

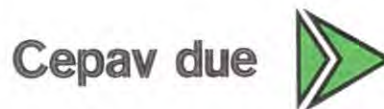
COMMITTENTE:



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 OV15 – MODIFICHE PIAZZALE FERALPI OPERE CIVILI NUOVA VASCA TRATTAMENTO ACQUE ISPESSITORE RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Data: <u>06 OTT 2018</u>	Valido per costruzione Data: _____
Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta)	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	C L	O V 1 5 C 0	0 0 2	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data		
A	Emissione	ZAMBERIN	01/10/18	CARLI	01/10/18	DOTT. ING. PAOLO GALVANIN Sez. A Settori: civile e ambientale industriale Data: 01/10/2018	
B							
C							

CIG. 751447334A File: INOR11EE2CLOV15C0052A.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA s.r.l.

CUP: F81H91000000008

**INDICE**

1.	GENERALITA'	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.	MATERIALI	7
3.1.	CALCESTRUZZO FONDAZIONE	7
3.2.	CALCESTRUZZO ELEVAZIONI	8
3.3.	ACCIAIO BARRE D'ARMATURA	9
4.	DURABILITA' STRUTTURALE	10
4.1.	CLASSI DI ESPOSIZIONE E PRESCRIZIONE DEL CALCESTRUZZO	10
4.2.	COPRIFERRI DELLE ARMATURE	10
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	12
5.1.	MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO	12
5.2.	INTERVENTI DI BONIFICA DEGLI STRATI DI RIPORTO ANTROPICO	13
6.	INQUADRAMENTO SISMICO	14
6.1.	VITA NOMINALE	14
6.2.	CLASSI D'USO	14
6.3.	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	15
6.4.	UBICAZIONE DEL SITO	15
6.5.	MODELLAZIONE AZIONE SISMICA	17
6.5.1.	<i>Fattore di struttura</i>	19
7.	ANALISI DEI CARICHI	22
7.1.	PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE (G_1)	22
7.2.	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G_2)	22
7.3.	CARICHI VARIABILI	22
7.4.	AZIONE DEL VENTO	22
7.4.1.	<i>Velocità di riferimento</i>	22
7.4.2.	<i>Pressione cinetica di riferimento</i>	23
7.4.3.	<i>Pressione del vento</i>	23



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL OV 15C 0 002	Rev. A	Foglio 3 di 100
7.4.4.					
<i>Coefficiente di esposizione</i>					24
7.4.5.					
<i>Coefficienti di forma</i>					25
7.4.6.					
<i>Coefficiente dinamico</i>					26
7.4.7.					
<i>Azione da vento</i>					26
7.5.					
AZIONI SISMICHE					26
7.6.					
NEVE					26
8.					
COMBINAZIONI DI CARICO					28
8.1.					
CASI DI CARICO ELEMENTARI.....					28
8.2.					
COMBINAZIONI					29
8.2.1.					
<i>Combinazione azione statiche (SLU-SLE)</i>					32
8.2.2.					
<i>Combinazione azione sismiche</i>					33
9.					
MODELLO DI CALCOLO.....					35
9.1.					
PARAMETRI DELLA MODELLAZIONE NUMERICA.....					35
10.					
VERIFICHE					37
10.1.					
VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....					37
10.1.1.					
<i>Resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali)</i>					37
10.1.2.					
<i>Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglienti</i>					38
10.2.					
VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....					40
10.2.1.					
<i>Verifica delle tensioni di esercizio</i>					40
10.2.2.					
<i>Verifiche a fessurazione</i>					40
11.					
SOLETTA.....					42
11.1.					
SOLETTA: TRAVI LONGITUDINALE 100x50.....					43
11.1.1.					
<i>Sollecitazioni SLU</i>					43
11.1.2.					
<i>Verifiche SLU</i>					45
11.1.3.					
<i>Sollecitazioni SLE</i>					46
11.1.4.					
<i>Verifiche SLE</i>					47
11.2.					
TRAVI TRASVERSALI LATERALI 110x50 (TR2).....					49
11.2.1.					
<i>Sollecitazioni SLU</i>					49

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA

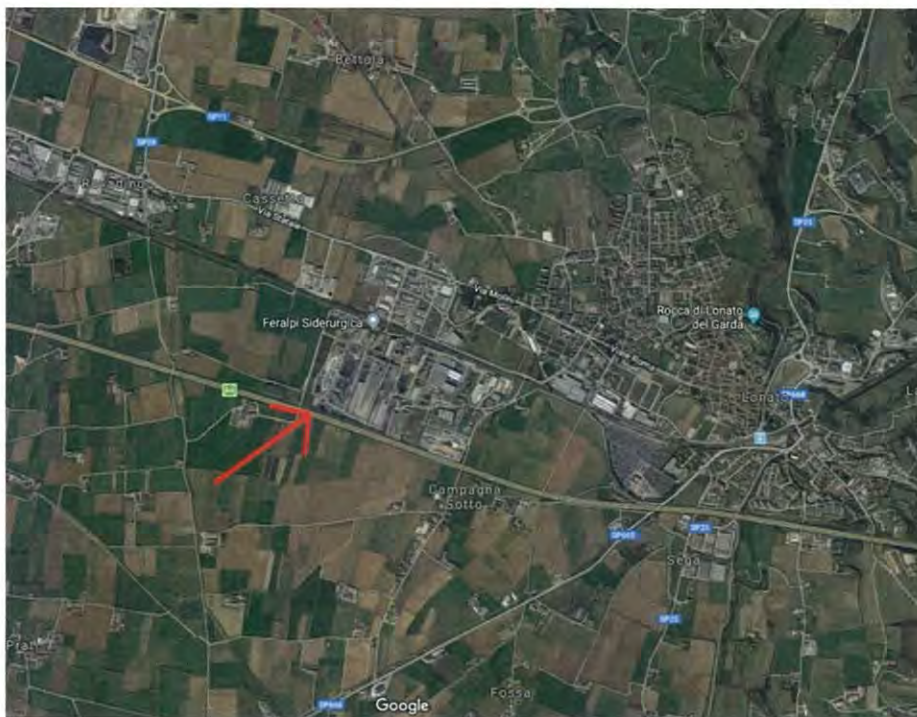


Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL OV 15C 0 002	Rev. A	Foglio 4 di 100
11.2.2. Verifiche SLU					51
11.2.3. Sollecitazioni SLE.....					53
11.2.4. Verifiche SLE.....					54
11.3. TRAVE TRASVERSALE CENTRALE 110x50 (TR1)					56
11.3.1. Sollecitazioni SLU					56
11.3.2. Verifiche SLU					58
11.3.3. Sollecitazioni SLE.....					60
11.3.4. Verifiche SLE.....					61
11.4. PILASTRI.....					63
11.4.1. Sollecitazioni SLU					63
11.4.2. Verifiche SLU					66
11.4.3. Verifiche SLE.....					68
11.5. PLATEA					70
11.5.1. Sollecitazioni SLU					71
11.5.2. Verifiche SLU					75
11.5.3. Sollecitazioni SLE.....					77
11.5.4. Verifiche SLE.....					78
11.5.5. Pressioni fondazione.....					80
11.5.6. Cedimenti attesi.....					81
12. SCALA METALLICA E PASSERELLA					83
12.1. ANALISI DEI CARICHI					83
12.2. COMBINAZIONI DI CARICO					83
12.3. ANALISI STRUTTURALE.....					84
12.4. VERIFICHE					93

1. GENERALITA'

Oggetto del presente elaborato è la verifica statica e sismica del nuovo impianto ispessitore posizionato nel piazzale della ditta Feralpi Siderurgica a Lonato (BS).

L'intervento fa parte di una serie di riposizionamenti di alcune strutture del piazzale che sono attualmente interferenti con la realizzazione della nuova galleria artificiale di Lonato della linea A.V./A.C. Torino-Venezia nella tratta Milano – Verona.



Individuazione intervento (fonte google maps)

Il nuovo impianto ispessitore è costituito da una struttura a telaio in c.a. fuori terra a sostegno degli impianti posti a quota +7.50m da piano piazzale. Le strutture in elevazione sono costituite da pilastri in c.a. a sezione quadrata 80 cm x 80 cm, posizionati a maglia rettangolare con un interasse pari a 5.20m e 4.10m.

Il solaio di appoggio degli impianti è realizzato mediante una soletta piena in c.a. in opera di spessore pari a 50cm; tale solaio è accessibile per manutenzione degli impianti mediante una scala metallica esterna protetta lateralmente, come tutto il camminamento perimetrale del solaio stesso, mediante un parapetto metallico di altezza pari a 1.10m con fermapiede. La struttura di fondazione è costituita da una platea in c.a. in opera di spessore pari a 80cm, caratterizzata da una pianta rettangolare.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
6 di 100

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano le Normative utilizzate:

D.M. 14-01-2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”	[NTC08]
CIRCOLARE N. 617 02/02/2009 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008	[CIR617]

Documenti integrativi alle NTC08:

UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”	[EC2-1-1]
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”;	[EC8-1]

3. MATERIALI

3.1. Calcestruzzo fondazione

CALCESTRUZZO - Rif. DM 14/01/2008

classe di resistenza	C30/37	
resistenza cubica caratteristica a compressione	R_{ck}	37.00 MPa
peso specifico	ρ	25.00 kN/mc
classe d'esposizione	XC2/XA1	
coeff. espansione termica lineare	α	$1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
coeff. di Poisson	ν_{fess}	0.00
	$\nu_{non\ fess}$	0.20
modulo elastico secante	E_{cm}	33019 MPa
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck}	30.71 MPa
resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	38.71 MPa
coeff. parziale per resistenze SLU	γ_c	1.50
coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0.85
resistenza media a trazione assiale	f_{ctm}	2.94 MPa
resistenza media a trazione per flessione	f_{ctf}	3.53 MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 5%	$f_{ctk,0.05}$	2.06 MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 95%	$f_{ctk,0.95}$	3.82 MPa
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	17.40 MPa
resistenza di calcolo a compressione per spessori < 5cm	$f_{cd,sp<5}$	13.92 MPa
resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.37 MPa
resistenza di calcolo a trazione per spessori < 5cm	$f_{ctd,sp<5}$	1.10 MPa
tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)	$\sigma_{c,rara}$	18.43 MPa
tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) per spessori < 5cm	$\sigma_{c,rara,sp<5}$	14.74 MPa
tensione ammissibile per combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	13.82 MPa
tensione ammissibile per combinazione quasi permanente per spessori < 5cm	$\sigma_{c,q.p.,sp<5}$	11.06 MPa
resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre $\varnothing \leq 32$	f_{bk}	4.63 MPa
resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre $\varnothing \leq 32$	f_{bd}	3.09 MPa




3.2. Calcestruzzo elevazioni

CALCESTRUZZO - Rif. DM 14/01/2008

classe di resistenza	C32/40	
resistenza cubica caratteristica a compressione	R_{ck}	40.00 MPa
peso specifico	ρ	25.00 kN/mc
classe d'esposizione	XC4/XA1	
coeff. espansione termica lineare	α	$1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
coeff. di Poisson	ν_{fess}	0.00
	$\nu_{non\ fess}$	0.20
modulo elastico secante	E_{cm}	33643 MPa
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck}	33.20 MPa
resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	41.20 MPa
coeff. parziale per resistenze SLU	γ_c	1.50
coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0.85
resistenza media a trazione assiale	f_{ctm}	3.10 MPa
resistenza media a trazione per flessione	f_{ctf}	3.72 MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 5%	$f_{ctk,0.05}$	2.17 MPa
resistenza caratteristica a trazione frattile 95%	$f_{ctk,0.95}$	4.03 MPa
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18.81 MPa
resistenza di calcolo a compressione per spessori < 5cm	$f_{cd,sp<5}$	15.05 MPa
resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.45 MPa
resistenza di calcolo a trazione per spessori < 5cm	$f_{ctd,sp<5}$	1.16 MPa
tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)	$\sigma_{c,rara}$	19.92 MPa
tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) per spessori < 5cm	$\sigma_{c,rara,sp<5}$	15.94 MPa
tensione ammissibile per combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.94 MPa
tensione ammissibile per combinazione quasi permanente per spessori < 5cm	$\sigma_{c,q.p.,sp<5}$	11.95 MPa
resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre $\varnothing \leq 32$	f_{bk}	4.88 MPa
resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre $\varnothing \leq 32$	f_{bd}	3.25 MPa

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA


ITALFERR
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002Rev.
AFoglio
9 di 100**3.3. Acciaio barre d'armatura****ACCIAIO DA C.A. - Rif. DM 14/01/2008**

tipo	B450C
coeff. parziale per le resistenze SLU	γ_M 1.15
resistenza caratteristica a snervamento	f_{yk} 450.00 MPa
resistenza caratteristica a rottura	f_{tk} 540.00 MPa
rapporto $(f_t / f_y)_k$	$1,15 \leq (f_t / f_y)_k \leq 1,35$
rapporto $(f_y / f_{y,nom})_k$	$(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1,25$
allungamento $(A_{gt})_k$	$(A_{gt})_k \geq 7,50 \%$
resistenza di calcolo	f_{yd} 391.30 MPa
tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)	$\sigma_{s,rara}$ 360.00 MPa



4. DURABILITA' STRUTTURALE

4.1. Classi di esposizione e prescrizione del calcestruzzo

In base alle indicazioni delle norme EN206-1 e UNI 11104 le condizioni prevalenti, considerando la struttura in una zona a basso livello di congelamento, possono essere classificate nelle classi di esposizione ambientale di tabella.

Classe di esposizione	Condizione di esposizione	Elementi strutturali
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	

Le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella seguente tabella con riferimento alle classi di esposizione sopra definite.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

La classi di esposizione XC4 - XA1 determinano delle condizioni ambientali di tipo Aggressive.

4.2. Copriferri delle armature

Con riferimento al §4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione, il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.IV delle NTC.

I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti,...) o monodimensionale (travi, pilastri,...).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità. I valori della Tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (Tipo 2 secondo la Tabella 2.4.I delle NTC).

Tabella C4.1.IV Copriferrì minimi in mm

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$

C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tipo cls	classe esposizione	Condizioni ambientali	Tipo elemento	Copriferro minimo	Controllo qualità	Tolleranza	Copriferro utilizzato
[-]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
C30/37 C32/40	XC4/XA1	Aggressive	Piastra	30	NO	10	40

Vita nominale VN= 50 anni



5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1. Modello stratigrafico e geotecnico

Le diverse campagne di indagini condotte nell'area interessata dagli interventi in oggetto hanno mostrato la presenza di materiali di riporto di origine antropica (scorie di fonderia), che localmente possono arrivare fino a 7-10 m di profondità, come evidenziato nella relazione a firma del dott. Geologo Claudio Leoncini emessa ad Agosto 2018.

In particolare, l'area sulla quale insistono la nuova vasca di depurazione e le sue immediate pertinenze è caratterizzabile come indicato nella sottostante tabella. Per maggiori dettagli e per l'individuazione delle varie aree si rimanda alla suddetta relazione.

Area nuova vasca depuratore

Strato	Prof. (m da p.c.)	Litologia	ϕ (°)	c_u (kPa)	γ_{nat} (kN/m ³)
1	0,0 - (7,2±10,0)	Riparti antropici localmente a scadenti caratteristiche geomeccaniche	-	-	17-21
2	(7,2±10,0) - decine di metri	Ghiaie, sabbie e ciottoli poligenici in abbondante matrice sabbiosa limosa addensati	38	-	19

ϕ = angolo di attrito, c_u = coesione non drenata, γ_{nat} = peso di volume del terreno

Lo strato 1, in cui sono presenti le scorie ed altri materiali antropici, non risulta caratterizzabile, stante l'elevato grado di eterogeneità dell'ammasso, che presenta una elevata dispersione delle resistenze penetrometriche e che a tratti risultano estremamente ridotte (probabile presenza di fanghi). Lo strato superficiale poggia sui sottostanti livelli di ghiaie fluvioglaciali tipiche della zona, molto ben addensate.

Per tale ragione, al fine di garantire un piano di imposta uniforme e di sufficiente capacità portante, gli strati superficiali saranno oggetto di preventiva bonifica e integrale sostituzione con materiale di riporto idoneo, opportunamente rullato e compattato, come descritto nel paragrafo successivo. Ai fini delle successive verifiche strutturali e geotecniche, si assume – cautelativamente – che gli strati bonificati con materiale arido, compattati e rullati secondo le specifiche di capitolato, possano essere caratterizzati tramite i seguenti parametri:

- Peso specifico: 19 kN/m³
- Angolo di attrito minimo: 35°
- Coesione efficace: 0 kPa
- Modulo elastico: 40 MPa
- Costante di sottofondo alla Winkler: 10.000 kN/m³



Sempre in accordo con i dati di cui alla relazione geologico-geotecnica, ai fini della caratterizzazione sismica per la struttura in esame si assume un suolo di fondazione di tipo C.

5.2. Interventi di bonifica degli strati di riporto antropico.

Il terreno non idoneo presente all'interno dello strato 1 dovrà essere interamente sostituito secondo con le modalità indicate nel § 5.5.3 del "Capitolato Generale Tecnico d'Appalto delle opere Civili - parte II - Sezione 5 - Opere in terra e scavi" (attività di sostituzione con materiale idoneo).

Poiché il rinterro non è un semplice riempimento, ma dovrà sopportare i carichi trasmessi dalle fondazioni delle opere in progetto, il rinterro dovrà essere condotto secondo le indicazioni contenute al § 5.5.4.3 per i rilevati stradali, assicurando un livello di compattazione degli strati tale da garantire un modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non inferiore a 40 MPa ed una densità secca non inferiore al 95% della densità massima.

Lo strato di imposta della fondazione sarà costituito dallo strato anticapillare di 50 cm di spessore, avente le caratteristiche indicate nel Capitolato stesso al § 5.5.4.1.

Qualora le prove non dovessero raggiungere i risultati attesi, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i.

Per i dettagli inerenti l'intervento di bonifica (definizione aerale, profondità massima da bonificare, modalità di compattazione e caratterizzazione ambientale dei materiali) si rimanda agli elaborati specifici di progetto.

6. INQUADRAMENTO SISMICO

6.1. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella 6-1: Vita nominale V_N per le diverse opere

La vita nominale assunta per la struttura in oggetto è $V_N \geq 50$ anni.

6.2. Classi d'uso

Le strutture, alla presenza di azioni sismiche, sono suddivise in classi d'uso definite al § 2.4.2 delle NTC08 e così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La presente struttura è stata classificata come **classe d'uso II**.

6.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione con la seguente espressione

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito al variare della classe d'uso e si può ricavare dalla seguente tabella

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 6-2: coefficiente d'uso C_U

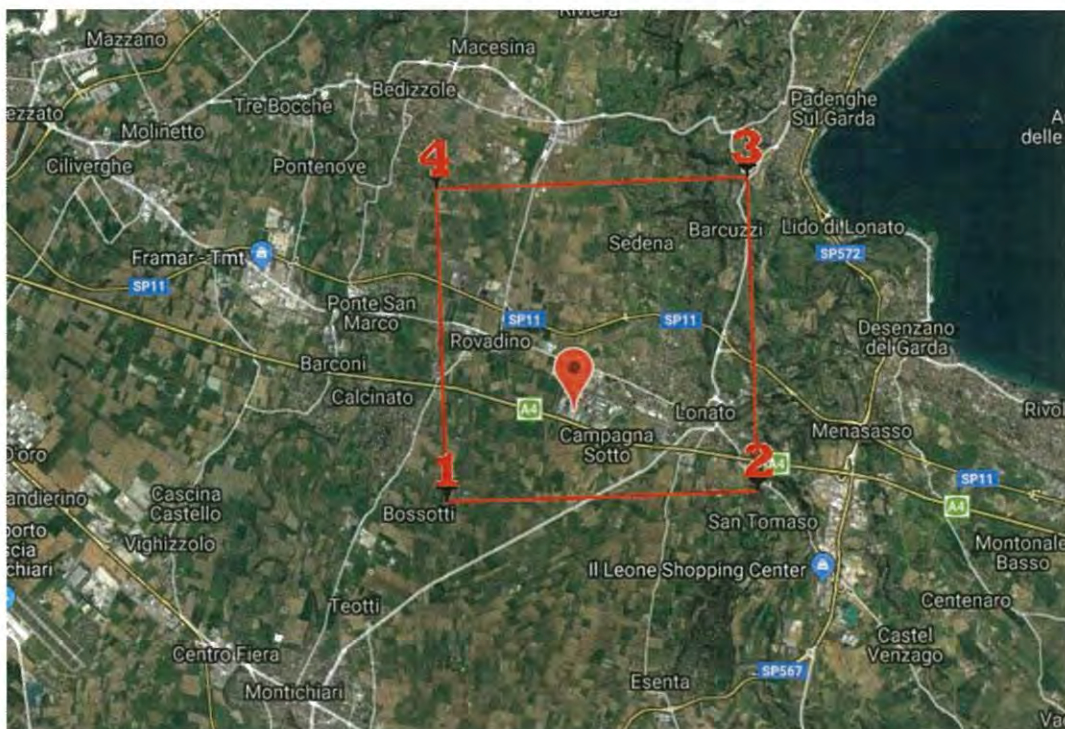
Per l'opera presentata il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50 \cdot 1,0 = 50$ anni.

6.4. Ubicazione del sito

Il sito d'interesse è definito dalle seguenti coordinate geografiche:

coordinate WGS84: 45.459401,10.457369

coordinate ED50: 45.460324,10.458399



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
16 di 100

Localizzazione opera

6.5. Modellazione azione sismica

Nella presente relazione le verifiche sismiche sono condotte per mezzo di un'analisi di tipo lineare con sovrapposizione spettrale. La modellazione dell'azione sismica è quindi condotta tramite l'individuazione di spettri di risposta in funzione del sito in esame, delle caratteristiche del sottosuolo e della struttura. Stando quindi alle indicazioni presenti nelle NTC08 si procederà ora con la costruzione degli spettri di risposta.

Per le caratteristiche del suolo di fondazione le NTC-08 prevedono le seguenti categorie:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 6-3: Categorie suolo di fondazione previste dalle NTC-08

Per la struttura in esame si assume un suolo di **fondazione di tipo C**.

Il coefficiente di amplificazione topografica con funzione di considerare l'ubicazione della struttura all'interno del sito in esame è determinato all'interno di una casistica prevista dalla normativa di seguito riportata:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 6-4: Categorie topografiche e coefficienti S_T previsti dalle NTC-08



Si applica un coefficiente topografico $ST = 1.0$ corrispondente ad una **categoria di tipo T1**; determinate le caratteristiche del sito d'interesse si sono realizzati gli spettri per la componente orizzontale secondo le espressioni previste dalle NTC-08.

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T$$

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55 \quad \text{fattore che altera lo spettro elastico considerando gli smorzamenti viscosi}$$

convenzionali;

F_0 fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento

rigido orizzontale;

$T_C = C_c \cdot T_{c^*}$ periodo inizio tratto a velocità costante dello spettro;

T_{c^*} periodo d'inizio velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale suolo A;

C_c coefficiente funzione della categoria di suolo;

$T_B = T_c / 3$ periodo inizio tratto ad accelerazione costante dello spettro;

$T_D = 4.0 \cdot (a_g/g) + 1.6$ periodo inizio tratto a spostamento costante dello spettro;

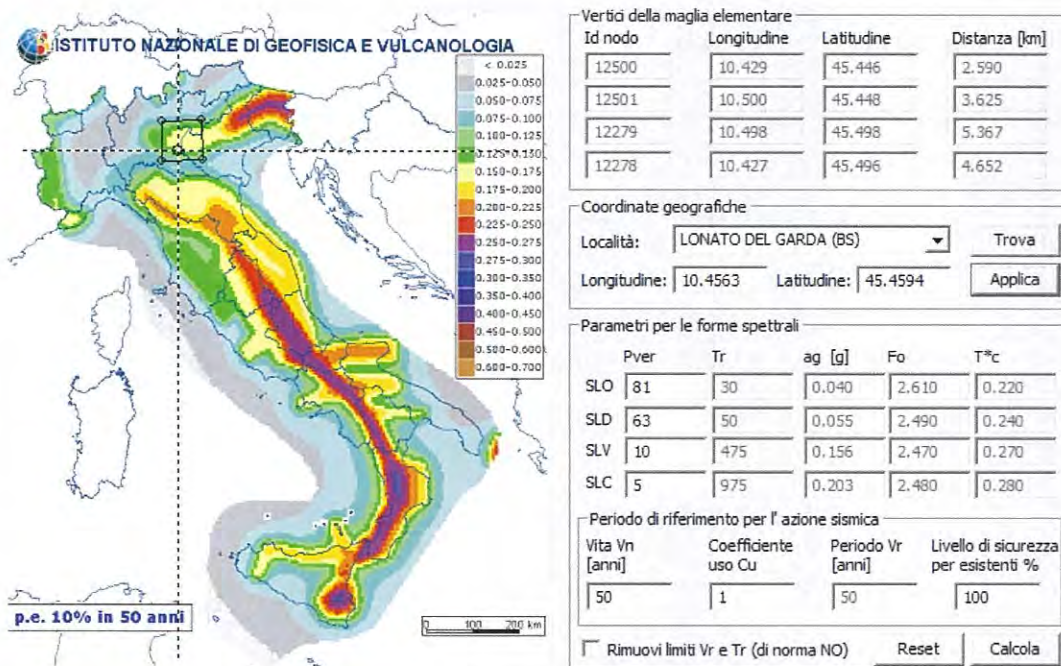
Secondo le NTC-08 i coefficienti S_s e C_c possono essere determinati secondo le seguenti espressioni.

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002Rev.
AFoglio
19 di 100

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_v \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_v \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_v \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_v \cdot \frac{a_{lg}}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

E' quindi possibile costruire gli spettri di progetto con i quali condurre le verifiche sugli elementi strutturali dell'opera.



Pericolosità sismica

6.5.1. Fattore di struttura

Le capacità dissipative della struttura possono essere considerate nella fase di analisi attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare è lo spettro elastico ridotto sostituendo nelle formule corrispondenti η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. Si assume comunque $S_d(T) \geq 0,2ag$.

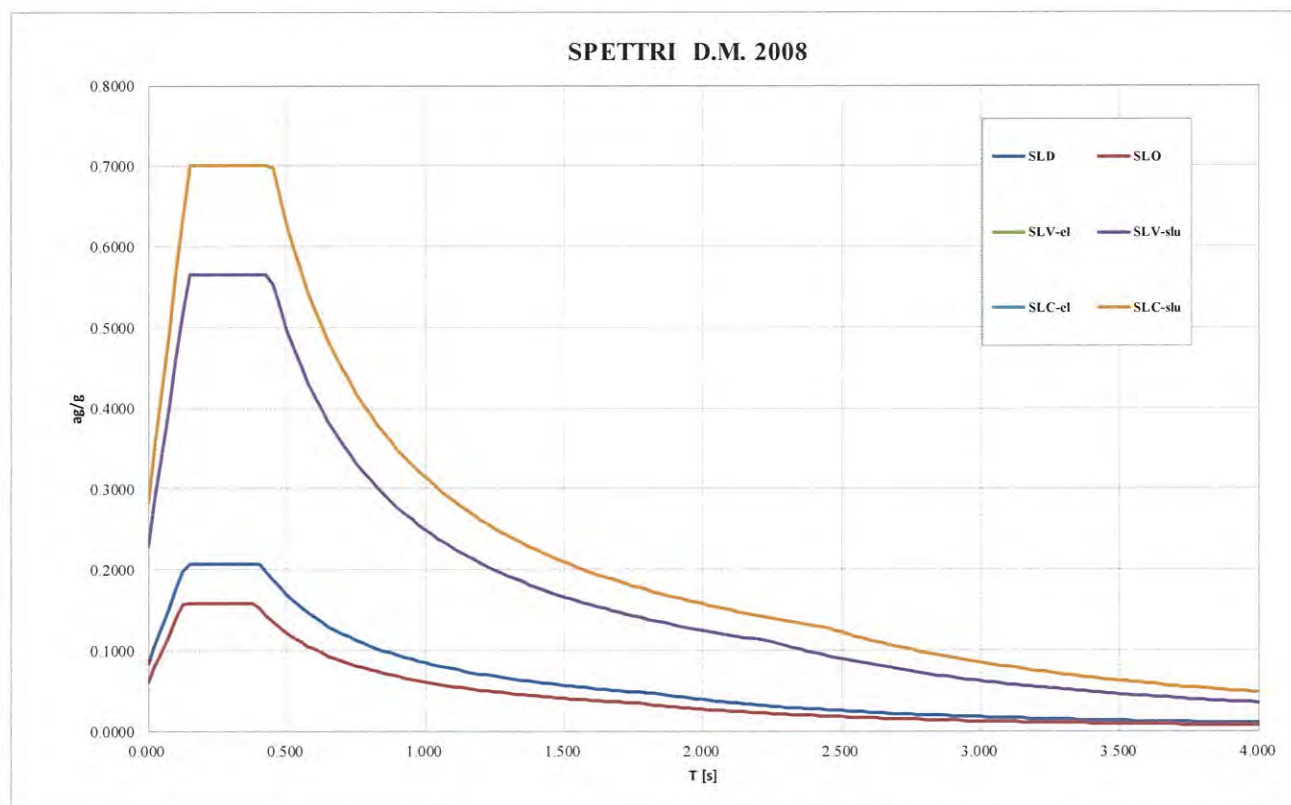
Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

q_0 valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto a_u/a_l tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

K_R fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

Per la costruzione in oggetto, si trascura la capacità dissipativa delle strutture assumendo $q = 1.00$ per la componente orizzontale dello spettro di progetto.



Grafici spettri di risposta

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
21 di 100

7. ANALISI DEI CARICHI

7.1. Peso proprio delle strutture (G_1)

Il peso proprio delle strutture è determinato in modo automatico dal software FEM in funzione della geometria implementata. Il peso degli elementi in calcestruzzo $G_{1,a}$ è determinato considerando un peso di volume pari a 25 kN/m³.

