510	510

COMBO SLE FREQUENTE				
	1	2	3	4
N [kN]	30.410	31.225	30.410	32.284
T long [kN]	5.618	6.353	5.606	5.606
M long [kNm]	14.626	17.251	14.535	19.157
T trasv [kN]	0	0	54	0
M trasv [kNm]	4.213	4.213	4.741	8.207
M torc [kNm]	24	20	154	20

COMBO SLE - QP	
	1
N [kN]	30.410
T long [kN]	5.606
M long [kNm]	14.535
T trasv [kN]	0
M trasv [kNm]	4.213
M torc [kNm]	20

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001

Rev.
A

Foglio
62 di 120

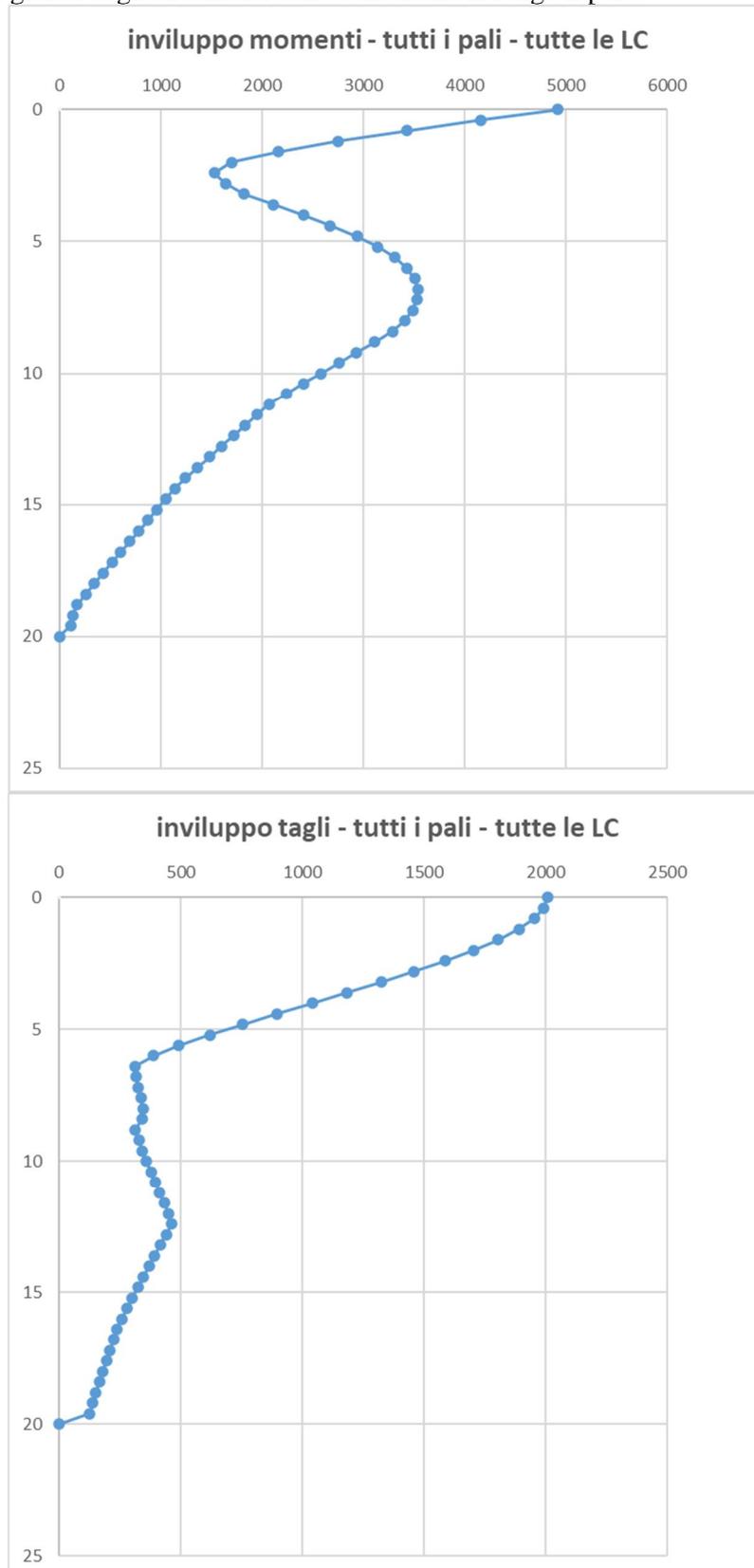
**COMBO
SLV**

1

N [kN]	32.089
T long [kN]	15.876
M long [kNm]	62.315
T trasv [kN]	2.705
M trasv [kNm]	16.326
M torc [kNm]	943

7.7 Sollecitazione sui pali di fondazione

Si riportano di seguito i grafici degli andamenti delle sollecitazioni lungo il palo:



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
64 di 120

Le massime sollecitazioni risultano in corrispondenza della sezione di testa del palo, si riportano pertanto le azioni in testa a ciascun palo:

Azioni assiale a testa palo (kN)

Comb.	Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4	Palo 5	Palo 6	Palo 7	Palo 8	Palo 9	Palo 10
SLU 1	-3152	-3307	-3461	-4749	-4904	-5059	-2997	-4595	-3616	-5214
SLU 2	-3176	-3388	-3600	-4611	-4823	-5035	-2963	-4399	-3812	-5247
SLU 3	-3058	-3246	-3434	-5327	-5515	-5703	-2870	-5139	-3622	-5891
SLU 4	-3064	-3287	-3510	-5251	-5474	-5697	-2840	-5027	-3733	-5920
SLU 5	-3132	-3358	-3584	-4847	-5073	-5299	-2906	-4621	-3810	-5524
SLU 6	-3114	-3318	-3522	-4909	-5113	-5317	-2910	-4705	-3725	-5520
SLU 7	-3309	-3602	-3896	-4989	-5283	-5576	-3015	-4696	-4189	-5870
SLU 8	-3266	-3573	-3880	-5225	-5532	-5840	-2958	-4918	-4188	-6147
SLU 9	-3166	-3468	-3770	-5496	-5798	-6099	-2864	-5194	-4071	-6401
SLU 10	-3189	-3464	-3739	-4976	-5251	-5526	-2915	-4702	-4014	-5801
SLU 11	-3146	-3435	-3723	-5212	-5501	-5789	-2858	-4923	-4012	-6078
SLE RA 1	-2331	-2446	-2561	-3521	-3636	-3751	-2216	-3406	-2676	-3866
SLE RA 2	-2350	-2503	-2656	-3427	-3580	-3732	-2197	-3274	-2808	-3885
SLE RA 3	-2263	-2403	-2542	-3947	-4087	-4226	-2124	-3808	-2682	-4366
SLE RA 4	-2267	-2430	-2593	-3897	-4060	-4223	-2104	-3734	-2756	-4385
SLE RA 5	-2318	-2481	-2644	-3601	-3764	-3928	-2154	-3438	-2807	-4091
SLE RA 6	-2303	-2452	-2600	-3645	-3793	-3942	-2154	-3496	-2749	-4091
SLE RA 7	-2449	-2664	-2879	-3703	-3918	-4133	-2234	-3488	-3093	-4348
SLE RA 8	-2417	-2642	-2867	-3878	-4103	-4328	-2191	-3652	-3092	-4553
SLE RA 9	-2343	-2564	-2785	-4079	-4300	-4521	-2122	-3858	-3007	-4742
SLE RA 10	-2360	-2562	-2763	-3694	-3895	-4096	-2159	-3493	-2964	-4298
SLE RA 11	-2328	-2540	-2751	-3868	-4080	-4291	-2117	-3657	-2963	-4503
SLE FR 1	-2343	-2457	-2571	-3511	-3625	-3739	-2230	-3397	-2685	-3852
SLE FR 2	-2314	-2438	-2562	-3683	-3807	-3931	-2191	-3559	-2686	-4054
SLE FR 3	-2348	-2469	-2590	-3492	-3613	-3734	-2226	-3370	-2712	-3856
SLE FR 4	-2423	-2594	-2766	-3691	-3862	-4034	-2251	-3519	-2938	-4206
SLE QP 1	-2346	-2460	-2574	-3508	-3622	-3736	-2233	-3395	-2687	-3849
SLV 1	75	-472	-1018	-5400	-5946	-6492	621	-4854	-1564	-7038

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
65 di 120**Taglio a testa palo (kN)**

Comb.	Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4	Palo 5	Palo 6	Palo 7	Palo 8	Palo 9	Palo 10
SLU 1	586	585	584	944	943	941	587	946	580	936
SLU 2	575	583	590	927	935	944	568	918	599	952
SLU 3	774	772	771	1251	1248	1245	776	1254	766	1238
SLU 4	770	773	777	1244	1248	1251	766	1241	779	1252
SLU 5	652	659	666	1052	1060	1068	645	1044	675	1076
SLU 6	658	662	666	1063	1067	1071	654	1059	670	1074
SLU 7	574	578	583	935	940	945	569	931	583	944
SLU 8	651	655	659	1061	1065	1069	646	1057	659	1068
SLU 9	767	771	774	1248	1251	1255	763	1244	775	1253
SLU 10	599	604	609	976	981	986	594	970	611	987
SLU 11	676	680	685	1101	1106	1111	671	1096	687	1111
SLE RA 1	435	434	434	701	700	699	436	703	431	695
SLE RA 2	427	432	437	688	694	699	422	682	443	704
SLE RA 3	574	573	571	928	925	923	575	930	568	918
SLE RA 4	571	573	575	923	925	927	569	921	577	928
SLE RA 5	484	489	493	781	786	792	479	776	499	796
SLE RA 6	489	491	494	790	792	795	486	787	496	796
SLE RA 7	426	429	432	694	697	700	423	691	432	699
SLE RA 8	483	486	488	787	790	793	480	785	488	791
SLE RA 9	569	571	574	926	928	930	567	924	573	928
SLE RA 10	444	448	451	724	728	731	441	721	452	731
SLE RA 11	501	505	508	817	820	823	498	814	509	823
SLE FR 1	431	431	430	695	694	692	432	697	427	689
SLE FR 2	488	487	486	787	785	783	489	789	483	779
SLE FR 3	429	430	430	692	692	692	429	692	429	690
SLE FR 4	429	428	428	697	695	694	429	698	423	688
SLE QP 1	431	430	429	694	692	691	431	695	426	687
SLV 1	1242	1253	1264	1951	1963	1975	1231	1939	1313	2007

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
66 di 120**Momento a testa palo (kNm)**

