

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

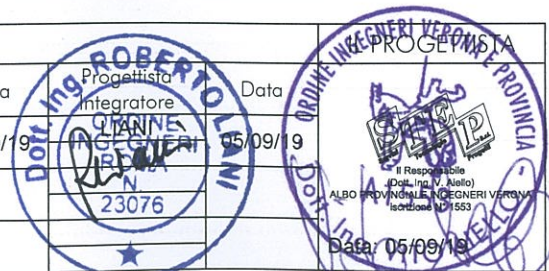
PROGETTO ESECUTIVO

SLA8 – SOTTOPASSO CICLOPEDONALE PK 105+770,987
RELAZIONE DI CALCOLO VASCA DI SOLLEVAMENTO

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

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

| PROGETTAZIONE | | | | | | |
|---------------|-------------|----------|----------|------------|----------|--|
| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | |
| A | Emissione | GUIPARTE | 05/09/19 | AIELLO | 05/09/19 | |
| B | | | | | | |
| C | | | | | | |



CIG. 751447334A Stampato dal Service File: IN0R12EE2CLSLA8C0002A_10.docx

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 CO 002

Rev.
A

Foglio
2 di 91

INDICE

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUZIONE | 7 |
| 2. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 9 |
| 3. | CRITERI DI CALCOLO..... | 10 |
| 3.1. | CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA | 10 |
| 3.2. | COMBINAZIONI DI CARICO | 11 |
| 3.2.1. | <i>Combinazioni per la verifica allo SLU</i> | 11 |
| 3.2.2. | <i>Combinazioni per la verifica allo SLE</i> | 12 |
| 4. | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... | 13 |
| 4.1. | CALCESTRUZZO PER MAGRONE..... | 13 |
| 4.2. | CALCESTRUZZO | 13 |
| 4.3. | ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO | 13 |
| 4.4. | DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI | 14 |
| 4.5. | COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE | 14 |
| 5. | PARAMETRI SISMICI..... | 15 |
| 6. | PARAMETRI GEOTECNICI | 16 |
| 7. | GEOMETRIA DELLA STRUTTURA | 17 |
| 8. | MODELLAZIONE STRUTTURALE..... | 18 |
| 8.1. | CODICE DI CALCOLO – RISPETTO DEL CAPITOLO 10.2 DELLE NTC08 | 18 |
| 8.1.1. | <i>Tipo di analisi svolta</i> | 18 |
| 8.1.2. | <i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo</i> | 18 |
| 8.1.3. | <i>Affidabilità dei codici utilizzati</i> | 18 |
| 8.1.4. | <i>Informazioni generali sull'elaborazione</i> | 18 |
| 8.1.5. | <i>Giudizio motivato di accettabilità dei risultati</i> | 18 |
| 8.2. | MODELLAZIONE ADOTTATA..... | 19 |
| 9. | ANALISI DEI CARICHI | 33 |
| 9.1. | PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD1) | 33 |
| 9.2. | CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2)..... | 33 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 9.3. | SPINTA DEL TERRENO (LOAD3 ÷ LOAD6)..... | 33 |
| 9.4. | SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SULLA SOLETTA SUPERIORE (LOAD 7) | 34 |
| 9.5. | SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO (LOAD8 ÷ LOAD11)..... | 34 |
| 9.6. | AZIONE SISMICA (LOAD 12÷19)..... | 34 |
| 10. | CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI | 35 |
| 10.1. | CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE | 35 |
| 10.1.1. | <i>Combinazioni SLU</i> | 36 |
| 10.1.2. | <i>Combinazioni SLV</i> | 36 |
| 10.1.3. | <i>Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Caratteristica</i> | 37 |
| 10.2. | DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU - SLV | 38 |
| 10.2.1. | <i>Inviluppi fondazione</i> | 38 |
| 10.2.1.1. | <i>Inviluppo M11 – max</i> | 38 |
| 10.2.1.2. | <i>Inviluppo M11 – min</i> | 38 |
| 10.2.1.3. | <i>Inviluppo M22 – max</i> | 39 |
| 10.2.1.4. | <i>Inviluppo M22 – min</i> | 39 |
| 10.2.1.5. | <i>Inviluppo V13 – max</i> | 40 |
| 10.2.1.6. | <i>Inviluppo V13 – min</i> | 40 |
| 10.2.1.7. | <i>Inviluppo V23 – max</i> | 41 |
| 10.2.1.8. | <i>Inviluppo V23 – min</i> | 41 |
| 10.2.2. | <i>Inviluppi soletta carrabile</i> | 42 |
| 10.2.2.1. | <i>Inviluppo M11 – max</i> | 42 |
| 10.2.2.2. | <i>Inviluppo M11 – min</i> | 42 |
| 10.2.2.3. | <i>Inviluppo M22 – max</i> | 43 |
| 10.2.2.4. | <i>Inviluppo M22 – min</i> | 43 |
| 10.2.2.5. | <i>Inviluppo V13 – max</i> | 44 |
| 10.2.2.6. | <i>Inviluppo V13 – min</i> | 44 |
| 10.2.2.7. | <i>Inviluppo V23 – max</i> | 45 |
| 10.2.2.8. | <i>Inviluppo V23 – min</i> | 45 |
| 10.2.3. | <i>Inviluppi parete est/ parete ovest</i> | 46 |
| 10.2.3.1. | <i>Inviluppo M11 – max</i> | 46 |
| 10.2.3.2. | <i>Inviluppo M11 – min</i> | 46 |
| 10.2.3.3. | <i>Inviluppo M22 – max</i> | 47 |
| 10.2.3.4. | <i>Inviluppo M22 – min</i> | 47 |
| 10.2.3.5. | <i>Inviluppo V13 – max</i> | 48 |
| 10.2.3.6. | <i>Inviluppo V13 – min</i> | 48 |

| Doc. N. | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento E E2 CL SLA8 C0 002 | Rev. A | Foglio 4 di 91 |
|-----------|--|-------------|---|-----------|-------------------|
| 10.2.3.7. | Inviluppo V23 – max | | | | 49 |
| 10.2.3.8. | Inviluppo V23 – min | | | | 49 |
| 10.2.4. | Inviluppi parete nord/ parete sud | | | | 50 |
| 10.2.4.1. | Inviluppo M11 – max | | | | 50 |
| 10.2.4.2. | Inviluppo M11 – min | | | | 50 |
| 10.2.4.3. | Inviluppo M22 – max | | | | 51 |
| 10.2.4.4. | Inviluppo M22 – min | | | | 51 |
| 10.2.4.5. | Inviluppo V13 – max | | | | 52 |
| 10.2.4.6. | Inviluppo V13 – min | | | | 52 |
| 10.2.4.7. | Inviluppo V23 – max | | | | 53 |
| 10.2.4.8. | Inviluppo V23 – min | | | | 53 |
| 10.3. | DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE | | | | 54 |
| 10.3.1. | Inviluppi fondazione | | | | 54 |
| 10.3.1.1. | Inviluppo QP – M11 | | | | 54 |
| 10.3.1.2. | Inviluppo QP – M22 | | | | 54 |
| 10.3.1.3. | Inviluppo CAR – M11 – max | | | | 55 |
| 10.3.1.4. | Inviluppo CAR – M11 – min | | | | 55 |
| 10.3.1.5. | Inviluppo CAR – M22 – max | | | | 56 |
| 10.3.1.6. | Inviluppo CAR – M22 – min | | | | 56 |
| 10.3.2. | Inviluppi soletta carrabile | | | | 57 |
| 10.3.2.1. | Inviluppo QP – M11 | | | | 57 |
| 10.3.2.2. | Inviluppo QP – M22 | | | | 57 |
| 10.3.2.3. | Inviluppo CAR – M11 – max | | | | 58 |
| 10.3.2.4. | Inviluppo CAR – M11 – min | | | | 58 |
| 10.3.2.5. | Inviluppo CAR – M22 – max | | | | 59 |
| 10.3.2.6. | Inviluppo CAR – M22 – min | | | | 59 |
| 10.3.3. | Inviluppi parete est/ parete ovest | | | | 60 |
| 10.3.3.1. | Inviluppo QP – M11 | | | | 60 |
| 10.3.3.2. | Inviluppo QP – M22 – max | | | | 60 |
| 10.3.3.3. | Inviluppo CAR – M11 – max | | | | 61 |
| 10.3.3.4. | Inviluppo CAR – M11 – min | | | | 61 |
| 10.3.3.5. | Inviluppo CAR – M22 – max | | | | 62 |
| 10.3.3.6. | Inviluppo CAR – M22 – min | | | | 62 |
| 10.3.4. | Inviluppi parete nord/ parete sud | | | | 63 |
| 10.3.4.1. | Inviluppo QP – M11 | | | | 63 |
| 10.3.4.2. | Inviluppo QP – M22 | | | | 63 |
| 10.3.4.3. | Inviluppo CAR – M11 – max | | | | 64 |
| 10.3.4.4. | Inviluppo CAR – M11 – min | | | | 64 |

| Doc. N. | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento E E2 CL SLA8 C0 002 | Rev. A | Foglio 5 di 91 |
|---|------------------|-------------|---|-----------|-------------------|
| 10.3.4.5. | | | | | |
| <i>Inviluppo CAR – M22 – max</i> | | | | | 65 |
| 10.3.4.6. | | | | | |
| <i>Inviluppo CAR – M22 – min</i> | | | | | 65 |
| 11. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO | | | | | 66 |
| 11.1. FONDAZIONE..... | | | | | 67 |
| 11.1.1. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M11</i> | | | | | 68 |
| 11.1.2. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M22</i> | | | | | 69 |
| 11.1.3. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> | | | | | 70 |
| 11.1.4. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M11</i> | | | | | 71 |
| 11.1.5. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M22</i> | | | | | 72 |
| 11.2. SOLETTA CARRABILE | | | | | 73 |
| 11.2.1. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M11</i> | | | | | 74 |
| 11.2.2. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M22</i> | | | | | 75 |
| 11.2.3. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> | | | | | 76 |
| 11.2.4. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M11</i> | | | | | 77 |
| 11.2.5. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M22</i> | | | | | 78 |
| 11.3. PARETE EST/ PARETE OVEST | | | | | 79 |
| 11.3.1. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M11</i> | | | | | 80 |
| 11.3.2. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M22</i> | | | | | 81 |
| 11.3.3. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> | | | | | 82 |
| 11.3.4. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M11</i> | | | | | 83 |
| 11.3.5. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M22</i> | | | | | 84 |
| 11.4. PARETE NORD/PARETE SUD..... | | | | | 85 |
| 11.4.1. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M11</i> | | | | | 86 |
| 11.4.2. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione M22</i> | | | | | 87 |
| 11.4.3. <i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> | | | | | 88 |
| 11.4.4. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M11</i> | | | | | 89 |
| 11.4.5. <i>Verifiche allo stato limite di esercizio M22</i> | | | | | 90 |
| 12. RIFERIMENTI | | | | | 91 |
| 12.1. DOCUMENTI REFERENZIATI..... | | | | | 91 |