Il peso proprio della scala metallica sostenuta in parte dalla struttura dell'ispessitore è stato valutato, a favore di sicurezza, pari a 2.50 kN/m².

7.2. Carichi permanenti non strutturali (G_2)

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti distribuiti:

G_2 distribuito	G_2 (kN/m ²)
- balaustre su passerelle, scale e solaio	0.25
- getto seconda fase su platea di fondazione	3.00

Carichi puntuali:

G_2 puntuale	G_2 (kN)
Silos (forza applicata nel baricentro del serbatoio)	1400.00

7.3. Carichi variabili

Variabili	Q (kN/m ²)
- Carico variabile soletta (cat. E2)	10.00
- Carico variabile scale (cat. E2)	2.50

7.4. Azione del vento

7.4.1. Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_b assunta nei calcoli è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II D.M. 14/01/08), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:



$$v_b = v_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

$v_{b,0}$, a_0 , k_a sono parametri forniti nella norma e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame;

a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

Per la zona 1 a cui appartiene la Lombardia si hanno i valori seguenti:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s};$$

$$a_0 = 1000 \text{ m};$$

$$k_a = 0,010 \text{ s}^{-1};$$

$$a_s = 188 \text{ m s.l.m.m.}$$

7.4.2. Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_b (in N/m^2) è data dall'espressione: $q_b = 0.5\rho v_b^2$

v_b è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Si considera quindi una pressione cinetica di riferimento pari $q_b=0,391 \text{ kN/m}^2$.

7.4.3. Pressione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione: $p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$

q_b è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 D.M. 14/01/08;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 D.M. 14/01/08;

c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Indicazioni per la sua valutazione sono riportate al § 3.3.8 D.M. 14/01/08.



7.4.4. Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla relazione:

$$c_{e(z)} = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{\min}$$

$$c_{e(z)} = c_e(z_{\min}) \text{ per } z < z_{\min}$$

dove:

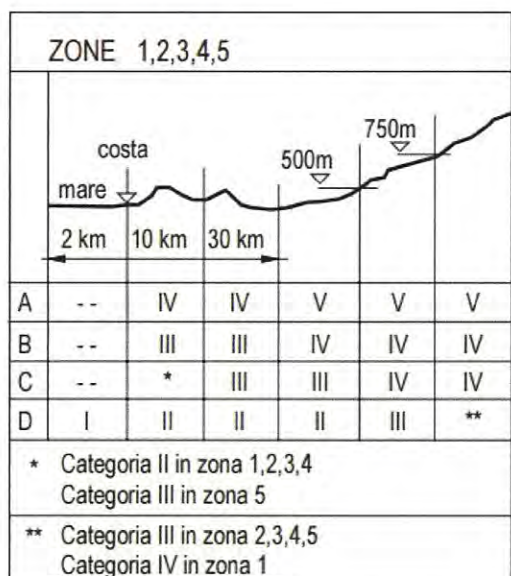
k_r , z_0 , z_{\min} sono assegnati in Tab. 3.3.II D.M. 14/01/08 in funzione della categoria di esposizione del sito

ove sorge la costruzione;

c_t è il coefficiente di topografia.

In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 D.M. 14/01/08 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III D.M. 14/01/08.

Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.



Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Figura 7.1: Tabelle per la determinazione del coefficiente di esposizione

Con riferimento agli elaborati grafici di progetto, si considerano i parametri seguenti:

- altezza dal suolo pari a $z_{\max}=15.5$ m;
- categoria topografica del terreno $ct=1$;
- categoria di esposizione del sito III;
- classe di rugosità del terreno C;
- zona di riferimento 1;

Si ottiene un valore di $c_{e(z_{\max})}$ pari a 2.43.

7.4.5. Coefficienti di forma

Il coefficiente di forma è determinato sulla base di quanto indicato al punto C3.3.10.6 della Circolare n°617. Per i corpi cilindrici a sezione circolare di diametro d e altezza h (ambidue espressi in metri) i coefficienti c_p sono i seguenti:

$$c_p = \begin{cases} 1.2 & \text{per } d\sqrt{q} \leq 2.2 \\ (1.783 - 0.263d\sqrt{q}) & \text{per } 2.2 < d\sqrt{q} < 4.2 \\ 0.7 & \text{per } 4.2 \leq d\sqrt{q} \end{cases}$$

per $q = q_b c_e$ (N/m^2), con q_b e c_e definiti rispettivamente ai §§ 3.3.6 e 3.3.7 delle NTC.

diametro $d = 4.00$ m

altezza $h = 8.00$ m

superficie: Superfici lisce (metalli, intonaco liscio)

$c_p = 0.70$

7.4.6. Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto cautelativamente pari a 1.

7.4.7. Azione da vento

L'azione di insieme esercitata dal vento va valutata con riferimento alla superficie proiettata sul piano ortogonale alla direzione del vento.

La pressione del vento è pari a $p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 0.391 \cdot 2.43 \cdot 0.7 \cdot 1 = 0.67 \text{ kN/m}^2$ che per un'area investita (considerata rettangolare) pari $A = bh = 4 \cdot 8 = 32 \text{ mq}$ si ottiene un carico $W = 21.5 \text{ kN}$ applicato nel baricentro del serbatoio.

7.5. Azioni sismiche

Per le azioni sismiche si devono rispettare le prescrizioni di cui al § 3.2 delle NTC08 (vedi § 6 del presente elaborato). Per la determinazione degli effetti di tali azioni si farà di regola riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti. La determinazione dell'azione sismica viene calcolata considerando il totale delle masse G associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

G_1 masse dei pesi propri strutturali

G_2 masse dei carichi permanenti non strutturali

Q_{kj} masse dei carichi accidentali

Con riferimento al § 7 delle NTC, data la regolarità in altezza e in pianta della struttura, si esegue l'analisi dinamica lineare con fattore di struttura $q=1$, prendendo in considerazione modi tali da eccitare almeno 85% della massa.

7.6. Neve

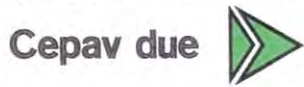
Si riporta, sinteticamente, il valore del carico da neve ritenuto secondario rispetto al carico variabile principale.

Regione: Lombardia

Provincia: Brescia

Ubicazione: Zona I - Alpina

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
27 di 100

Quota sito s.l.m.m. as: 188 m

Topografia: Normale

Coefficiente di esposizione C_E : 1.0

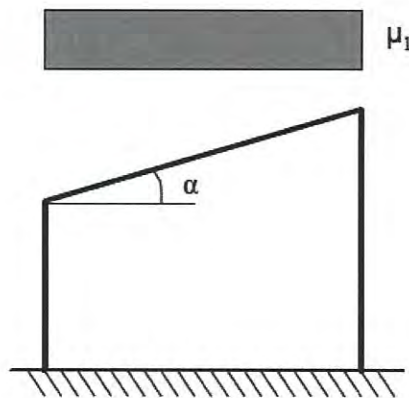
Coefficiente termico C_t : 1.00

Valore caratteristico di carico neve al suolo ($T_R=50$ anni) q_{sk} : 1.50 kN/m²

Angolo α della falda sull'orizzontale: 0°

Coefficiente di forma μ_1 : 0.80

Carico neve q : 1.20 kN/m²



Carico da neve

8. COMBINAZIONI DI CARICO

8.1. Casi di carico elementari

In riferimento alle analisi dei carichi, sono stati creati i casi di carico elementari impiegati nelle combinazioni di verifica ai vari Stati Limite. I casi di carico elementari sono così definiti.

Azioni statiche per analisi statica lineare:

Tipo	Caso di carico	Descrizione
G _{1,a}	LC1	Pesi propri strutturali
G _{1,b}	LC2	Peso proprio passerella intermedia
G _{1,c}	LC3	Peso proprio scala
G _{2,a}	LC4	Permanenti portati scala
G _{2,b}	LC5	Permanenti portati silos
G _{2,c}	LC6	Permanenti portati platea
G _{2,d}	LC7	Permanenti portati soletta e passerella intermedia
Q _a	LC8	Carico variabile Cat. E2
Q _b	LC9	Variabile platea Cat. E2
Q _c	LC10	Variabile scala Cat. E2
W _x	LC11	Vento direzione X
W _y	LC12	Vento direzione Y

Casi di carico per azioni sismiche:

Tipo	Caso di carico	Descrizione
CDC=Ed (dinamico SLV) alfa=0.0 (ecc. +) -	LC13	Sisma direzione x con ecc. positiva
CDC=Ed (dinamico SLV) alfa=0.0 (ecc. -)	LC14	Sisma direzione x con ecc. negativa
CDC=Ed (dinamico SLV) alfa=90.0 (ecc. +)	LC15	Sisma direzione y con ecc. positiva
CDC=Ed (dinamico SLV) alfa=90.0 (ecc. -)	LC16	Sisma direzione y con ecc. negativa

CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +) -	LC17	Sisma direzione x con ecc. positiva
CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	LC18	Sisma direzione x con ecc. negativa
CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.0 (ecc. +)	LC19	Sisma direzione y con ecc. positiva
CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.0 (ecc. +)	LC20	Sisma direzione y con ecc. negativa

I casi di carico elementari sono stati poi combinati secondo i coefficienti dei vari stati limite indicati in § 2 delle NTC 2008.

8.2. Combinazioni

Le combinazioni di carico sono stabilite, in modo da garantire la sicurezza, secondo quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

In accordo al § 2.5.3 del D.M. 14/01/08 “Combinazioni delle azioni”, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.):

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

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili:

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

Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (vedi § 3.2 NTC08):

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

Nelle combinazioni per SLE si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Nelle formule sopra riportate il simbolo “+” vuol dire “combinato con”.

Nelle formule precedenti il significato dei simboli è il seguente:



- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 2.5.1 delle NTC 2008.

Combinazione delle azioni geotecniche

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite.

In particolare, nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

La Tabella 2.6.I delle NTC 2008 fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni riportati nella colonna EQU delle Tabelle sopra citate.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali.

Nell'Approccio 1 si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R). Nella Combinazione 1 dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 delle Tabelle sopra citate.

Nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2. Nell'Approccio 2 si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

		Coefficiente	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_F	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli	γ_{G1}	1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (1)	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 2.6.I NTC08 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

Le verifiche sono state condotte utilizzando l'Approccio 2, per le quali vale la scrittura: (A1+M1+R3). Si riportano i valori di coefficienti parziali per le diverse combinazioni di azioni:

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 6.2.I NTC08 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

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	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

Tabella 6.2.II NTC08 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Tabella 6.5.I NTC08 – Coefficienti parziali γ_r per le verifiche agli SLU di tipo STR e GEO di muri di sostegno

8.2.1. Combinazione azione statiche (SLU-SLE)

Di seguito si riportano le combinazioni generate dalle azioni elementari agenti sulla struttura al fine di condurre le verifiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio.

	Tipo	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8	LC9	LC10	LC11	LC12
Comb. SLU A1 1	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0.9	0
Comb. SLU A1 2	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.9	0
Comb. SLU A1 3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0
Comb. SLU A1 4	1	1	1	1	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	0.9	0
Comb. SLU A1 5	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	1.5	0
Comb. SLU A1 6	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0
Comb. SLU A1 7	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0
Comb. SLU A1 8	1	1	1	1	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	0
Comb. SLU A1 9	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0.9
Comb. SLU A1 10	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0.9
Comb. SLU A1 11	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9
Comb. SLU A1 12	1	1	1	1	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	0	0.9
Comb. SLU A1 13	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	1.5
Comb. SLU A1 14	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	1.5
Comb. SLU A1 15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
Comb. SLU A1 16	1	1	1	1	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	0	1.5
Comb. SLU A1 17	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 18	1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0
Comb. SLU A1 19	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 20	1	1	1	1	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	0	0
Comb. SLE(rara) 21	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0.6	0
Comb. SLE(rara) 22	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	0
Comb. SLE(rara) 23	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Comb. SLE(rara) 24	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Comb. SLE(rara) 25	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.6
Comb. SLE(rara) 26	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0.6
Comb. SLE(rara) 27	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Comb. SLE(rara) 28	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Comb. SLE(rara) 29	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Comb. SLE(rara) 30	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Comb. SLE(freq.) 31	3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Comb. SLE(freq.) 32	3	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0	0
Comb. SLE(freq.) 33	3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0.2	0
Comb. SLE(freq.) 34	3	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0.2	0
Comb. SLE(freq.) 35	3	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0
Comb. SLE(freq.) 36	3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.2
Comb. SLE(freq.) 37	3	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0.2
Comb. SLE(perm.) 38	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Comb. SLE(perm.) 39	4	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL OV 15C 0 002	Rev. A	Foglio 33 di 100
---------	------------------	-------------	--	-----------	---------------------

8.2.2. Combinazione azione sismiche

	Tipo	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8	LC9	LC10	LC11	LC12	LC13	LC14	LC15	LC16	LC17	LC18	LC19	LC20
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-1	0	-0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-1	0	0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 3	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	1	0	-0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 4	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	1	0	0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-1	0	0	-0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-1	0	0	0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	1	0	0	-0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	1	0	0	0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-1	-0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-1	0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	1	-0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	1	0.3	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-1	0	-0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-1	0	0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	1	0	-0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	1	0	0.3	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-0.3	0	-1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-0.3	0	1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0.3	0	-1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0.3	0	1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-0.3	-1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-0.3	1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0.3	-1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0.3	1	0	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-0.3	0	0	-1	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	-0.3	0	0	1	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0.3	0	0	-1	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0.3	0	0	1	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-0.3	0	-1	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	-0.3	0	1	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0.3	0	-1	0	0	0	0
Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0.3	0	1	0	0	0	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 33	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 34	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-1	0	0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 35	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0	-0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 36	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0	0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	-1	0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.3
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	-1	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	1	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	0	-1	0

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002Rev.
AFoglio
34 di 100

Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	0	1	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	-1	0	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	1	0	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	-1	0	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	1	0	0
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	0	-1
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	0	1
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	-1
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	1
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	0	-1
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	-0.3	0	0	1
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	-1
Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64	6	1	1	1	1	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	1

9. MODELLO DI CALCOLO

La valutazione della sicurezza è eseguita con riferimento al comportamento statico e sismico globale, attraverso i criteri di modellazione e di verifica definiti di seguito.

Il software utilizzato è il Pro_Sap distribuito dalla 2SI di Ferrara che utilizza come solutore ad elementi finiti l'Algor Supersap prodotto negli Stati Uniti. Il solutore f.e.m., in commercio da molti anni, è stato sottoposto con successo ai controlli ed alle prove NAFEMS (National Agency for Finite Element Methods and Standards) in Inghilterra. Si rimanda la sito <https://www.2si.it> per i documenti di affidabilità.

9.1. Parametri della modellazione numerica

Il modello della struttura è tridimensionale e rappresenta in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidità e resistenza.

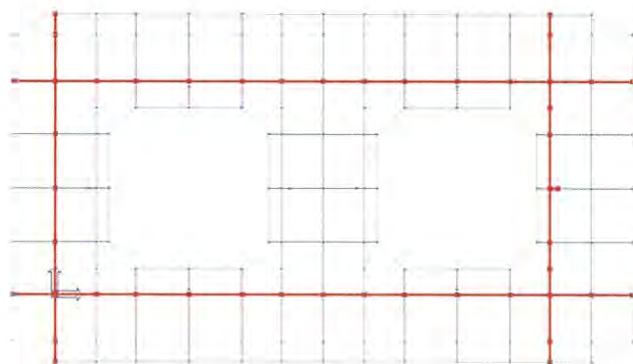
Il telaio tridimensionale a elementi finiti è composto da elementi beam (aste) verticali incastrati alla base, di sezione 60x60cm in cls ed un graticcio ad elementi beam orizzontali a rappresentare la soletta sempre in cls. Per tenere conto della massa sismica del serbatoio, sono stati creati degli elementi virtuali (rigid link) per riportare alla quota del baricentro il carico permanente della struttura metallica.

Per il dimensionamento della fondazione di base si è modellato una platea $h=80\text{cm}$ su molle alla "Winkler" (rigidità $10\,000\text{ kN/m}^3$), per poter calcolare la capacità portante delle fondazioni.

Nell'analisi sismica la soletta è considerata come infinitamente rigida nel piano e la rigidità degli elementi strutturali si è tenuto in conto della fessurazione considerando una riduzione del 50% rispetto ai corrispondenti elementi non fessurati. La scelta di modellare la soletta a quota +7.50m con un graticcio di travi è nata dall'esigenza di individuare un telaio sismo-resistente con travi in grado di rispettare i limiti geometrici del capitolo 7 delle NTC08.

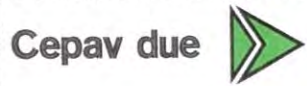
La scala metallica esterna, di accesso all'impianto, è stata considerata come massa sismica agente sulla struttura in c.a.

A seguire si riporta una vista del modello descritto.



Vista in pianta graticcio travi soletta (in evidenza travi del telaio)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

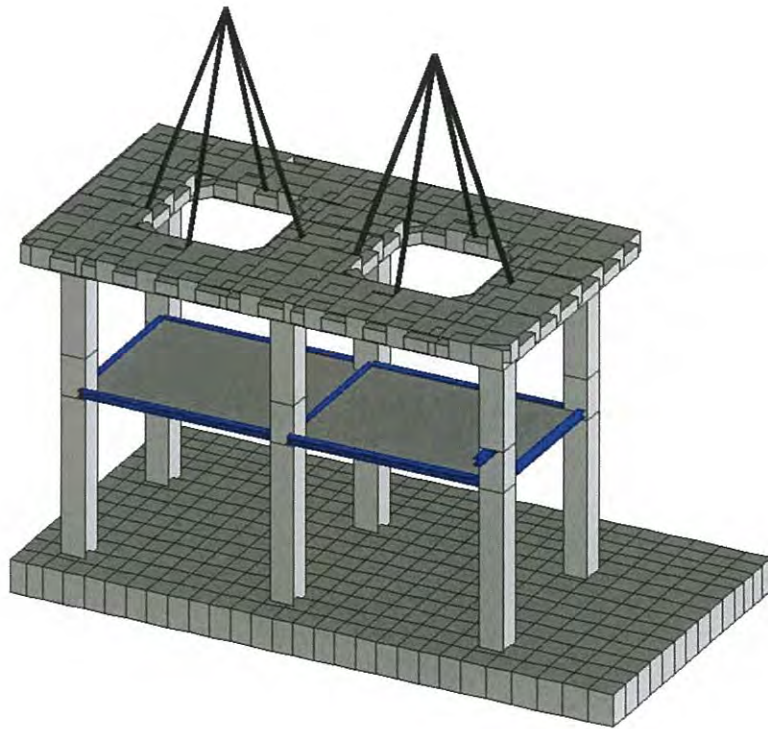
Progetto
INOR

Lotto
11

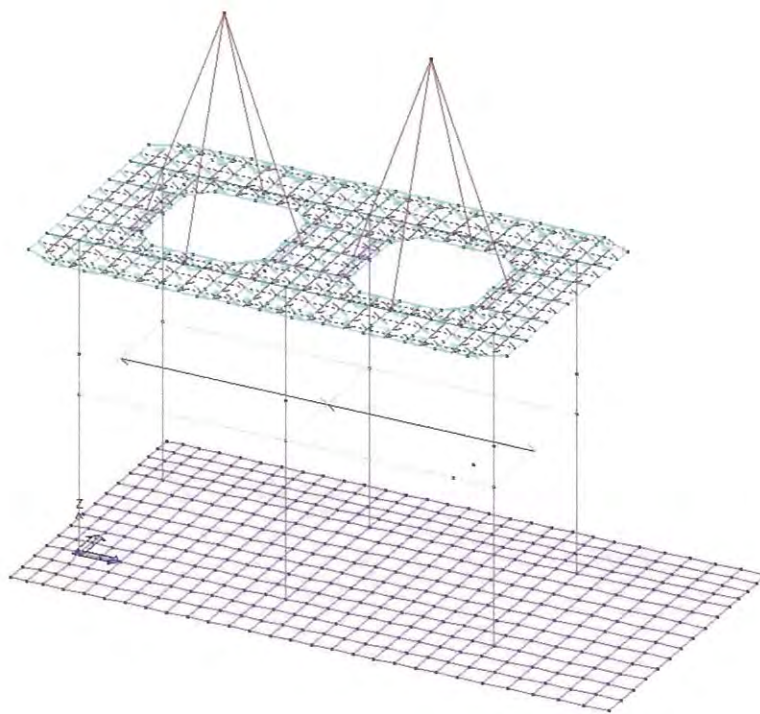
Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
36 di 100



Vista unifilare



Vista solida

10. VERIFICHE

Si riportano i principali riferimenti normativi per la valutazione di sicurezza degli elementi in calcestruzzo.

10.1. Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

10.1.1. Resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali)

Con riferimento alla sezione pressoinflessa, rappresentata in figura assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dalle ipotesi e dai modelli $\sigma - \epsilon$ di cui nei punti 4.1.2.1.2.2 e 4.1.2.1.2.3 delle NTC08, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

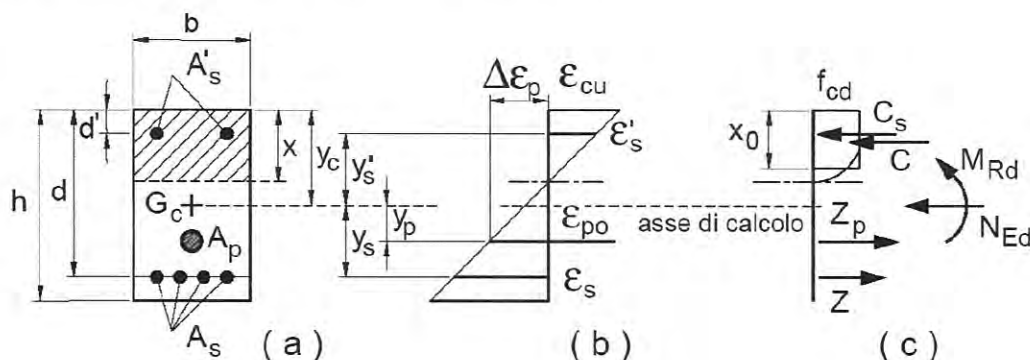
$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

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

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

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



Sezione pressoinflessa

Nel caso di pressoflessione deviata la verifica della sezione può essere posta nella forma:

$$\left(\frac{M_{E_{yd}}}{M_{R_{yd}}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{E_{zd}}}{M_{R_{zd}}} \right)^\alpha \leq 1$$

dove $M_{E_{yd}}$, $M_{E_{zd}}$ sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi y e z ;
 $M_{R_{yd}}$, $M_{R_{zd}}$ sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti a N_{Ed} valutati

separatamente attorno agli assi y e z. L'esponente α può dedursi in funzione della geometria della sezione e dei parametri

$$v = N_{Ed}/N_{Rcd} \quad \omega_t = A_t \cdot f_{yd} / N_{Rcd}$$

con $N_{Rcd} = A_c \cdot f_{cd}$.

In mancanza di una specifica valutazione, può porsi cautelativamente $\alpha=1$.

10.1.2. Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

La verifica di resistenza (SLU) si pone con $V_{Rd} \geq V_{Ed}$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente. Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}) / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d$$

con

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

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

e dove

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

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

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

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm)

Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere 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 e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5 \quad (4.1.16)$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con $V_{Rd} \geq V_{Ed}$ (4.1.17)

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

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

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

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

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite: $V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1 delle NTC08 e inoltre si è posto:

- A_{sw} area dell'armatura trasversale;
- s interasse tra due armature trasversali consecutive;
- α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);
- α_c coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

$$1 + \sigma_{cp}/f_{cd} \text{ per } 0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$$

$$1,25 \text{ per } 0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$$

$$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd}) \text{ per } 0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$$



10.2. Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

10.2.1. Verifica delle tensioni di esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

Punto 4.1.2.2.5.1 delle NTC08: “Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio”

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

$\sigma_c < 0,60 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara)

$\sigma_c < 0,45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.

Punto 4.1.2.2.5.2 delle NTC08: “Tensione massima dell’acciaio in condizioni di esercizio

Per l’acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_s < 0,8 f_{yk}$.

10.2.2. Verifiche a fessurazione

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione. Lo stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, 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 deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione riportato nella Tab. 4.1.IV delle NTC 08.

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	$\leq w_1$

La verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, può riferirsi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle Tabelle C4.1.II e C4.1.III. La tensione σ_s è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente (v. Tabella C4.1.IV NTC).

Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

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

Tabella C4.1.III Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

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

Qualora la verifica indiretta non fosse rispettata si procederà al calcolo dell'ampiezza delle fessure così come indicato al punto C4.1.2.2.4.6 della Circolare n° 617/2009.

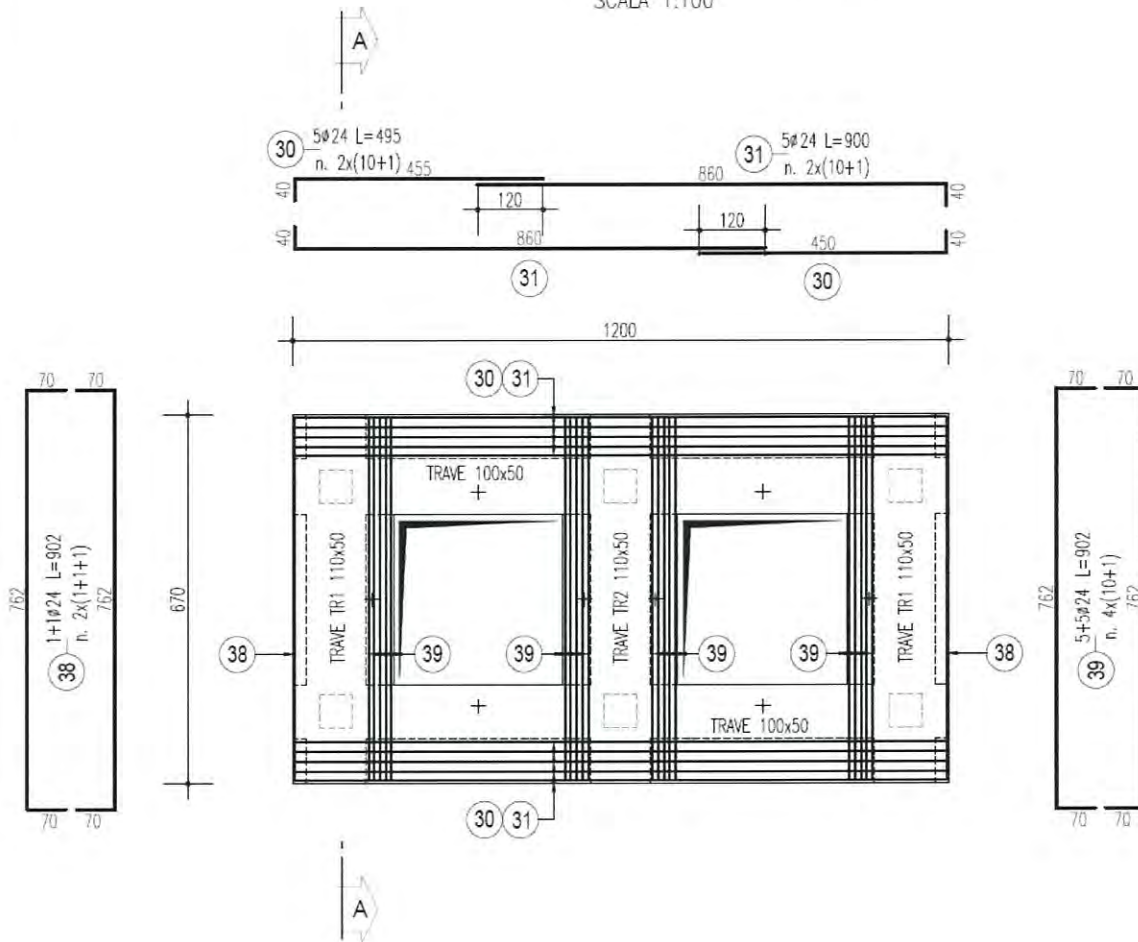
11. SOLETTA

All'interno della soletta a quota +7.50m sono state individuate delle travi principali in spessore della soletta ed in asse con i pilastri che con i pilastri formano il sistema sismo resistente. La larghezza individuata è tale da rispettare i limiti del capitolo 7 ovvero: "la larghezza b della trave deve essere ≥ 20 cm e, per le travi basse comunemente denominate "a spessore", deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte bc , essendo bc la larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave". In tal senso, parallelamente al lato lungo del telaio la trave ha una sezione rettangolare con base 100 cm e altezza 50 cm mentre nel lato corto una sezione rettangolare 110 cm x 50 cm.

Si riportano delle immagini delle armature rimandando per maggiori dettagli agli elaborati grafici di progetto.