Comb.	Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4	Palo 5	Palo 6	Palo 7	Palo 8	Palo 9	Palo 10
SLU 1	734	733	732	1142	1140	1138	735	1145	733	1139
SLU 2	787	796	805	1177	1190	1204	779	1164	844	1245
SLU 3	949	948	946	1467	1463	1460	950	1470	944	1458
SLU 4	981	984	987	1488	1492	1497	979	1483	1006	1517
SLU 5	872	879	887	1306	1318	1330	865	1294	924	1368
SLU 6	852	856	860	1294	1300	1306	849	1288	882	1329
SLU 7	667	671	676	1038	1044	1051	663	1031	701	1080
SLU 8	755	758	762	1169	1175	1180	752	1164	783	1207
SLU 9	912	915	917	1398	1403	1407	910	1394	935	1430
SLU 10	707	711	716	1087	1094	1101	704	1080	738	1129
SLU 11	797	800	804	1220	1226	1232	794	1214	823	1257
SLE RA 1	544	544	543	847	845	843	545	848	543	845
SLE RA 2	579	585	591	869	878	887	574	861	617	914
SLE RA 3	703	702	701	1087	1084	1082	704	1090	700	1081
SLE RA 4	725	727	728	1101	1104	1106	723	1098	741	1120
SLE RA 5	642	647	652	965	973	980	638	957	676	1006
SLE RA 6	630	632	635	958	961	965	627	954	649	980
SLE RA 7	492	495	498	767	772	776	489	763	514	796
SLE RA 8	557	559	562	865	868	872	555	861	575	890
SLE RA 9	674	675	677	1035	1037	1040	672	1032	688	1055
SLE RA 10	522	525	527	804	809	813	519	799	542	832
SLE RA 11	588	590	593	902	906	910	586	898	605	927
SLE FR 1	543	542	541	844	843	841	543	846	541	842
SLE FR 2	605	604	603	940	938	936	606	942	603	936
SLE FR 3	549	550	550	849	849	849	549	849	556	855
SLE FR 4	488	487	487	775	774	772	488	777	487	775
SLE QP 1	542	541	541	844	842	840	543	846	541	841
SLV 1	3321	3342	3365	4655	4685	4716	3300	4625	3615	4925

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA


ITALFERR
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
67 di 120

Le sollecitazioni in testa palo più gravose per le diverse combinazioni di carico risultano:

SLU	
Nmax (kN)	-2840
Nmin (kN)	-6401
Vmax (kN)	1255
Mmax (kN)	1517

SLV	
Nmax (kN)	621
Nmin (kN)	-7038
Vmax (kN)	2007
Mmax (kN)	4925

SLE RARA	
Nmax (kN)	-2104
Nmin (kN)	-4742
Vmax (kN)	930
Mmax (kN)	1120

SLE FREQUENTI	
Nmax (kN)	-2191
Nmin (kN)	-4206
Vmax (kN)	789
Mmax (kN)	942

SLE QP	
Nmax (kN)	-2233
Nmin (kN)	-3849
Vmax (kN)	695
Mmax (kN)	846

7.8 Sollecitazioni sul paraghiaia

In considerazione dei rapporti dimensionali caratterizzanti la parte d'opera in oggetto, come funzionamento dimensionante è assunto lo schema statico di mensola verticale incastrata alla base sul fusto. Le sollecitazioni oggetto di verifica sono determinate con riferimento ad una sezione di larghezza unitaria.

$H_{PARAGHIAIA}$	1,79 m	Geometria
H_{SPALLA}	8,72 m	
$B_{PARAGHIAIA}$	0,6 m	
$B_{PLINTO,MONTE}$	4,2 m	
$Y_{G,PARAGHIAIA}$	0,895 m	
A (Area)	1,074 m ²	Inerzia sismica
N/metro	26,85 KN	
Massa	2737,00 Kg	
$T_{long,sismica}$	8,51 KN	
$M_{long,sismica}$	7,62 KNm	
k_0	0,384	Spinta riposo terre
γ	20 kN/m ³	
$S_{PARAGHIAIA}$	12,31 kN	
$Y_{S,PARAGHIAIA}$	0,60 m	
$T_{long,riposo}$	12,31 kN	
$M_{long,riposo}$	7,35 kNm	
k_a	0,238	Spinta attiva terre
γ	20 kN/m ³	
$S_{PARAGHIAIA}$	7,62 kN	
$Y_{S,PARAGHIAIA}$	0,60 m	
$T_{long,attiva}$	7,62 kN	
$M_{long,attiva}$	4,55 kNm	
k_h	0,317	Sovraspinta sismica
k_v	0,159	
θ	15,30 °	
α	90 °	
β	0 °	
δ	0 °	
$K_{a,e}$	0,409	
S_e	359,97 kN	
S_a	180,88 kN	
$\Delta\Sigma$	179,09 kN	

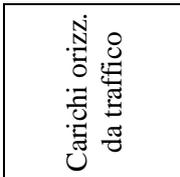
Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
69 di 120

$q_{\Delta\Sigma}$	20,54 kN/m	
$\Delta\Sigma_{e,PARAGHIAIA}$	36,76 kN	
$y_{Se,PARAGHIAIA}$	0,895 m	
$T_{long,\Delta\Sigma\varepsilon}$	36,76 KN	
$M_{long,\Delta\Sigma\varepsilon}$	32,90 kNm	

Massa terreno imbarcato	15327,22 kg	
$T_{long,terreno}$	47,67 kN	
y_G	0,90 m	
$M_{long,terreno}$	42,66 kNm	

$q_{traffico}$	30,00 kN/m ²	
$T_{long,traffico}$	20,64 kN	
y_G	0,90 m	
$M_{long,traffico}$	18,47 kNm	

$Q_{1k,v}$	300,0 KN	
$Q_{1k,h}$	180,0 KN	
$T_{long,frenatura}$	43,0 KN	
$M_{long,frenatura}$	76,9 KNm	

Riassumendo:

	N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]
Peso Proprio paraghiaia	26,9	0,0	0,0
Inerzia sismica	0,0	8,5	7,6
Spinta riposo delle terre	0,0	12,3	7,3
Spinta attiva delle terre	0,0	7,6	4,5
Sovrappinta sismica delle terre	0,0	36,8	32,9
Inerzia sismica terreno imbarcato	0,0	47,7	42,7
Traffico tergo spalla	0,0	20,6	18,5
Frenatura	0,0	43,0	76,9

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
70 di 120

Si riportano quindi le combinazioni maggiormente dimensionanti:

COMBO SLU-STR

N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]
36,2	87,0	124,8
36,2	44,5	34,9

COMBO SLV

N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]
26,9	100,6	87,7

COMBO RARA

N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]
26,9	63,5	91,6
26,9	33,0	25,8

COMBO FREQUENTE

N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]
26,9	20,6	14,7

**COMBO QUASI
PERMANENTE**

N [kN]	T long [kN]	M long [kNm]
26,9	12,3	7,3

7.9 Sollecitazioni sui muri di risvolto

Si riportano i diagrammi delle caratteristiche delle sollecitazioni di momento flettente e taglio, che permettono di sintetizzare l'ordine di grandezza delle principali caratteristiche della sollecitazione.

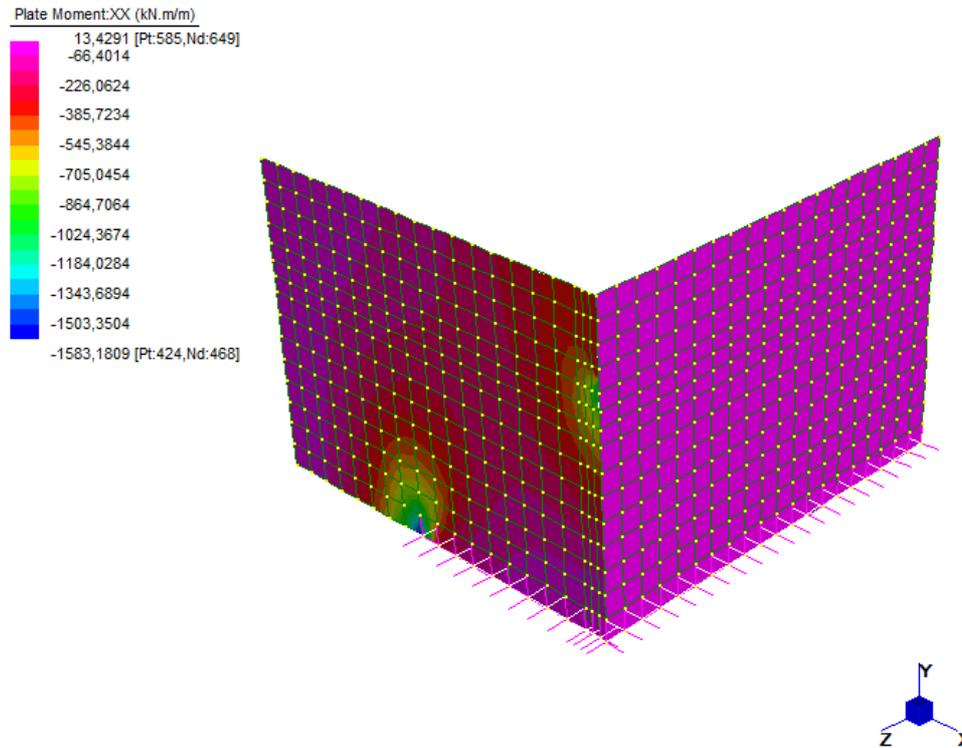


Figura 4 – Diagramma momento flettente piano orizzontale combinazione SLU

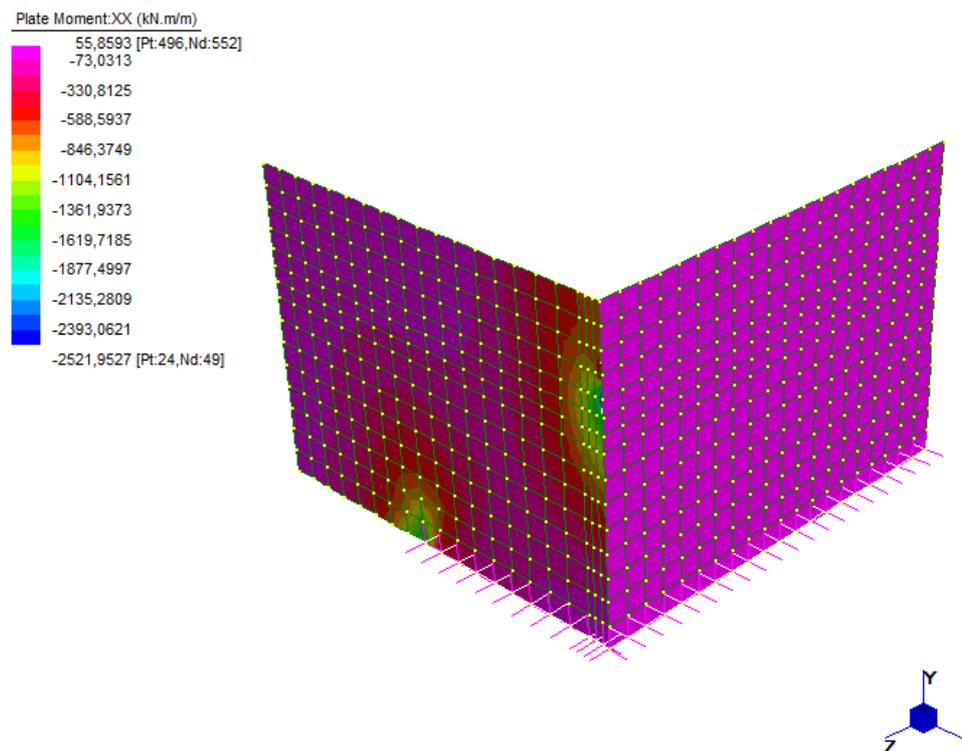


Figura 5 – Diagramma momento flettente piano orizzontale combinazione SLV

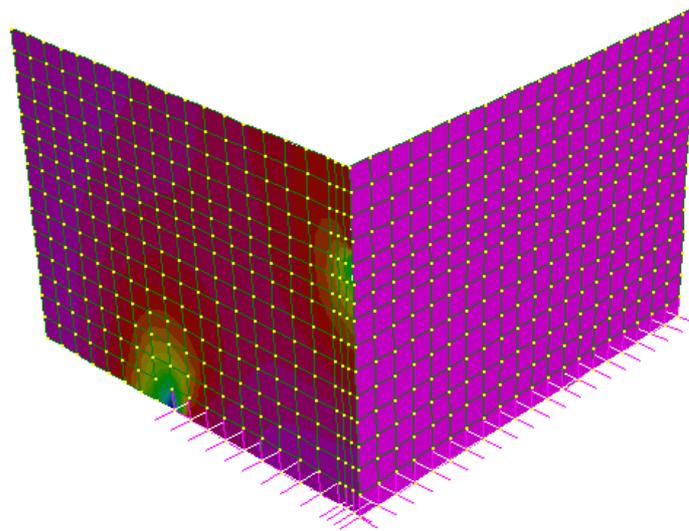
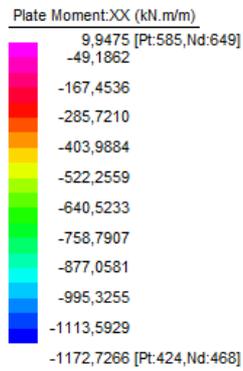