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
6 di 91

| | | |
|-------|---------------------------|----|
| 12.2. | DOCUMENTI CORRELATI | 91 |
| 12.3. | DOCUMENTI SUPERATI..... | 91 |

1. INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo riguarda l'impianto di sollevamento delle acque meteoriche, posto in adiacenza al sottovia denominato "SLA8 – Sottopasso ciclopedonale pk 105+770,987", previsto nell'ambito dei lavori inerenti la linea A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona, ubicato al km 105+770,987 della linea ferroviaria.

La vasca in esame è costituita da una struttura scatolare di dimensioni interne pari a 4.00m × 3.00m, altezza 2.30m.

La fondazione di spessore 70cm è posta a quota +136.07m.

A chiusura della vasca è presente una soletta carrabile di spessore 0.50m, il cui estradosso è posto a quota +139.57m.

Le pareti lato nord e lato sud hanno spessore pari a 0.50m mentre le pareti lato est e lato ovest hanno spessore pari a 0.70m fino all'estradosso della soletta superiore da cui proseguono per h=3.90m con spessore variabile da 0.70m a 0.30m fino a quota 143.47m.

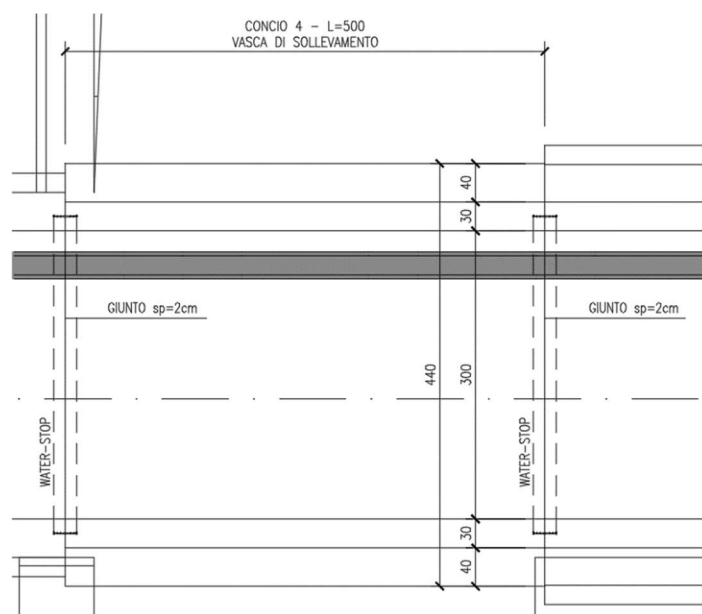
Tutti i setti e le solette che costituiscono la vasca sono realizzati in c.a. gettato in opera.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale e applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

L'opera, ubicata nel Comune di Mazzano (BS), ricade in zona sismica, e verranno pertanto considerate anche le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/08.

Per il dimensionamento viene realizzato un modello tridimensionale ad elementi finiti (elementi shell) vincolato su molle elastiche.

Si riportano, di seguito, le sezioni più significative della struttura.



Pianta

Doc. N.

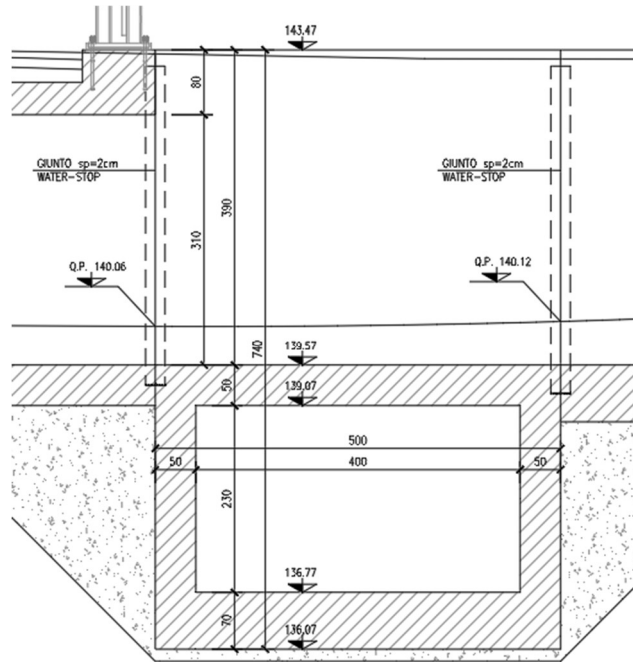
Progetto
INOR

Lotto
12

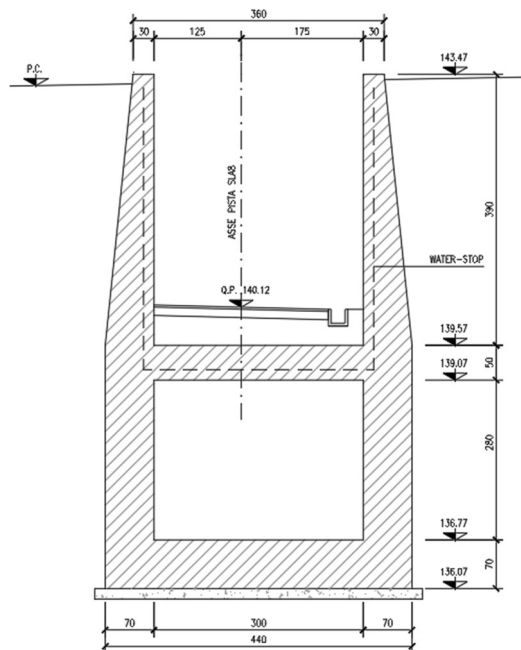
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
8 di 91



Sezione longitudinale



Sezione trasversale

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 luglio 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici”;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

3. CRITERI DI CALCOLO

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

3.1. Criteri e definizione dell'azione sismica

L'azione sismica viene considerata al fine del dimensionamento e della verifica strutturale solo per il rostro poiché non sarà completamente demolito dopo la di spinta.

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

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

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

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la III.

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

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni}$$

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

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

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

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c .

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

F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le spinte delle terre, considerando la vasca una struttura rigida e priva di spostamenti (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Wood:

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

La spinta si considera come un carico uniformemente distribuito su h_{tot} .

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo.

3.2. Combinazioni di carico

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

3.2.1. Combinazioni per la verifica allo SLU

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

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

Le verifiche vengono condotte secondo l'“Approccio 1” e combinazione 1 $\rightarrow (A1+M1+R1) \rightarrow STR$.

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

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limiti ultimi SLU:

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limiti ultimi connessi all'azione sismica E:

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

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

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

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

3.2.2. Combinazioni per la verifica allo SLE

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

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

Frequente $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{1i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

Rara $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali:

4.1. Calcestruzzo per magrone

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

4.2. Calcestruzzo

Per la realizzazione dell'impianto di sollevamento, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C35/45 ($R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 37.35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 21.17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione media $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.346 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.564 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 20.54 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$

4.3. Acciaio per cemento armato

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

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

- Tensione di snervamento caratteristica $\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_s = 0.75 * f_{yk} = 337.50 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

4.4. Durabilità e prescrizioni sui materiali

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

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

CLASSE DI ESPOSIZIONE XD3 + XC4

4.5. Copriferro minimo e copriferro nominale

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

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$. Considerate le condizioni ambientali dell'opera e le classi di resistenza del calcestruzzo, si adotta un copriferro nominale pari a $c_{nom} = 60$ mm.

5. PARAMETRI SISMICI

Le azioni sismiche impiegate sono rappresentative del territorio Comunale dove è ubica l'opera e risultano maggiori rispetto ai valori calcolati considerando le coordinate geografiche.

L'opera ricade nel Comune di Mazzano in provincia di Brescia.