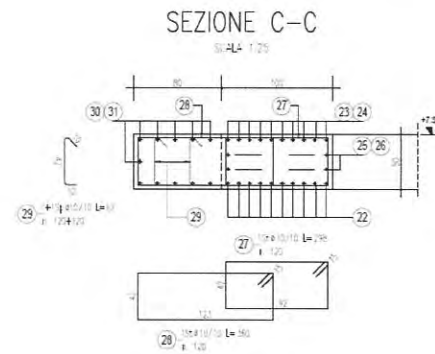
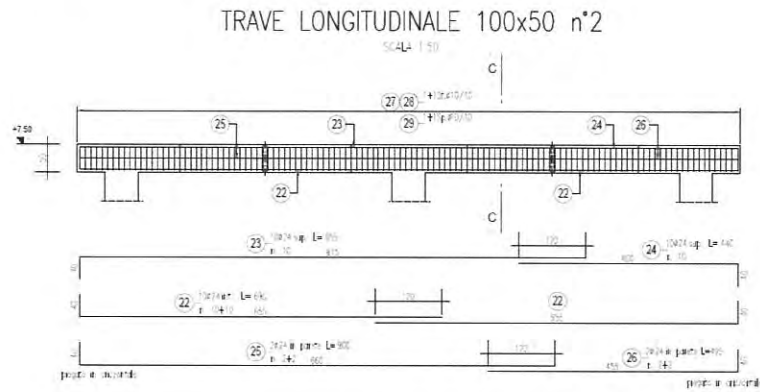
PIANTA A Q.TA +7.50

SCALA 1:100



Armatura Soletta

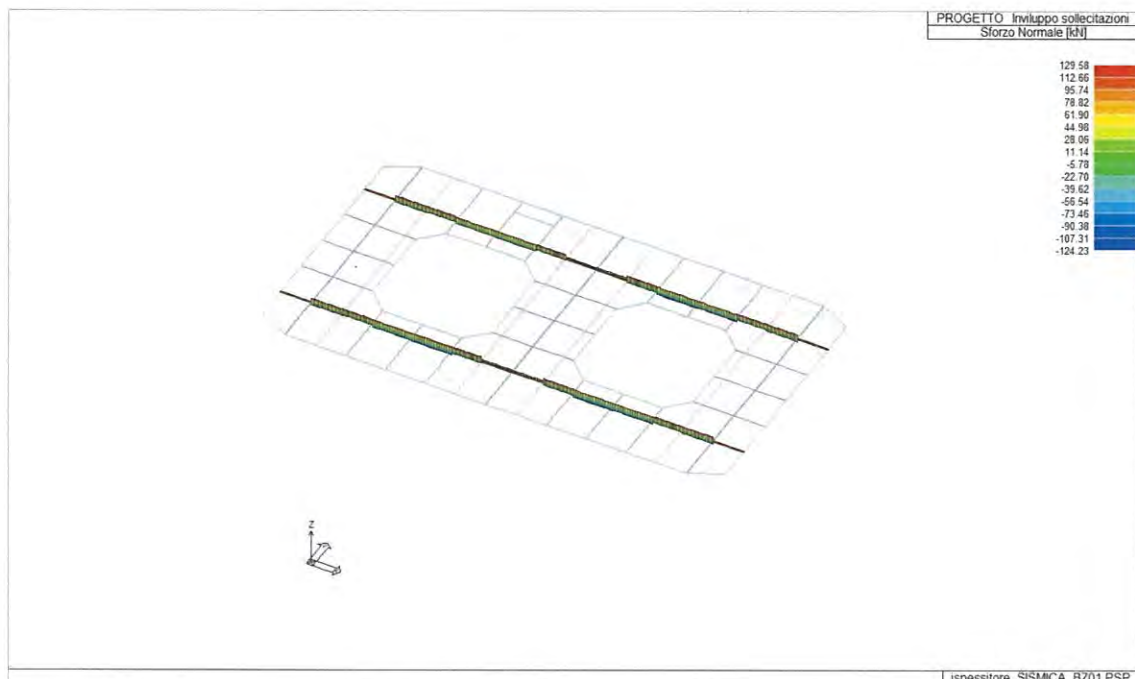
11.1. Soletta: travi longitudinale 100x50



Armatura trave longitudinale

11.1.1. Sollecitazioni SLU

Si riporta l'involuppo delle sollecitazioni tra le combinazioni SLU e SLV per le travi principali.



Doc. N.

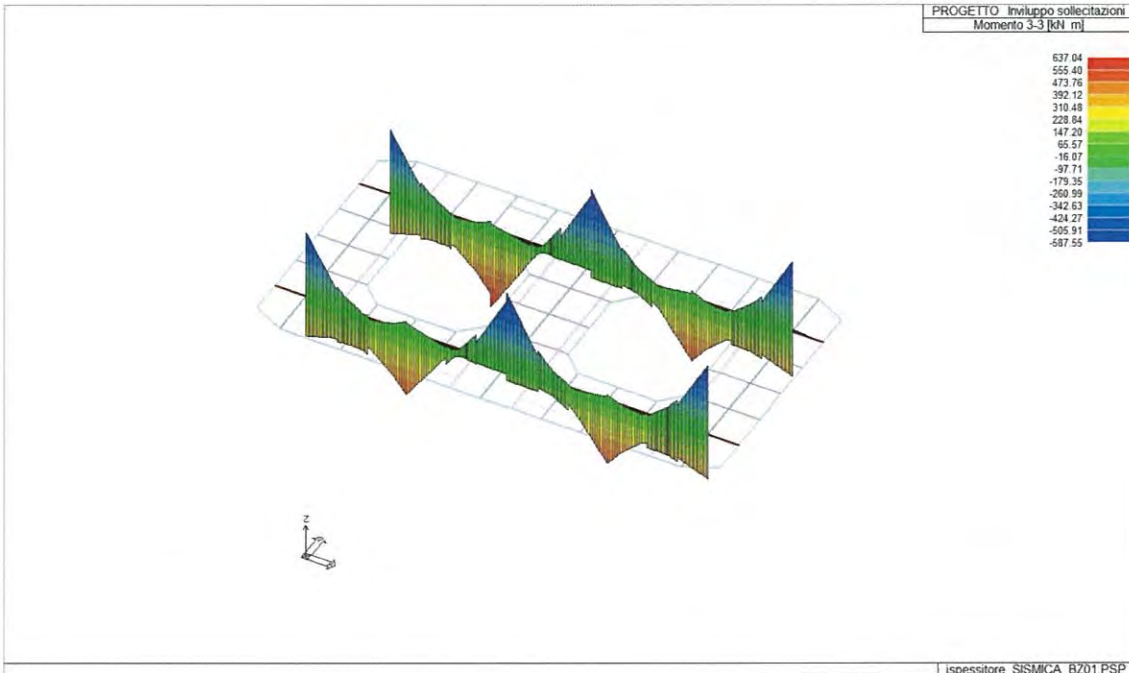
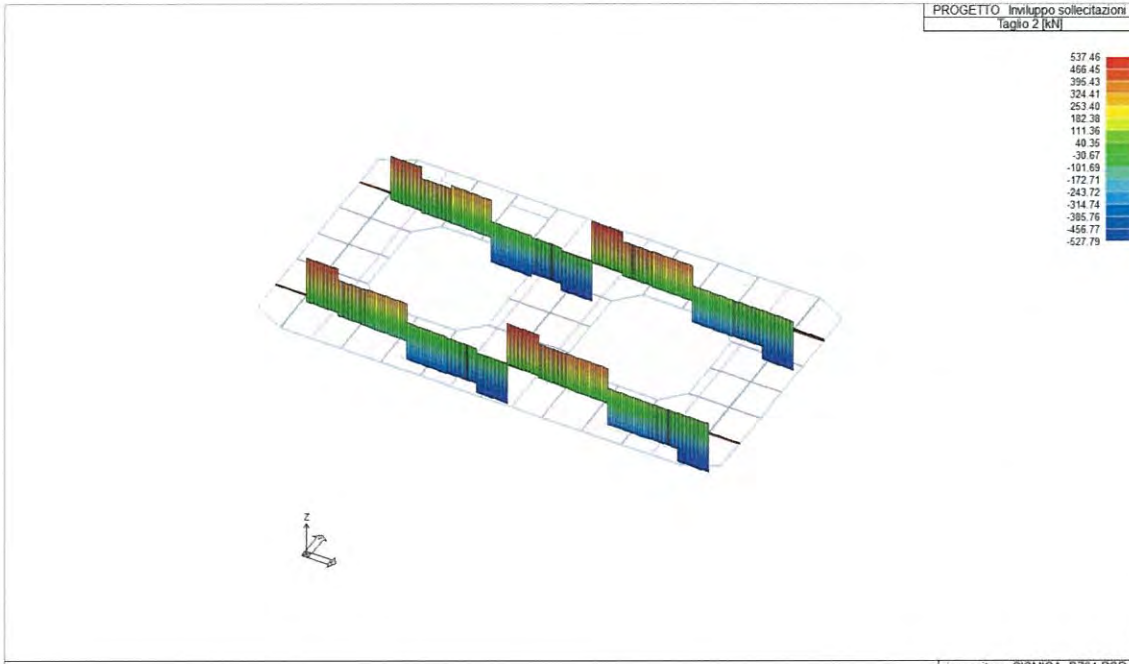
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

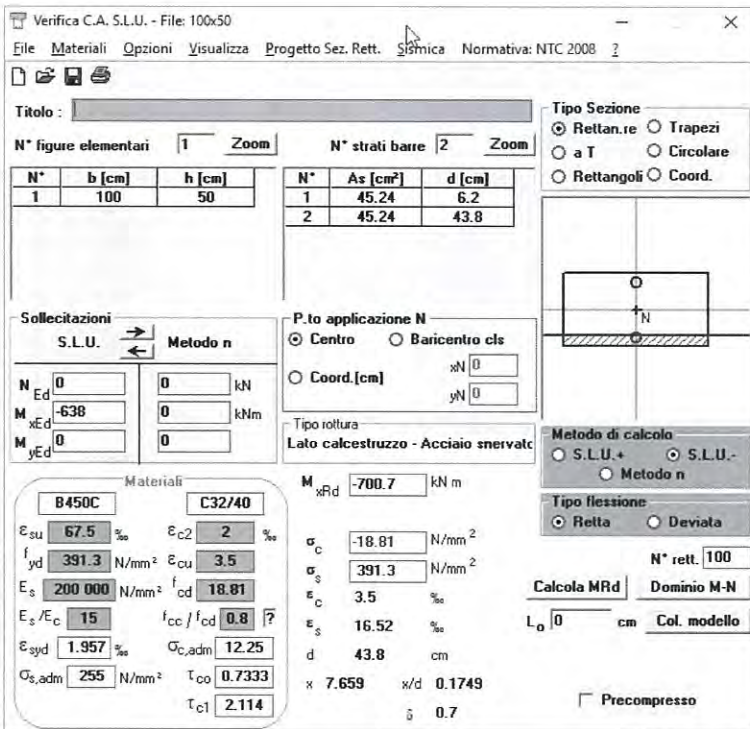
Foglio
44 di 100



11.1.2. Verifiche SLU

Si riporta la verifica di resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali) secondo quanto previsto § 4.1.2.1.2. Poiché l'armatura è simmetrica si riporta la verifica per la sollecitazione più sfavorevole in valore assoluto.

Momento negativo $M_{Ed} = -638$ kNm



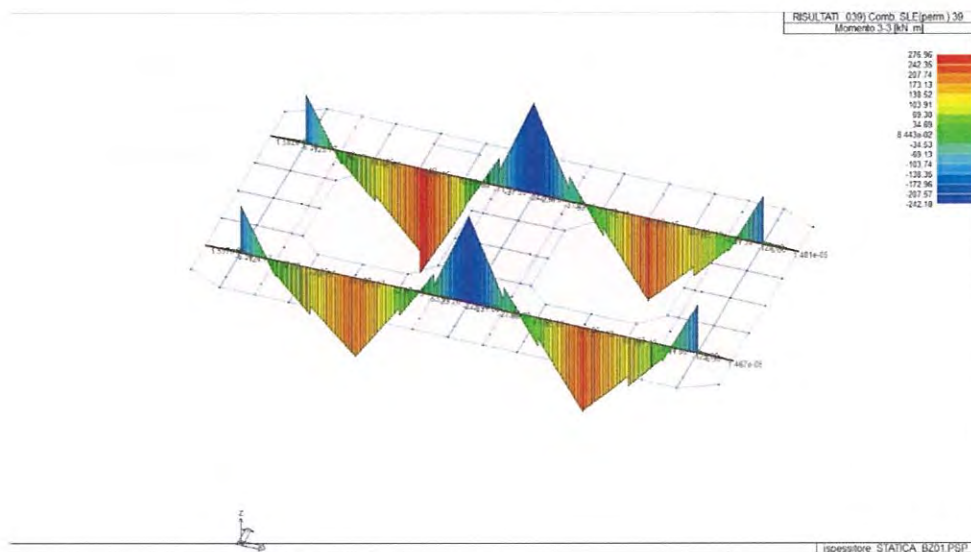
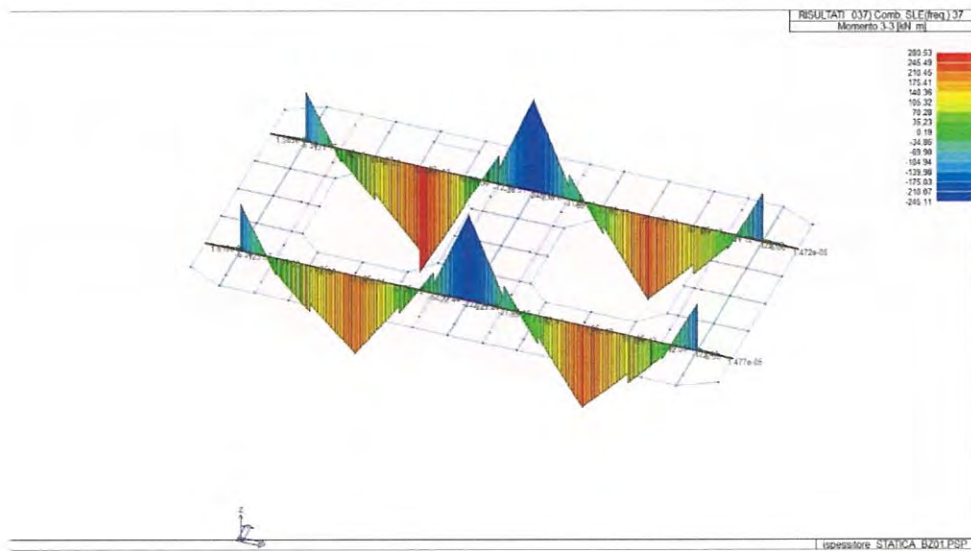
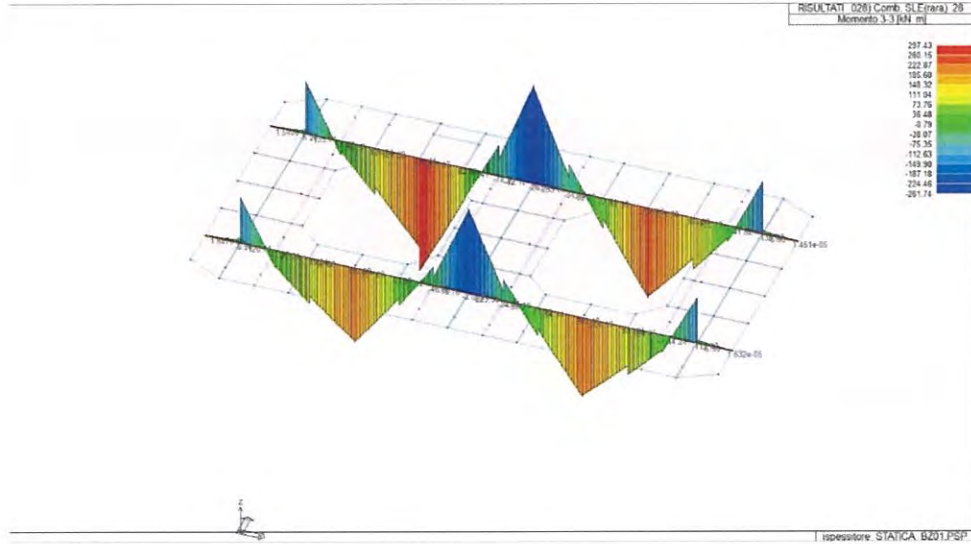
Verificato

Si riporta la verifica di resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti secondo quanto previsto § 4.1.2.1.3 per la sollecitazione più sfavorevole.

RESISTENZA DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO								
GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI						N_{Ed}	V_{Ed}	NO !!!
b_w (cm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	R_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	(kN)	(kN)	
100.00	50.00	6.20	43.80	40.00	450.00	0.00	538.00	
Resistenza a taglio senza armatura specifica						V_{Rd}	V_{Ed} / V_{Rd}	
$A_{SL,tot}$ (mmq)	k	v_{min} (MPa)	ρ_L	σ_{cp} (MPa)	(kN)			
45.239	1.68	0.44	0.0103	0	286.15	1.88		

RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO								
GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI						N_{Ed}	V_{Ed}	OK
b_w (cm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	R_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	(kN)	(kN)	
100.00	50.00	6.20	43.80	40.00	450.00	0.00	538.00	
ARMATURE A TAGLIO						V_{Rd}	V_{Ed} / V_{Rd}	
$n_{b,sw}$	Φ_{sw} (mm)	s (cm)	A_{sw} (mmq)	α (°)	ϑ (°)	(kN)		
3	10	10.00	235.62	90.00	32.00	581.52	0.93	

11.1.3. Sollecitazioni SLE



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
47 di 100

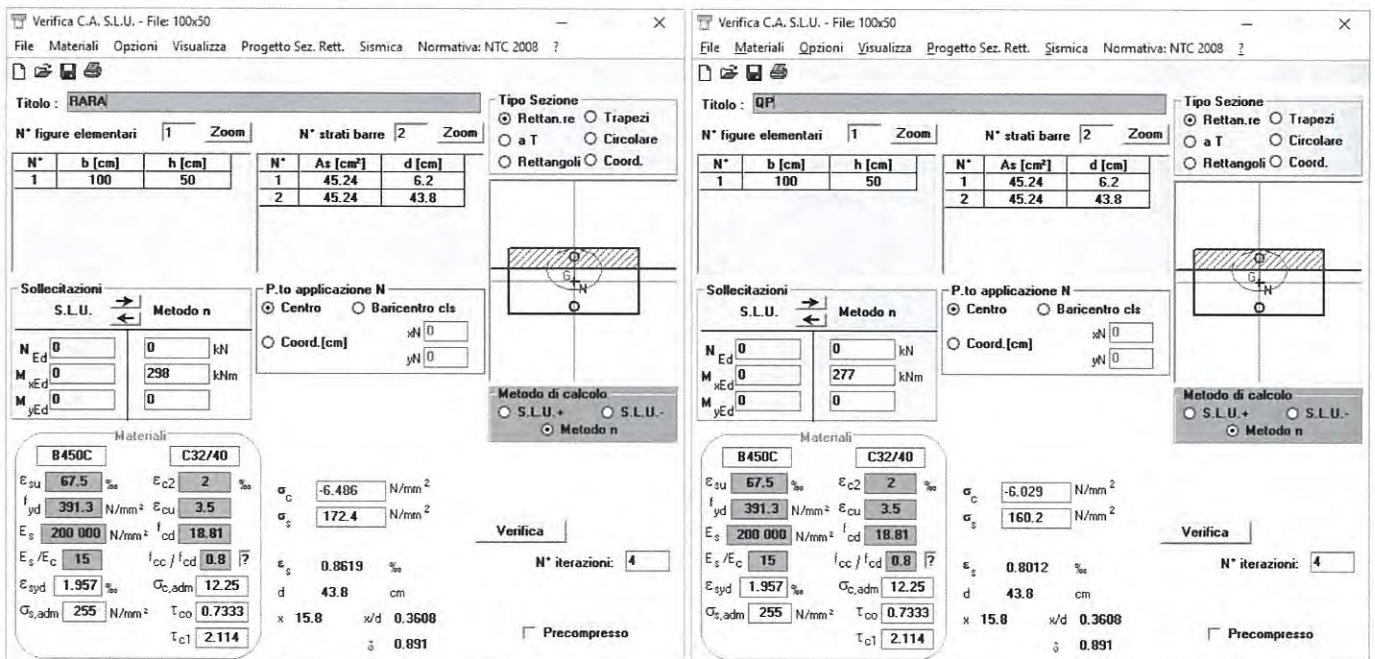
11.1.4. Verifiche SLE

Le verifiche agli stati limite di esercizio vengono svolte secondo quanto visto sopra considerando i seguenti limiti per le verifiche a fessurazione.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	w_d
b	Aggressive	frequente	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
		quasi permanente	$\leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Verifiche tensioni di esercizio

Poiché l'armatura è simmetrica si riporta la verifica per la sollecitazione più sfavorevole in valore assoluto.



Verifica C.A. S.L.U. - File: 100x50

Titolo: **RARA**

N° figure elementari: 1 | N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	45.24	6.2
			2	45.24	43.8

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

Materiali: B450C, C32/40

σ_c : -6.486 N/mm²
 σ_s : 172.4 N/mm²

Verifica: $\sigma_c = 6.5 \text{ MPa} \leq 19.9 \text{ MPa} (= 0.60 f_{ck})$ **Verificato**

$\sigma_s = 172.4 \text{ MPa} \leq 313 \text{ MPa} (= 0.80 f_{yk})$ **Verificato**

N° iterazioni: 4

Verifica C.A. S.L.U. - File: 100x50

Titolo: **QP**

N° figure elementari: 1 | N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	45.24	6.2
			2	45.24	43.8

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 277 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

Materiali: B450C, C32/40

σ_c : -6.029 N/mm²
 σ_s : 160.2 N/mm²

Verifica: $\sigma_c = 6.03 \text{ MPa} \leq 14.94 \text{ MPa} (= 0.45 f_{ck})$ **Verificato**

N° iterazioni: 4

Combinazione RARA

$\sigma_c = 6.5 \text{ MPa} \leq 19.9 \text{ MPa} (= 0.60 f_{ck})$

Verificato

$\sigma_s = 172.4 \text{ MPa} \leq 313 \text{ MPa} (= 0.80 f_{yk})$

Verificato

Combinazione QP

$\sigma_c = 6.03 \text{ MPa} \leq 14.94 \text{ MPa} (= 0.45 f_{ck})$

Verificato

Verifiche fessurazione

Verifica C.A. S.L.U. - File: 100x50

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

Titolo: **FREQ**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	45.24	6.2
			2	45.24	43.8

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

Collecitazioni: 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 C32/40

ε_{cu}: 67.5‰ ε_{c2}: 2‰ σ_c: -6.116 N/mm²
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 σ_s: 162.5 N/mm²
 E_s: 200 000 N/mm² f_{cd}: 18.81
 E_c/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957‰ σ_{c,adm}: 12.25 ε_s: 0.8127‰
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.7333 d: 43.8 cm
 τ_{cl}: 2.114 x: 15.8 x/d: 0.3608
 δ: 0.891

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Combinazione FREQ (w2)

$\sigma_s = 162.5 \text{ MPa}$ ($\phi_{\max} = 32 \text{ mm}$, $i = 300 \text{ mm}$)

Verificato

Combinazione QP (w1)

$\sigma_s = 160.2 \text{ MPa}$ ($\phi_{\max} = 25 \text{ mm}$, $i = 200 \text{ mm}$)

Verificato

Doc. N.

Progetto
INOR

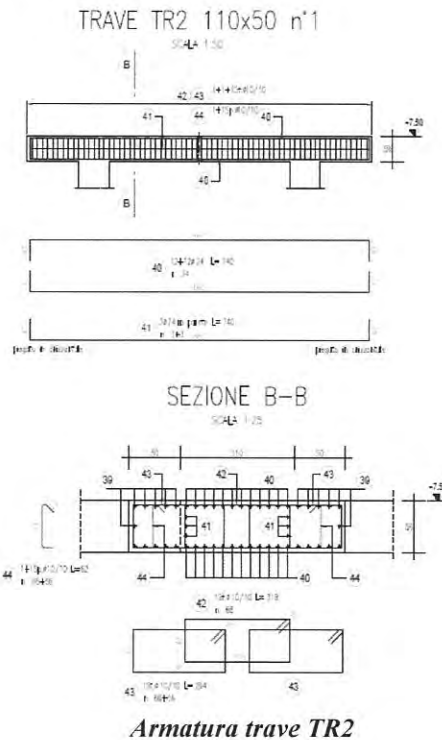
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

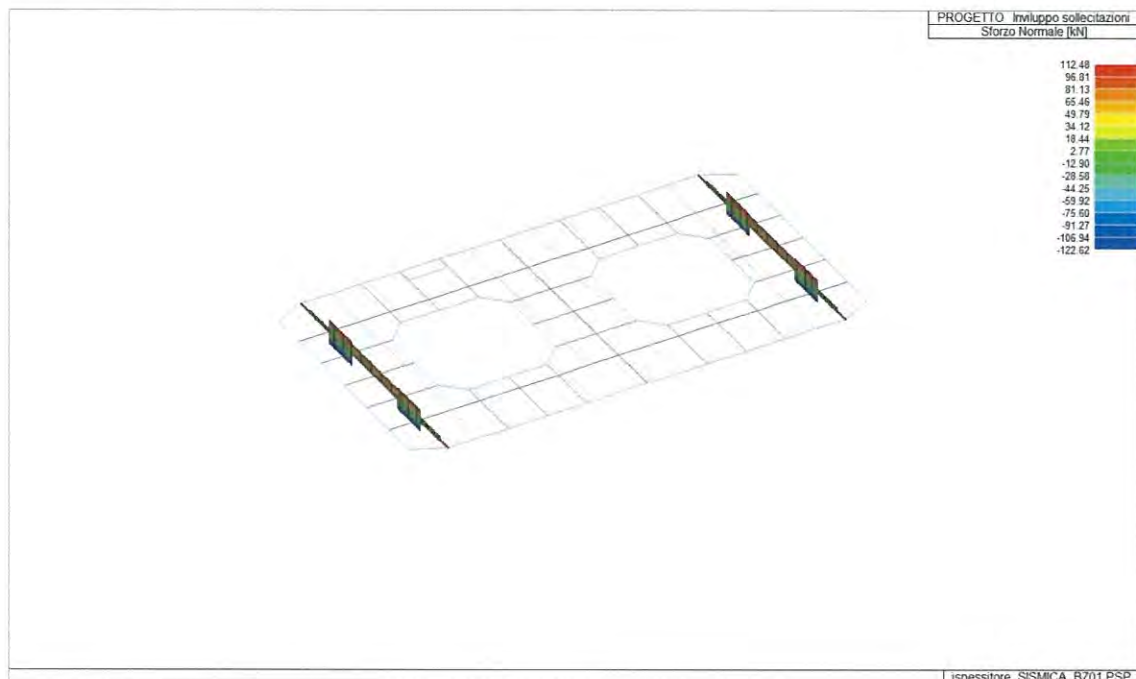
Foglio
49 di 100

11.2. Travi trasversali laterali 110x50 (TR2)



11.2.1. Sollecitazioni SLU

Si riporta l'involuppo delle sollecitazioni tra le combinazioni SLU e SLV per le travi considerando, come sezioni iniziale e finale di progetto, quelle a filo degli elementi pilastro.



Doc. N.

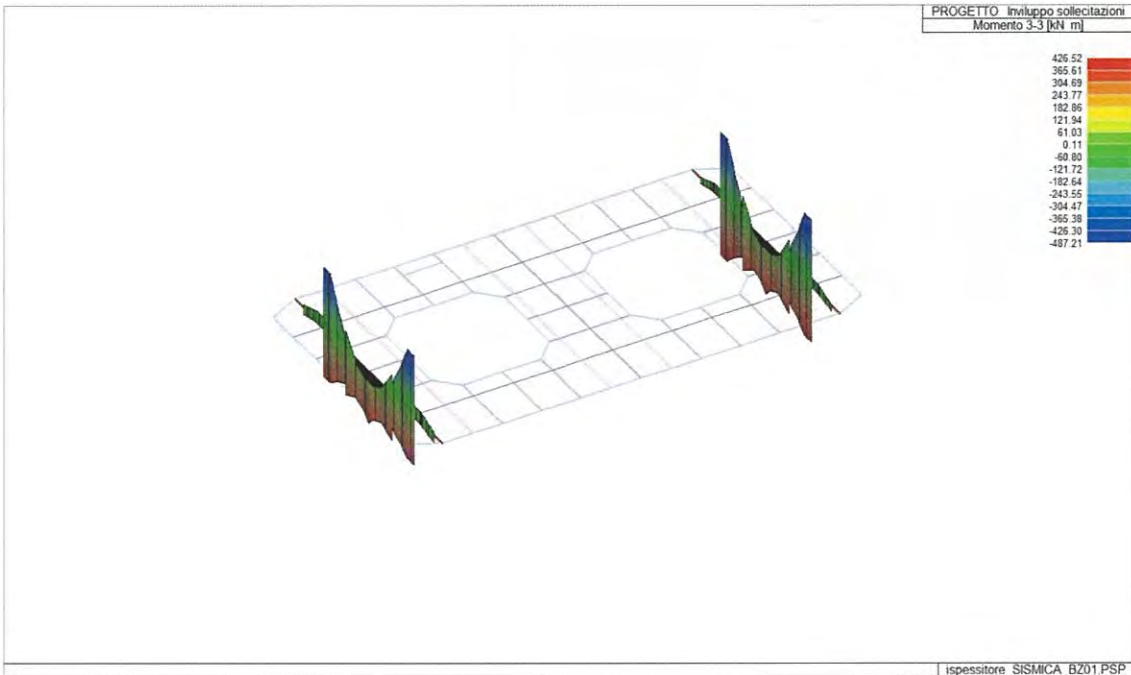
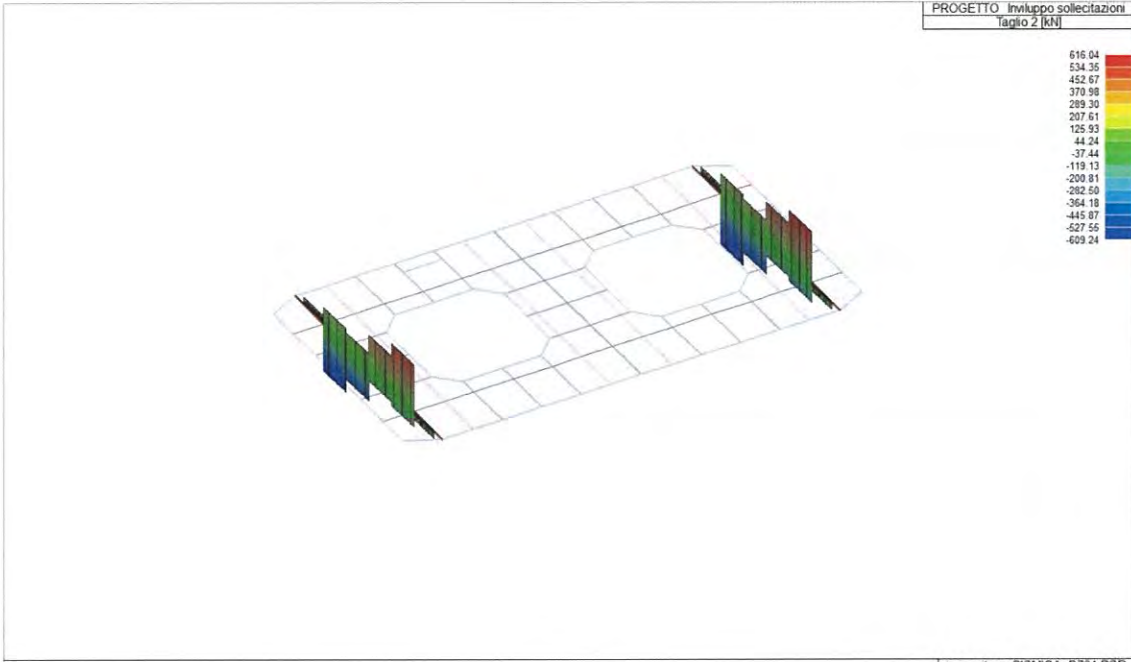
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
50 di 100



11.2.2. Verifiche SLU

Si riporta la verifica di resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali) secondo quanto previsto § 4.1.2.1.2. Poiché l'armatura è simmetrica si riporta la verifica per la sollecitazione più sfavorevole in valore assoluto.