Figura 6 – Diagramma momento flettente piano orizzontale combinazione SLE Rare

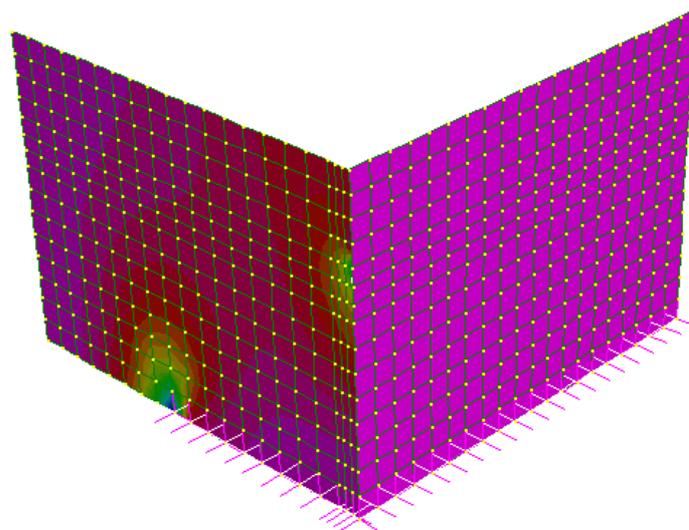
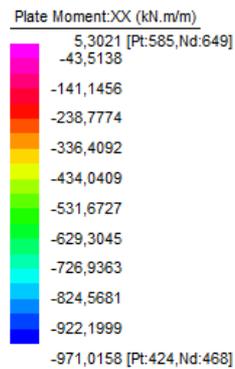


Figura 7 – Diagramma momento flettente piano orizzontale combinazione SLE Frequenti

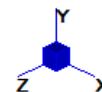
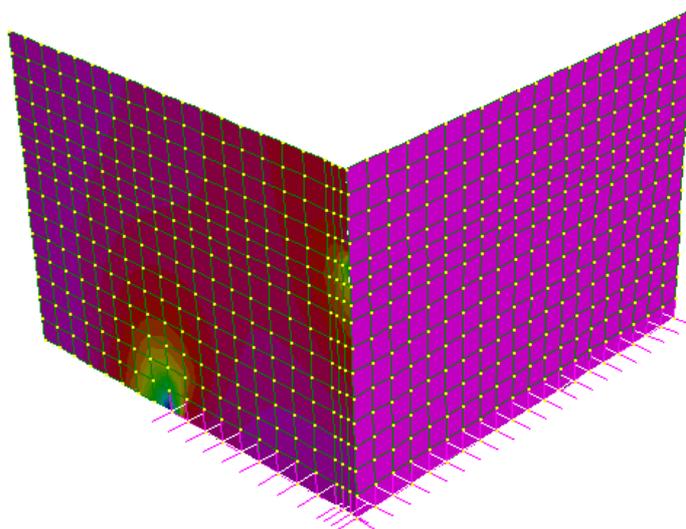
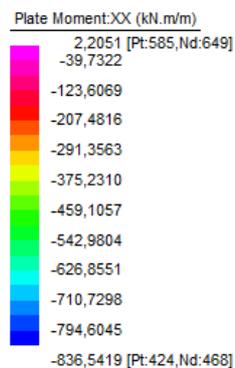


Figura 8 – Diagramma momento flettente piano orizzontale combinazione SLE Quasi Permanenti

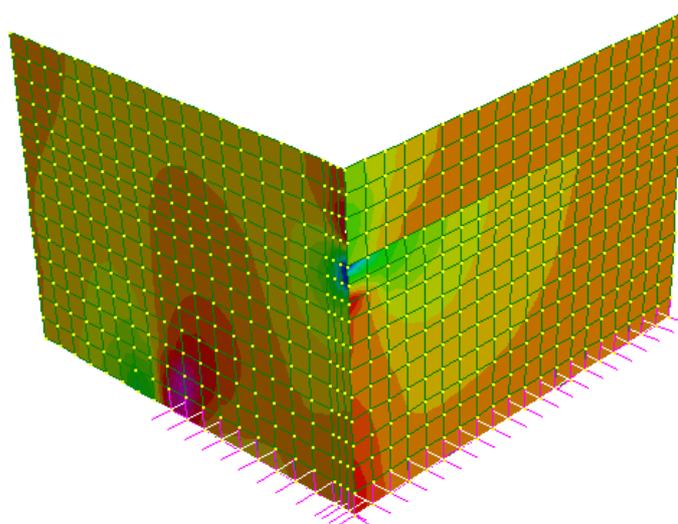
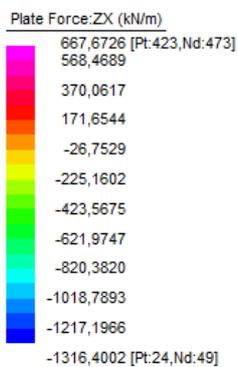


Figura 9 – Diagramma taglio piano orizzontale combinazione SLU

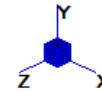
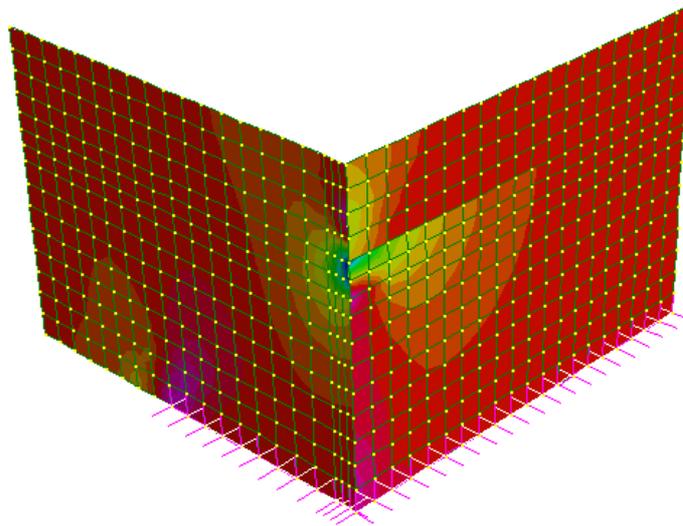
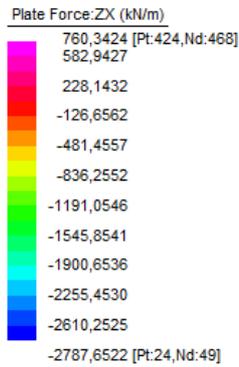


Figura 10 – Diagramma taglio piano orizzontale combinazione SLV

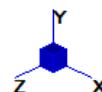
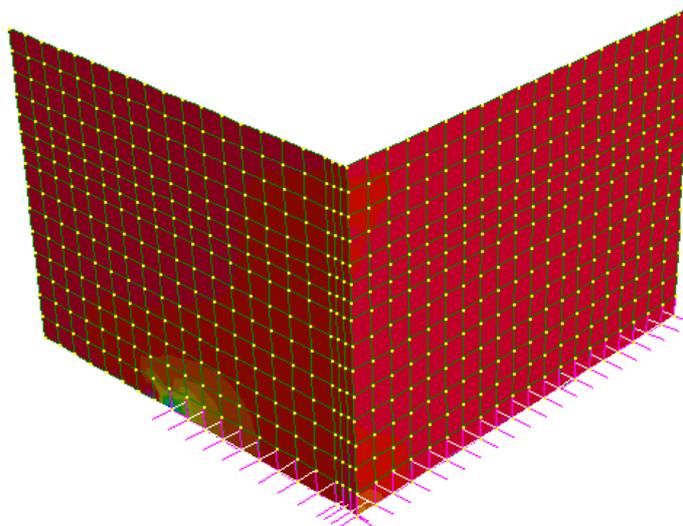
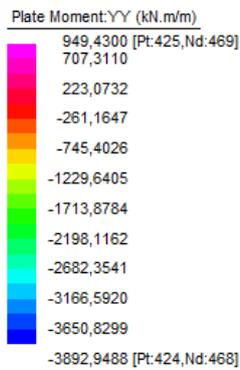


Figura 11 – Diagramma momento flettente piano verticale combinazione SLU

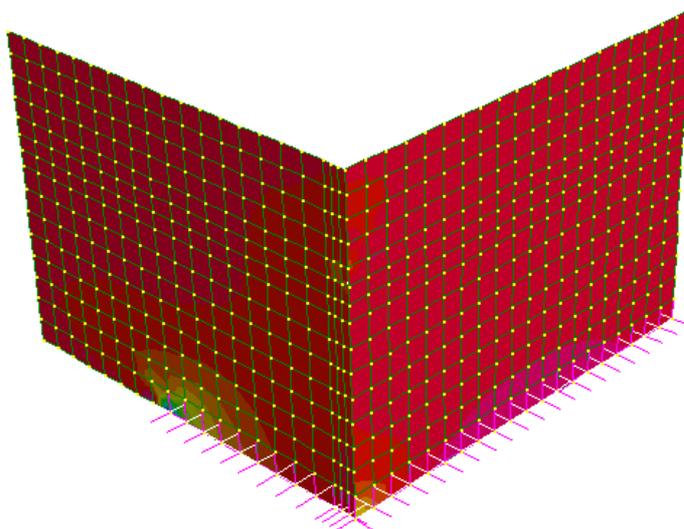
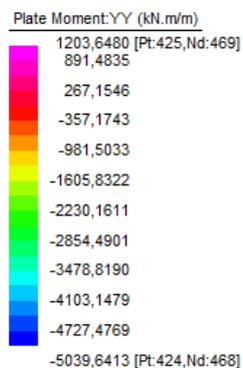