I corrispondenti valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV (TR=1424 anni) sono i seguenti:

$$a_g = 0.232 \text{ g}$$

$$a_{gv} = 0.151 \text{ g};$$

$$F_0 = 2.440;$$

$$T^*_c = 0.280 \text{ s};$$

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

$$S_s = 1.173$$

$$S_T = 1.0$$

L'accelerazione massima orizzontale viene valutata pari a:

$$a_{\max} (\text{SLV}) = S a_g = 1.173 \times 1.00 \times 0.232 \text{ g} = 0.272 \text{ g}$$

6. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da rilevato, sono:

- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

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

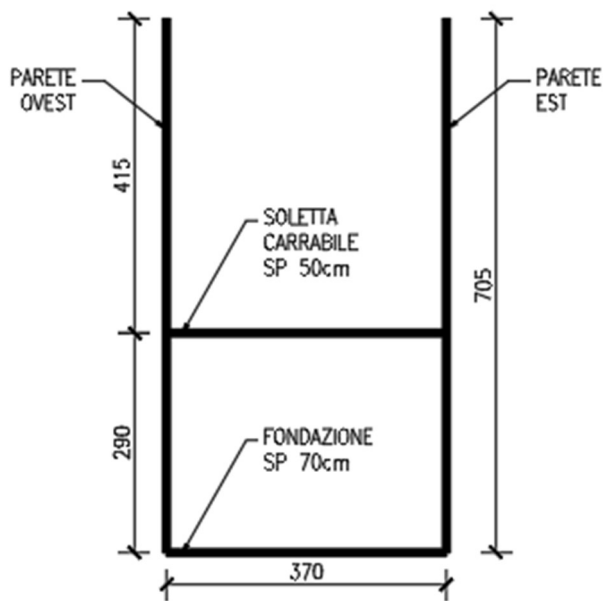
- $\Phi'_k = 30^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

Per quanto riguarda il terreno di fondazione, in base alle caratteristiche geotecniche riportate nello specifico documento Rif. [1], si assumono i seguenti parametri:

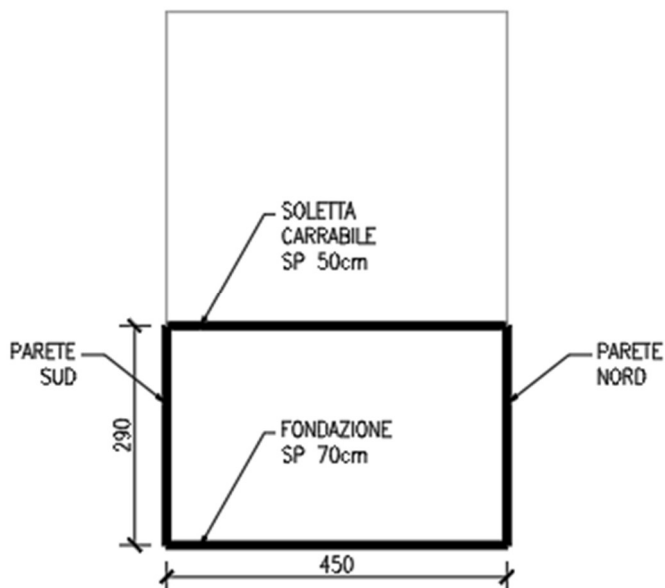
- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
- $k_w = 5000 \text{ kN/m}^3$

7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Si riportano, di seguito, le dimensioni geometriche assunte nella modellazione della struttura con indicati i nomi adottati nella relazione per identificare le pareti.



Sezione trasversale



Sezione longitudinale

8. MODELLAZIONE STRUTTURALE

8.1. Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 delle NTC08

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti schematizzando i vari setti con elementi mutuamente incastrati.

8.1.1. Tipo di analisi svolta

Trattandosi di opera interrata di tipo rigido la determinazione delle sollecitazioni sia in campo statico che in campo sismico è stata svolta mediante analisi statica lineare secondo le teorie classiche della Scienza delle Costruzioni, trascurando le eventuali capacità dissipative della struttura ($q=1$) e sfruttando il principio di sovrapposizione degli effetti;

L'analisi strutturale è stata svolta mediante un codice di calcolo FEM attraverso la modellazione con elementi di tipo "shell" a 4 nodi con 6 g.d.l.. Il metodo FEM sfrutta l'analisi di calcolo matriciale mediante costruzione della matrice di rigidezza della struttura. Le sollecitazioni ottenute per ciascun caso di carico vengono combinate tra loro mediante gli opportuni coefficienti di combinazione previsti dalla normativa secondo il principio di sovrapposizione degli effetti.

La verifica delle sezioni è stata svolta mediante calcolo dei valori di sollecitazione resistente allo SLU e mediante determinazione delle tensioni sui materiali o dell'ampiezza delle fessure per le verifiche agli SLE. Le operazioni di calcolo dei valori resistenti sono sviluppate mediante metodo analitico con l'ausilio di fogli di calcolo autoprodotti per automatizzare la procedura.

Le combinazioni di carico considerate per ciascuno stato limite sono riportate in forma tabellare nei capitoli specifici.

8.1.2. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Per la determinazione delle sollecitazioni è stato impiegato il software FEM denominato SAP2000, prodotto dalla Computer e Structure inc. e distribuito dalla CSI Italia srl.

8.1.3. Affidabilità dei codici utilizzati

Riguardo il codice FEM impiegato, la casa produttrice ha provveduto alla produzione di tutti i documenti di validazione del software che non sono allegati alla presente relazione di calcolo per ragioni di sintesi, ma che possono essere forniti in qualsiasi momento o richiesti direttamente alla casa produttrice.

8.1.4. Informazioni generali sull'elaborazione

Sono stati eseguiti i seguenti controlli relativi al calcolo svolto mediante software FEM:

- verifica analitica della risultante dei carichi applicati al modello;
- verifica a vista della rispondenza dei diagrammi di momento flettente e delle deformate con i carichi applicati;
- verifica analitica dei valori di sollecitazione mediante combinazione dei carichi elementari.

8.1.5. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Le verifiche svolte in corso di analisi, riassunte precedentemente, consentono l'individuazione di eventuali errori grossolani di modellazione geometrica o di modellazione, applicazione e combinazione dei carichi.

Le verifiche strutturali svolte in via analitica secondo la formulazione classiche della Scienza delle Costruzioni, escludono la possibilità di errori numerici di calcolo.

8.2. Modellazione adottata

La struttura viene schematizzata attraverso un modello analitico agli elementi finiti.

La mesh è composta da 876 shell elements e da 898 nodi.

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

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

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

- K_s = costante di sottofondo [F/L³]
- b_t = interasse trasversale di competenza della generica molla
- b_l = interasse longitudinale di competenza della generica molla (= 1.00 m)
- $W_s = K_s / (b_t \times b_l)$ = caratteristica elastica della generica molla

La costante di sottofondo adottata per la modellazione, funzione del tipo di terreno presente in sito, è pari a:

$$K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$$

Per quanto riguarda la rigidezza degli elementi del modello 3D si è assunto:

- $E_c = 34625 \text{ N/mm}^2$ (Per cls Rck 45);

Lo schema statico della struttura e la numerazione di shell e nodi sono riportati nelle seguenti figure.

Doc. N.

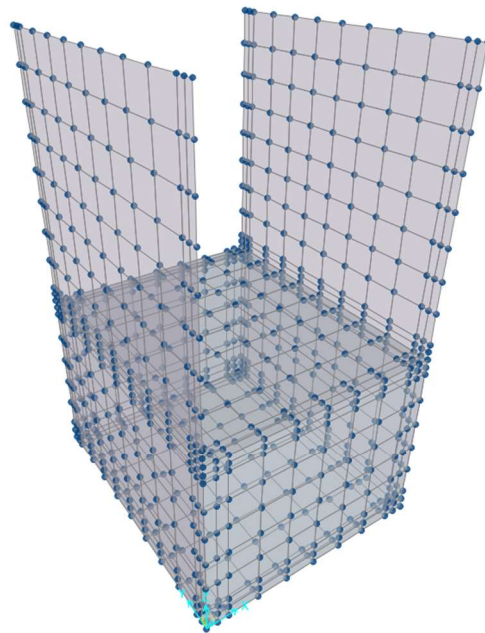
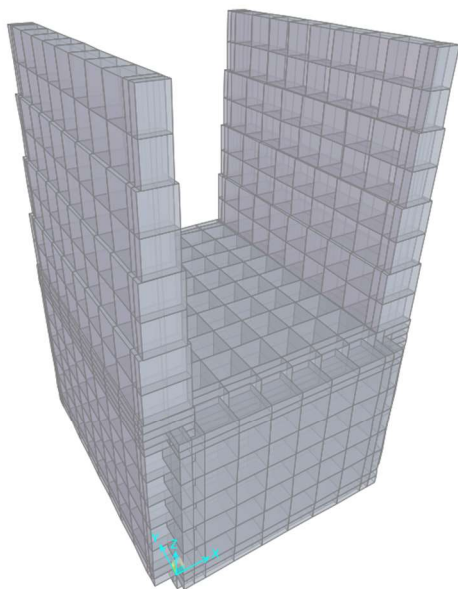
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
20 di 91



Modello tridimensionale con spessore elementi

Doc. N.