Momento negativo $M_{Ed} = -490$ kNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: 110x50_LATERALE

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

Titolo: _____

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	110	50	1	40.72	6.2
			2	40.72	43.8

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} -490 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

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} 18.81
 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

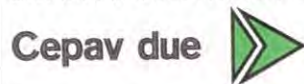
M_{xRd} -637.7 kN m

σ_c -18.81 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 17.85 ‰
 d 43.8 cm
 λ 7.181 λ/d 0.164
 δ 0.7

Verificato

Si riporta la verifica di resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti secondo quanto previsto § 4.1.2.1.3 per la sollecitazione più sfavorevole.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002Rev.
AFoglio
52 di 100**RESISTENZA DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO**

GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI						N_{Ed}	V_{Ed}	NO !!!
b_w (cm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	R_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	(kN)	(kN)	
110.00	50.00	6.20	43.80	40.00	450.00	0.00	620.00	
Resistenza a taglio senza armatura specifica						V_{Rd}	V_{ed} / V_{Rd}	
$A_{SL,tot}$ (mmq)	k	v_{min} (MPa)	ρ_L	σ_{cp} (MPa)	(kN)			
40.715	1.68	0.44	0.0085	0	294.39	2.11		

RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI						N_{Ed}	V_{Ed}	OK
b_w (cm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	R_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	(kN)	(kN)	
110.00	50.00	6.20	43.80	40.00	450.00	0.00	620.00	
ARMATURE A TAGLIO						V_{Rd}	V_{ed} / V_{Rd}	
$n_{b,sw}$	Φ_{sw} (mm)	s (cm)	A_{sw} (mmq)	α (°)	β (°)	(kN)		
4	10	10.00	314.16	90.00	35.00	692.01	0.90	

Doc. N.

Progetto
INOR

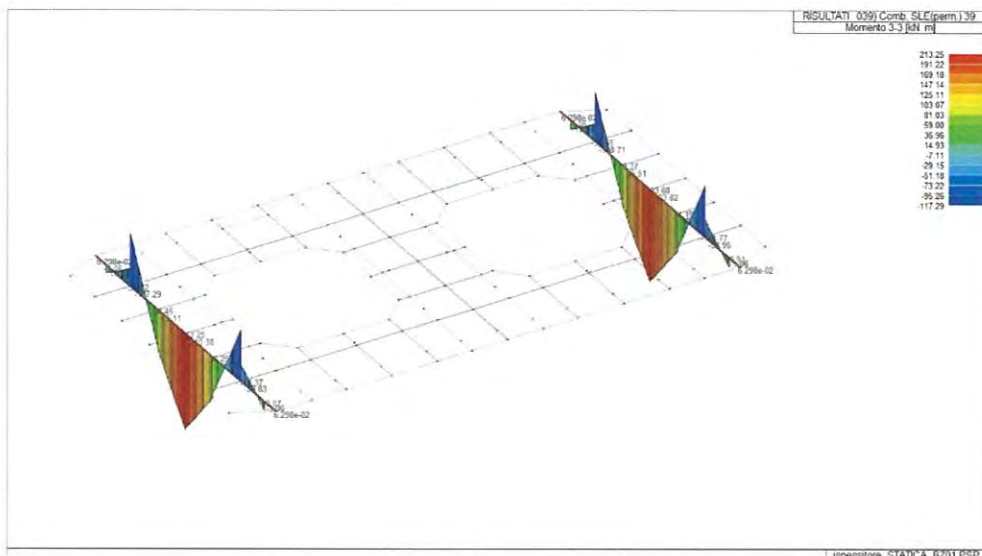
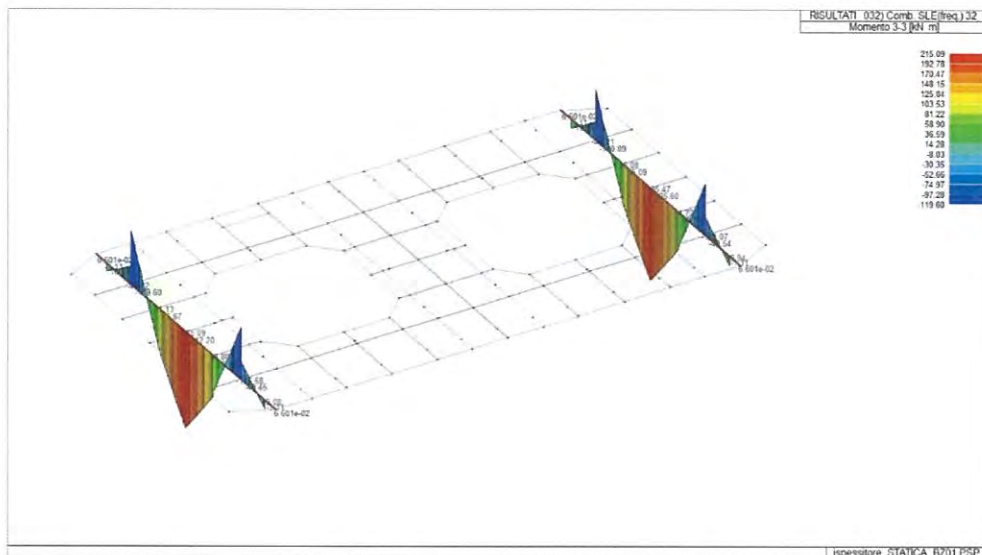
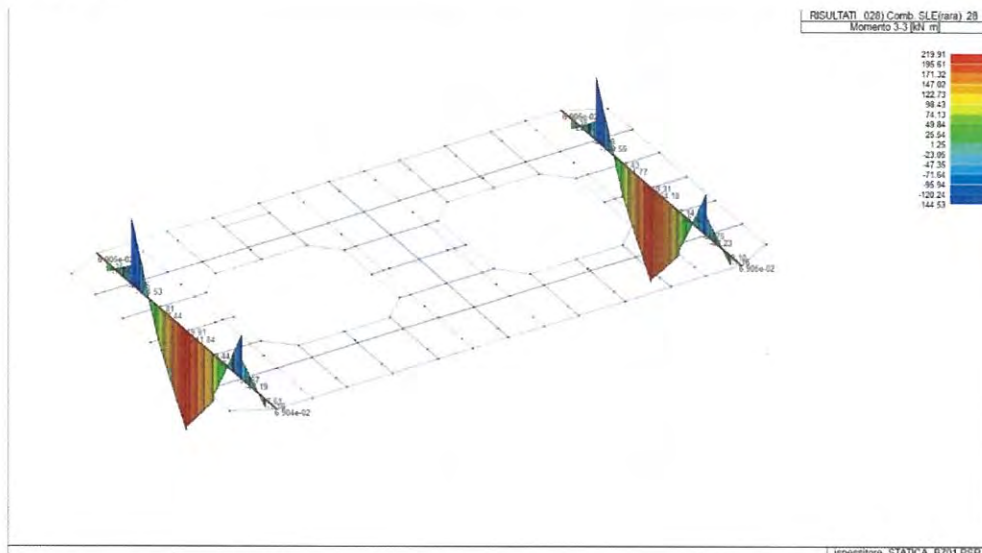
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
53 di 100

11.2.3. Sollecitazioni SLE



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CLOV 15C 0 002

Rev.
A

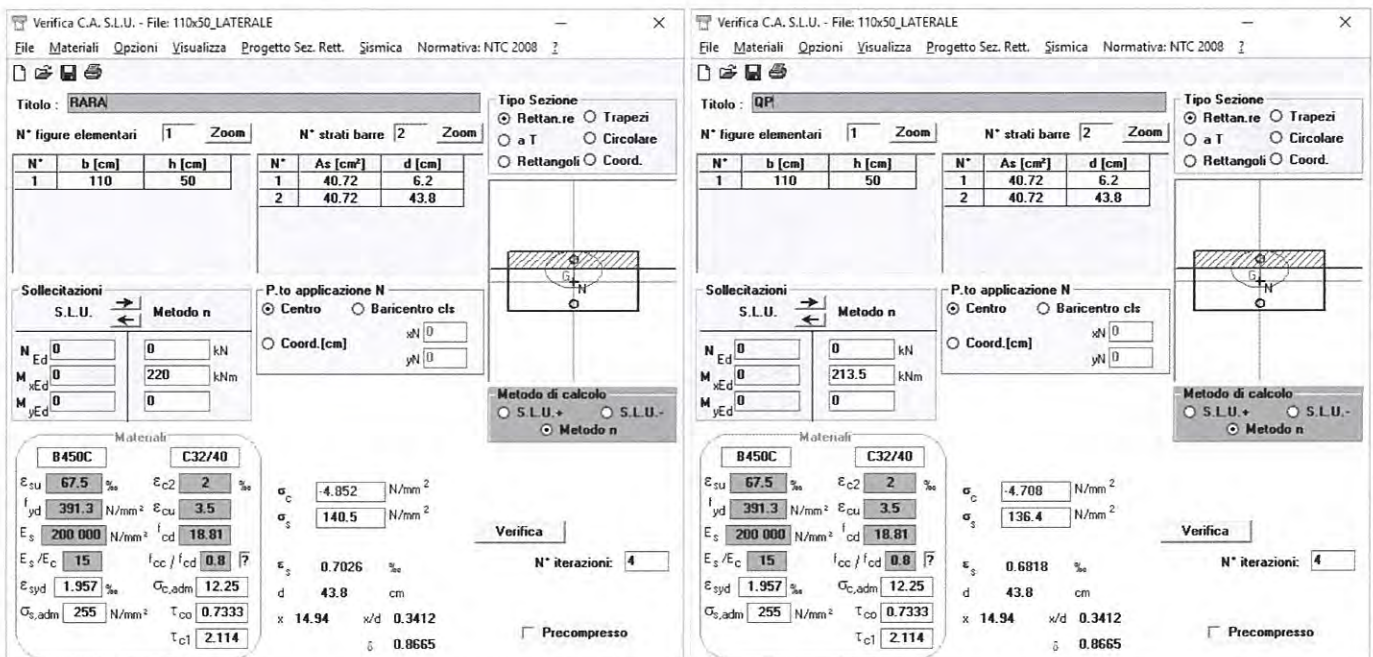
Foglio
54 di 100

11.2.4. Verifiche SLE

Le verifiche agli stati limite di esercizio vengono svolte secondo quanto visto sopra considerando i seguenti limiti per le verifiche a fessurazione.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	W_d
b	Aggressive	frequente	$\leq W_2$
		quasi permanente	$\leq W_1$

Verifiche tensioni di esercizio



The image shows two side-by-side screenshots of a software interface for structural verification. Both windows are titled 'Verifica C.A. S.L.U. - File: 110x50_LATERALE'. The left window is for combination 'RARA' and the right for 'QP'. Both show a table of reinforcement bars with 2 bars, a cross-section diagram, and a list of material properties for B450C steel and C32/40 concrete. The results for the RARA combination are: $\sigma_c = -4.852$ N/mm², $\sigma_s = 140.5$ N/mm², $\epsilon_s = 0.7026$ ‰, $d = 43.8$ cm, $x = 14.94$ mm/d, $\omega/d = 0.3412$, and $\delta = 0.8665$. The results for the QP combination are: $\sigma_c = -4.708$ N/mm², $\sigma_s = 136.4$ N/mm², $\epsilon_s = 0.6818$ ‰, $d = 43.8$ cm, $x = 14.94$ mm/d, $\omega/d = 0.3412$, and $\delta = 0.8665$. Both windows have a 'Verifica' button and a 'Precompresso' checkbox.

Combinazione RARA

$\sigma_c = 4.85 \text{ MPa} \leq 19.9 \text{ MPa} (= 0.60 f_{ck})$

Verificato

$\sigma_s = 140.5 \text{ MPa} \leq 313 \text{ MPa} (= 0.80 f_{yk})$

Verificato

Combinazione QP

$\sigma_c = 4.71 \text{ MPa} \leq 14.94 \text{ MPa} (= 0.45 f_{ck})$

Verificato

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
55 di 100

Verifiche fessurazione

Verifica C.A. S.L.U. - File: 110x50_LATERALE

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

Titolo: **FREQ**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	A _s [cm ²]	d [cm]
1	110	50	1	40.72	6.2
			2	40.72	43.8

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

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

Materiali
B450C **C32/40**
 ε_{cu}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200 000 N/mm² f_{cd}: 18.81
 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_c: -4.763 N/mm²
 σ_s: 138 N/mm²
 ε_s: 0.6898 ‰
 d: 43.8 cm
 x: 14.94 x/d: 0.3412
 ρ: 0.8665

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

Combinazione FREQ (w2)

σ_s = 138 MPa (φ_{max} = 32 mm, i = 300mm)

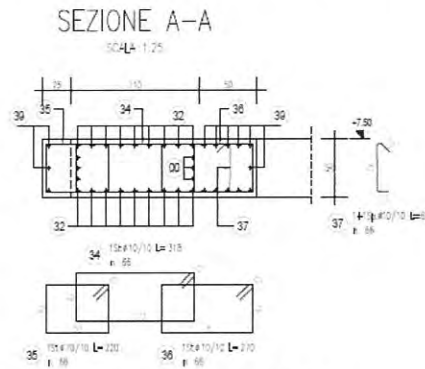
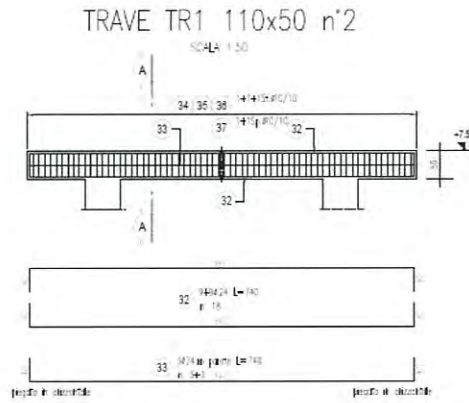
Verificato

Combinazione QP (w1)

σ_s = 136.4 MPa (φ_{max} = 25 mm, i = 200mm)

Verificato

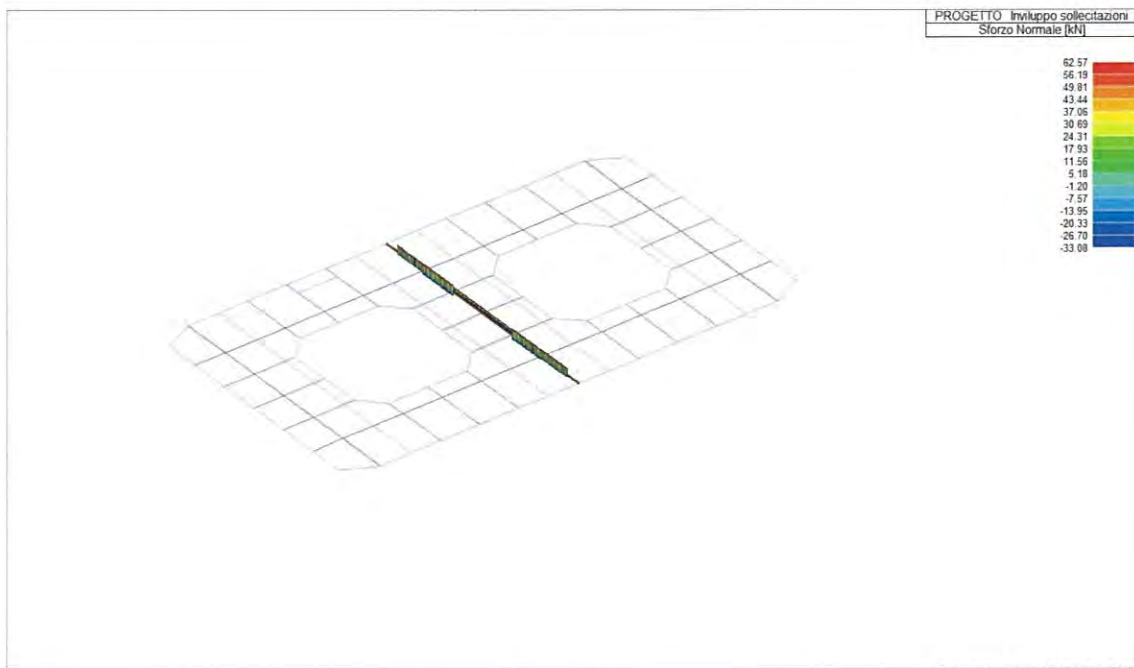
11.3. Trave trasversale centrale 110x50 (TR1)



Armatura trave TR1

11.3.1. Sollecitazioni SLU

Si riporta l'involuppo delle sollecitazioni tra le combinazioni SLU e SLV per la trave.



Doc. N.

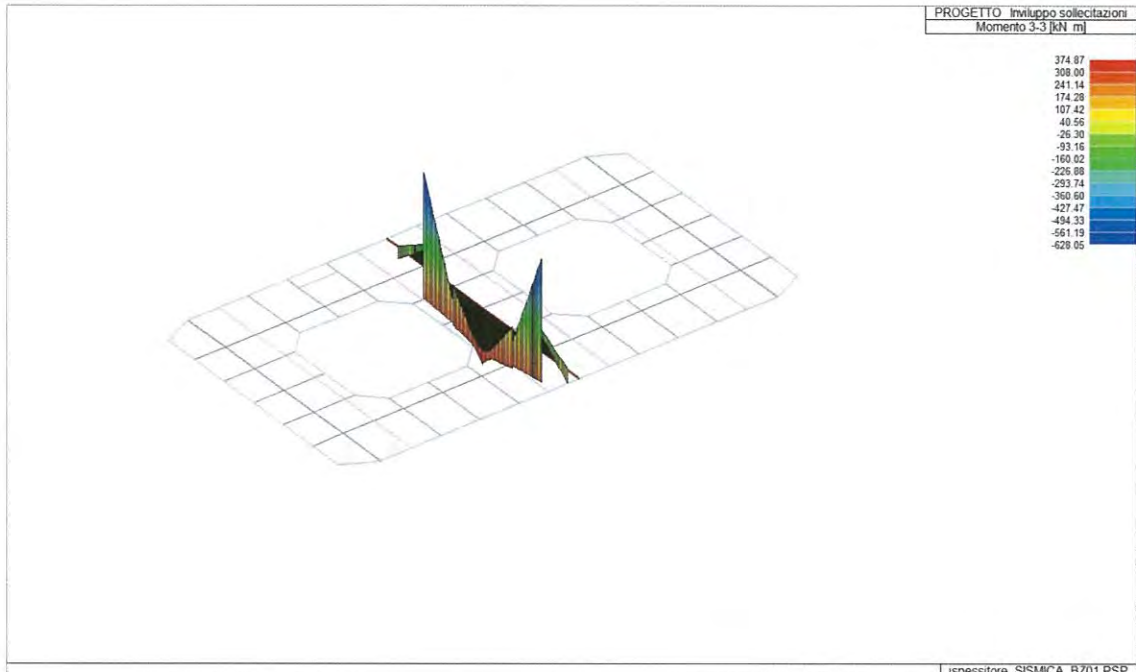
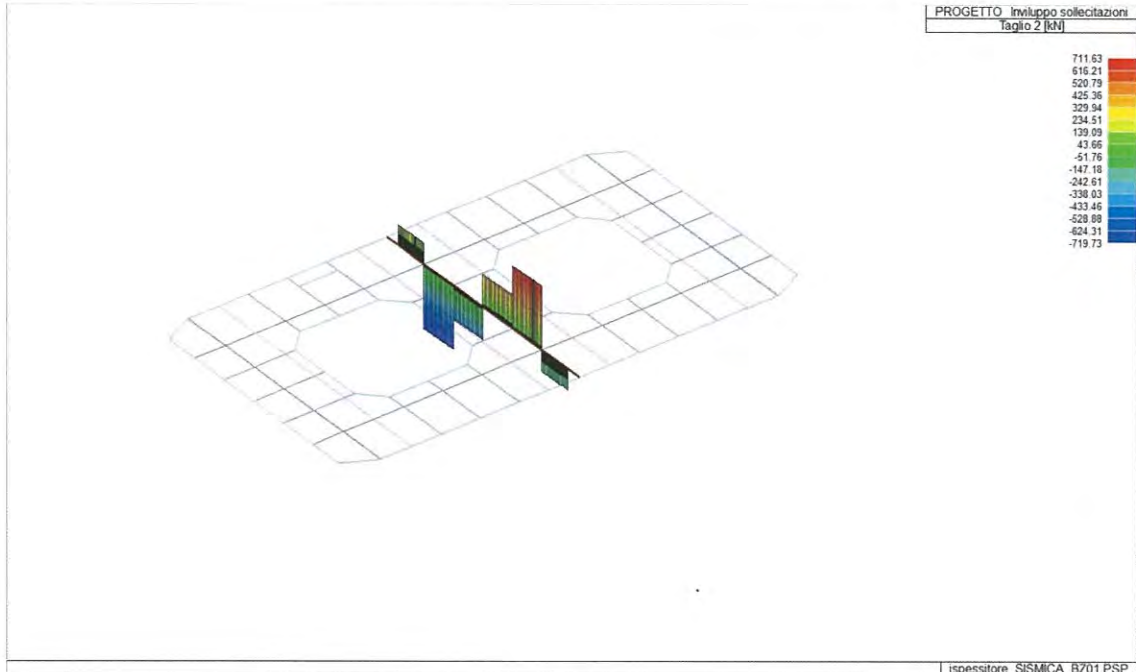
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

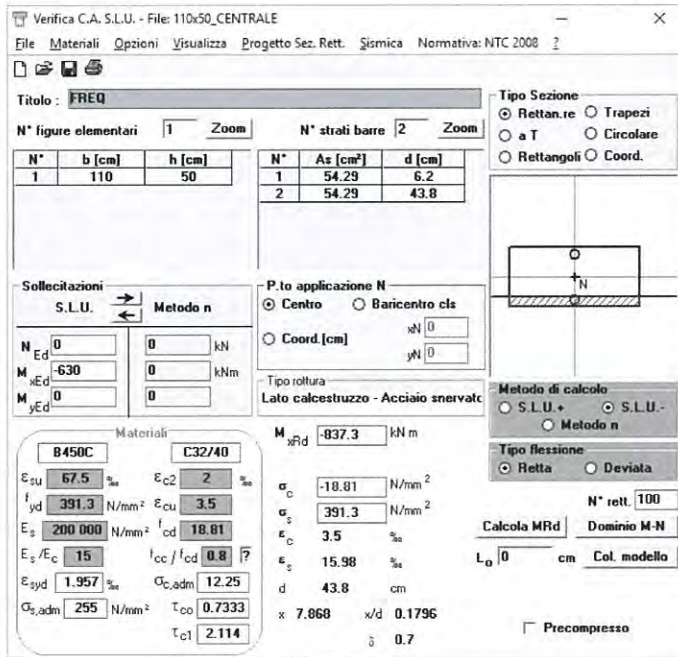
Foglio
57 di 100



11.3.2. Verifiche SLU

Si riporta la verifica di resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali) secondo quanto previsto § 4.1.2.1.2. Poiché l'armatura è simmetrica si riporta la verifica per la sollecitazione più sfavorevole in valore assoluto.

Momento negativo $M_{Ed} = -630$ kNm



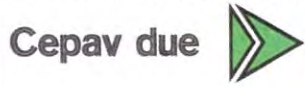
Verificato

Si riporta la verifica di resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti secondo quanto previsto § 4.1.2.1.3 per la sollecitazione più sfavorevole.

RESISTENZA DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO								
GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI						N_{Ed}	V_{Ed}	NO !!!
b_w (cm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	R_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	(kN)	(kN)	
110.00	50.00	6.20	43.80	40.00	450.00	0.00	720.00	
Resistenza a taglio senza armatura specifica						V_{Rd}	V_{ed} / V_{Rd}	
$A_{SL,tot}$ (mmq)	k	v_{min} (MPa)	ρ_L	σ_{cp} (MPa)	(kN)			
54.287	1.68	0.44	0.0113	0	324.02	2.22		

RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO								
GEOMETRIA SEZIONE E MATERIALI						N_{Ed}	V_{Ed}	OK
b_w (cm)	h (cm)	c (cm)	d (cm)	R_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	(kN)	(kN)	
110.00	50.00	6.20	43.80	40.00	450.00	0.00	720.00	
ARMATURE A TAGLIO						V_{Rd}	V_{ed} / V_{Rd}	
$n_{b,sw}$	Φ_{sw} (mm)	s (cm)	A_{sw} (mmq)	α (°)	ϑ (°)	(kN)		
4	10	10.00	314.16	90.00	33.00	746.28	0.96	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
59 di 100

Doc. N.

Progetto
INOR

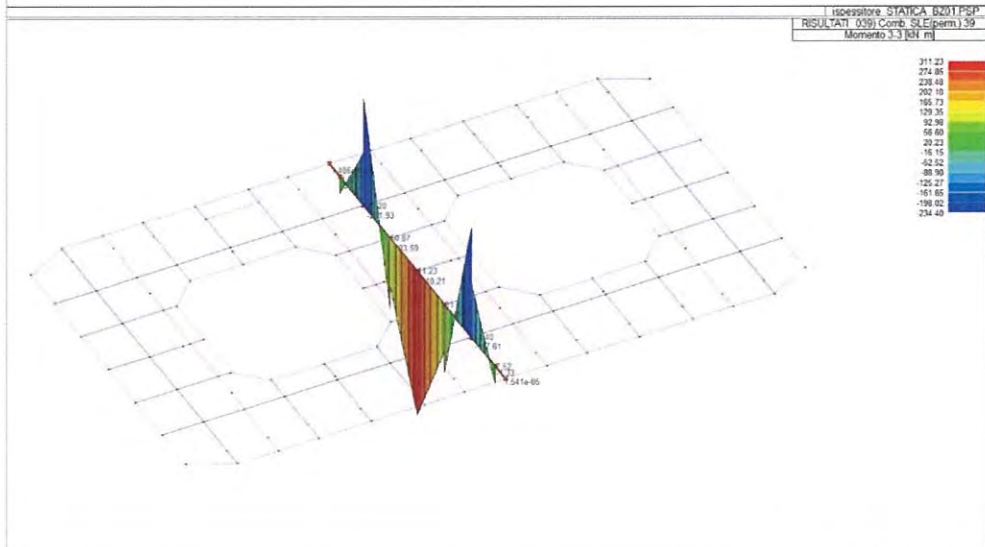
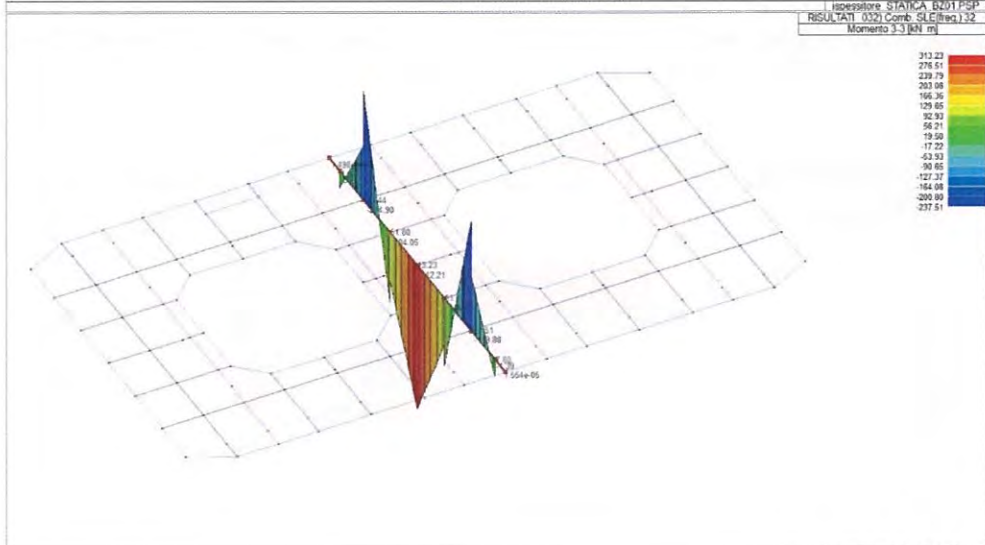
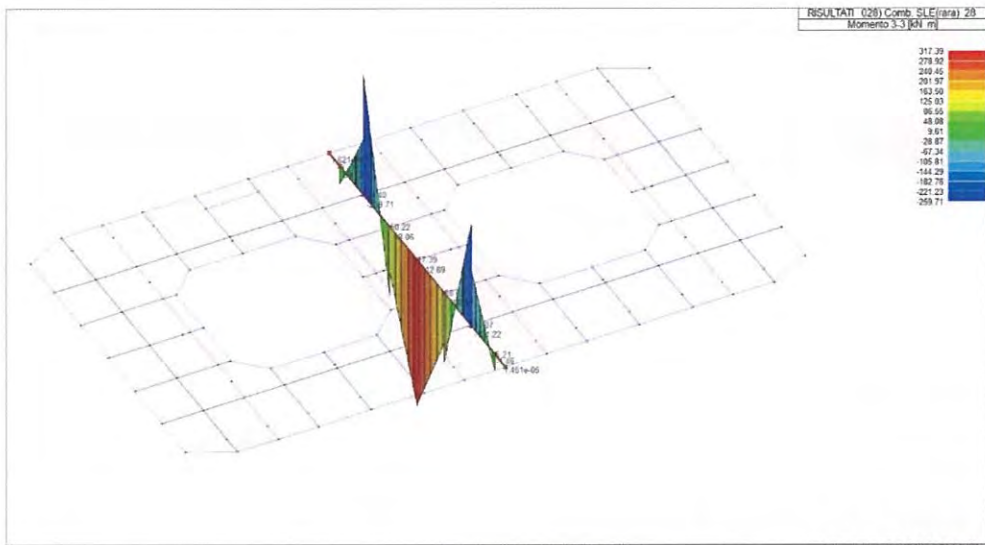
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
60 di 100

11.3.3. Sollecitazioni SLE



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL OV 15C 0 002	Rev. A	Foglio 61 di 100
---------	------------------	-------------	--	-----------	---------------------

11.3.4. Verifiche SLE

Le verifiche agli stati limite di esercizio vengono svolte secondo quanto visto sopra considerando i seguenti limiti per le verifiche a fessurazione.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	W _d
b	Aggressive	frequente	≤ W ₂
		quasi permanente	≤ W ₁

Verifiche tensioni di esercizio

The image shows two side-by-side screenshots of a structural analysis software interface. The left window is titled 'RARA' and the right window is titled 'QP'. Both windows display the same material properties for B450C (E_{su} = 67.5%, f_{yd} = 391.3 N/mm², E_s = 200 000 N/mm², E_s/E_c = 15, ε_{syd} = 1.957‰, σ_{s,adm} = 255 N/mm², τ_{co} = 0.7333, τ_{c1} = 2.114) and C32/40 (ε_{c2} = 2‰, ε_{cu} = 3.5, f_{cd} = 18.81, f_{cc}/f_{cd} = 0.8). Design parameters include N = 0 kN, M_{xEd} = 0 kNm, M_{yEd} = 0 kNm, and d = 43.8 cm. The left window shows calculated stresses σ_c = -5.996 N/mm² and σ_s = 153.7 N/mm². The right window shows σ_c = -5.873 N/mm² and σ_s = 150.5 N/mm². Both windows indicate 'Verifica' and 'N° iterazioni: 4'. A 'Precompresso' checkbox is present at the bottom of each window.