Figura 12 – Diagramma momento flettente piano verticale combinazione SLV

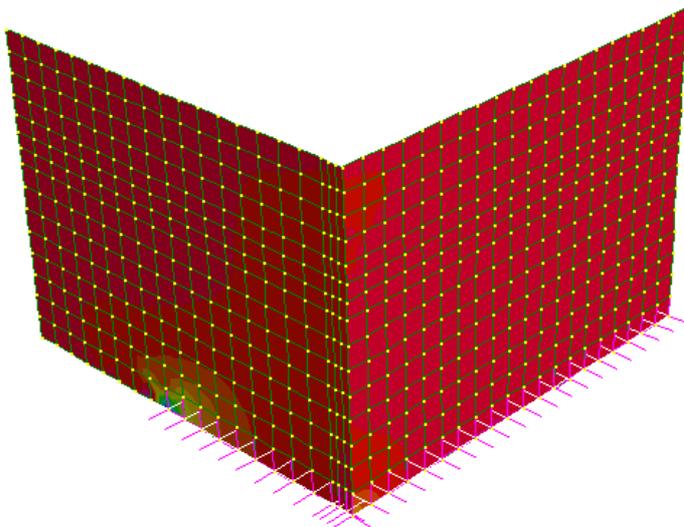
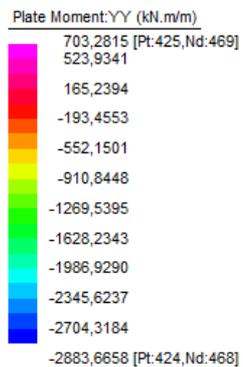


Figura 13 – Diagramma momento flettente piano verticale combinazione SLE Rare

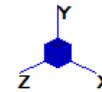
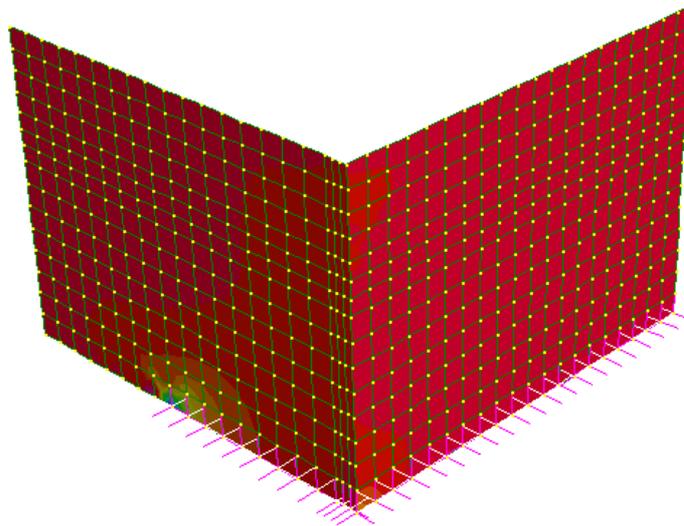
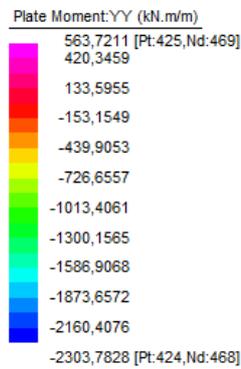


Figura 14 – Diagramma momento flettente piano verticale combinazione SLE Frequenti

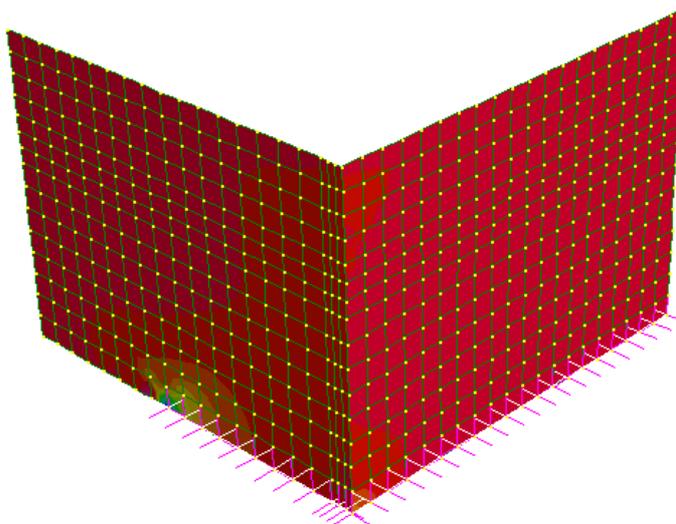
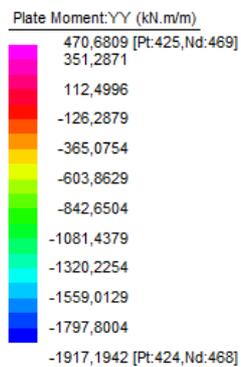


Figura 15 – Diagramma momento flettente piano verticale combinazione SLE Quasi Permanenti

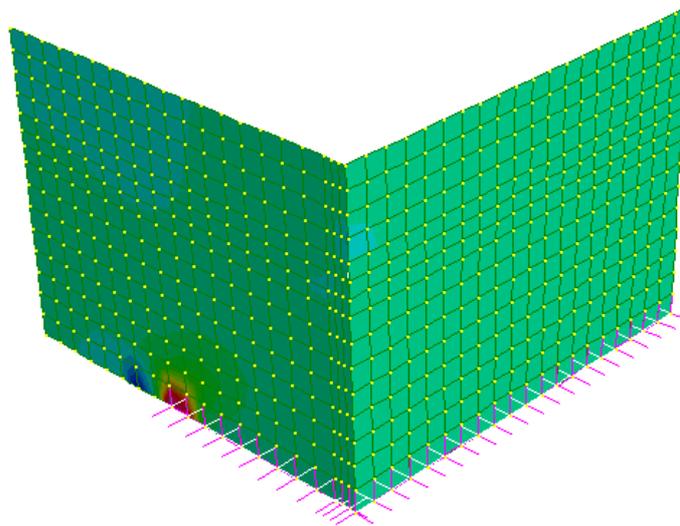
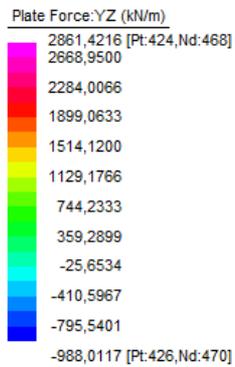


Figura 16 – Diagramma taglio piano verticale combinazione SLU

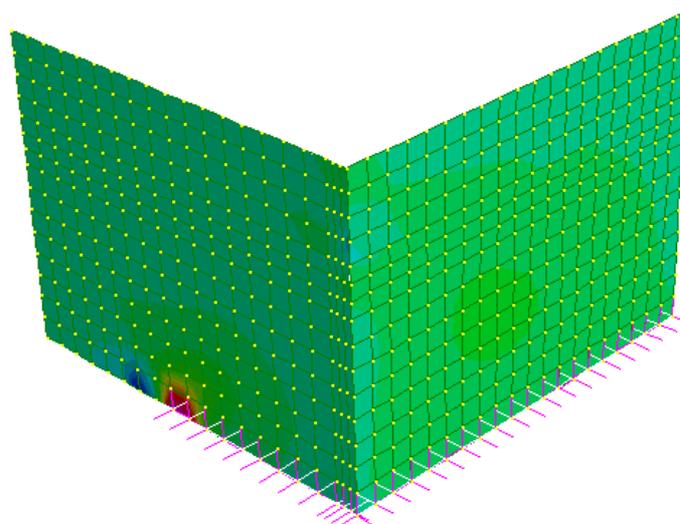
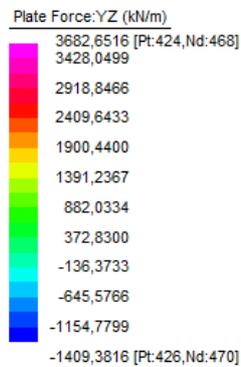


Figura 17 – Diagramma taglio piano verticale combinazione SLV

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
78 di 120

Sulla base delle sollecitazioni elementari ottenute dalle analisi della struttura, combinando i risultati secondo quanto riportato nello specifico paragrafo, si ricava che le massime sollecitazioni su una sezione di lunghezza unitaria risultano:

RISVOLTI				
Combinazione di carico	V_{ZX} [kN]	V_{YZ} [kN]	M_{XX} [kNm]	M_{YY} [kNm]
SLU	648	1640	614	1134
SLV	1472	2318	1251	1682
SLE Rare	-	-	455	839
SLE Frequente	-	-	340	657
SLE Quasi Permanente	-	-	264	536

7.9.1 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati ottenuti dall'analisi agli elementi finiti sono stati confrontati con alcune semplici calcolazioni manuali:

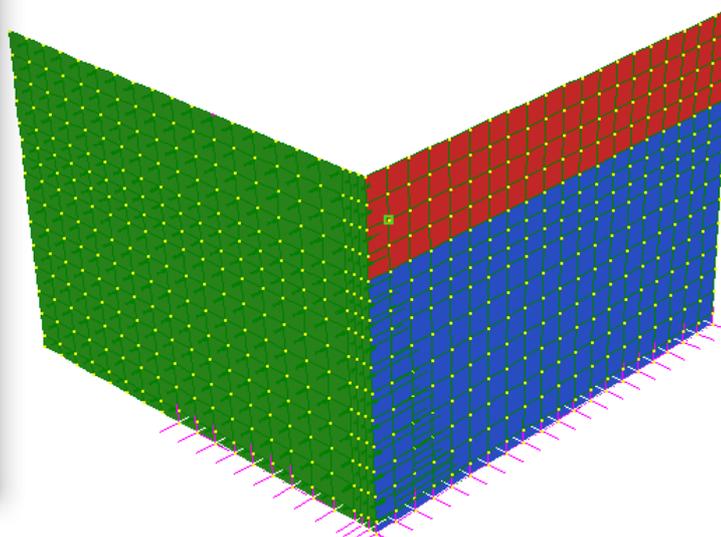
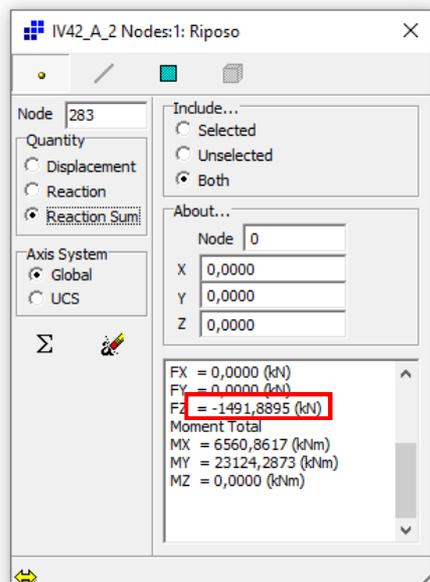
- Per valutare che l'entità delle azioni delle spinte restituite dal software fosse corretta si è svolto un semplice calcolo di controllo: si valuta la spinta triangolare del terreno sul risvolto e sull'orecchio.

SPINTA RIPOSO TERRENO DI MONTE

ϕ_k [°]	ϕ_k [rad]	$\text{tg}(\phi_k)$
38.00	0.66	0.78

M1	
K_0	0.38
γ	20.00 kN/m ³
Risvolto	
$L_{\text{CALCOLO RISVOLTO}}$	9.00 m
H_{RISVOLTO}	6.60 m
S_{RISVOLTO}	1490 kN
TOTALE	
S_{TOTALE}	1490 kN

- La spinta complessiva è risultata di circa 1490 kN, tale valore è in effetti simile allo sforzo di taglio indicato dal software (è possibile richiedere al software una somma degli sforzi orizzontali registrati alla base delle strutture in elevazione, come mostrato nell'immagine sottostante). Questo dimostra che il software ha computato correttamente i carichi dati.