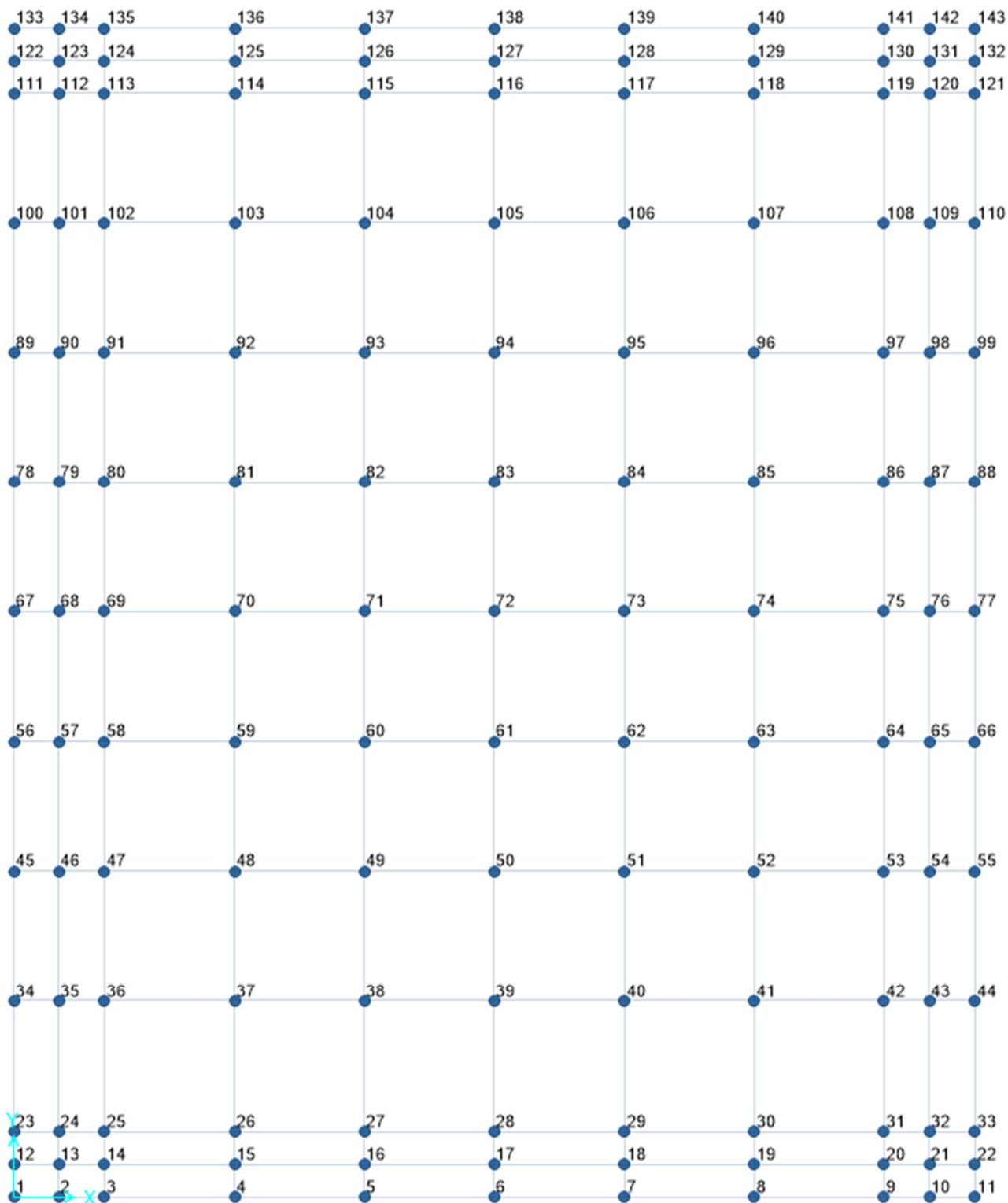
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
21 di 91



Numerazione nodi fondazione

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

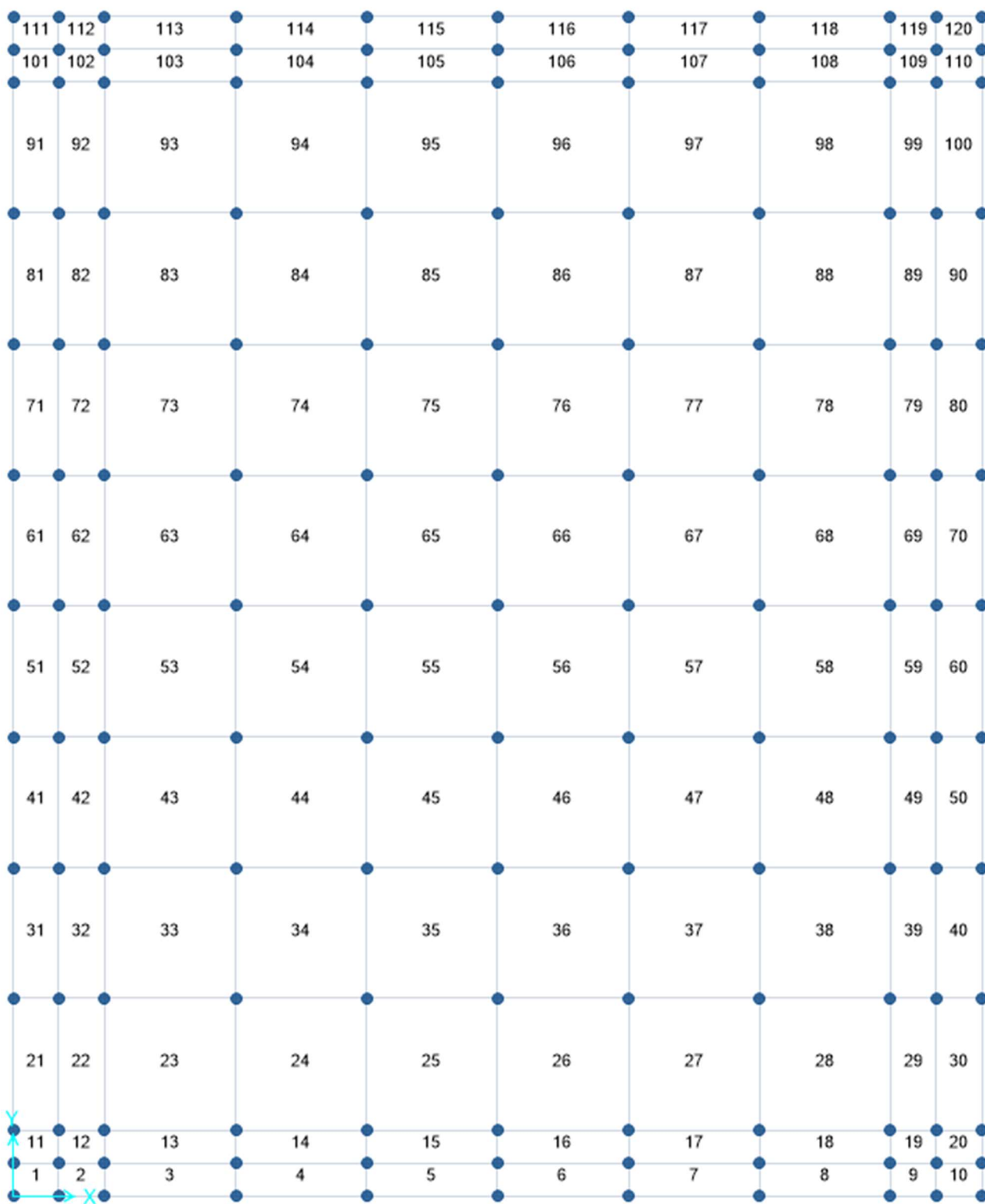
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
22 di 91



Numerazione shell fondazione

Doc. N.

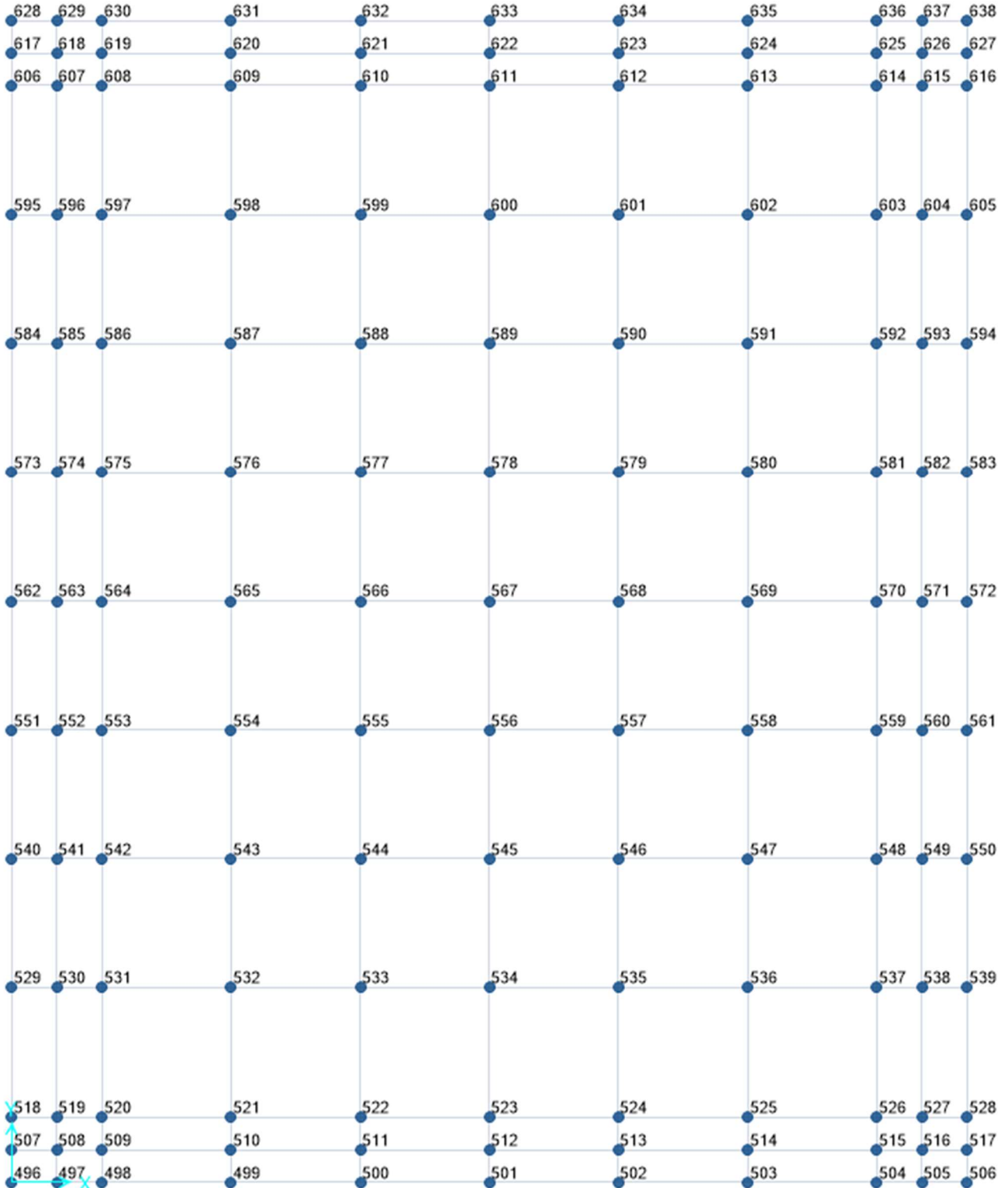
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
23 di 91