Combinazione RARA

$\sigma_c = 6 \text{ MPa} \leq 19.9 \text{ MPa} (= 0.60 f_{ck})$

Verificato

$\sigma_s = 153.7 \text{ MPa} \leq 313 \text{ MPa} (= 0.80 f_{yk})$

Verificato

Combinazione QP

$\sigma_c = 5.87 \text{ MPa} \leq 14.94 \text{ MPa} (= 0.45 f_{ck})$

Verificato

Verifiche fessurazione

Verifica C.A. S.L.U. - File: 110x50_CENTRALE

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

Titolo: **FREQ**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	110	50	1	54.29	6.2
			2	54.29	43.8

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{Ed} 0 313.5 kNm
 M_{yEd} 0

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 **C32/40**
 E_{su} 67.5 %
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5
 E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 18.01
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 E_{syd} 1.957 % σ_{c,adm} 12.25
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{cl} 2.114

σ_c -5.911 N/mm²
 σ_s 151.5 N/mm²

ε_s 0.7575 %
 d 43.8 cm
 x 16.17 w/d 0.3692
 δ 0.9015

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Combinazione FREQ (w2)

σ_s = 151.5 MPa (φ_{max} = 32 mm, i = 300mm)

Verificato

Combinazione QP (w1)

σ_s = 150.5 MPa (φ_{max} = 25 mm, i = 200mm)

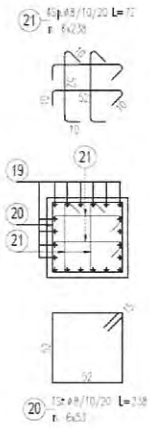
Verificato

11.4. PILASTRI

I pilastri hanno sezione quadrata 60cm x 60cm con armatura riportata in figura.

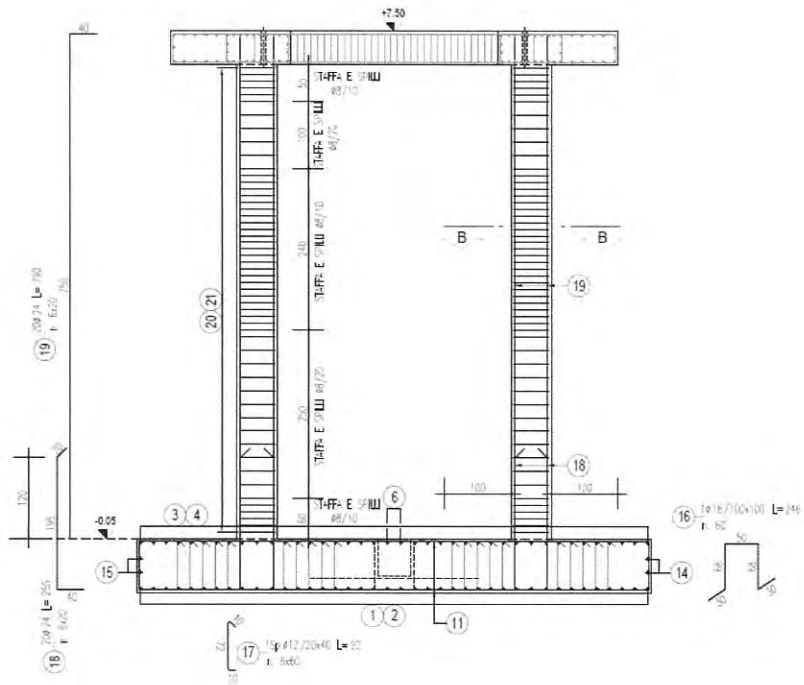
SEZIONE B-B

SC-L4 1/25



SEZIONE A-A

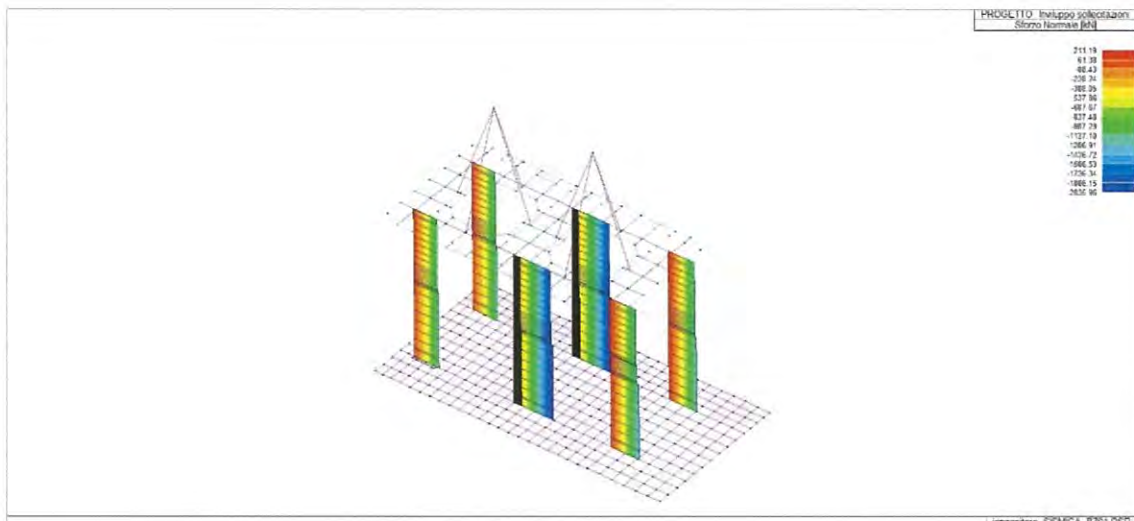
SC-L4 1/25



Armatura pilastri

11.4.1. Sollecitazioni SLU

Si riporta l'involuppo delle sollecitazioni tra le combinazioni SLU e SLV per i pilastri.



PROGETTO: Involuppo sollecitazioni
Giorno: 10/04/2014

Impressione: SSIMCA BNC1 P5P7

Doc. N.

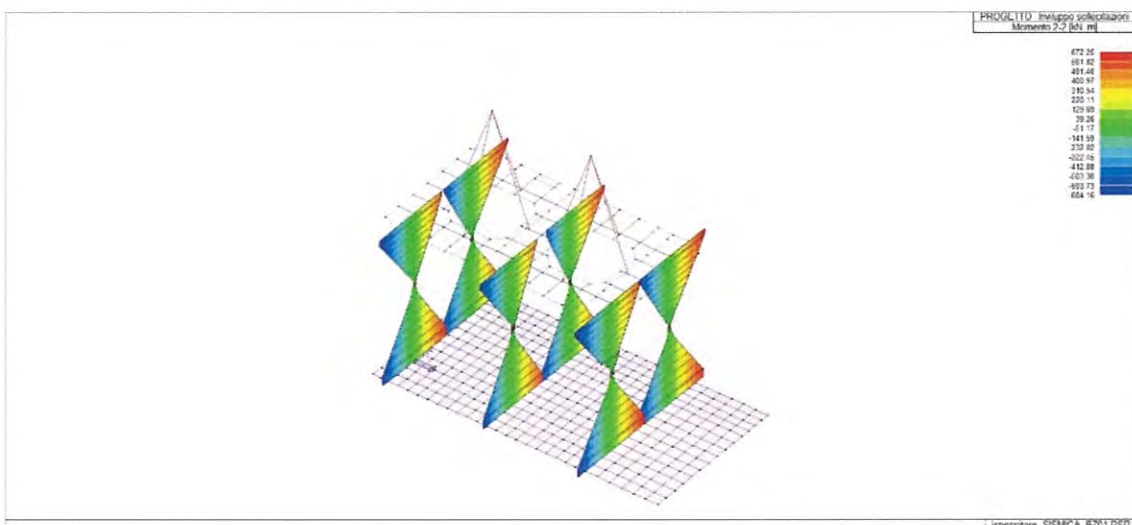
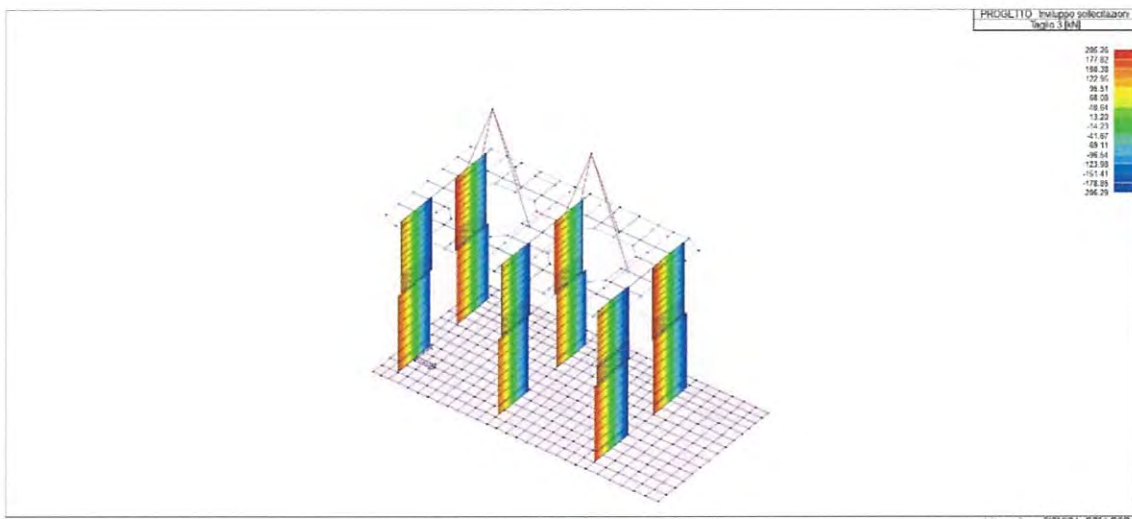
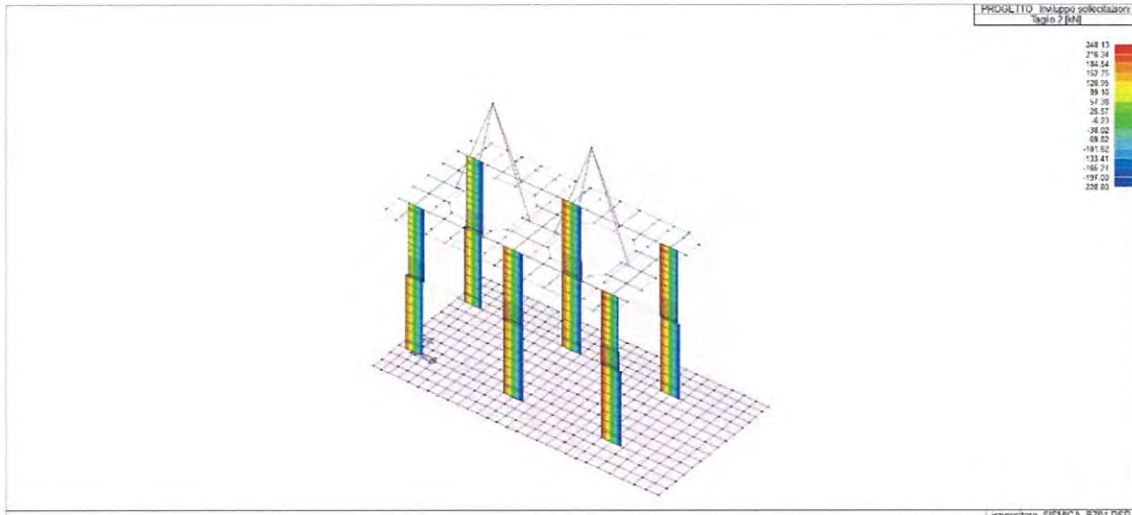
Progetto
INOR

Lotto
11

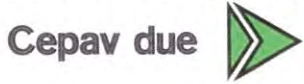
Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
64 di 100



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

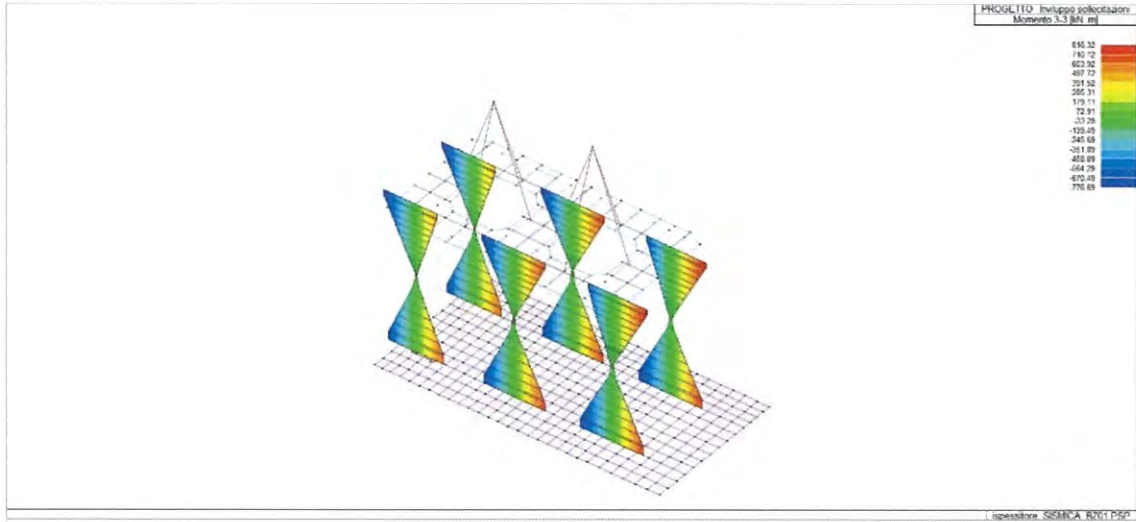
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

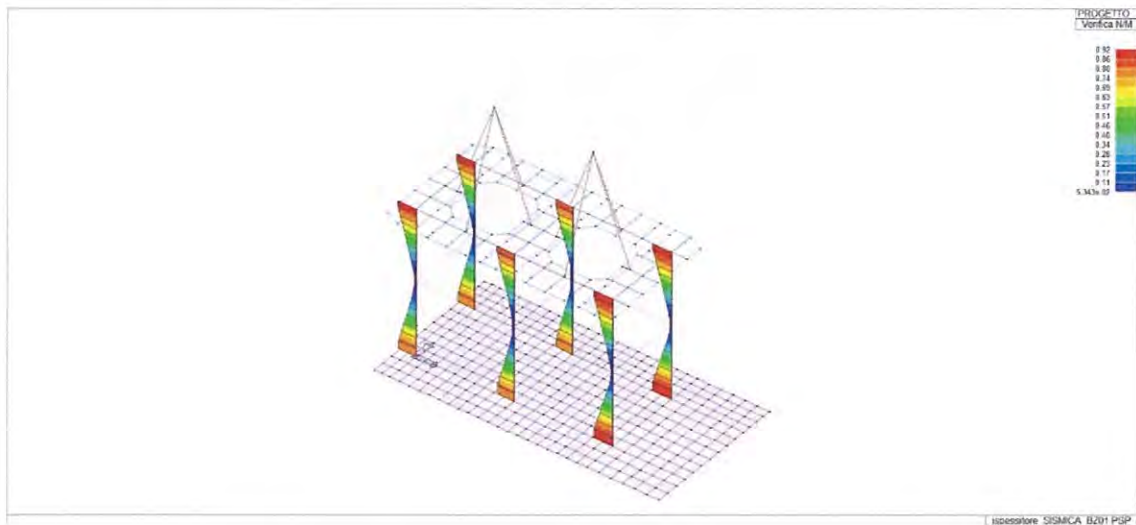
Rev.
A

Foglio
65 di 100

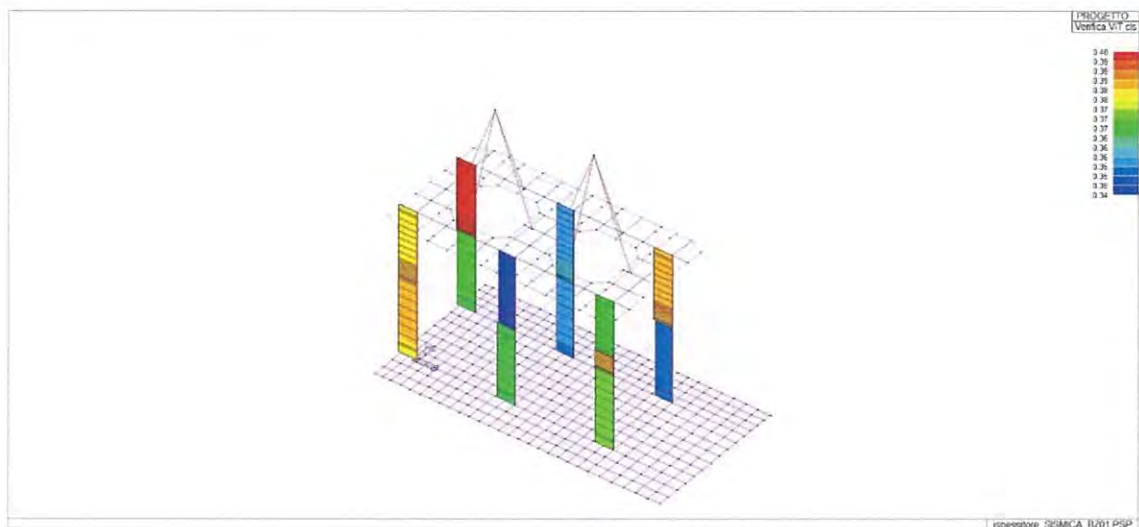


11.4.2. Verifiche SLU

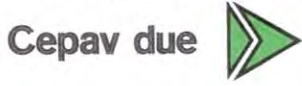
Verifica N/M: si riporta la verifica prevista al par. previsto § 4.1.2.1.2 delle NTC08, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto S_d/S_u con sollecitazioni ultime proporzionali; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva (S_d = sollecitazione di progetto, S_u = sollecitazione ultima).



Verifica (V/T): si riporta la verifica, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto S_d/S_u con sollecitazioni taglianti e torcenti proporzionali. Il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva; in altre parole la verifica V/T cls indica la verifica a taglio lato calcestruzzo V/T acciaio lato acciaio secondo par. 4.1.2.1.3 NTC08 (S_d = sollecitazione di progetto, S_u = sollecitazione ultima).



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

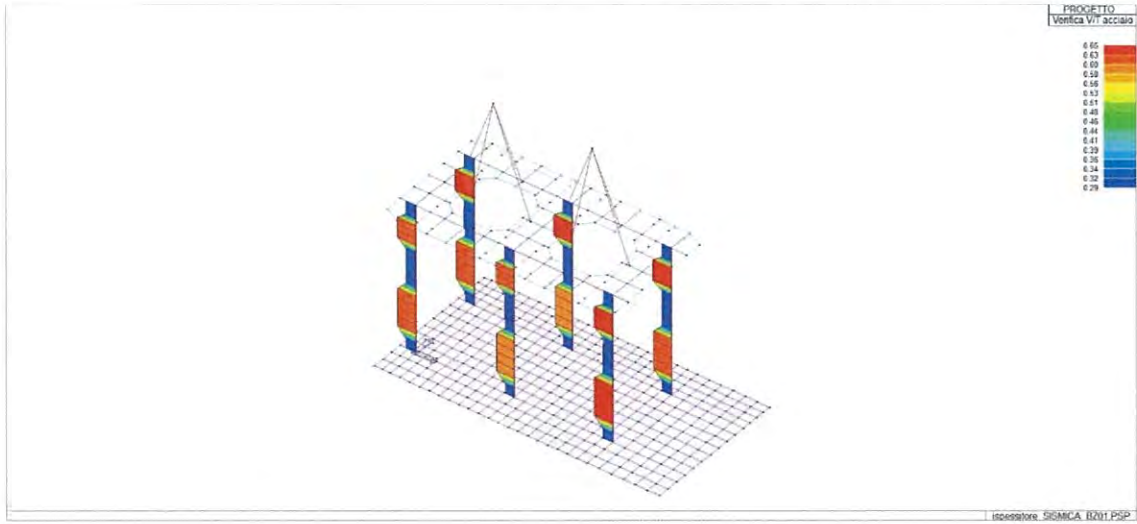
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
67 di 100



11.4.3. Verifiche SLE

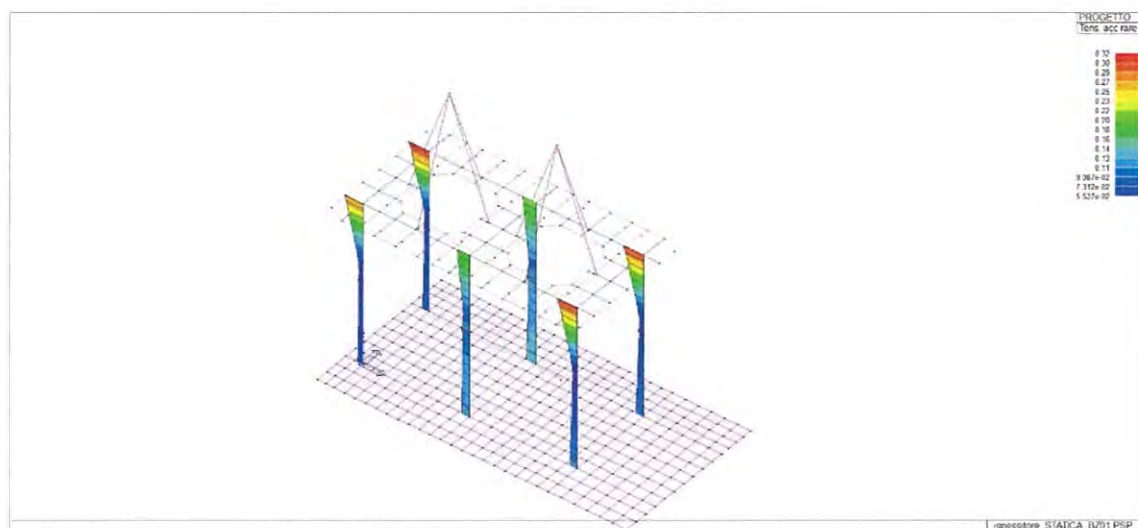
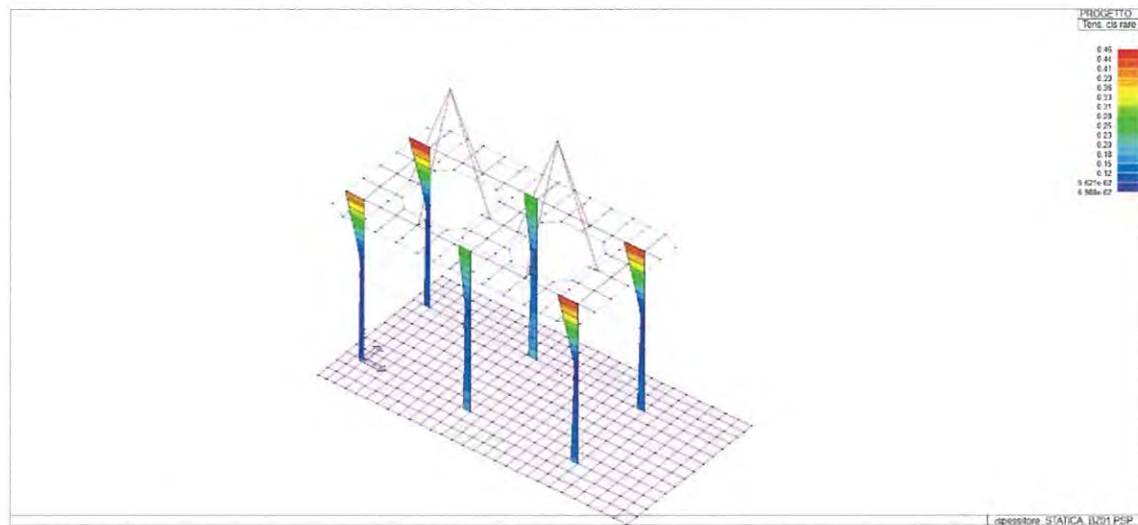
Tens. cls rare: permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione f_{ck} in combinazioni rare; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva (par. 4.1.2.2.5 NTC08).

Tens. acc rare: permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione f_{yk} in combinazioni rare; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva (par. 4.1.2.2.5 NTC08);

Combinazione RARA

$$\sigma_c \leq 19.9 \text{ MPa } (= 0.60 f_{ck})$$

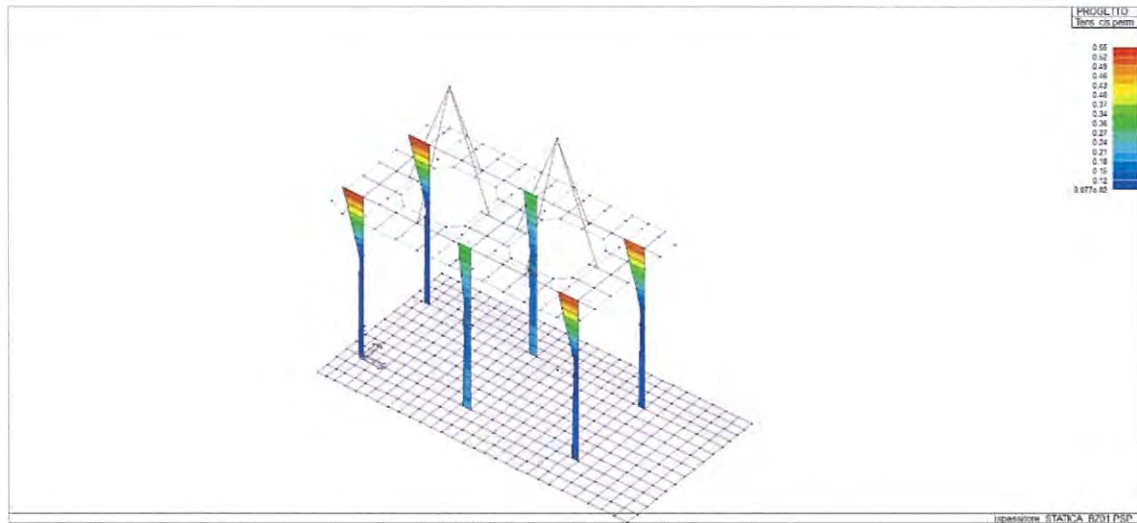
$$\sigma_s \leq 313 \text{ MPa } (= 0.80 f_{yk})$$



Tens. cls perm: Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione f_{ck} in combinazioni quasi permanenti; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva (par. 4.1.2.2.5 NTC08);

Combinazione QP

$$\sigma_c = 4.71 \text{ MPa} \leq 14.94 \text{ MPa} (= 0.45 f_{ck})$$



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

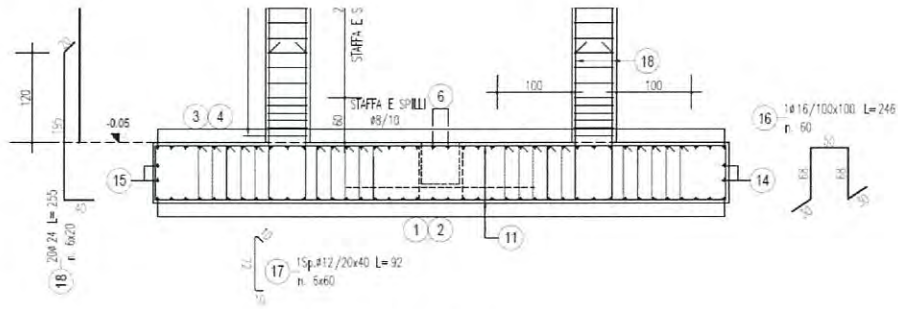
Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
70 di 100

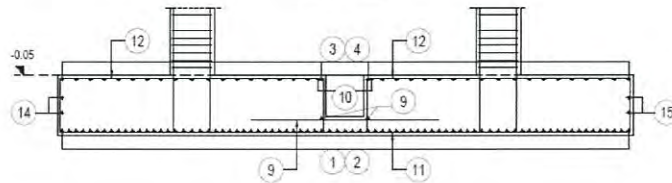
11.5. PLATEA

La platea di fondazione presenta in pianta una forma rettangolare 15mx7.70m, ha uno spessore di 80 cm e armatura come indicato in figura.