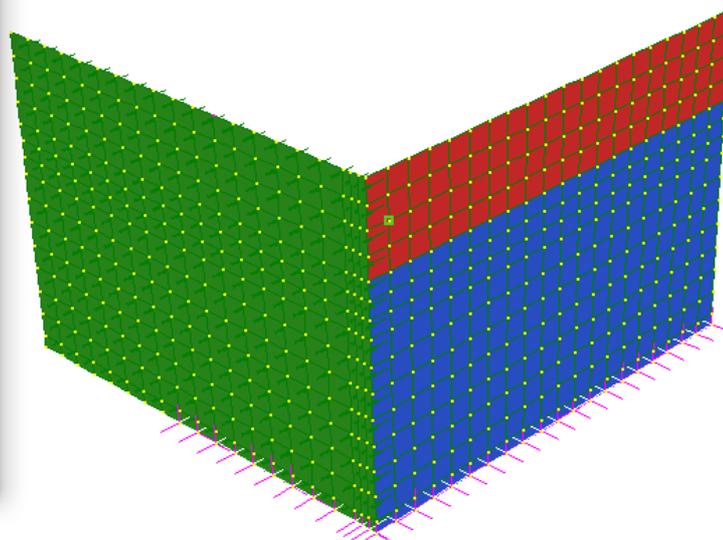
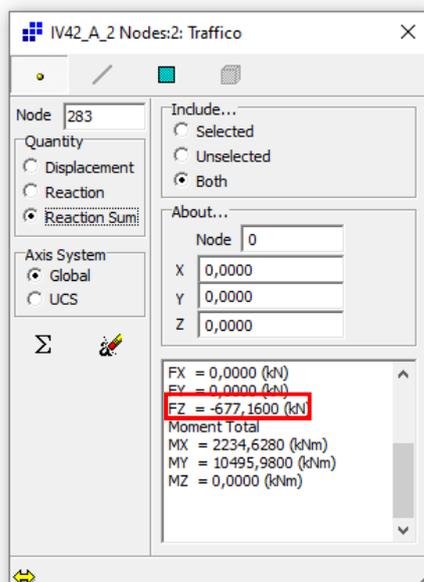
- Ad ulteriore controllo si valuta la spinta rettangolare del sovraccarico tergo spalla.

SOVRACCARICO TERGO SPALLA

ϕ_k [°]	ϕ_k [rad]	$\text{tg}(\phi_k)$
38.00	0.66	0.78

M1	
K_0	0.38
q	30.00 kN/m ²
<u>Risolto</u>	
$L_{\text{CALCOLO RISVOLTO}}$	9.00 m
H_{RISVOLTO}	6.60 m
S_{RISVOLTO}	677 kN
<u>TOTALE</u>	
S_{TOTALE}	677 kN

- La spinta complessiva è risultata di circa 677 kN, tale valore è in effetti simile allo sforzo di taglio indicato dal software (è possibile richiedere al software una somma degli sforzi orizzontali registrati alla base delle strutture in elevazione, come mostrato nell'immagine sottostante). Questo dimostra che il software ha computato correttamente i carichi dati.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
81 di 120

7.10 Sollecitazioni sulla platea di fondazione (direzione longitudinale)

La platea in direzione longitudinale risulta sollecitata dalle azioni provenienti dall'elevazione della spalla e pertanto si adottano come sollecitazioni oggetto di verifica le massime sollecitazioni che si registrano alla base del fusto.

Le massime sollecitazioni sulla platea di fondazione riferite ad una larghezza unitaria pari a 1 m risultano:

COMBO SLU-A1	
N (traz) [kN]	375
M [kNm]	1.238

COMBO SLE - RARE	
N (traz) [kN]	278
M [kNm]	920

COMBO SLE - FREQUENTE	
N (traz) [kN]	226
M [kNm]	678

COMBO SLE - QP	
N (traz) [kN]	191
M [kNm]	565

COMBO SLV	
N (traz) [kN]	611
M [kNm]	2.079

7.11 Sollecitazioni sulla platea di fondazione (direzione trasversale)

La platea in direzione trasversale risulta sollecitata dalle azioni provenienti dall'elevazione della spalla e pertanto si adottano come sollecitazioni oggetto di verifica le massime sollecitazioni che si registrano alla base del risvolto.

Le massime sollecitazioni sulla platea di fondazione riferite ad una larghezza unitaria pari a 1 m risultano:

COMBO SLU-A1	
N (traz) [kN]	1640
M [kNm]	1134

COMBO SLE - RARE	
N (traz) [kN]	1215
M [kNm]	839

COMBO SLE - FREQUENTE	
N (traz) [kN]	961
M [kNm]	657

COMBO SLE - QP	
N (traz) [kN]	792
M [kNm]	536

COMBO SLV	
N (traz) [kN]	2318
M [kNm]	1682

7.12 Sollecitazioni sui ritegni

Nel presente paragrafo si analizzano i ritegni sismici.

L'azione sollecitante presa in considerazione deriva dalle massime sollecitazioni che sono in grado trasmettere gli appoggi allo SLC.

7.12.1 Ritegni trasversali

Ai fini dell'analisi dei ritegni in oggetto, si considerano gli appoggi di una singola spalla.

Nel caso in esame gli isolatori presentano una rigidità di 3.28 kN/mm e uno spostamento massimo che si assume cautelativamente pari a 140 mm.

Si ottiene pertanto una forza su ogni appoggio pari a:

$$F_{Ed} = K\delta = 3.28 \text{ kN/mm} * 140 \text{ mm} = 459 \text{ kN}$$

Essendo presenti due isolatori su ciascuna spalla la forza agente sul ritegno in oggetto risulta pari a:

$$F_{Ed} = 459 \text{ kN} * 2 = 918 \text{ kN}$$

7.12.2 Ritegni longitudinali

Ai fini dell'analisi dei ritegni in oggetto, si considerano gli appoggi presenti nell'intera opera.

Nel caso in esame gli isolatori presentano le seguenti caratteristiche:

	k isolatore [kN/mm]	n app	K tot [kN/mm]
kspA	3.28	2	6.56
kspB	3.28	2	6.56
			13.12

Lo spostamento massimo si assume pari a 140 mm.

Si ottiene pertanto una forza su totale pari a:

$$F_{Ed} = K\delta = 13.12 \text{ kN/mm} * 140 \text{ mm} = 1840 \text{ kN}$$

Essendo presenti due isolatori su ciascuna spalla la forza agente sul ritegno in oggetto risulta pari a:

$$F_{Ed} = 1840 \text{ kN} / 2 = 920 \text{ kN}.$$

8 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi strutturali le cui sollecitazioni di verifica sono state calcolate ai paragrafi precedenti.

8.1 Paraghiaia

Il calcolo di verifica si riferisce ad una sezione di larghezza unitaria.

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 60 \text{ cm}$

$A_s = \phi 18/15$

$A's = \phi 14/15$

$A_{sw} = \text{spille } \phi 10/45 \times 20$

8.1.1 Verifiche agli SLU

8.1.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 125 \text{ kNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo :

N° figure elementari N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.26	8.8
2	16.96	50.6

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
 B450C C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18.13 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 [?]
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
 M_{xRd} 334.9 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 24.28 ‰
 d 50.6 cm
 x 6.374 x/d 0.126
 δ 0.7

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.1.1.2 Verifica a Taglio

V_{sdu}	101	kN
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	32	N/mm ²
γ_c	1,50	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	51,5	cm
A_{sl}	16,96	cm ²
c	8,5	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
A_{sw}	1,78	cm ²
passo	20	cm
f_{cd}	18,13	N/mm ²
f_{yd}	391,30	N/mm ²
σ_{cp}	0,00	N/mm ²
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	220	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
V_{Red}	1449	kN
V_{Rsd}	403	kN
V_{Rd}	403	kN

Essendo $V_{RD} > V_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.1.2 Verifiche agli SLE

8.1.2.1 Verifiche tensionali

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Rare, le sollecitazioni più gravose risultano:
 $M_{ED} = 92 \text{ KNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo: _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,26	8,6
2	16,96	50,6

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

Materiali

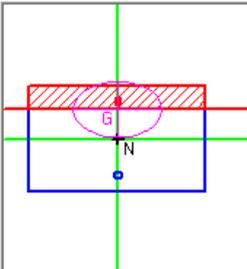
B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
ϵ_s / ϵ_c	15	f_{cc} / f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

σ_c -2,798 N/mm²
 σ_s 118,3 N/mm²

ϵ_s 0,5913 ‰
 d 50,6 cm
 x 13,25 x/d 0,2619
 δ 0,7674

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso



Essendo $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ la verifica è soddisfatta.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti ($\sigma_c < 0.45 f_{ck}$) non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.1.2.2 Verifiche a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Frequenti, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{ED} = 15 \text{ kNm}$$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,26	8,6
2	16,96	50,6

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

I tassi di lavoro nelle armature nelle combinazioni di carico agli Stati Limite di Esercizio Frequenti permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.2 Muri di risvolto (mensola orizzontale)

Il calcolo di verifica si riferisce ad una sezione di larghezza unitaria.

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 120 \text{ cm}$

$A_s = \phi 24/10$

$A's = \phi 16/20$

$A_{sw} = \text{spille } \phi 10/20 \times 20$

8.2.1 Verifiche agli SLU

8.2.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 1251 \text{ kNm}$

Titolo :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	7.3
2	45.24	112.3

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

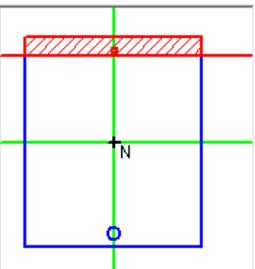
Materiali
B450C C32/40

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} N/mm²
 τ_{c1} N/mm²

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
d cm
x x/d
 δ

N° rett.
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello
 Precompresso



Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.2.1.2 Verifica a Taglio

V_{sdu}	1472	kN
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	32	N/mm ²
γ_c	1,50	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	112,3	cm
A_{sl}	45,24	cm ²
c	7,70	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
A_{sw}	4,00	cm ²
passo	20	cm
f_{cd}	18,13	N/mm ²
f_{yd}	391,30	N/mm ²
σ_{cp}	0,00	N/mm ²
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	449	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
V_{Red}	3160	kN
V_{Rsd}	1978	kN
V_{Rd}	1978	kN

Essendo $V_{RD} > V_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.3 Muri di risvolto (mensola verticale)

Il calcolo di verifica si riferisce ad una sezione di larghezza unitaria.