Numerazione nodi soletta

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

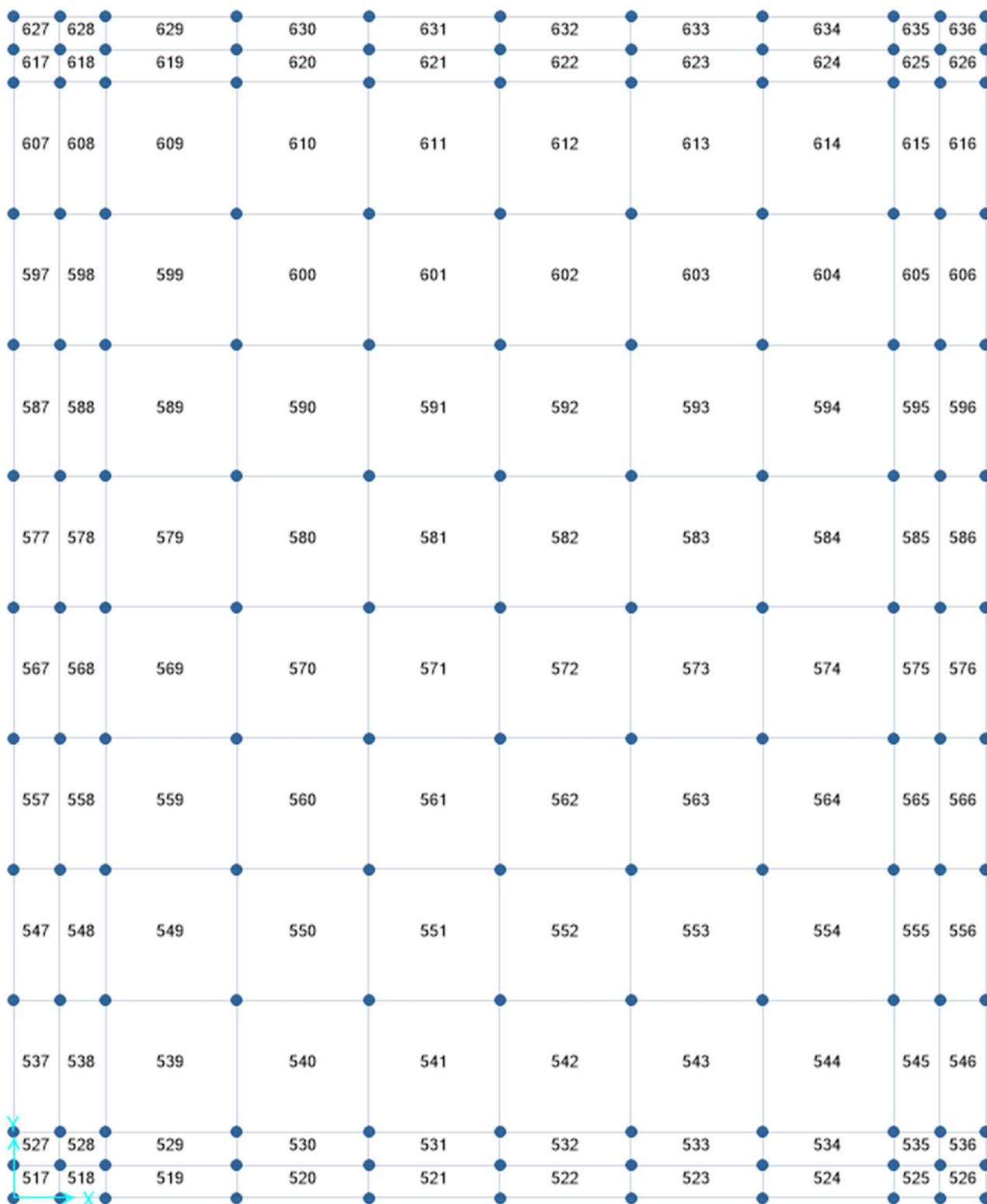
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

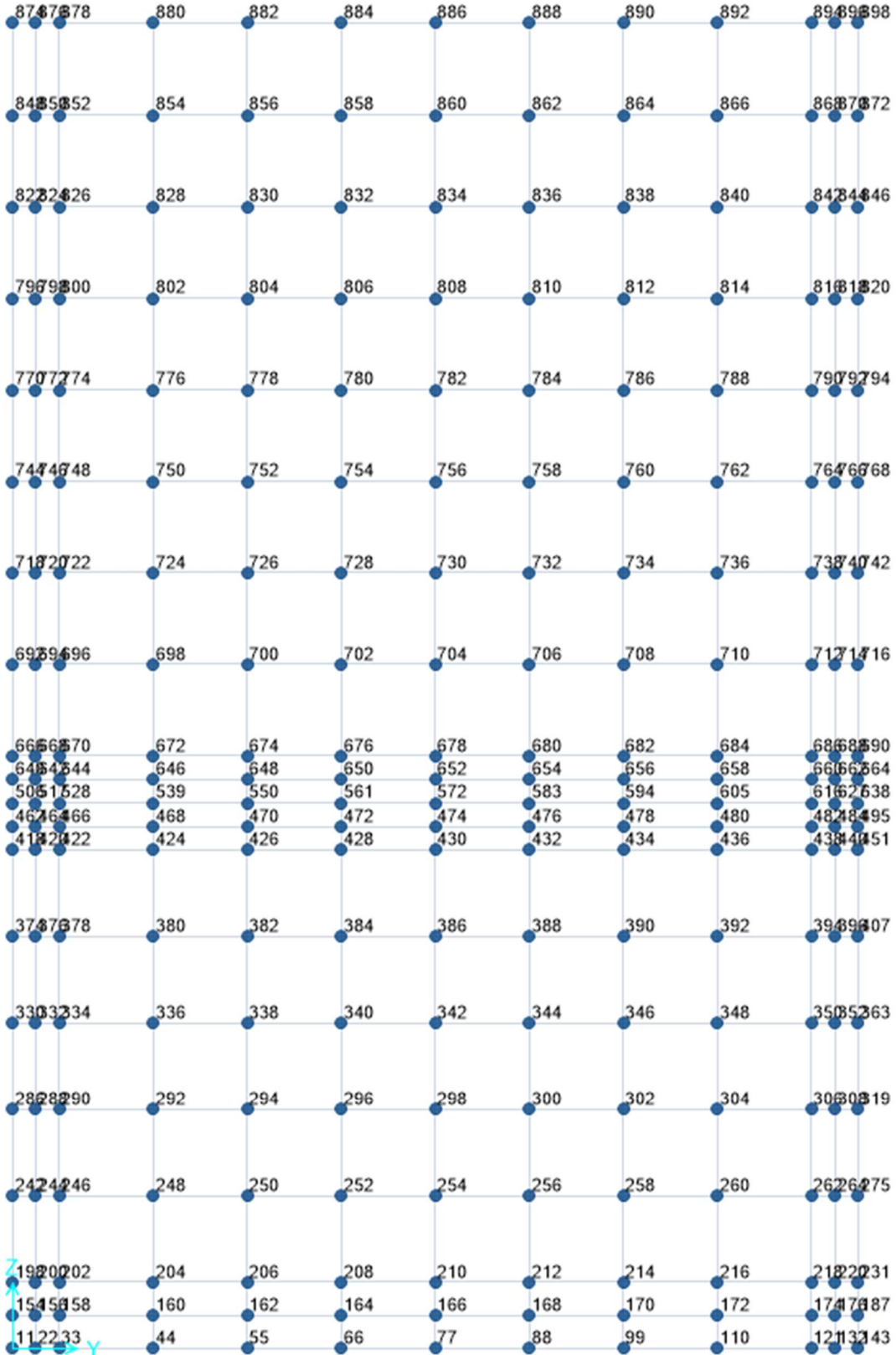
Foglio
24 di 91



Numerazione shell soletta



| | | | | | |
|---------|------------------|-------------|---|-----------|--------------------|
| Doc. N. | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento E E2 CL SLA8 C0 002 | Rev. A | Foglio 25 di 91 |
|---------|------------------|-------------|---|-----------|--------------------|