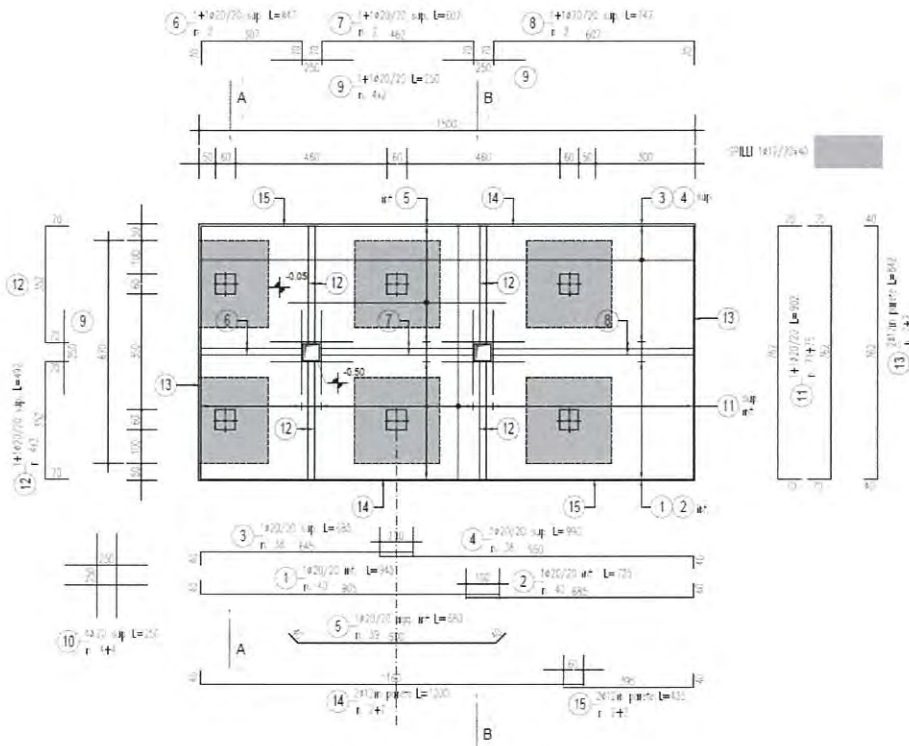
SEZIONE B-B

SCALA 1:50



PIANTA A Q.TA -0.05

SCALA 1:100

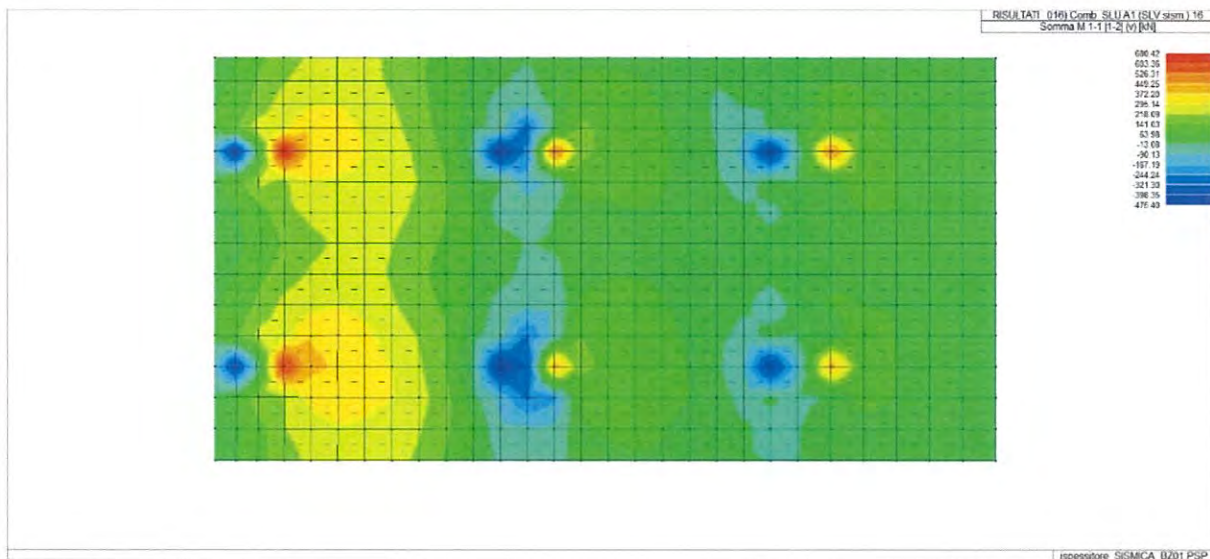


Armatura platea

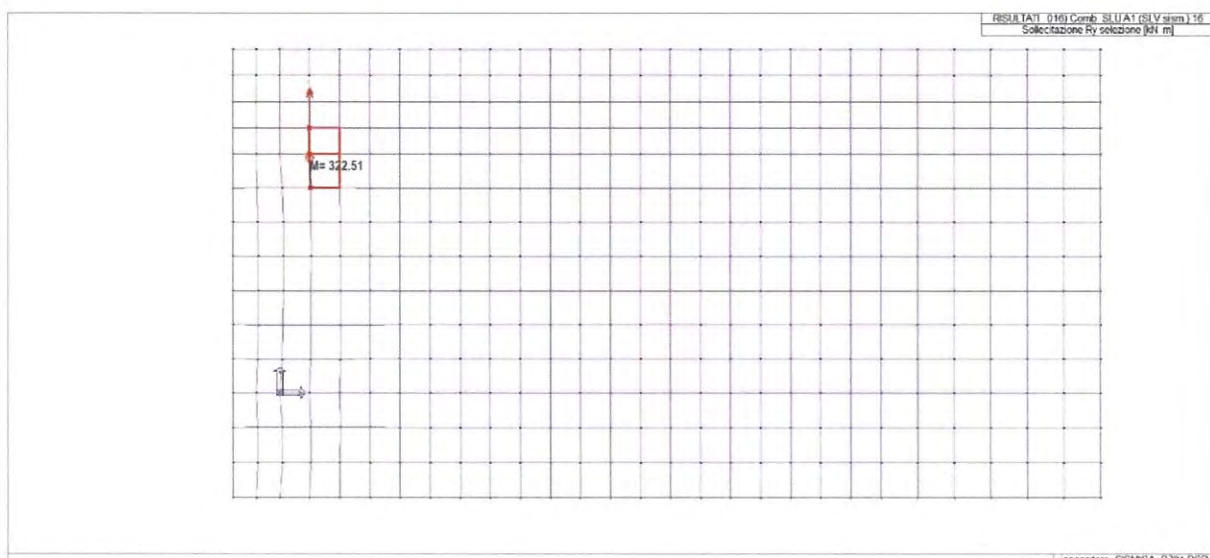
11.5.1. Sollecitazioni SLU

Si riporta le mappe cromatiche delle sollecitazioni flessionali. Per eliminare i picchi di sollecitazione in corrispondenza dei pilastri si effettua un'integrazione delle sollecitazioni.

Flessione M11 max (+ trazione estradosso platea)



Integrazione flessione M11 min (+ trazione estradosso platea)



Doc. N.

Progetto
INOR

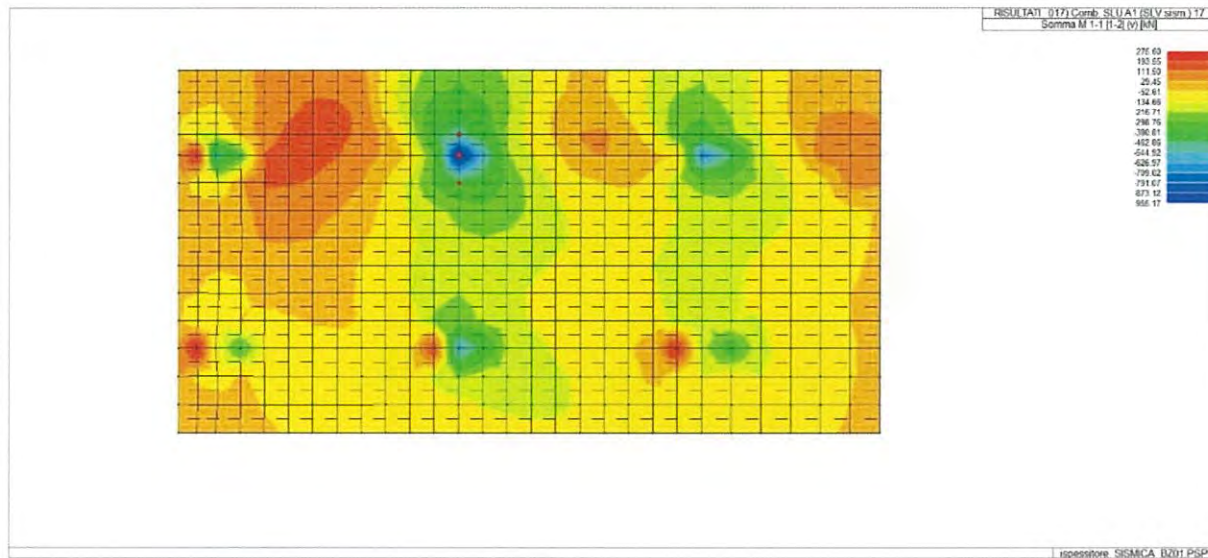
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

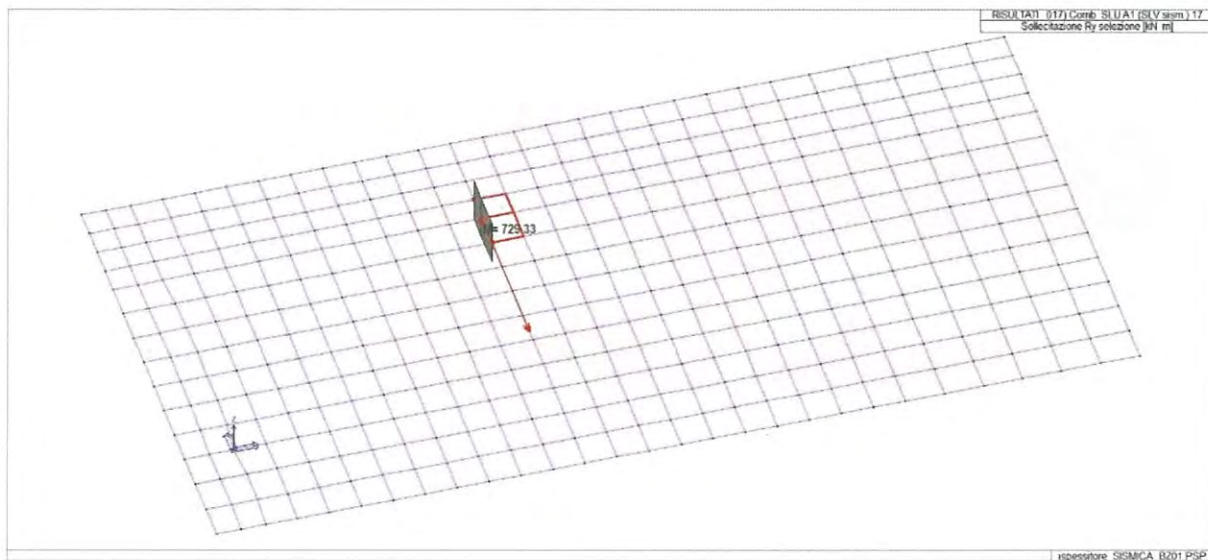
Foglio
72 di 100

Flessione M11 min (+ trazione estradosso platea)



Integrazione flessione M11 min (+ trazione estradosso platea)

L'integrazione viene effettuata su una striscia di 1m.



Doc. N.

Progetto
INOR

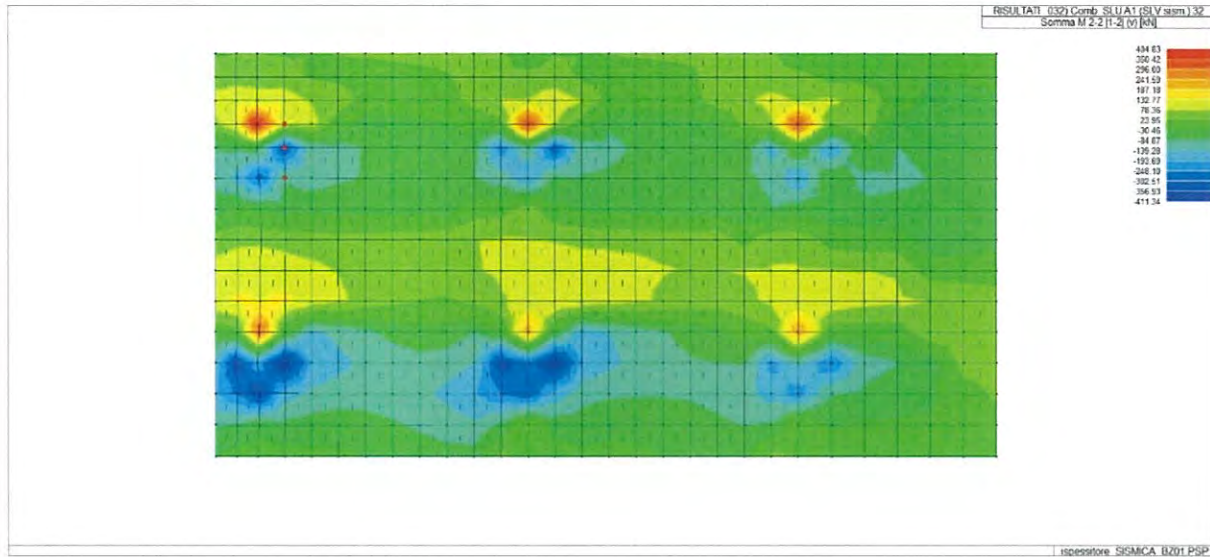
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

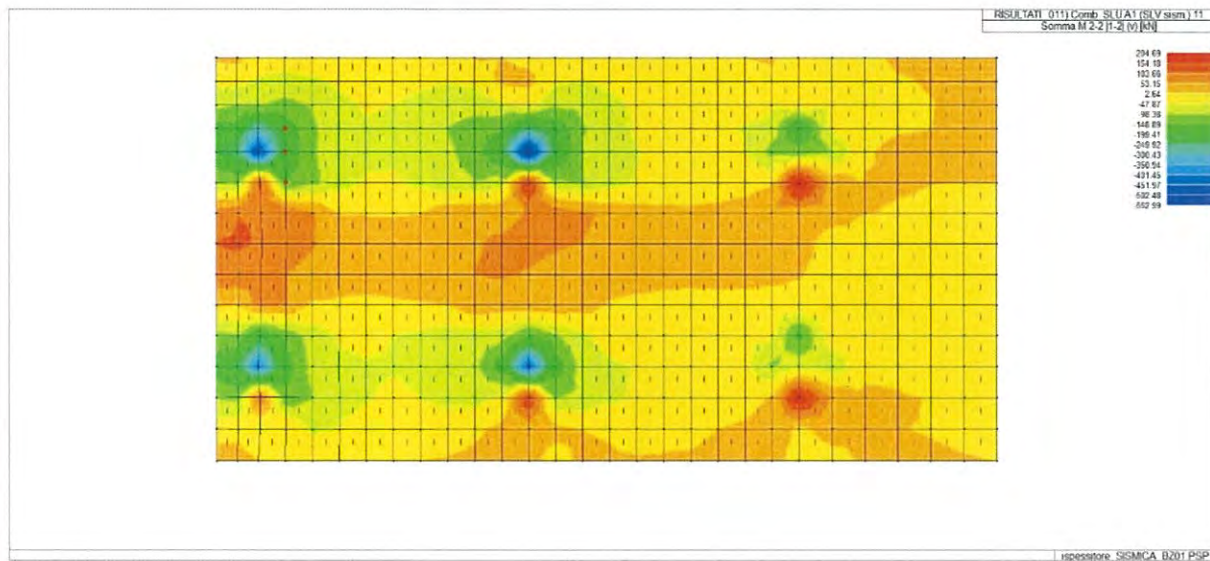
Rev.
A

Foglio
73 di 100

Flessione M22 max (+ trazione estradosso platea)

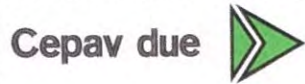


Flessione M22 min (+ trazione estradosso platea)



Integrazione flessione M22 min (+ trazione estradosso platea)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

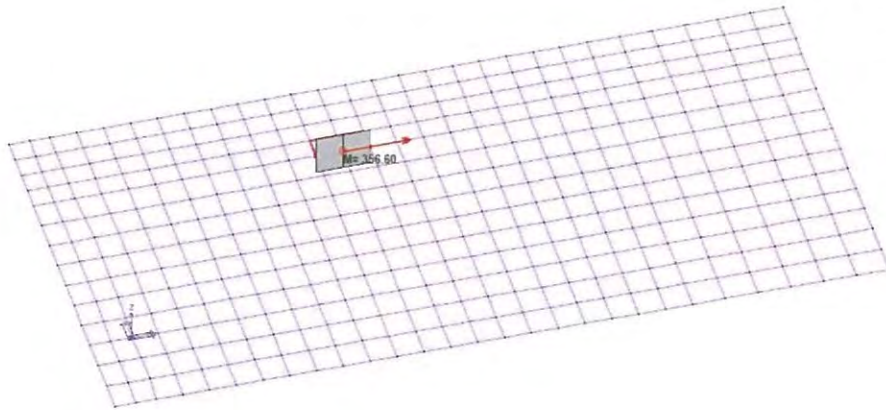
Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
74 di 100

L'integrazione viene effettuata su una striscia di 1 m.

RESUA/ATI/3151/Conte/SLUA/TSUV/strm/11
Calcolazione For soluzione [81 m]



Ispezionatore: SISAMCA, BZ01, PSP

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
75 di 100

11.5.2. Verifiche SLU

M11 min (fibre tese intradosso platea)

M11 max (fibre tese estradosso platea)

Verifica C.A. S.L.U. - File: PLATEA

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

Titolo: **M11 min**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	15.71	7
			2	31.42	73

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 729 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Coor. [cm]: xN 0, yN 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U. Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

E_{su}: 67.5‰ E_{c2}: 2‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² E_{cu}: 3.5‰
E_s: 200 000 N/mm² f_{cd}: 17
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8 ?
E_{syd}: 1.957‰ C_{c,adm}: 11.5
C_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{cp}: 0.6933
τ_{cl}: 2.029

M_{xRd}: 851.8 kNm
σ_c: -17 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_s: 3.5‰
ε_s: 28.61‰
d: 73 cm
x: 7.958 x/d: 0.109
ξ: 0.7

Verificato

Verifica C.A. S.L.U. - File: PLATEA

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

Titolo: **M11 max**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	15.71	7
			2	15.71	73

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: -323 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls

Coor. [cm]: xN 0, yN 0

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U. Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

E_{su}: 67.5‰ E_{c2}: 2‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² E_{cu}: 3.5‰
E_s: 200 000 N/mm² f_{cd}: 17
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8 ?
E_{syd}: 1.957‰ C_{c,adm}: 11.5
C_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{cp}: 0.6933
τ_{cl}: 2.029

M_{xRd}: -442.7 kNm
σ_c: -17 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_s: 3.5‰
ε_s: 39.7‰
d: 73 cm
x: 5.915 x/d: 0.08102
ξ: 0.7

Verificato

Si riporta la verifica a punzonamento secondo quanto previsto al par. 6.4 dell'EC2-1-1.

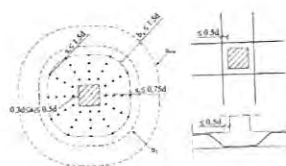
Verifica a Punzonamento PILASTRO INTERNO

secondo DM08

geometria		
pilastro	pilastro interno	posizione del pilastro rispetto alla soletta
b _x	60 cm	larghezza pilastro parallela asse x
b _y	60 cm	larghezza pilastro parallela asse y
soletta	h	80 cm
	c	6.0 cm
	ix	5.2 m
	iy	4.1 m
	a	2 d
	d	74 cm
	u	1169.9 cm
		perimetro sezione critica
sollecitazioni		
V _{Ed}	2100 kN	valore di calcolo della forza di taglio agente
M _x	630 kNm	momento flettente sollecitante in direzione x
M _y	760 kNm	momento flettente sollecitante in direzione y
β	1.4068	coeff. distribuzione non uniforme sforzi
p	100 kPa	pressione terreno a meno del peso della fondazione
V _{Ed,red}	1875 kN	valore di calcolo della forza di taglio netta
materiali		
calcestruzzo	R _{ck}	37 MPa
	γ _c	1.5
	f _{ck}	30.7 MPa
	f _{td}	17.4 MPa
acciaio	f _{yk}	450 MPa
	γ _s	1.15
	f _{ywd}	391.3 MPa
	f _{ywd,eff}	391.3 MPa

armatura		
longitudinale	φ _x	20 mm
	s _x	20 cm
	φ _y	20 mm
	s _y	20 cm
Spilli	φ	0 mm
	n _φ	30
	s _r	30 cm
	α	90°
	A _{sw}	0 mm²
	d/s _r	2.5
		0,67 se esiste una sola linea di ferri piegati
Ferri Piegati	φ	0 mm
	n _φ	20
	α	30°
	n _φ	1
	s _r	20 cm
	A _{sw}	0 mm²
	d/s _r	0.67
		0,67 se esiste una sola linea di ferri piegati
perimetro esterno e prescrizioni geometriche		
r _{out}	73 cm	distanza oltre cui non è necessaria armatura
r _{spilli}	-38 cm	distanza oltre cui non è necessaria armatura
n _{φ,tot}	-30	numero totale spilli
S _i	-8.0 cm	passo tangenziale lungo il perimetro più esterno
S _{t,max}	111.0 cm	passo tangenziale massimo
S _{r,max}	55.5 cm	passo radiale massimo
A _{sw,min}	-473 mm²	area minima
A _{d,min}	-16 mm²	diametro minimo ferri di cucitura

verifica bordo pilastro		
u ₀	240.0 cm	perimetro critico a ridosso della colonna
v	0.50	coeff. riduzione resistenza bielle
v _{Ed}	1.66 MPa	azione sollecitante a ridosso colonna
V _{Ed,max}	4.35 MPa	azione resistente solo cls a ridosso colonna
verifica a punzonamento senza armatura		
v _{Ed}	0.22 MPa	valore di calcolo dell'azione sollecitante
senza armatura	C _{ns,c}	0.12
	k	1.52
	L _x	4.10 m
	L _y	5.04 m
	n _{φ,x}	20.5
	ρ _{tx}	0.002
	n _{φ,y}	25.2
	ρ _{ty}	0.002
	ρ _t	0.002
	v _{min}	0.36 MPa
	v _{s,c}	0.36 MPa
		azione resistente senza armatura a punzonamento
verifica a punzonamento con armatura		
V _{Ed,s,spilli}	-	MPa
V _{Ed,s,fp}	-	MPa
V _{Ed,cs}	-	MPa
		contributo azione resistente armatura
		contributo azione resistente armatura
		azione resistente con armatura a punzonamento



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
76 di 100

Verifica a Puntamento PILASTRO DI BORDO

secondo DM08

geometria

pilastro	pilastro	bordo y	posizione del pilastro rispetto alla soletta	
b_x	60	cm	larghezza pilastro parallela asse x	
b_y	60	cm	larghezza pilastro parallela asse y	
soletta	h	80	cm	altezza piastra
c	6.0	cm	copriferra medio	
ix	5.2	m	interasse pilastri lungo x	
iy	4.1	m	interasse pilastri lungo y	
a	2	d	distanza contorno pilastro - perimetro verifica	
d	74	cm	altezza utile della piastra	
u	645.0	cm	perimetro sezione critica	

sollecitazioni

V_{ed}	1400	kN	valore di calcolo della forza di taglio agente
M_x	690	kNm	momento flettente sollecitante in direzione x
M_y	820	kNm	momento flettente sollecitante in direzione y
β	1.4		coeff. distribuzione non uniforme sforzi
p	100	kPa	pressione terreno a meno del peso della fondazione
$V_{ed,red}$	1314	kN	valore di calcolo della forza di taglio netta

materiali

calcestruzzo	R_{ck}	37	MPa	resistenza cubica caratteristica cis
	γ_c	1.5		coeff. sicurezza calcestruzzo
	f_{ck}	30.7	MPa	resistenza cilindrica caratteristica cis
	f_{cd}	17.4	MPa	resistenza di progetto cis
acciaio	f_{yk}	450	MPa	resistenza snervamento caratteristica
	γ_s	1.15		coeff. sicurezza acciaio
	f_{ywd}	391.3	MPa	resistenza di progetto acciaio
	$f_{ywd,eff}$	391.3	MPa	resistenza di progetto efficace

armatura

longitudinale	ϕ_x	20	mm	diametro armature longitudinali tesa x
	s_x	20	cm	passo armature longitudinali tesa x
	ϕ_y	20	mm	diametro armature longitudinali tesa y
	s_y	20	cm	passo armature longitudinali tesa y

Spilli

ϕ	0	mm	diametro armatura punzonamento
$n\phi$	5		numero ferri punzonamento in un perimetro
s_r	30	cm	passo radiale armatura punzonamento
α	90	°	angolo tra armatura a taglio e piano medio piastra
A_{sw}	0	mm ²	area di un perimetro armatura punzonamento
d/s_r	2.5		0.67 se esiste una sola linea di ferri piegati

Ferri Piegati

ϕ	0	mm	diametro armatura punzonamento
$n\phi$	20		numero ferri punzonamento in un perimetro
α	30	°	angolo tra armatura a taglio e piano medio piastra
$n\phi_p$	1		linee di ferri piegati
s_r	20	cm	passo radiale armatura punzonamento
A_{sw}	0	mm ²	area di un perimetro armatura punzonamento
d/s_r	0.67		0.67 se esiste una sola linea di ferri piegati

perimetro esterno e prescrizioni geometriche

r_{out}	98	cm	distanza oltre cui non è necessaria armatura
r_{spilli}	-13	cm	distanza oltre cui non è necessaria armatura
$n\phi_{tot}$	0		numero totali e spilli
s_t	-8.1	cm	passo tangenziale lungo il perimetro più esterno
$s_{r,max}$	111.0	cm	passo tangenziale massimo
$s_{r,min}$	55.5	cm	passo radiale massimo
$A_{s,min}$	-79	mm ²	area minima
$A_{\phi,min}$	-16	mm ²	diametro minimo ferri di cucitura

verifica bordo pilastro

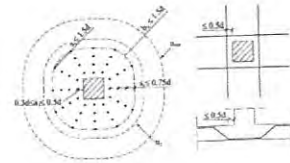
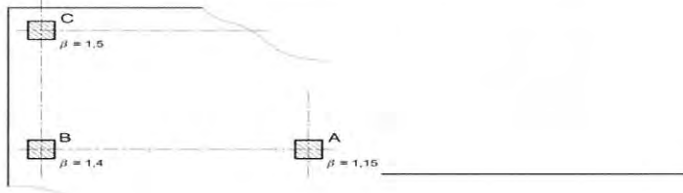
u_0	180.0	cm	perimetro critico a ridosso della colonna
v	0.50		coeff. riduzione resistenza bielle
V_{Ed}	1.47	MPa	azione sollecitante a ridosso colonna
$V_{Ed,max}$	4.35	MPa	azione resistente solo cis a ridosso colonna

verifica a puntamento senza armatura

V_{Ed}	0.28	MPa	valore di calcolo dell'azione sollecitante	
senza armatura	$C_{Rd,c}$	0.12		
	k	1.52	coeff. ingranamento	
	L_{cx}	4.10	m	larghezza fascia piastra per calcolo p_{ix}
	L_{cy}	5.04	m	larghezza fascia piastra per calcolo p_{iy}
	$n\phi_x$	20.5		numero ferri longitudinali tesa x
	p_{ix}	0.002		percentuale armatura longitudinale tesa x
	$n\phi_y$	25.2		numero ferri longitudinali tesa y
	p_{iy}	0.002		percentuale armatura longitudinale tesa y
	p_t	0.002		percentuale armatura longitudinale tesa
	v_{min}	0.36	MPa	valore minimo azione resistente
	$V_{Rd,c}$	0.36	MPa	azione resistente senza armatura a puntamento

verifica a puntamento con armatura

$V_{Rd,s,spilli}$	-	MPa	contributo azione resistente armatura
$V_{Rd,s,p}$	-	MPa	contributo azione resistente armatura
$V_{Rd,cs}$	-	MPa	azione resistente con armatura a puntamento



11.5.3. Sollecitazioni SLE

M22 min (fibre tese intradosso platea)

Verifica C.A. S.L.U. - File: M22_PLATEA

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

Titolo: **M22 min**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	15.71	5
			2	15.71	75

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 356 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} 450.1 kNm

Materiali B450C C30/37

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} 17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_s 3.5 ‰
ε_s 51.28 ‰
d 75 cm
x 4.792 x/d 0.06389
δ 0.7

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

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

Verificato

M22 max (fibre tese estradosso platea)

Verifica C.A. S.L.U. - File: M22_PLATEA

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

Titolo: **M22 max**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	15.71	5
			2	15.71	75

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -405 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} -450.1 kNm

Materiali B450C C30/37

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} 17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_s 3.5 ‰
ε_s 51.28 ‰
d 75 cm
x 4.792 x/d 0.06389
δ 0.7

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

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

Verificato

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
78 di 100

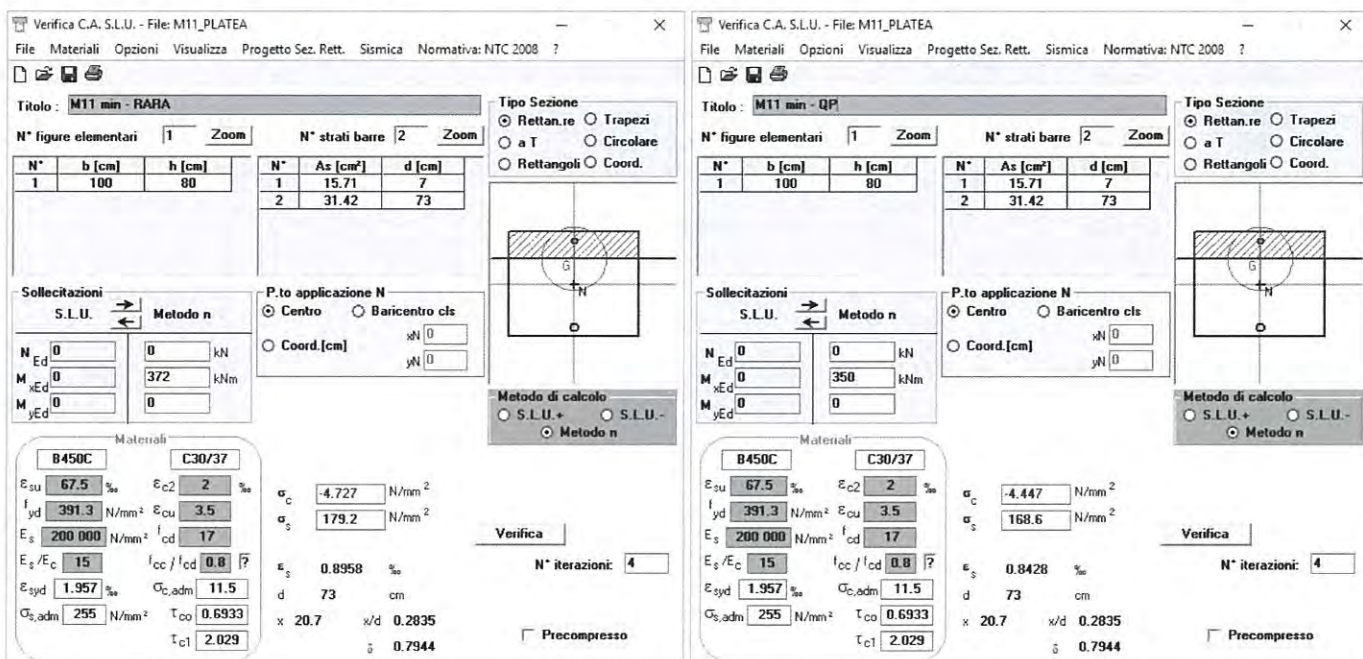
11.5.4. Verifiche SLE

Le verifiche agli stati limite di esercizio vengono svolte secondo quanto visto sopra considerando i seguenti limiti per le verifiche a fessurazione.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	W_d
b	Aggressive	frequente	$\leq W_2$
		quasi permanente	$\leq W_1$

Verifiche tensioni di esercizio

Si riportano le verifiche più sfavorevoli.