$B = 100$ cm

$H = 120$ cm

$A_s = \phi 26/10$

$A's = \phi 16/20$

$A_{sw} =$ spille $\phi 12/20 \times 20$

8.3.1 Verifiche agli SLU

8.3.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 1682$ kNm

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	10.05	7.3
			2	53.09	112.3

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
B450C **C32/40**
 ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12,25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,7333
 τ_{c1} 2,114

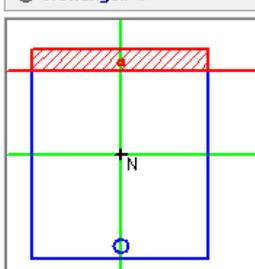
Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

M_{xRd} 2.221 kNm
 σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 28,7 ‰
 d 112,3 cm
 x 12,21 x/d 0,1087
 δ 0,7

N° rett.
 Calcola MRd | Dominio M-N
 L_0 cm | Col. modello
 Precompresso



Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.3.1.2 Verifica a Taglio

V_{sdu}	2318	kN
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	32	N/mm ²
γ_c	1,50	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	112,3	cm
A_{sl}	53.09	cm ²
c	7,70	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
A_{sw}	5.65	cm ²
passo	20	cm
f_{cd}	18,13	N/mm ²
f_{yd}	391,30	N/mm ²
σ_{cp}	0,00	N/mm ²
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	474	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
V_{Red}	3160	kN
V_{Rsd}	2793	kN
V_{Rd}	2793	kN

Essendo $V_{RD} > V_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.3.2 Verifiche agli SLE

8.3.2.1 Verifiche tensionali

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Rare, le sollecitazioni più gravose risultano:
 $M_{ED} = 839 \text{ KNm}$

Titolo:

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	7,3
2	53,09	112,3

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} 839 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

Materiali
 B450C C32/40

ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

σ_c -4,544 N/mm²
 σ_s 156,2 N/mm²
 ϵ_s 0,7809 ‰
 d 112,3 cm
 x 34,12 x/d 0,3038
 δ 0,8198

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Essendo $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ la verifica è soddisfatta.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti ($\sigma_c < 0.45 f_{ck}$) non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.3.2.2 Verifiche a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Frequenti, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{ED} = 657 \text{ kNm}$$

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	7,3
2	53,09	112,3

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

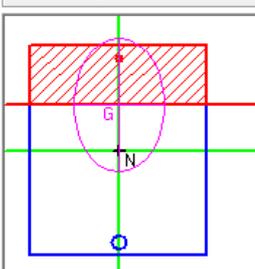
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

σ_c -3,558 N/mm²
 σ_s 122,3 N/mm²
 ϵ_s 0,6115 ‰
 d 112,3 cm
 x 34,12 x/d 0,3038
 δ 0,8198

Verifica
 N° iterazioni:
 Precompresso



I tassi di lavoro nelle armature nelle combinazioni di carico agli Stati Limite di Esercizio Frequenti permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.4 Sezione di spiccato fusto

Il calcolo di verifica si riferisce ad una sezione di larghezza unitaria.

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 240 \text{ cm}$

$A_s = \phi 26/15$

$A's = \phi 20/15$

$A_{sw} = \text{spille } \phi 10/45 \times 20$

8.4.1 Verifiche agli SLU

8.4.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 2079 \text{ kNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	260

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,94	9,1
2	35,39	250,2

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

M M_{Rd} 3.407 kN m

σ_c -18,13 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ϵ_c 2,697 ‰

ϵ_s 67,5 ‰

d 250,2 cm

x 9,614 x/d 0,03842

δ 0,7

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

L_0 cm

Precompresso

Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.4.1.2 Verifica a Taglio

V_{sdu}	611	kN
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	32	N/mm ²
γ_c	1,50	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	250,2	cm
A_{sl}	35,40	cm ²
c	9,80	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
$\theta_{imposto}$	21,80	gradi
A_{sw}	1,78	cm ²
passo	20	cm
f_{cd}	18,13	N/mm ²
f_{yd}	391,30	N/mm ²
σ_{cp}	0,00	N/mm ²
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	720	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rcd}	7040	kN
V_{Rsd}	1958	kN
V_{Rd}	1958	kN

Essendo $V_{RD} > V_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.4.2 Verifiche agli SLE

8.4.2.1 Verifiche tensionali

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Rare, le sollecitazioni più gravose risultano:
 $M_{ED} = 920 \text{ KNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo: _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	260

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,94	9,1
2	35,39	250,2

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

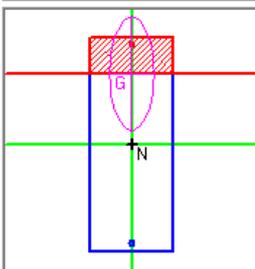
Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso



Essendo $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ la verifica è soddisfatta.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti ($\sigma_c < 0.45 f_{ck}$) non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.4.2.2 Verifiche a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Frequenti, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{ED} = 678 \text{ kNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	260

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20,94	9,1
2	35,39	250,2

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

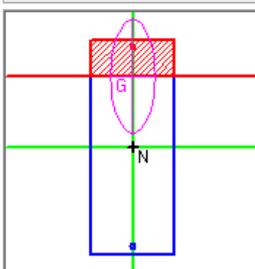
Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13 N/mm²
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

σ_c -1,165 N/mm²
 σ_s 81,18 N/mm²
 ϵ_s 0,4059 ‰
 d 250,2 cm
 x 44,32 x/d 0,1772
 δ 0,7

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso



I tassi di lavoro nelle armature nelle combinazioni di carico agli Stati Limite di Esercizio Frequenti permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.5 Platea di fondazione (direzione longitudinale)

Il calcolo di verifica si riferisce ad una sezione di larghezza unitaria, trascurando cautelativamente le armature aggiuntive in corrispondenza dei pali.

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 220 \text{ cm}$

$A_s = \phi 26/15$

$A's = \phi 26/15$

8.5.1 Verifiche agli SLU

8.5.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 2079 \text{ kNm}$

$N_{Ed} = 611 \text{ kN}$ (trazione)

Titolo : _____

N* figure elementari Zoom N* strati barre Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N*	As [cm²]	d [cm]
1	35,39	7
2	35,69	212,7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
B450C **C32/40**
 ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12,25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,7333
 τ_{c1} 2,114

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

M_{xRd} 2.281 kN m $N^* \text{ rett.}$ 100

σ_c -18,13 N/mm² σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 2,193 ‰ ϵ_s 67,5 ‰
 d 212,7 cm L_0 0 cm Col. modello
 x 6,692 x/d 0,03146 δ 0,7

Precompresso

Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.5.2 Verifiche agli SLE

8.5.2.1 Verifiche tensionali

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Rare, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{Ed} = 920 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 278 \text{ kN (trazione)}$$

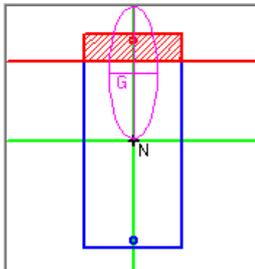
Titolo:

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	35,39	7
2	35,69	212,7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="-278"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="920"/> kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN
 yN

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

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su} <input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd} <input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3.5"/> ‰
E_s <input type="text" value="200.000"/> N/mm²	f_{cd} <input type="text" value="18.13"/>
E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd} <input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="12.25"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ_{co} <input type="text" value="0.7333"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="2.114"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

Essendo $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ la verifica è soddisfatta.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti ($\sigma_c < 0.45 f_{ck}$) non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.5.2.2 Verifiche a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Frequenti, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{Ed} = 678 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 226 \text{ kN (trazione)}$$

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	35,39	7
2	35,69	212,7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

Materiali

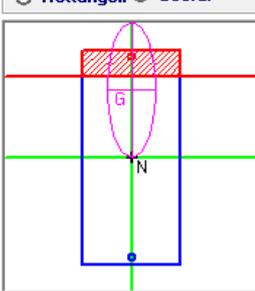
ϵ_{su}	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ϵ_{c2}	<input type="text" value="2"/> ‰
f_{yd}	<input type="text" value="391.3"/> N/mm ²	ϵ_{cu}	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E_s	<input type="text" value="200.000"/> N/mm ²	f_{cd}	<input type="text" value="18.13"/>
E_s/E_c	<input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd}	<input type="text" value="0.8"/> ?
ϵ_{syd}	<input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="12.25"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co}	<input type="text" value="0.7333"/>
		τ_{c1}	<input type="text" value="2.114"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso



I tassi di lavoro nelle armature nelle combinazioni di carico agli Stati Limite di Esercizio Frequenti permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.6 Platea di fondazione (direzione trasversale)

Il calcolo di verifica si riferisce ad una sezione di larghezza unitaria, trascurando cautelativamente le armature aggiuntive in corrispondenza dei pali.

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 220 \text{ cm}$

$A_s = \phi 26/10$

$A's = \phi 26/20$

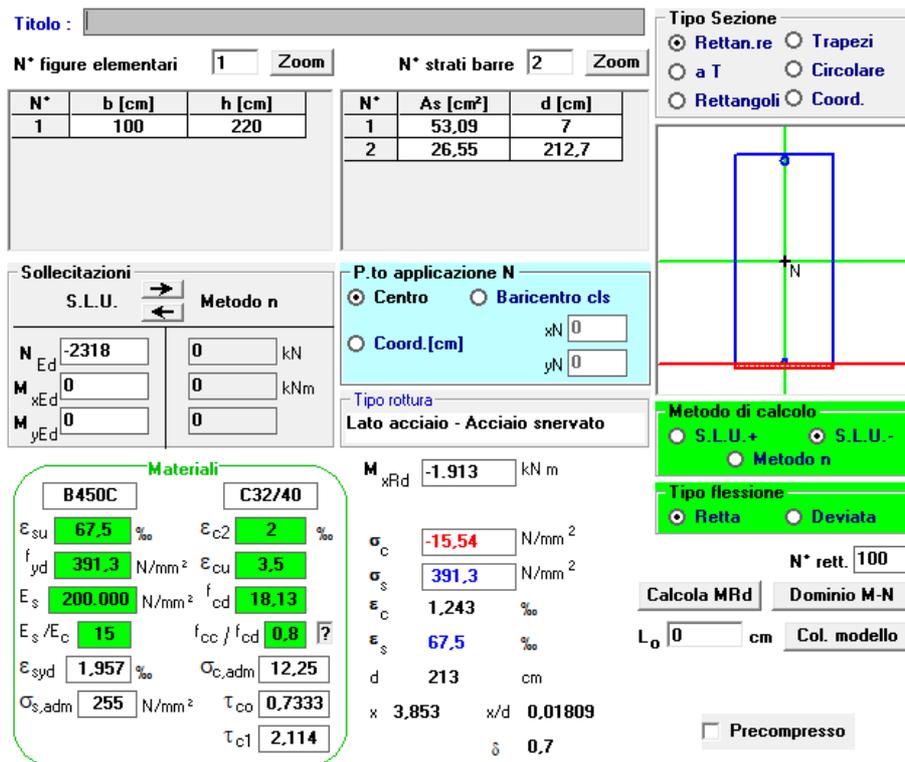
8.6.1 Verifiche agli SLU

8.6.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 1382 \text{ kNm}$

$N_{Ed} = 2318 \text{ kN}$ (trazione)



Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	220	1	53,09	7
			2	26,55	212,7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U.

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,7333
		τ_{c1}	2,114

Calcoli:
 $M_{xRd} = -1.913 \text{ kNm}$
 $\sigma_c = -15,54 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_s = 391,3 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_c = 1,243 \text{ ‰}$
 $\epsilon_s = 67,5 \text{ ‰}$
 $d = 213 \text{ cm}$
 $x = 3,853$ $x/d = 0,01809$
 $\delta = 0,7$

Tipo flessione
 Retta Deviata

Parametri:
 N° rett.

 $L_0 = 0 \text{ cm}$

Precompresso

Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.6.2.2 Verifiche a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Frequenti, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{Ed} = 657 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 961 \text{ kN (trazione)}$$

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53,09	7
2	26,55	212,7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U.