Numerazione nodi parete est

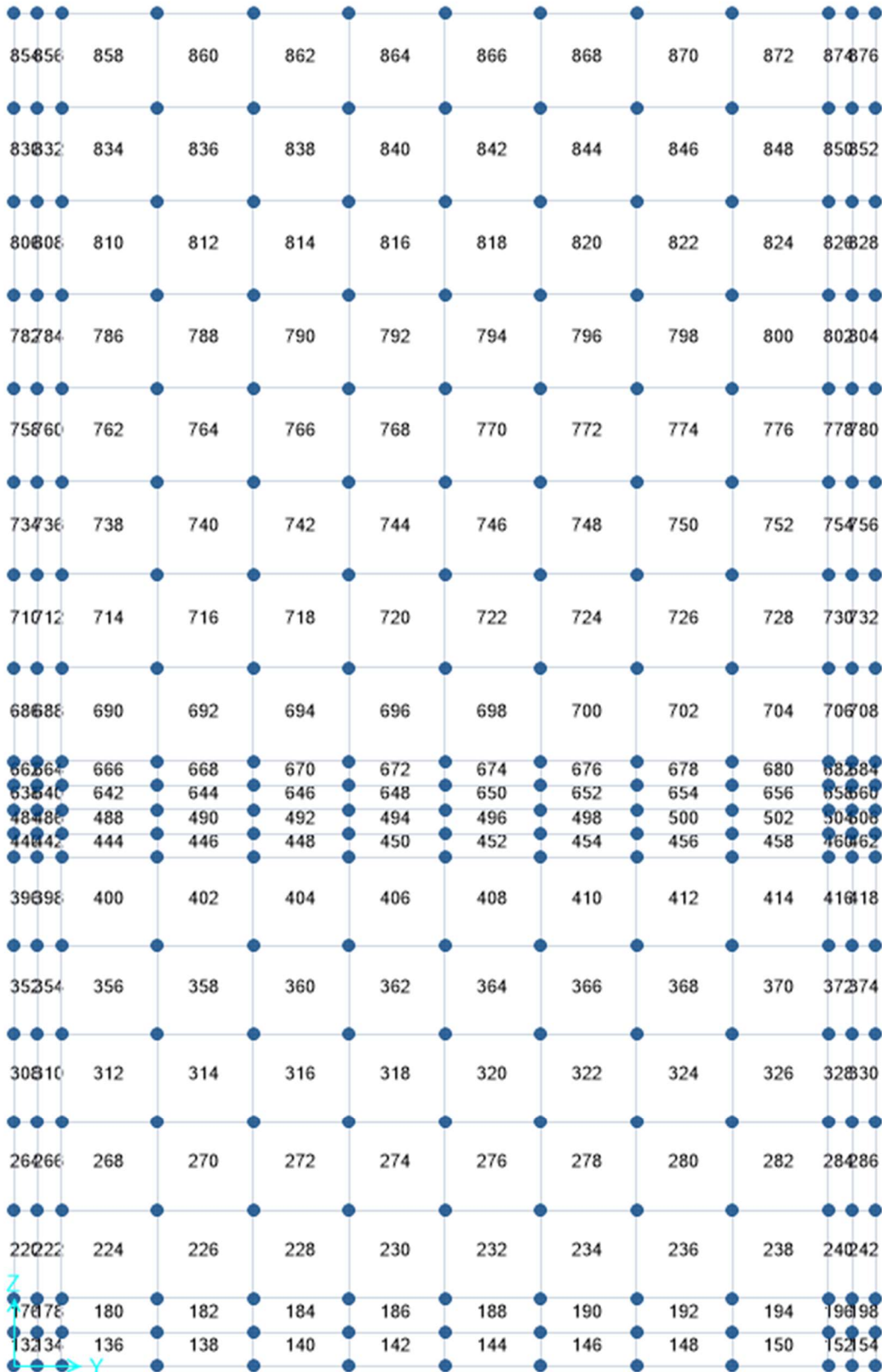
GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



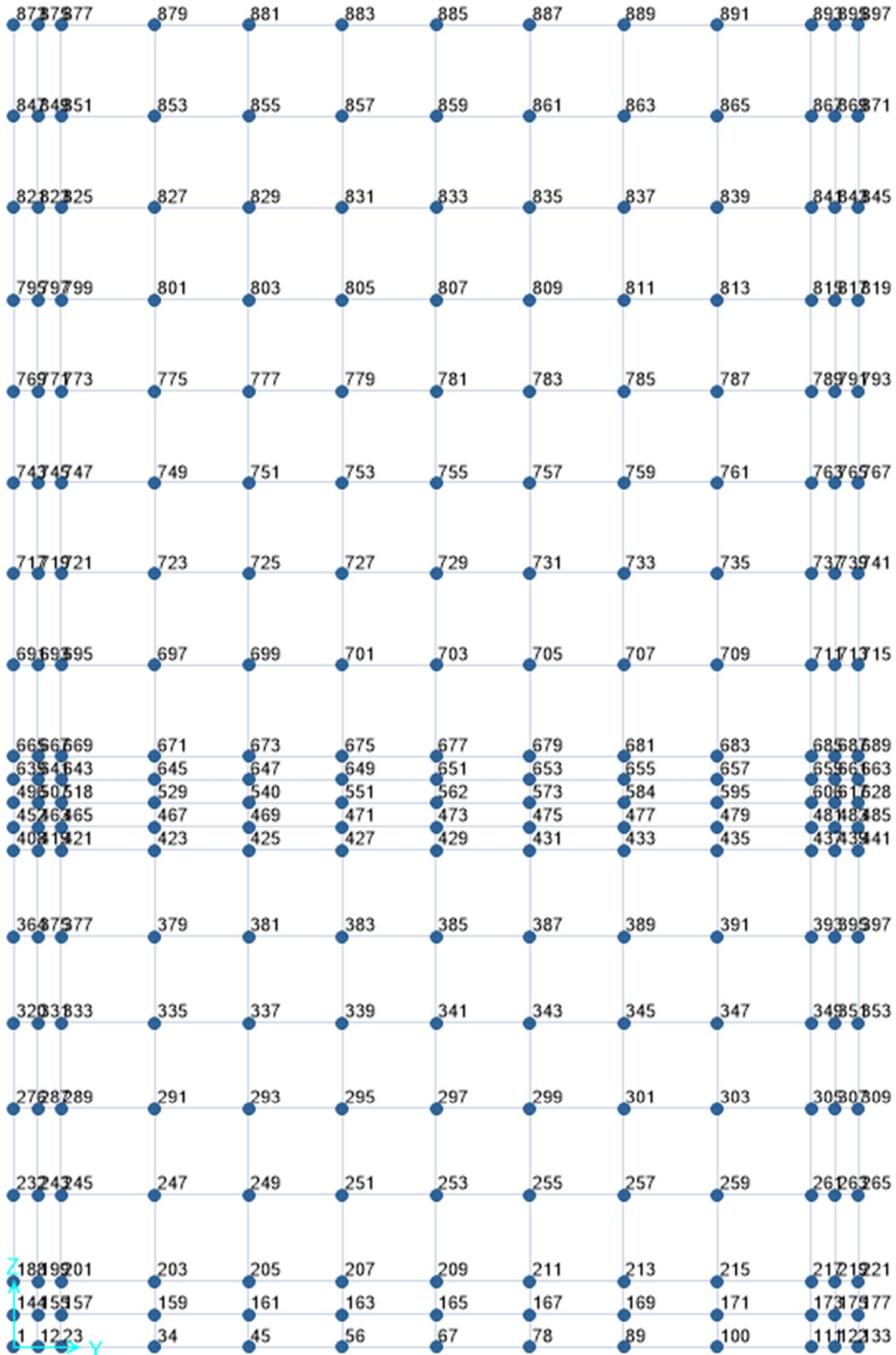
| | | | | | |
|---------|------------------|-------------|---|-----------|--------------------|
| Doc. N. | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento E E2 CL SLA8 C0 002 | Rev. A | Foglio 26 di 91 |
|---------|------------------|-------------|---|-----------|--------------------|



Numerazione shell parete est



| | | | | | |
|---------|------------------|-------------|---|-----------|--------------------|
| Doc. N. | Progetto INOR | Lotto 12 | Codifica Documento E E2 CL SLA8 C0 002 | Rev. A | Foglio 27 di 91 |
|---------|------------------|-------------|---|-----------|--------------------|



Numerazione nodi parete ovest

Doc. N.

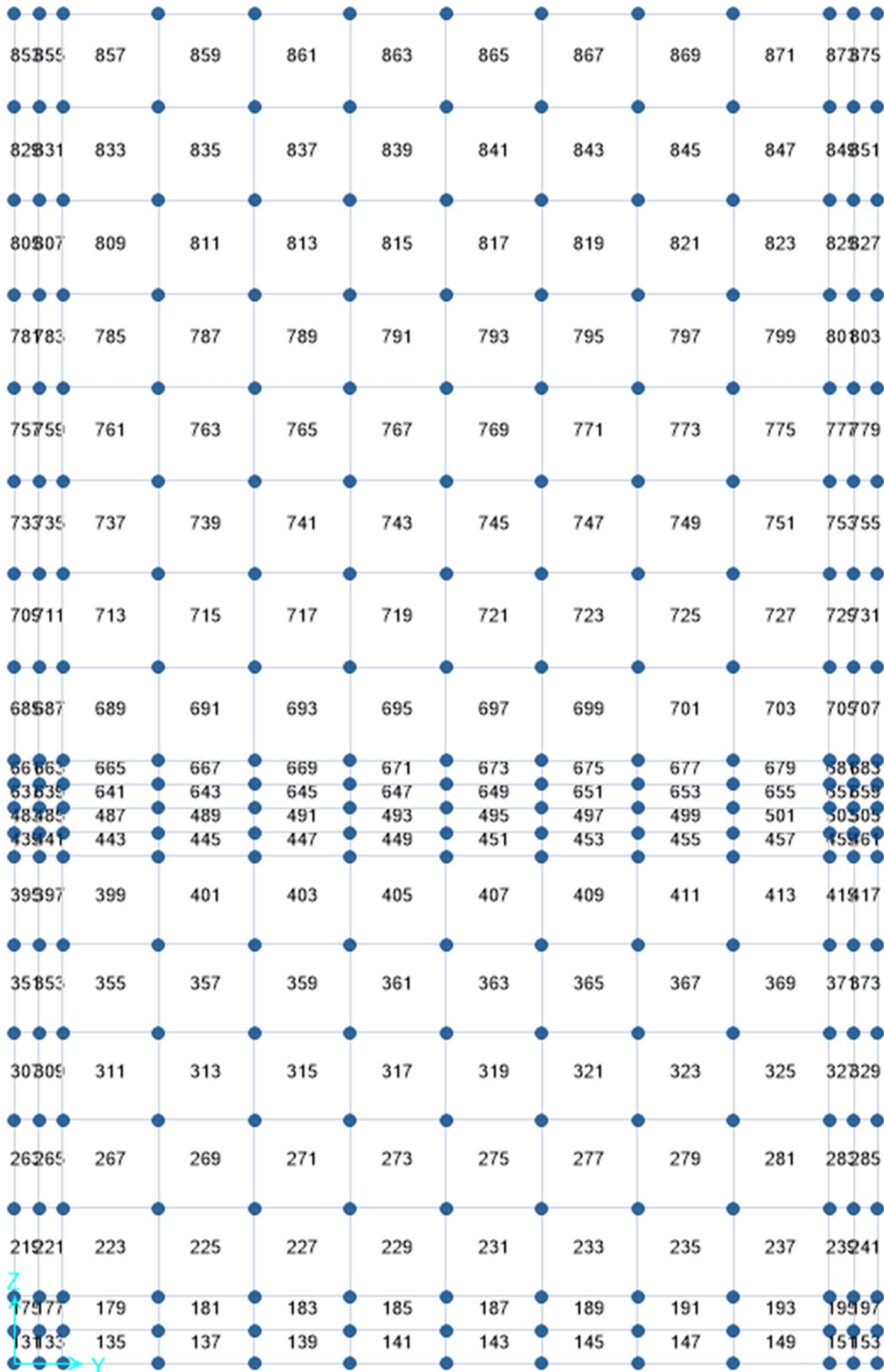
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
28 di 91