The image shows two side-by-side screenshots of a software interface for structural verification. Both windows are titled 'Verifica C.A. S.L.U. - File: M11_PLATEA'. The left window is for the 'RARA' combination, and the right window is for the 'QP' combination. Both windows display a table of section properties (N, b, h, As, d) and a diagram of a rectangular section. Below the diagram, there are input fields for loads (N, M, xEd, yEd) and application points. The bottom section of each window shows material properties for B450C and C30/37, including modulus of elasticity, yield strength, and ultimate strength. The calculation results for stress (σ_c) and strain (ϵ_s) are displayed, along with iteration counts and a 'Verifica' button.

Combinazione RARA

$$\sigma_c = 4.7 \text{ MPa} \leq 18 \text{ MPa} (= 0.60 f_{ck})$$

Verificato

$$\sigma_s = 179.2 \text{ MPa} \leq 313 \text{ MPa} (= 0.80 f_{yk})$$

Verificato

Combinazione QP

$$\sigma_c = 4.5 \text{ MPa} \leq 13.5 \text{ MPa} (= 0.45 f_{ck})$$

Verificato

Verifiche fessurazione

Verifica C.A. S.L.U. - File: M11_PLATEA

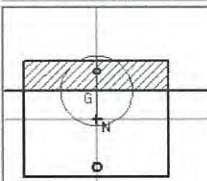
File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : **M11 min - FREQ**

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	80	1	15.71	7
			2	31.42	73

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		C30/37	
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}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c -4.498 N/mm²
 σ_s 170.5 N/mm²

Verifica

ϵ_s 0.8524 ‰
 d 73 cm
 x 20.7 x/d 0.2835
 δ 0.7944

N° iterazioni:

Precompresso

Combinazione FREQ (w2)

$\sigma_s = 170.5 \text{ MPa}$ ($\phi_{max} = 30 \text{ mm}$, $i = 286 \text{ mm}$)

Verificato

Combinazione QP (w1)

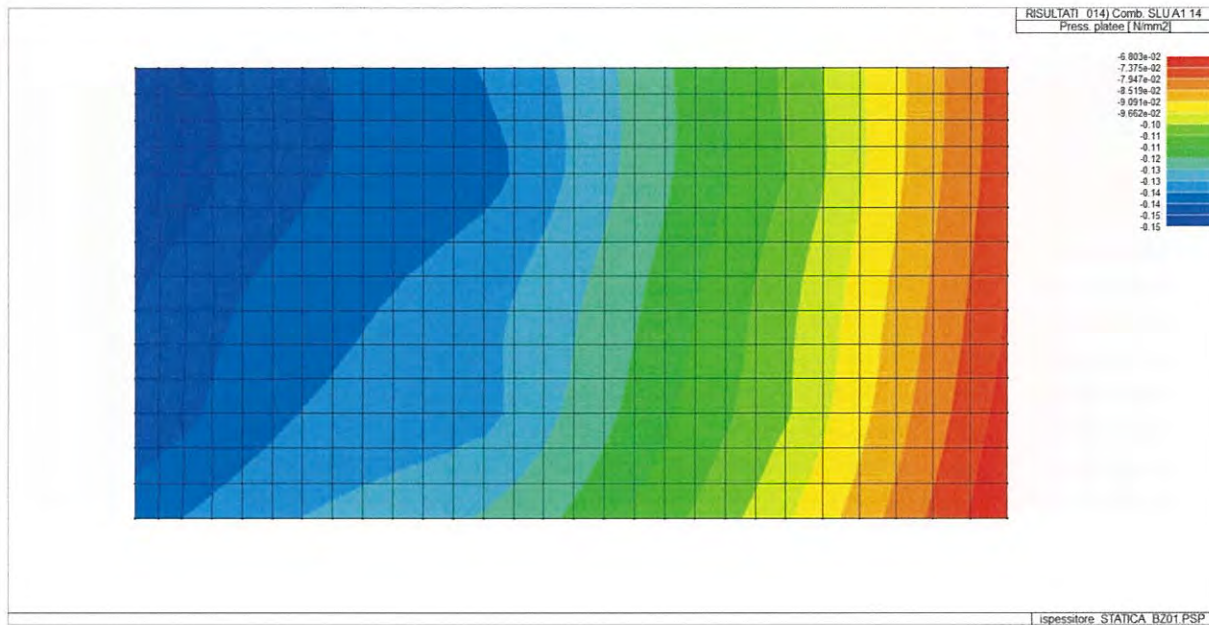
$\sigma_s = 168.6 \text{ MPa}$ ($\phi_{max} = 23 \text{ mm}$, $i = 189 \text{ mm}$)

Verificato

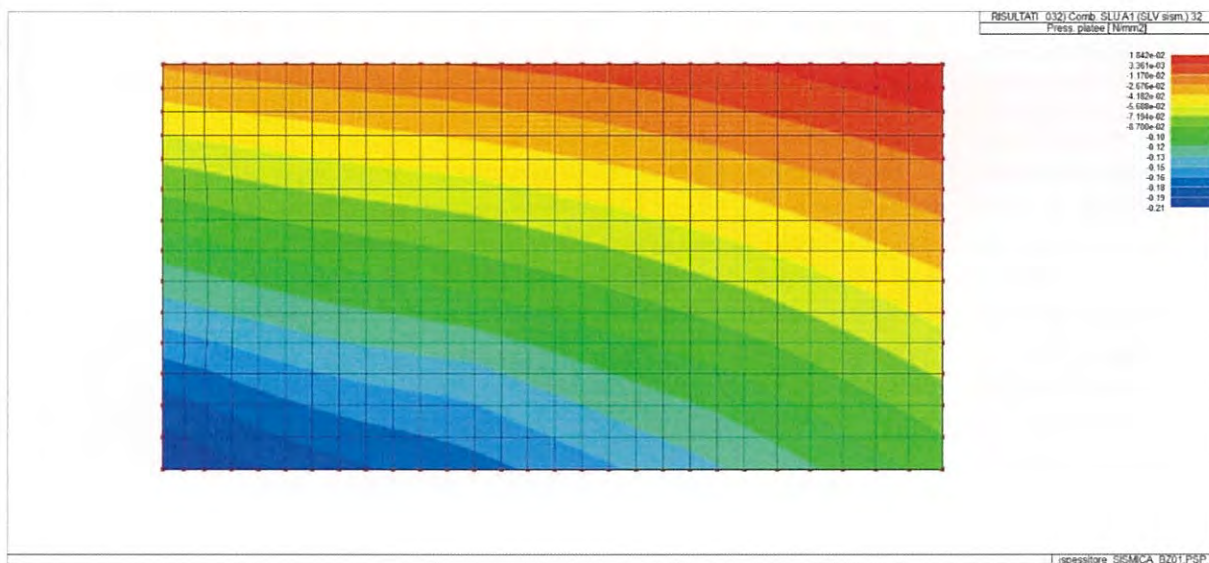
11.5.5. Pressioni fondazione

Si riportano le mappe colore con le pressioni minime di compressione sulla platea di fondazione per la combinazione statica e sismica di tipo SLU secondo Approccio 2.

Pressioni combinazioni statiche SLU



Pressioni combinazioni sismiche SLV



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

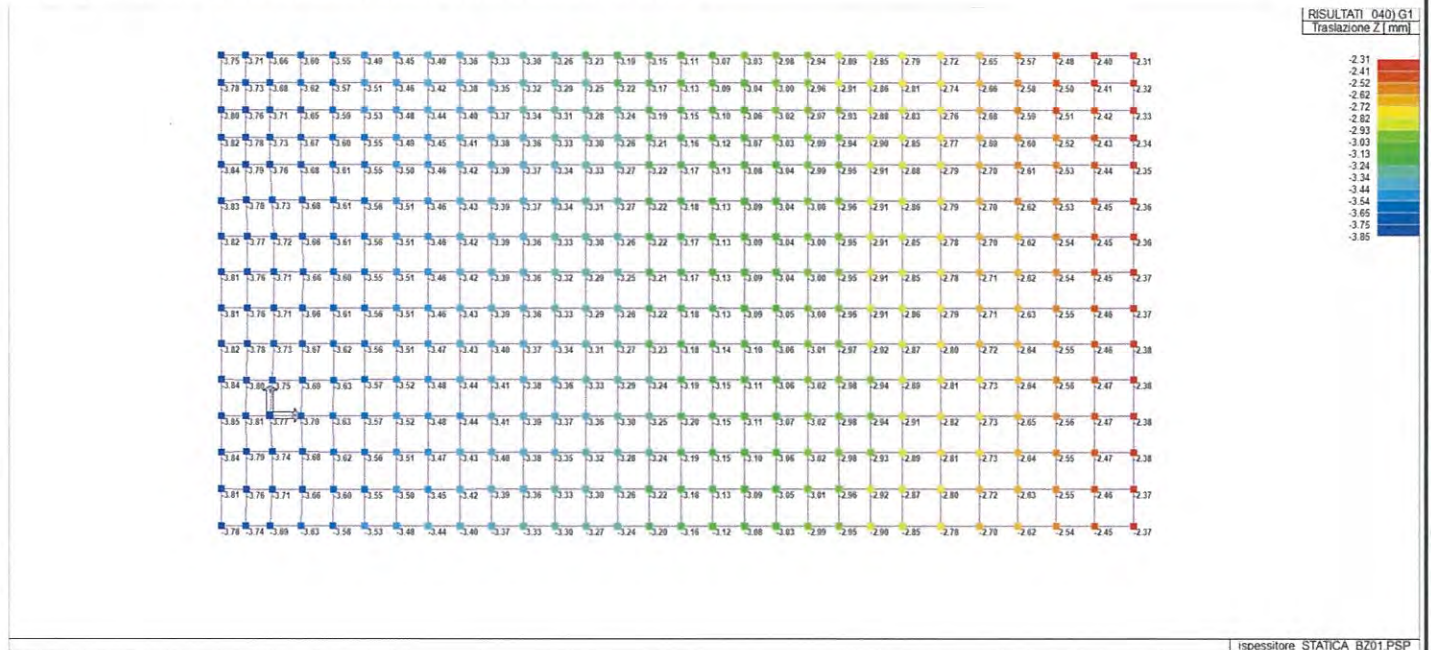
Rev.
A

Foglio
81 di 100

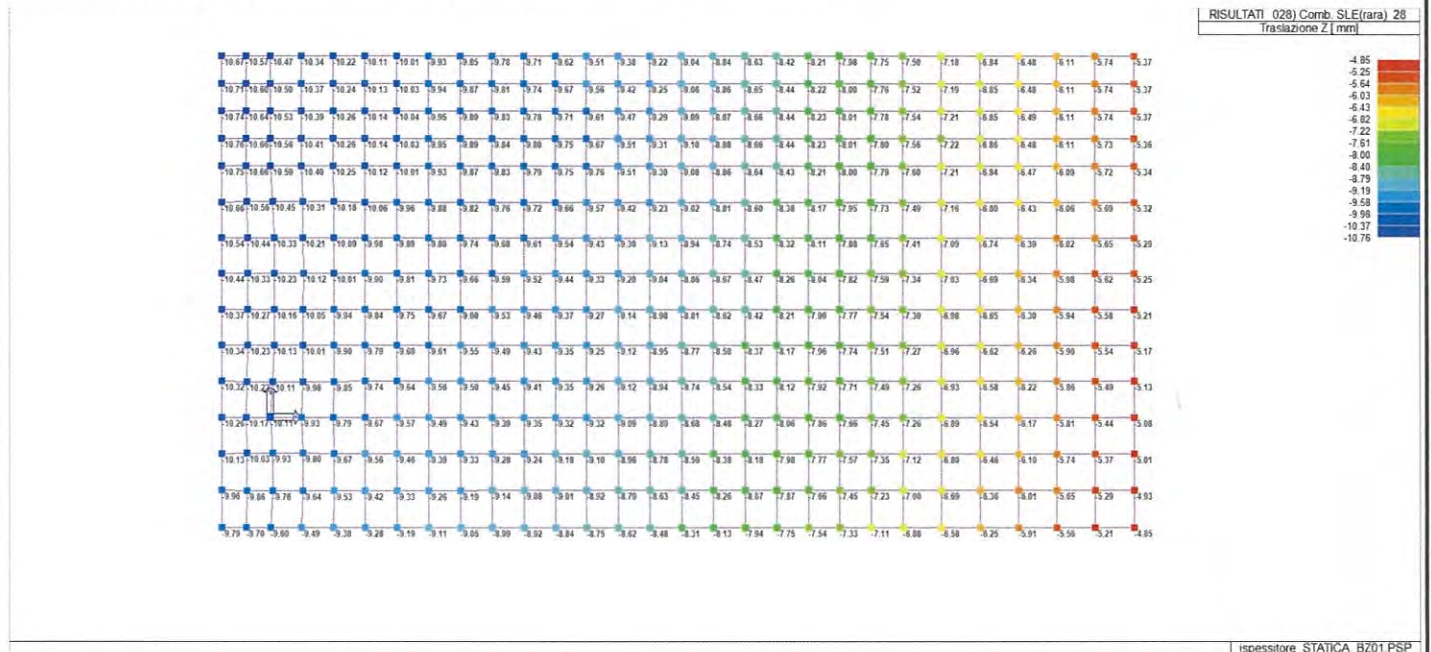
11.5.6. Cedimenti attesi

Si riportano le mappe con il dettaglio dei cedimenti relativi alla platea di fondazione per la combinazione statica (G1 = solo peso proprio) e caratteristica.


Cedimenti della platea di fondazione nella combinazione G1



Cedimenti della platea di fondazione nella combinazione caratteristica



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA


ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
82 di 100

Il primo cedimento avviene contestualmente alla realizzazione dell'opera mentre il secondo è associato alla combinazione caratteristica, ovvero definisce quella attesa di progetto. Ai fini impiantistici, il massimo cedimento è pari a circa 7 mm, il quale si ritiene possa essere compatibile con le funzionalità dell'impianto.

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

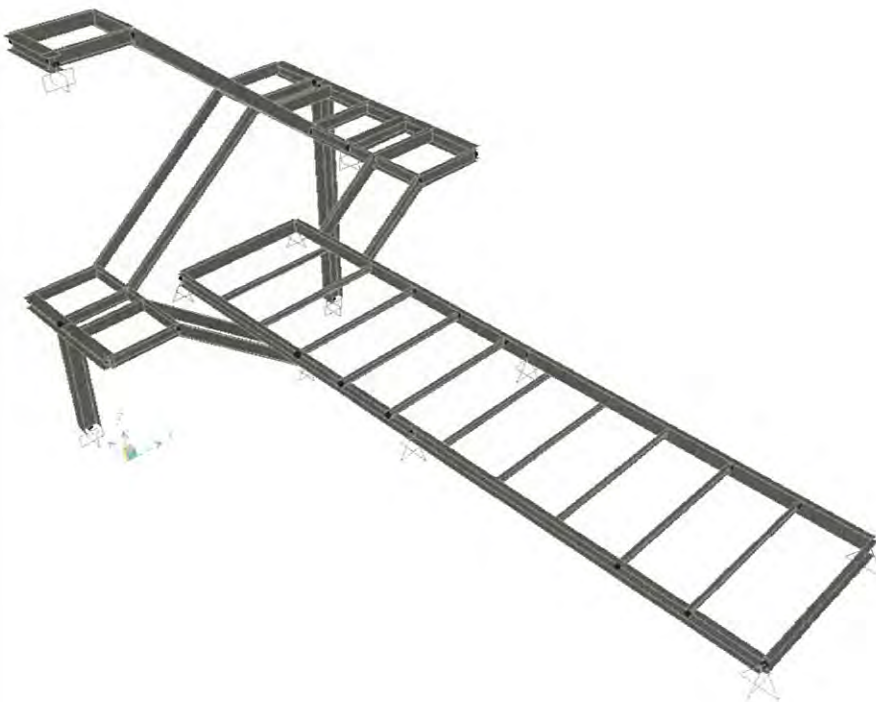
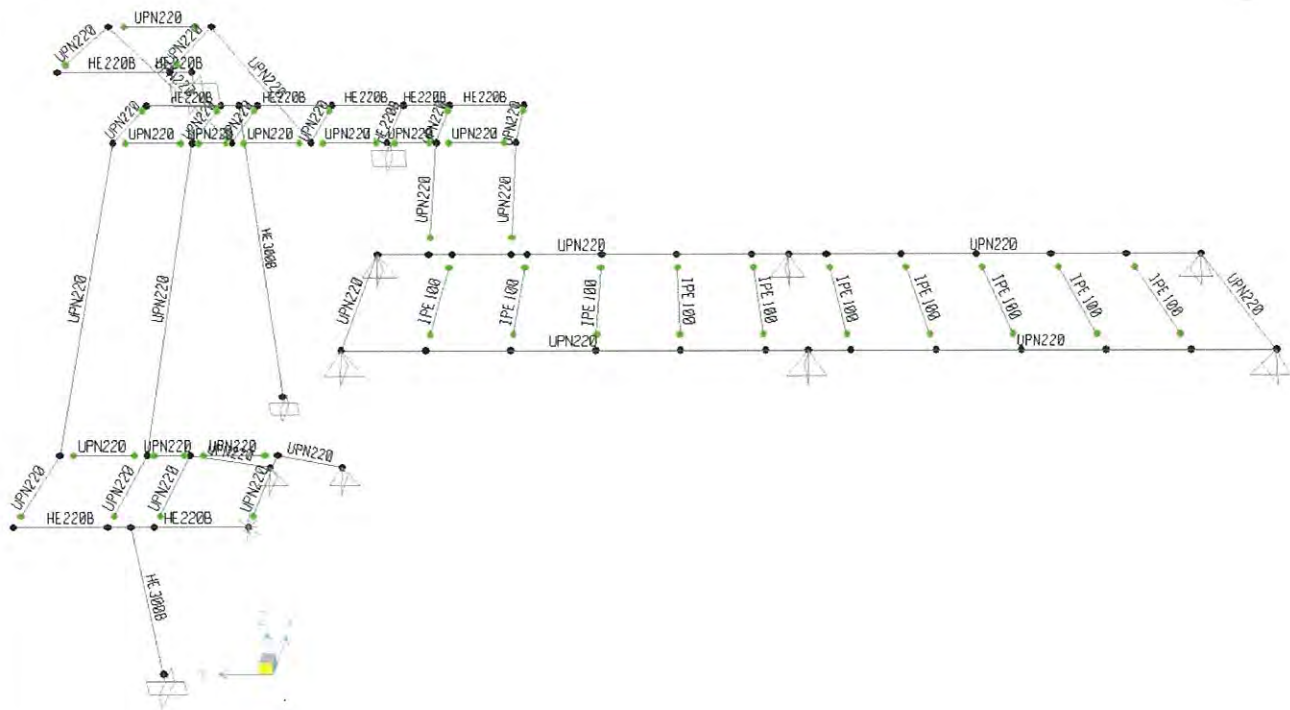
Rev.
A

Foglio
84 di 100

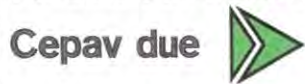
12.3. Analisi strutturale

Si esegue l'analisi della struttura metallica tramite un modello SAP che contiene geometria, carichi e combinazioni di carico.

Di seguito alcune immagini che illustrano il modello tridimensionale.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

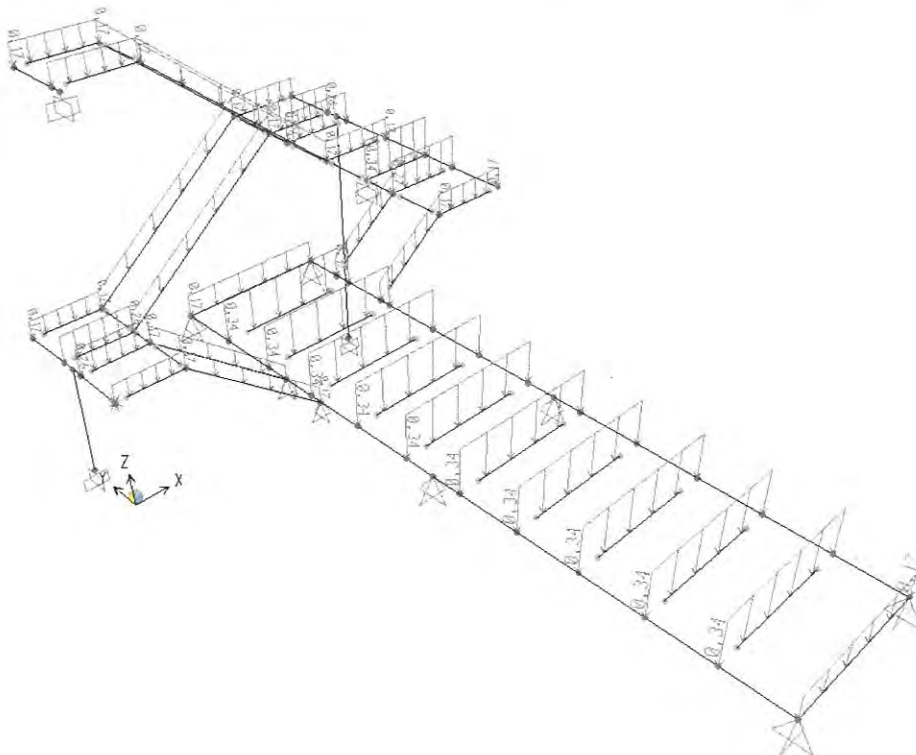
Foglio
85 di 100

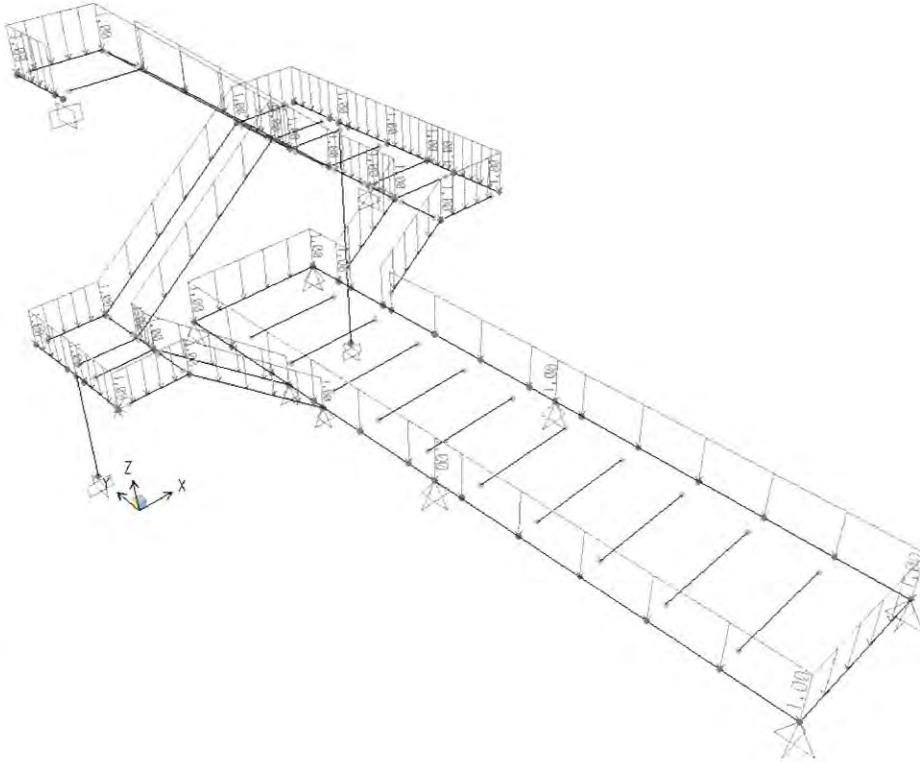
Carichi applicati

Peso proprio – carico G1-pp

Applicato direttamente dal programma di calcolo

Carichi permanenti – grigliato metallico – compreso nel carico G1-perm



Carichi permanenti – parapetto – compreso nel carico G1-perm*Carichi Variabili*

Il sovraccarico da 2.50 kN/m^2 è applicato su tre aree indipendenti. I tre carichi così definiti sono poi combinati in Load Cases in modo da essere applicati uno alla volta, a due a due ed infine tutti insieme alla struttura, per considerare le possibili situazioni di maggiore e minore impegno strutturale in ciascuna membratura, causate dalla differente posizione del carico sulla struttura.

Doc. N.