N _{Ed}	0	-961	kN
M _{xEd}	0	-657	kNm
M _{yEd}	0	0	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

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

Materiali

B450C		C32/40	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	12,25
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,7333
		τ _{c1}	2,114

σ_{sMax} N/mm²
 σ_{sMin} N/mm²
 ε_s ‰

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

I tassi di lavoro nelle armature nelle combinazioni di carico agli Stati Limite di Esercizio Frequenti permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.7 Pali di fondazione – Sezione testa palo (profondità 0.00m)

Il calcolo di verifica si riferisce alla sezione di testa palo che, dalle analisi effettuate, risulta la più sollecitata.

$D = 150 \text{ cm}$

$A_s = 48\phi 26$

$A_{sw} = \text{staffe } \phi 12/5$

8.7.1 Verifiche agli SLU

8.7.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 4925 \text{ kNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 48
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 9.5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{Ed}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 5.459 kNm

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 9.152 ‰
 d: 140.5 cm
 x: 38.87 x/d: 0.2766
 δ : 0.7858

Metodo di calcolo

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

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o: 0 cm Col. modello

Precompresso

Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.7.1.2 Verifica a Taglio

V_{ed}	2007	kN
N_{ed}	0	kN
R_{ck}	30	N/mm ²
f_{ck}	25	N/mm ²
γ_c	1,50	
f_{yk}	450	N/mm ²
Φ	150	cm
b_w	135,00	cm
h_e	93,67	cm
d	84,17	cm
A_{sl}	254,88	cm ²
c	9,50	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
A_{sw}	2,26	cm ²
passo	5	cm
f_{cd}	14,17	N/mm ²
f_{yd}	391,30	N/mm ²
σ_{cp}	0,00	N/mm ²
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	616	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rcd}	2498	kN
V_{Rsd}	3350	kN
V_{Rd}	2498	kN

Essendo $V_{RD} > V_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.7.2 Verifiche agli SLE

8.7.2.1 Verifiche tensionali

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Rare, le sollecitazioni più gravose risultano:
 $M_{ED} = 1120 \text{ KNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 48
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 9.5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

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

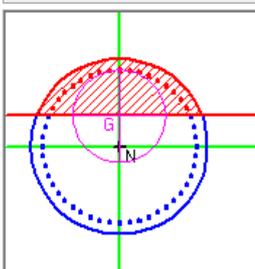
Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200.000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -5.455 N/mm²
 σ_s : 153.7 N/mm²
 ϵ_s : 0.7687 ‰
 d: 140.5 cm
 x: 48.8 x/d: 0.3473
 δ : 0.8742

Vertici: 50
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso



Essendo $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ la verifica è soddisfatta.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti ($\sigma_c < 0.45 f_{ck}$) non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

I tassi di lavoro nelle armature, valutati cautelativamente in combinazione di carico agli Stati Limite di Esercizio Rare, permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.7.2.2 Verifiche a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Frequenti, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{ED} = 942 \text{ kNm}$$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 48
 Diametro barre: 2,6 [cm]
 Copriferro (baric.): 9,5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. → Metodo n
 ←

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

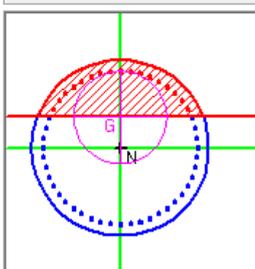
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C		C25/30	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	14,17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,6
		τ_{c1}	1,829

σ_c : -3,365 N/mm²
 σ_s : 94,84 N/mm²
 ϵ_s : 0,4742 ‰
 d: 140,5 cm
 x: 48,8 x/d: 0,3473
 δ : 0,8742

Vertici: 50
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso



I tassi di lavoro nelle armature nelle combinazioni di carico agli Stati Limite di Esercizio Frequenti permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.8 Pali di fondazione – Prima sezione cambio armatura (profondità 5.00 m)

Il calcolo di verifica si riferisce alla sezione di cambio armatura, posizionata a 5.00m di profondità dalla testa del palo:

$D = 150 \text{ cm}$

$A_s = 48\phi 26$

$A_{sw} = \text{staffe } \phi 12/10$

8.8.1 Verifiche agli SLU

8.8.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$M_{Ed} = 3062 \text{ kNm}$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 48
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 9.5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 5.459 kNm

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} : 67.5 ‰	ϵ_{c2} : 2 ‰
f_{yd} : 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} : 3.5 ‰
E_s : 200.000 N/mm ²	f_{cd} : 14.17
E_s/E_c : 15	f_{cc}/f_{cd} : 0.8
ϵ_{syd} : 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$: 9.75
$\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm ²	τ_{co} : 0.6
	τ_{c1} : 1.829

σ_c : -14.17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 9.152 ‰
 d: 140.5 cm
 x: 38.87 x/d: 0.2766
 δ : 0.7858

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_o: 0 cm Col. modello

Precompresso

Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.8.1.2 Verifica a Taglio

V_{ed}	687	kN
N_{ed}	0	kN
R_{ck}	30	N/mm ²
f_{ck}	25	N/mm ²
γ_c	1,50	
f_{yk}	450	N/mm ²
Φ	150	cm
b_w	135,00	cm
h_e	93,67	cm
d	84,17	cm
A_{sl}	254,88	cm ²
c	9,50	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
A_{sw}	2,26	cm ²
passo	10	cm
f_{cd}	14,17	N/mm ²
f_{yd}	391,30	N/mm ²
σ_{cp}	0,00	N/mm ²
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	616	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rcd}	2498	kN
V_{Rsd}	1675	kN
V_{Rd}	1675	kN

Essendo $V_{RD} > V_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.8.2 Verifiche agli SLE

8.8.2.1 Verifiche tensionali e a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Rare, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{ED} = 1375 \text{ KNm}$$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 48
 Diametro barre: 2,6 [cm]
 Copriferro (baric.): 9,5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN: 0
 yN: 0

Metodo di calcolo

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

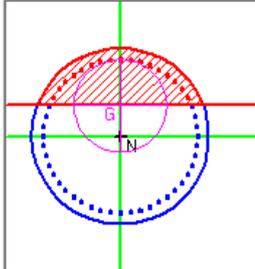
Materiali

B450C **C25/30**

ε_{su}: 67,5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391,3 N/mm² ε_{cu}: 3,5 ‰
 E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 14,17 ‰
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8 [?]
 ε_{syd}: 1,957 ‰ σ_{c,adm}: 9,75 ‰
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,6 ‰
 τ_{c1}: 1,829 ‰

σ_c: -4,912 N/mm²
 σ_s: 138,4 N/mm²
 ε_s: 0,6922 ‰
 d: 140,5 cm
 x: 48,8 x/d: 0,3473
 δ: 0,8742

Vertici: 50
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso



Essendo $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ la verifica è soddisfatta.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti ($\sigma_c < 0.45 f_{ck}$) non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

I tassi di lavoro nelle armature, valutati cautelativamente in combinazione di carico agli Stati Limite di Esercizio Rare, permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

8.9 Pali di fondazione – Seconda sezione cambio armatura (profondità 15.00m)

Il calcolo di verifica si riferisce alla sezione di cambio armatura, posizionata a 15.00m di profondità dalla testa del palo:

$$D = 150 \text{ cm}$$

$$A_s = 24\phi 24$$

$$A_{sw} = \text{staffe } \phi 12/20$$

8.9.1 Verifiche agli SLU

8.9.1.1 Verifica a flessione

Dalle analisi statiche e sismiche, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{Ed} = 1006 \text{ kNm}$$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 24
 Diametro barre: 2.4 [cm]
 Copriferro (baric.): 9.400001 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 2.562 kN m

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 14.17
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

σ_c: -14.17 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 ‰
 ε_s: 14.59 ‰
 d: 140.6 cm
 x: 27.2 x/d: 0.1935
 δ: 0.7

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

Vertici: 50 N° rett.: 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_o: 0 cm Col. modello

Precompresso

Essendo $M_{RD} > M_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.9.1.2 Verifica a Taglio

V_{ed}	313	kN
N_{ed}	0	kN
R_{ck}	30	N/mm ²
f_{ck}	25	N/mm ²
γ_c	1,50	
f_{yk}	450	N/mm ²
Φ	150	cm
b_w	135,00	cm
h_e	93,67	cm
d	84,17	cm
A_{sl}	191,16	cm ²
c	9,50	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
A_{sw}	2,26	cm ²
passo	20	cm
f_{cd}	14,17	N/mm ²
f_{yd}	391,30	N/mm ²
σ_{cp}	0,00	N/mm ²
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	560	kN
<i>Verifica con armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rcd}	2498	kN
V_{Rsd}	838	kN
V_{Rd}	838	kN

Essendo $V_{RD} > V_{ED}$ la verifica risulta soddisfatta.

8.9.2 Verifiche agli SLE

8.9.2.1 Verifiche tensionali e a fessurazione

Si determinano i tassi di lavoro sui materiali in condizioni di carico SLE Rare, le sollecitazioni più gravose risultano:

$$M_{ED} = 31 \text{ KNm}$$

A favore di sicurezza si trascura il contributo benefico dello sforzo di compressione.

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 75 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 24
 Diametro barre: 2,4 [cm]
 Copriferro (baric.): 9,400001 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

xN: 0
 yN: 0

Metodo di calcolo

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

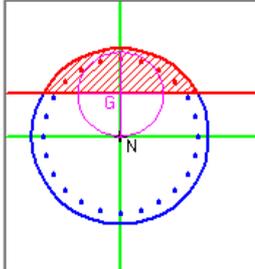
Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67,5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391,3 N/mm² ε_{cu}: 3,5 ‰
 E_s: 200.000 N/mm² f_{cd}: 14,17 ‰
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8 [?]
 ε_{syd}: 1,957 ‰ σ_{c,adm}: 9,75 ‰
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,6 ‰
 τ_{c1}: 1,829 ‰

σ_c: -0,1751 N/mm²
 σ_s: 6,817 N/mm²
 ε_s: 0,03408 ‰
 d: 140,6 cm
 x: 39,11 x/d: 0,2782
 δ: 0,7877

Vertici: 50
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso



Essendo $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ e $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$ la verifica è soddisfatta.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti ($\sigma_c < 0.45 f_{ck}$) non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

I tassi di lavoro nelle armature, valutati cautelativamente in combinazione di carico agli Stati Limite di Esercizio Rare, permangono inferiori ai limiti riportati nelle tabelle C4.1.II e C4.1.III della Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 (punto C4.1.2.2.4.6). La verifica dell'ampiezza di fessurazione è da intendersi pertanto svolta per via indiretta ed implicitamente soddisfatta in ragione dei tassi di lavoro di progetto sulle armature precedentemente determinati.