Numerazione shell parete ovest

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

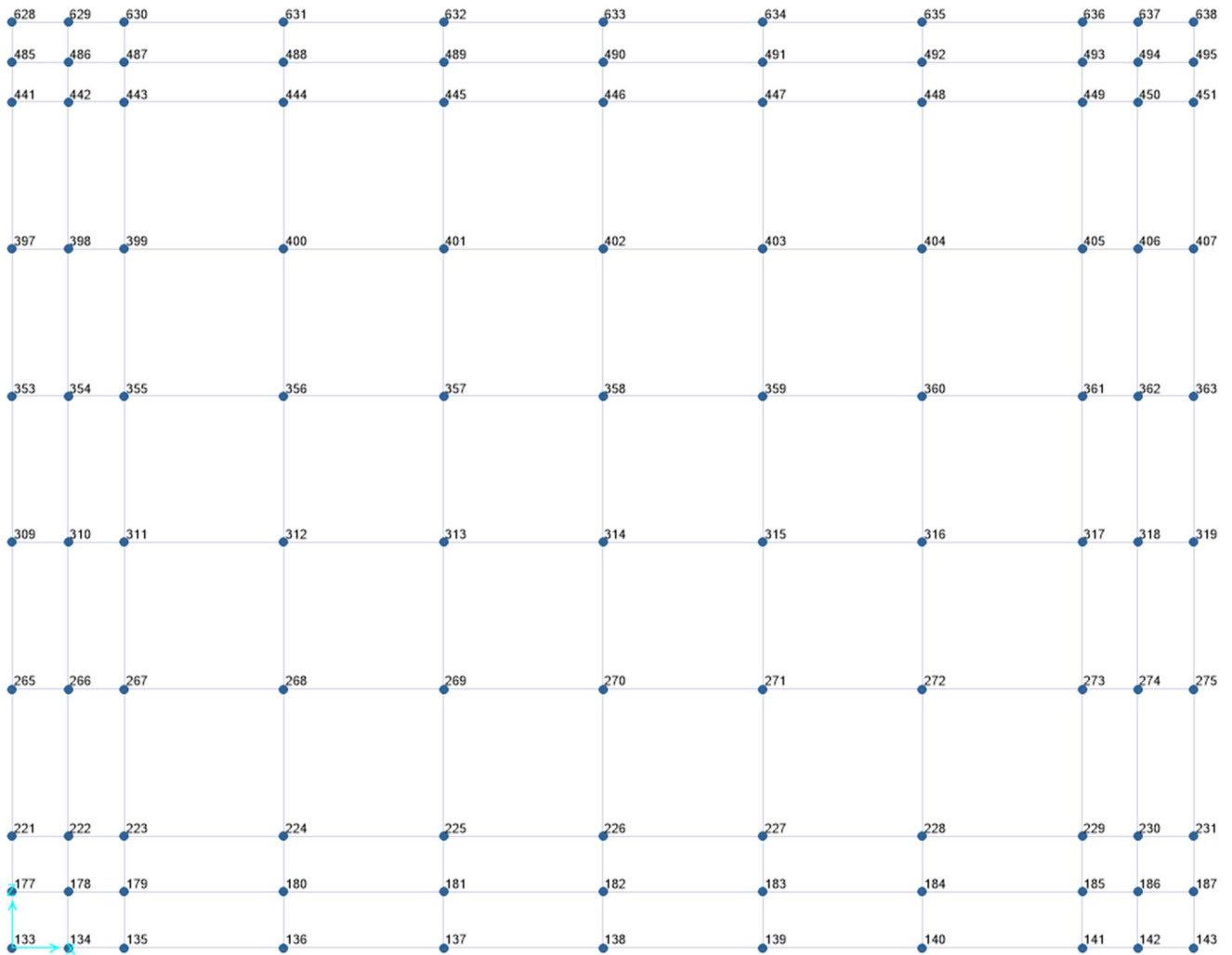
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
29 di 91



Numerazione nodi parete nord

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

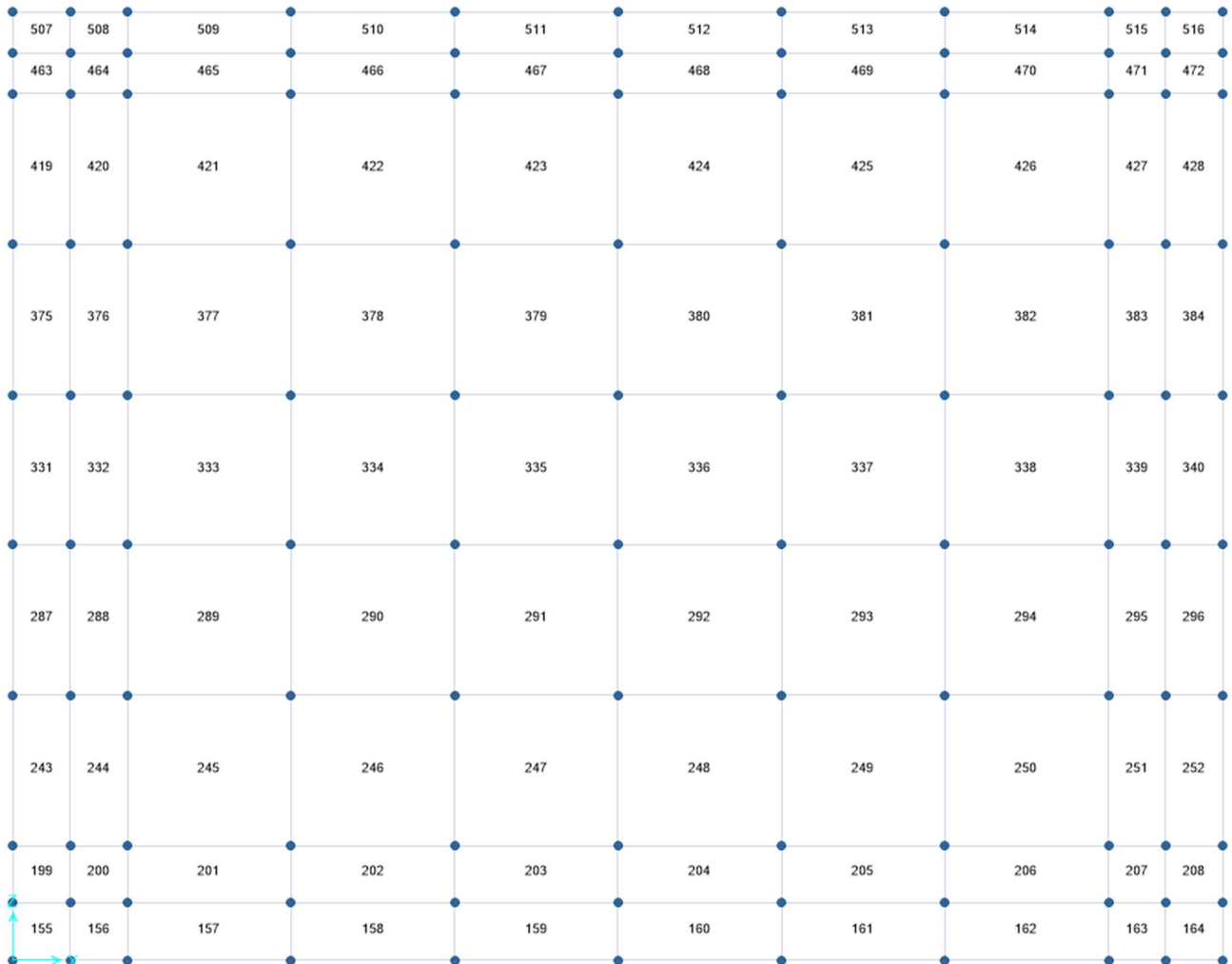
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
30 di 91



Numerazione shell parete nord

Doc. N.