Progetto
INOR

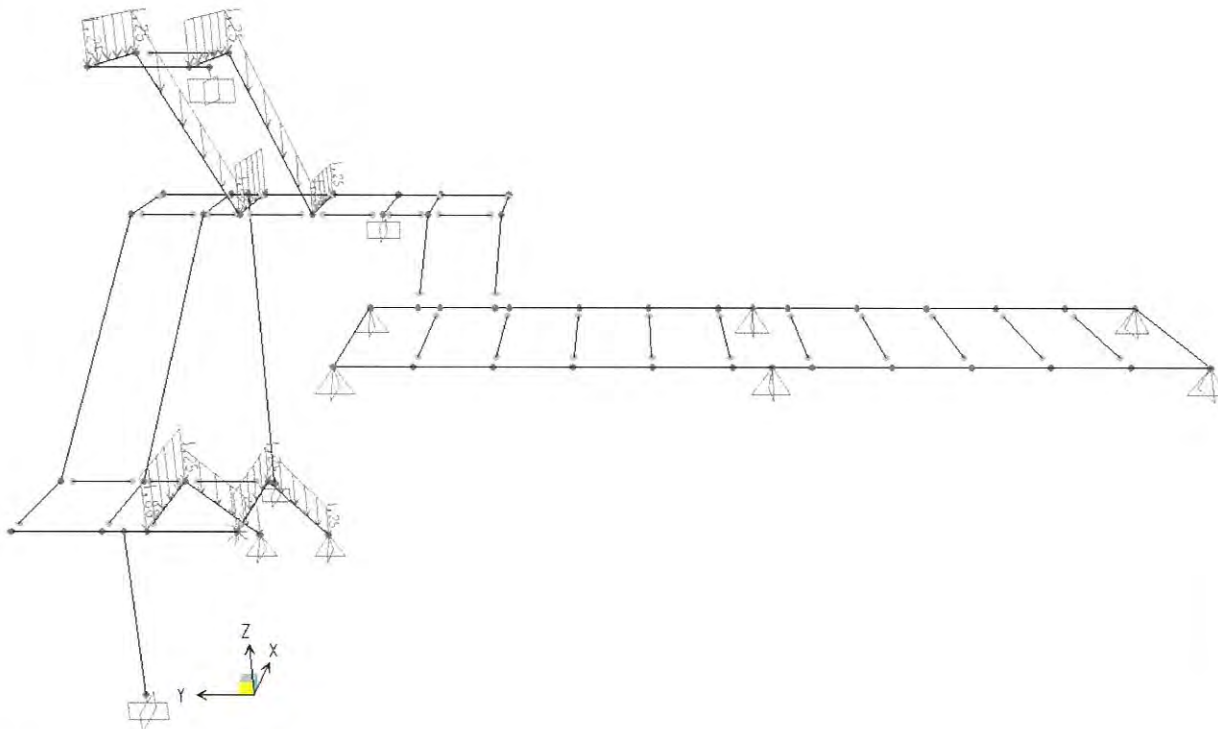
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

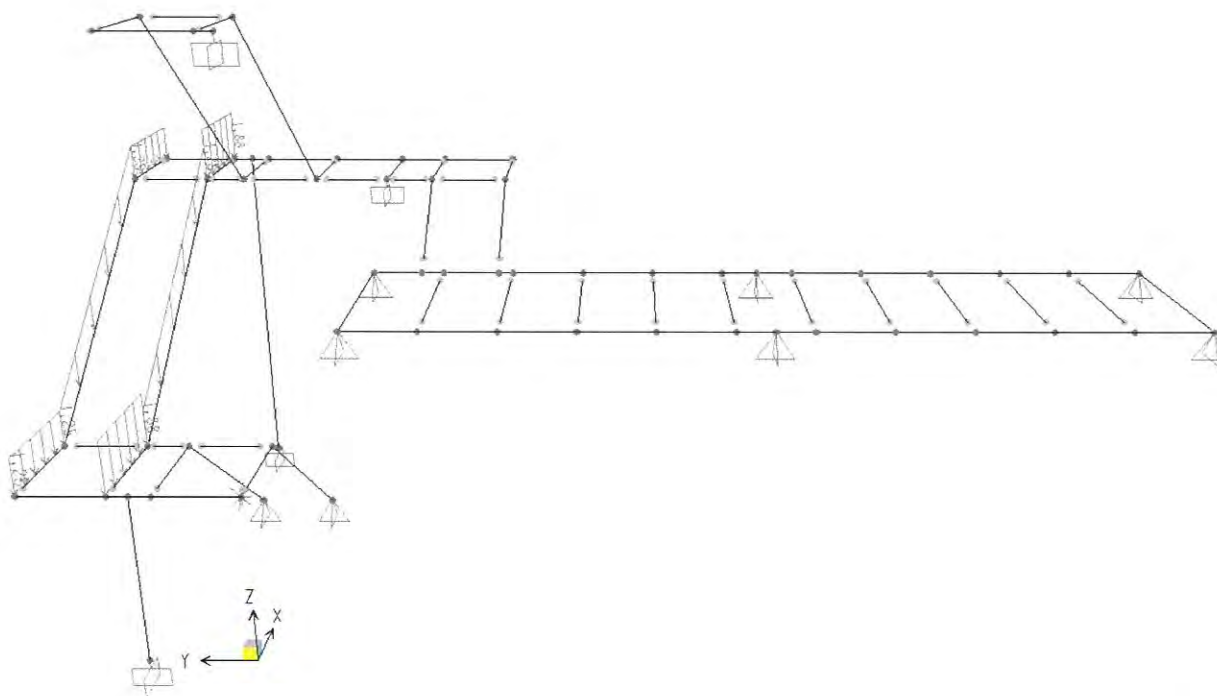
Rev.
A

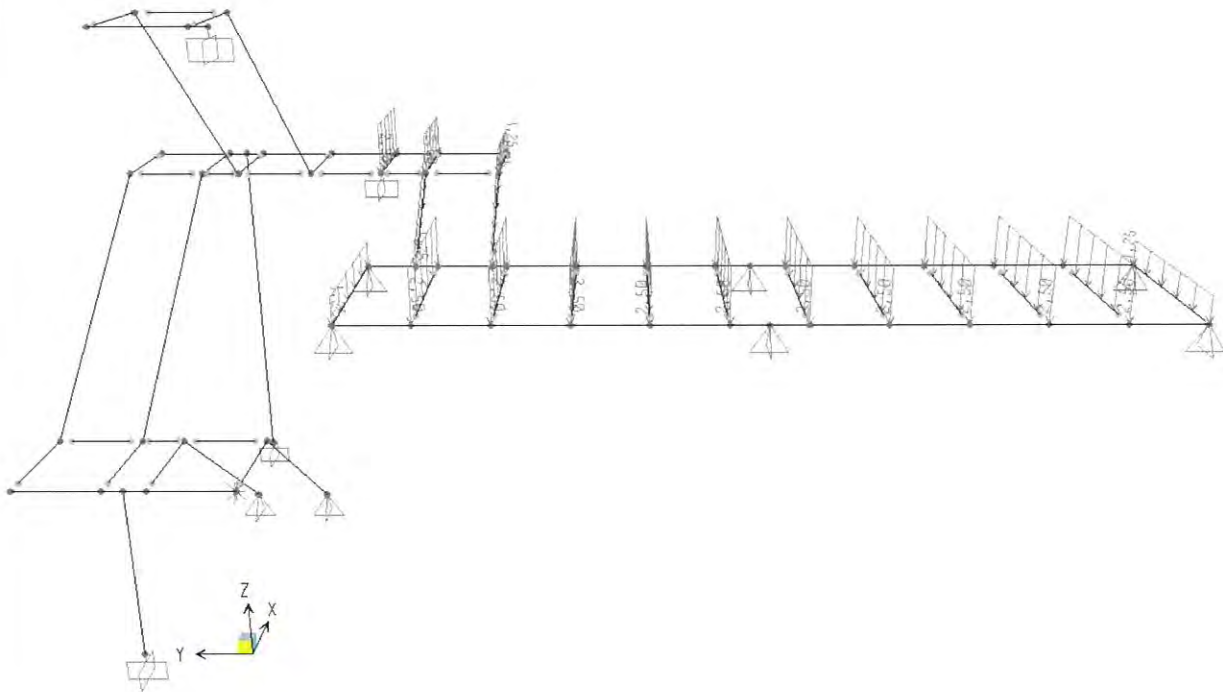
Foglio
87 di 100

Carico Variabile 1 – sovraccarico 2.50 kN/m²



Carico Variabile 2 – sovraccarico 2.50 kN/m²



Carico variabile 3 – sovraccarico 2.50 kN/m²Definizione Load Cases**TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments**

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
G1-pp	Load pattern	peso proprio	1,1
G1-perm	Load pattern	grigliato	1
G1-perm	Load pattern	parapetto	1
Q100	Load pattern	carico variabile 1	1
Q020	Load pattern	carico variabile 2	1
Q003	Load pattern	carico variabile 3	1
Q120	Load pattern	carico variabile 1	1
Q120	Load pattern	carico variabile 2	1
Q103	Load pattern	carico variabile 1	1
Q103	Load pattern	carico variabile 3	1
Q023	Load pattern	carico variabile 2	1
Q023	Load pattern	carico variabile 3	1
Q123	Load pattern	carico variabile 1	1
Q123	Load pattern	carico variabile 2	1
Q123	Load pattern	carico variabile 3	1

Definizione combinazioni di carico

TABLE: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless	Text
SLU-1	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1,3	Strength
SLU-1			Linear Static	G1-perm	1,3	
SLU-1			Linear Static	Q100	1,5	
SLU-2	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1,3	Strength
SLU-2			Linear Static	G1-perm	1,3	
SLU-2			Linear Static	Q020	1,5	
SLU-3	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1,3	Strength
SLU-3			Linear Static	G1-perm	1,3	
SLU-3			Linear Static	Q003	1,5	
SLU-4	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1,3	Strength
SLU-4			Linear Static	G1-perm	1,3	
SLU-4			Linear Static	Q120	1,5	
SLU-5	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1,3	Strength
SLU-5			Linear Static	G1-perm	1,3	
SLU-5			Linear Static	Q103	1,5	
SLU-6	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1,3	Strength
SLU-6			Linear Static	G1-perm	1,3	
SLU-6			Linear Static	Q023	1,5	
SLU-7	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1,3	Strength
SLU-7			Linear Static	G1-perm	1,3	
SLU-7			Linear Static	Q123	1,5	
SLE-1	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1	Deflection
SLE-1			Linear Static	G1-perm	1	
SLE-1			Linear Static	Q100	1	
SLE-2	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1	Deflection
SLE-2			Linear Static	G1-perm	1	
SLE-2			Linear Static	Q020	1	
SLE-3	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1	Deflection
SLE-3			Linear Static	G1-perm	1	
SLE-3			Linear Static	Q003	1	
SLE-4	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1	Deflection
SLE-4			Linear Static	G1-perm	1	
SLE-4			Linear Static	Q120	1	
SLE-5	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1	Deflection
SLE-5			Linear Static	G1-perm	1	
SLE-5			Linear Static	Q103	1	
SLE-6	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1	Deflection
SLE-6			Linear Static	G1-perm	1	
SLE-6			Linear Static	Q023	1	
SLE-7	Linear Add	No	Linear Static	G1-pp	1	Deflection
SLE-7			Linear Static	G1-perm	1	
SLE-7			Linear Static	Q123	1	
SLU-inviluppo	Envelope	No	Response Combo	SLU-1	1	None
SLU-inviluppo			Response Combo	SLU-2	1	
SLU-inviluppo			Response Combo	SLU-3	1	
SLU-inviluppo			Response Combo	SLU-4	1	
SLU-inviluppo			Response Combo	SLU-5	1	
SLU-inviluppo			Response Combo	SLU-6	1	
SLU-inviluppo			Response Combo	SLU-7	1	

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

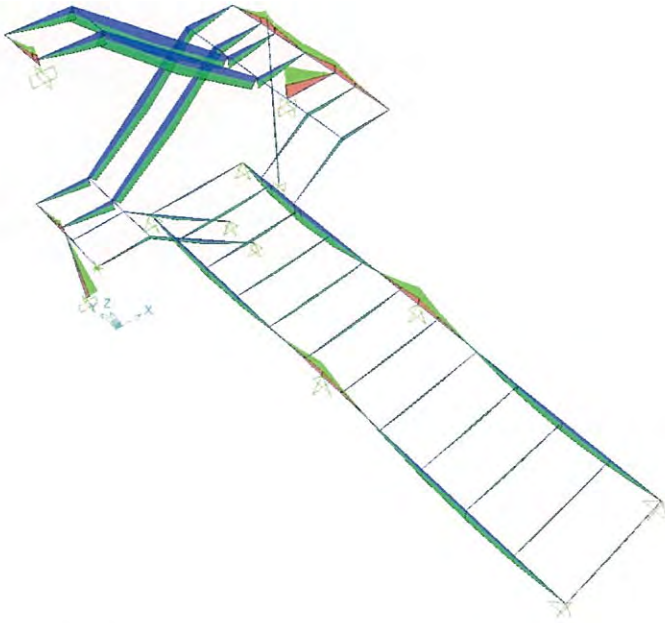
Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

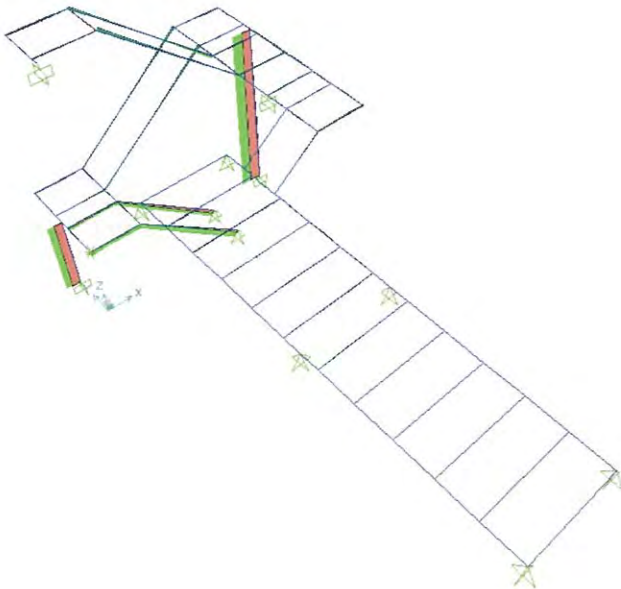
Foglio
90 di 100

Nelle figure seguenti sono riportate gli involuپی delle sollecitazioni agli SLU delle componenti di azioni interne.

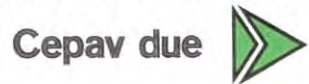
Momento M3



Azione assiale P



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

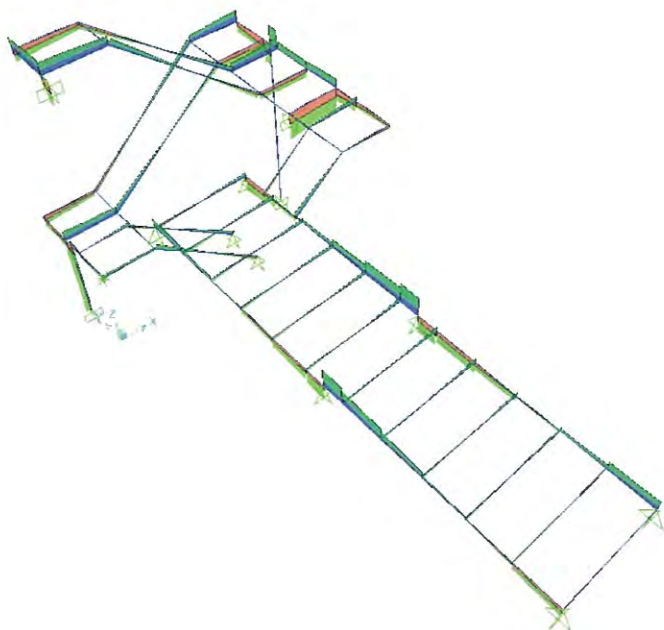
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

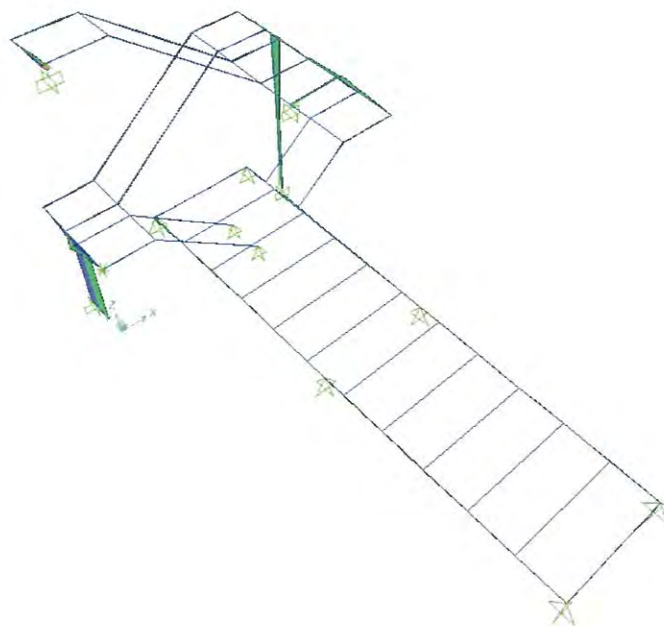
Rev.
A

Foglio
91 di 100

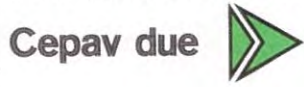
Taglio V2



Momento M2



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

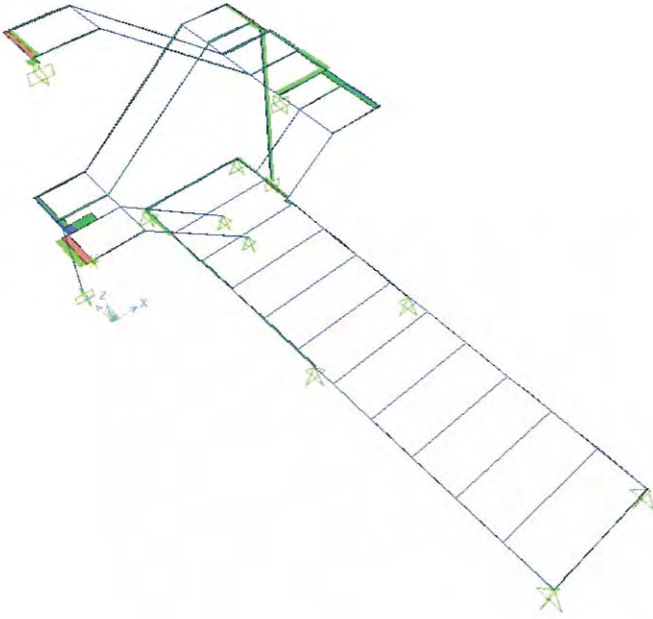
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
92 di 100

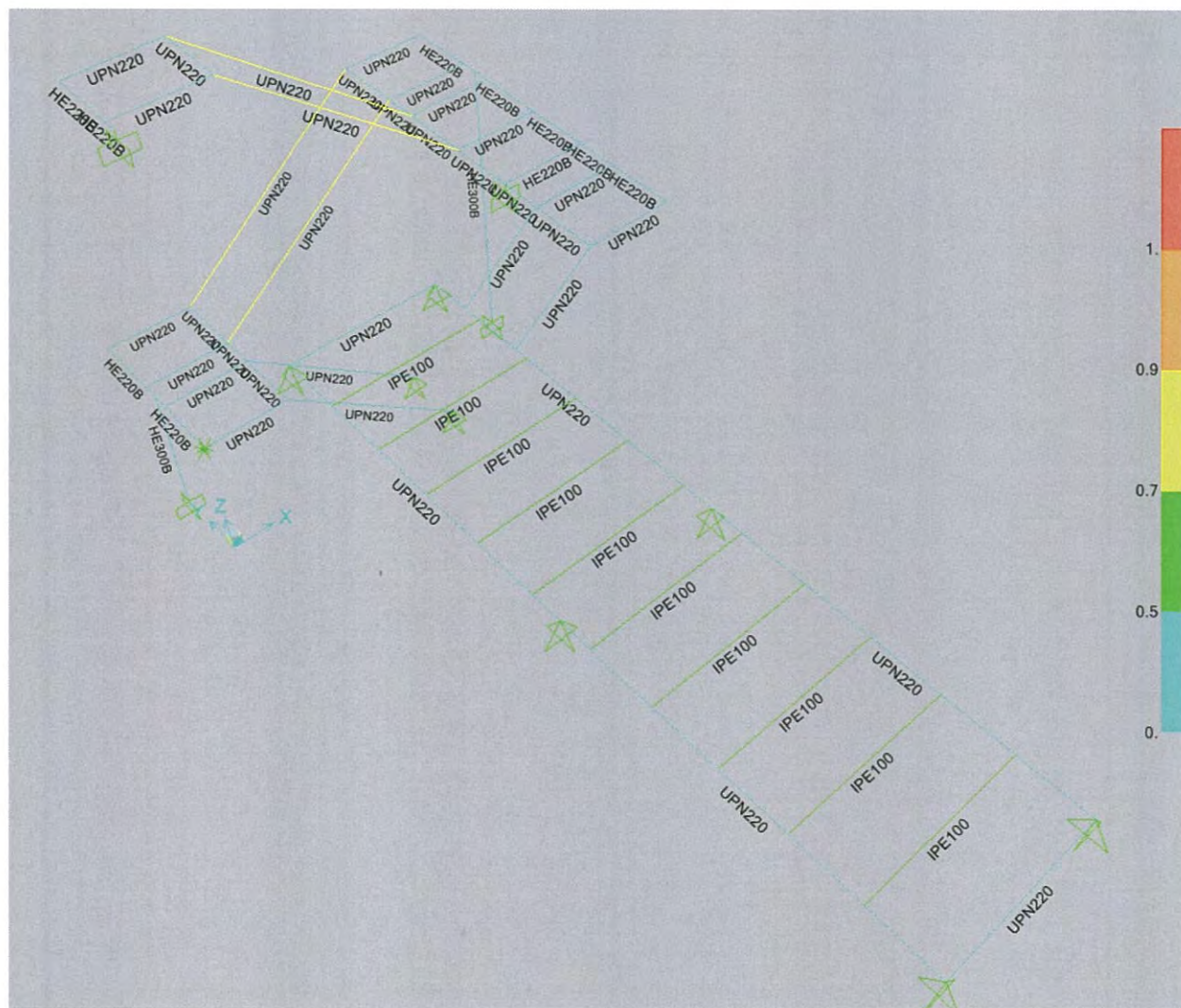
Taglio V3



12.4. Verifiche

Le verifiche della struttura principale sono eseguite tramite l'applicazione di verifica contenuta nel software di calcolo SAP 2000.

Di seguito le immagini che mostrano il livello di impegno statico degli elementi strutturali, che sono tutti inferiori all'unità.



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
94 di 100

Di seguito si riporta la verifica per esteso dell'elemento strutturale più sollecitato.

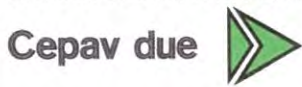
Steel Stress Check Information (Italian NTC 2018)

Frame ID: 15 Analysis Section: UPN220
Design Code: Italian NTC 2018 Design Section: UPN220

COMBO ID	STATION LOC	Ratio	MOMENT INTERACTION CHECK	MAJ-SHR Ratio	MIN-SHR Ratio
SLU-2	4.16	0.398 (C)	= 0.024 + 0.362 + 0.011	0.011	0.000
SLU-3	0.00	0.371 (T)	= 0.000 + 0.362 + 0.009	0.014	0.000
SLU-3	2.08	0.380 (C)	= 0.007 + 0.362 + 0.011	0.000	0.000
SLU-3	4.16	0.394 (C)	= 0.022 + 0.361 + 0.011	0.012	0.000
SLU-4	0.00	0.745 (T)	= 0.000 + 0.727 + 0.017	0.028	0.001
SLU-4	2.08	0.763 (C)	= 0.013 + 0.728 + 0.022	0.003	0.001
SLU-4	4.16	0.788 (C)	= 0.043 + 0.723 + 0.023	0.022	0.001

Strength
 Deflection

 Stylesheet: Default



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

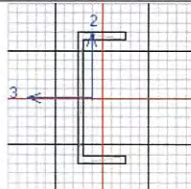
Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
95 di 100

Steel Stress Check Data Italian NTC 2018

File



Units KN, m, C

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 15 X Mid: 2.975 Combo: SLU-4 Design Type: Brace
Length: 4.162 Y Mid: 1.042 Shape: UPN220 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.162 Z Mid: 6.120 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
An/Ag=1.00 RLLF=1.000 PLLF=0.750 D/C Lim=0.950

Aeff=0.004 eNy=0.000 aNz=0.000
A=0.004 Iyy=2.691E-05 iyy=0.085 Wel,yy=2.446E-04 Weff,yy=2.446E-04
It=0.000 Izz=1.966E-06 izz=0.023 Wel,zz=3.353E-05 Weff,zz=3.353E-05
Iw=0.000 Iyz=0.000 h=0.220 Wpl,yy=2.988E-04 Av,y=0.002
E=199947978.8 fy=223800.000 fu=288000.000 Wpl,zz=7.187E-05 Av,z=0.002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4.162	-7.092	15.959	0.838	5.554	-0.361	0.276

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.788 = 0.043 + 0.723 + 0.023 < 0.950 OK
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd		
Axial	Force	Capacity	Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd
	-7.092	798.007	776.356	798.007	776.356
				Ncr,T	Ncr,TF
				1361.301	1190.448
				An/Ag	1.000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c 0.490	3065.631	0.523	0.716	0.830	662.468
MajorB (y-y)	c 0.490	3065.631	0.523	0.716	0.830	662.468
Minor (z-z)	c 0.490	223.970	1.934	2.795	0.208	165.777
MinorB (z-z)	c 0.490	223.970	1.934	2.795	0.208	165.777
Torsional TF	c 0.490	1190.448	0.839	1.008	0.638	508.905

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mm,Ed	Meq,Ed		
Major (y-y)	Moment	Moment	Moment	Moment	Mc,Rd	Mv,Rd
Major (y-y)	15.959	21.078	15.959	20.746	63.687	63.687
Minor (z-z)	0.838	0.838	0.087	0.335	15.319	15.319

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
	d	0.760	1.060	1.389	0.455	1.079	59.483

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.991	0.248	0.994	0.414

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Major (z)	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	5.554	0.276	247.685	0.022	OK
Minor (y)	0.361	0.276	244.762	0.001	OK

Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
	247.685	1.000	0.240

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P	P
Axial	Comp	Tens
Axial	-7.092	2.810

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
96 di 100

Di seguito invece le verifiche delle giunzioni.

GIUNTO DI BASE COLONNE

Sollecitazioni

azione assiale	P =	-18,50 kN
momenti	M2 =	14,95 kNm
	M3 =	15,69 kNm
	V2 =	7,23 kN
	V3 =	2,17 kN

Verifica C.A. S.L.U. - File: piastra di base

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

Titolo : _____

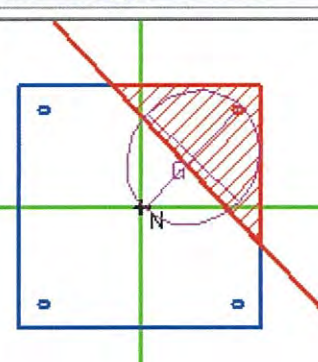
N° Vertici **Zoom** **N° barre** **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	-25	-25
2	25	-25
3	25	25
4	-25	25

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3,14	-20	-20
2	3,14	20	-20
3	3,14	20	20
4	3,14	-20	20

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.



Sollecitazioni

S.L.U. \leftrightarrow Metodo n

N _{Ed}	<input type="text" value="18,5"/>	<input type="text" value="18,5"/>	kN
M _{xEd}	<input type="text" value="14,95"/>	<input type="text" value="14,95"/>	kNm
M _{yEd}	<input type="text" value="15,69"/>	<input type="text" value="15,69"/>	

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo

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

Materiali

B450C	C25/30
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="14,17"/>
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="9,75"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ_{co} <input type="text" value="0,6"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="1,829"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

ϵ_s %
d cm
x x/d
 δ

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002Rev.
AFoglio
97 di 100

Verifica piastra di base

sigma tirafondo	$\sigma_s =$	79,57 N/mm ²
area tirafondo	$A_s =$	3,14 cm ²
risultante	$F =$	24,98 kN
distanza	$d =$	7,5 cm
momento piastra	$M =$	1,87 kNm
spessore piastra	$sp =$	20 mm
larghezza res	$b =$	75 mm
modulo res	$W =$	141,67 mm ³
sigma piastra	$\sigma_{s,pl} =$	13,23 N/mm ²

Verifica trasmissione taglio alla fondazione

taglio risultante	$V_{Sd} =$	7,55 kN
attrito	$f =$	0,5
verifica	$f_P/V =$	1,23

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
98 di 100

GIUNTO UPN 220 – HEB 220

taglio	$V2 =$	15,00 kN
num bull	$nb =$	3
diametro	$d =$	16 mm
area	$Ares =$	157 mm ²
cl. 5.6	$fd,v =$	212 mm ²
	$Vb,rd =$	33,28 kN
eccentricità	$e =$	160 mm
	$Mtrasp =$	2,4 kNm
distanza bull	$db =$	10 cm
azioni parassite	$Vh,sd =$	24 kN
	$Vv,Sd =$	5 kN
	$VSd =$	24,52 kN
verifica	$VRd/VSd =$	1,36

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002

Rev.
A

Foglio
99 di 100

ATTACCHI MENSOLE HEB 220

taglio V2 = 33,12 kN

momenti M3 = -39,93 kNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: attacco mensola HEB 220

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

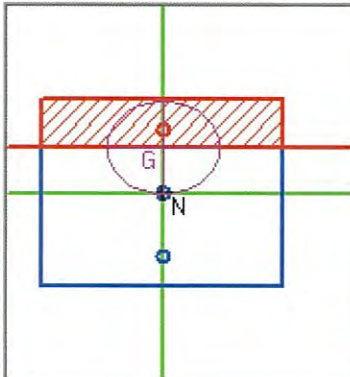
Titolo : attacco HEB 220

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	42	32

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,02	5
2	4,02	16
3	4,02	27

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="0"/> kN
M _{xEd}	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="40"/> 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	C25/30
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="14,17"/>
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="9,75"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	τ_{co} <input type="text" value="0,6"/>
	τ_{c1} <input type="text" value="1,829"/>

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

ϵ_s ‰
 d cm
 x w/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:
 Precompresso

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL OV 15C 0 002Rev.
AFoglio
100 di 100

n tiraf	n =	6
diametro Φ		16 mm
area	A =	200,96 mm ²
	f_{yd} =	391,30 N/mm ²
trazione	σ_{tir} =	338,6 N/mm ²
	N_{tir} =	68,05 kN
taglio	V_{tir} =	5,52 kN
	τ =	27,47 N/mm ²
	σ_{id} =	341,93 N/mm ²

APPOGGI PASSERELLA METALLICA

taglio	V =	48,84 kN
	d1 =	0,71 m
	d2 =	0,46 m
	L =	3,48 m
	Va =	45,33 kN
	Vb =	52,35 kN

n tiraf	n =	6
diametro Φ		16 mm
area	A =	200,96 mm ²
	f_{yd} =	391,30 N/mm ²
trazione	σ_{tir} =	0 N/mm ²
	N_{tir} =	0,00 kN
taglio	V_{tir} =	8,72477 kN
	τ =	43,42 N/mm ²
	σ_{id} =	75,20 N/mm ²

Momento M =		32,19 kNm
Taglio V =		52,35 kN

HEB 220	W =	736 cm ³
	A_v =	2090 mm ²
	σ =	43,73 N/mm ²
	τ =	25,05 N/mm ²