Inoltre, essendo verificata anche la condizione limite riferita agli stati limite di esercizio quasi permanenti non risulta necessario eseguire ulteriori verifiche.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001

Rev.
A

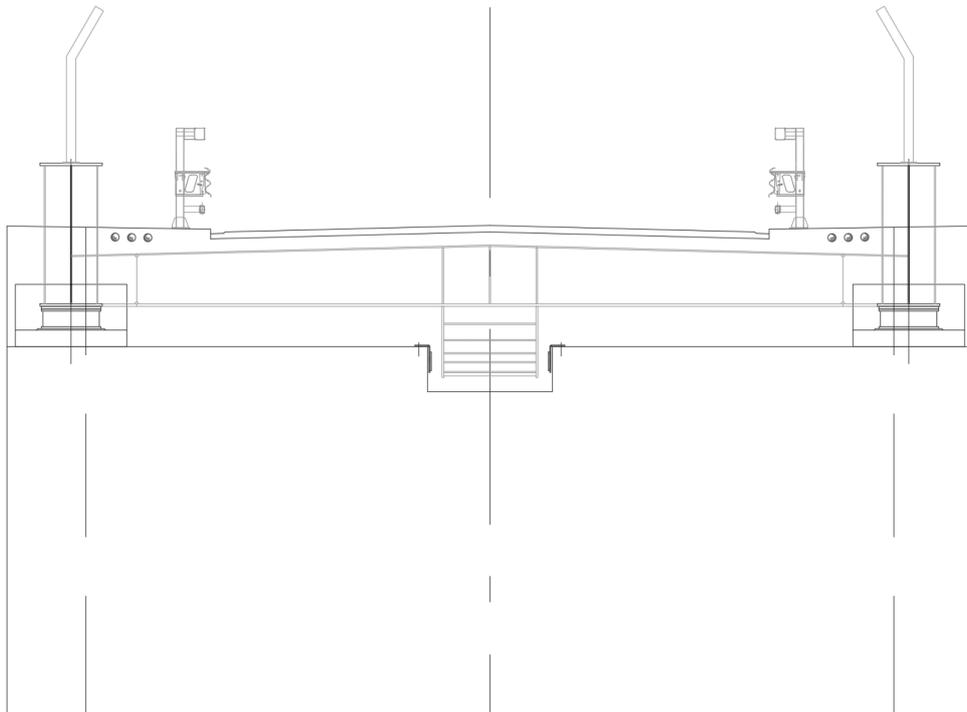
Foglio
116 di 120

8.10 Ritegni

8.10.1 Ritegni trasversali

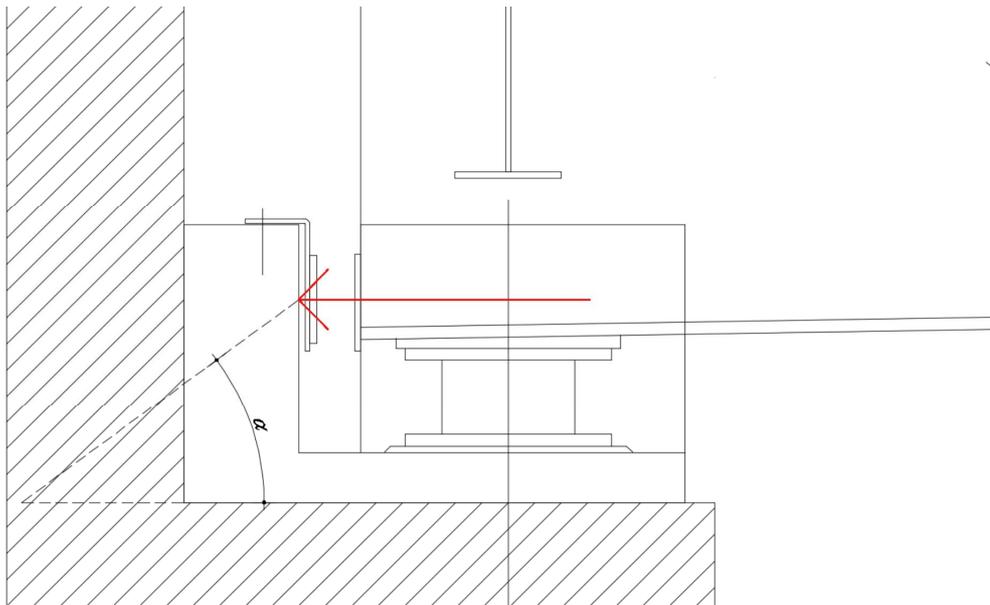
I ritegni trasversali sono costituiti da una struttura metallica collegata ai traversi di spalla dell'impalcato e posizionata in corrispondenza di una "tasca" realizzata in testa al fusto della spalla.

Dati il funzionamento del sistema e la geometria massiccia del fusto della spalla, le sollecitazioni trasmesse dal ritegno non risultano significative e le verifiche lato calcestruzzo risultano superflue.



8.10.2 Ritegni longitudinali

La verifica è eseguita avvalendosi del metodo tirante-puntone. Si assume che il carico generi la formazione di una biella compressa di inclinazione pari ad α che dipende dalla geometria del ritegno.



La trazione che nasce nelle armature può quindi essere calcolata mediante considerazioni geometriche, come nel seguito riportato:

$$T_{Ed} = F_{Ed} * \tan \alpha = 920 \text{ kN} * \tan (35^\circ) = 644 \text{ kN}$$

A favore di sicurezza si considera un'armatura costituita solo dai ferri posti sul lato frontale del ritegno, ovvero $11\phi 26$: $A_s = 5841 \text{ mm}^2$

La trazione resistente vale pertanto:

$$T_{Rd} = A_s * f_{yd} = 5841 \text{ mm}^2 * 391 \text{ MPa} = 2284 \text{ kN}$$

Si ottiene:

$$T_{Ed}/T_{Rd} = 644 \text{ kN} / 2284 \text{ kN} = 0.28 < 1 \text{ verificato}$$

9 VERIFICHE GEOTECNICHE

9.1 Verifica di portanza verticale della palificata

Dalle analisi statiche e sismiche i massimi sforzi di compressione risultano:

$$N_{\max,SLU} = -6401 \text{ kN}$$

$$N_{\max,SLV} = -7038 \text{ kN}$$

$$N_{\max,SLE} = -5809 \text{ kN}$$

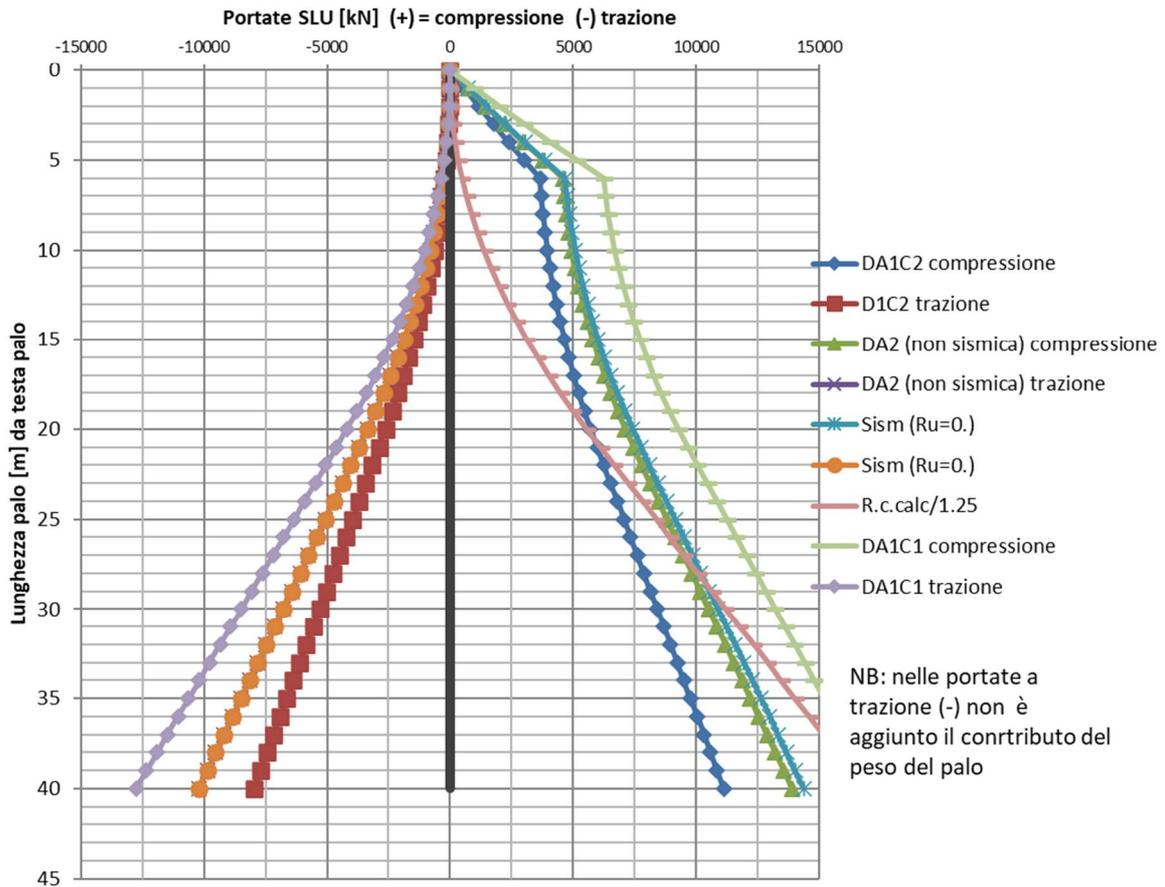
Si adottano pali di lunghezza pari a **21.00m**.

Si riportano di seguito la tabella e il diagramma di portanza del palo singolo forniti dal Progettista Geotecnico per l'opera in oggetto:

Profondità	DA2 (non sismica)		SISMICA	
	Compressione	Trazione	Compressione	Trazione
0	2	0	2	0
1	712	0	726	0
2	1448	-24	1477	-24
3	2203	-66	2247	-66
4	2976	-124	3035	-124
5	3767	-199	3841	-199
6	4577	-292	4666	-292
7	4638	-401	4742	-401
8	4718	-527	4836	-527
9	4816	-669	4949	-669
10	4932	-829	5080	-829
11	5067	-1006	5230	-1006
12	5221	-1200	5398	-1200
13	5392	-1410	5584	-1410
14	5582	-1637	5789	-1637
15	5790	-1882	6012	-1882
16	6017	-2143	6254	-2143
17	6262	-2421	6514	-2421
18	6526	-2717	6793	-2717
19	6808	-3029	7089	-3029
20	7108	-3358	7404	-3358
21	7444	-3699	7749	-3699
22	7783	-4042	8097	-4042
23	8122	-4385	8445	-4385

**IV28 ø1500 - falda 20 m da p.c.
testa palo a p.c.
2 sondaggi- $\xi_3=1.65$**

PE - 2020



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL IV 28 A 6 001Rev.
AFoglio
120 di 120

9.2 Verifica di portanza orizzontale della palificata

Dalle analisi statiche e sismiche i massimi sforzi di taglio agenti sulla palificata risultano:

$$T_{\max,SLU} = 10094 \text{ kN}$$

$$T_{\max,SLV} = 15876 \text{ kN}$$

Si riporta di seguito la verifica di portanza orizzontale della palificata, eseguita sulla base dei dati forniti dal Progettista Geotecnico per l'opera in oggetto:

ϕ_k	38 kPa	γ_ϕ	1	D	1.5 m
ξ_3	1.65	γ_R	1.3	M_P	5459 kN·m

R_{front}	17888 kN
R_{sides}	10895 kN
	28783 kN

R_d	= 28783 / 1.3 =	22140 kN
eff.gr	= 28783 / (3690 · 10)	0.780

Essendo $T_{Rd} = 22140 \text{ kN} > T_{Ed}$ la verifica risulta soddisfatta.

Si procede determinando la quota di profondità della cerniera plastica:

$R_{d,SAFE}$	22118 kN
profondità cerniera plastica	12.02 m

Per garantire la formazione della cerniera plastica in profondità si prevede il prolungamento dell'armatura in grado di garantire il momento resistente sufficiente a soddisfare la verifica (48 ϕ 26) fino alla quota di 15m.