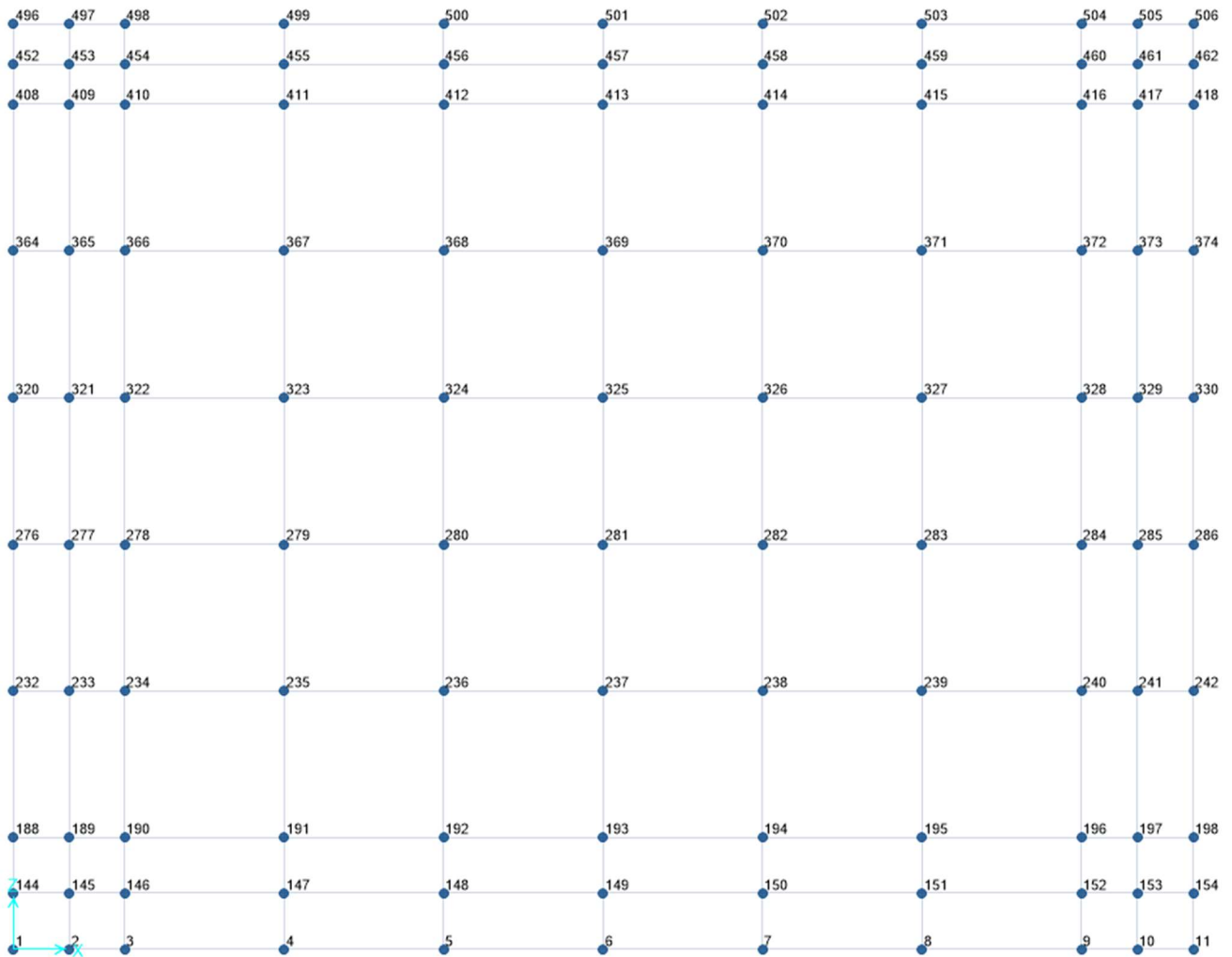
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
31 di 91



Numerazione nodi parete sud

Doc. N.

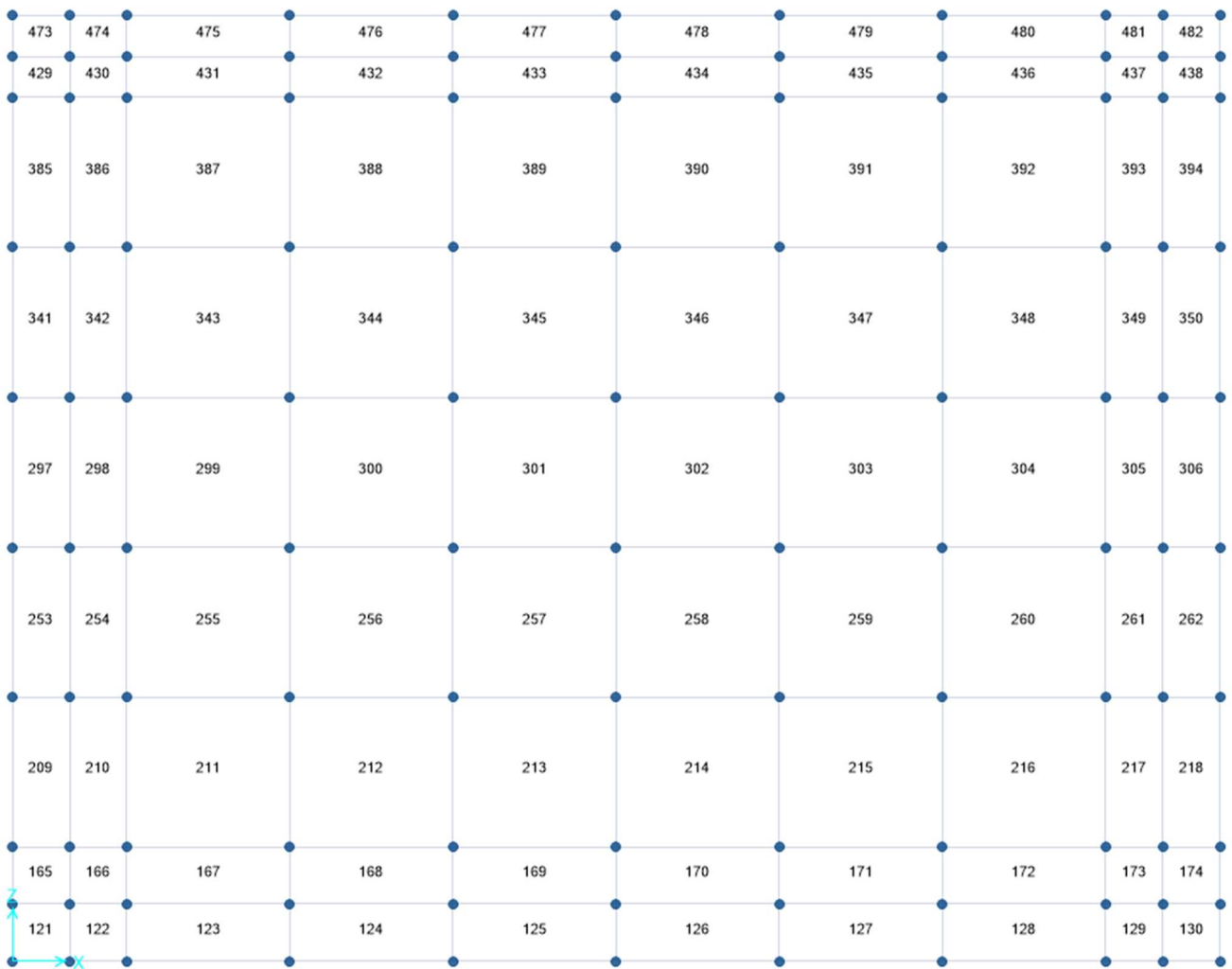
Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
32 di 91



Numerazione shell parete sud

9. ANALISI DEI CARICHI

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

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

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

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato: $\gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$

9.1. Peso proprio strutture (Load1)

- Fondazione $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \times 25.00 = 17.50 \text{ kN/m}^2$
- soletta carrabile $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.50 \times 25.00 = 12.50 \text{ kN/m}^2$
- parete Est/ Ovest - inf $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \times 25.00 = 17.50 \text{ kN/m}^2$
- parete Est/ Ovest - sup $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \div 0.30 \times 25.00 = 17.30 \div 7.50 \text{ kN/m}^2$
- parete Nord/ Sud $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.50 \times 25.00 = 12.50 \text{ kN/m}^2$

9.2. Carichi permanenti portati (Load2)

Si assume un'altezza di ricoprimento sulla soletta superiore pari 0.55m .

$$p_{perm} = h_{ric} \times \gamma = 0.55 \times 20 = 11.00 \text{ kN/m}^2$$

9.3. Spinta del terreno (Load3 ÷ Load6)

Il rinterro a ridosso dello scatolare verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche. Secondo quanto riportato in precedenza per il rinterro si assumono i seguenti parametri:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 30^\circ$$

$$k_{0,k} = k_{0,M1} = 0.5$$

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura, eseguito per la Combinazione 1 (A1+M1+R1):

Parete Est/ Ovest (Load 3 e Load4):

$$\begin{aligned} \text{Pressione in asse soletta inferiore: } P_1 (h_1 = 7.05\text{m}) &= k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = \\ &= 0.5 \times 7.05 \times 20 = 70.50 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Parete Nord/ Sud (Load5 e Load6):

$$\begin{aligned} \text{Pressione in asse soletta superiore: } P_1 (h_1 = 0.80\text{m}) &= k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = \\ &= 0.5 \times 0.80 \times 20 = 8.00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pressione in asse soletta inferiore: } P_2 (h_2 = 3.70\text{m}) &= P_1 + k_{0,M1} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t = \\ &= 8.00 + 0.5 \times (3.70 - 0.80) \times 20 = \mathbf{37.00 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

9.4. Sovraccarichi accidentali sulla soletta superiore (Load 7)

Sulla soletta superiore si considera agente un sovraccarico accidentale di **20.0 kN/m²**.

9.5. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load8 ÷ Load11)

Si assume, cautelativamente, che sul terrapieno adiacente le pareti del manufatto agisca un sovraccarico di 20kN/m²:

$$q_h = k_{0,M1} \times q_v = 0.5 \times 20 = \mathbf{10 \text{ kN/m}^2} \text{ (Load 8 - Load 9 - Load 10 - Load 11).}$$

9.6. Azione sismica (Load 12÷19)

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \times a_{gh};$$

$$F_v = P \times a_{gv};$$

P = peso proprio;

a_g = accelerazioni sismiche al suolo.

a_{gh} = 0.272 g, accelerazione orizzontale;

a_{gv} = 0.151 g, accelerazione verticale.

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “Analisi semplificata per le strutture di contenimento”, punto 9 – “Forze causate dalla spinta del terreno per strutture rigide”, in cui l'incremento di spinta sismica ΔP per la condizione a riposo viene valutato come:

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

La risultante di tale incremento di spinta (Load 12÷ Load 15) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento h_{tot}.

- Parete Est/Ovest: $\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.272 \times 20.0 \times 7.05 = \mathbf{38.35 \text{ kN/m}^2}$
- Parete Nord/Sud: $\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.272 \times 20.0 \times 3.70 = \mathbf{20.13 \text{ kN/m}^2}$

Per il calcolo delle azioni sismiche dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera solo il contributo in direzione orizzontale delle pareti perpendicolari alla direzione dello sbilanciamento (Load 16 - Load 17):

- parete Est/ Ovest – sup $\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.70 \div 0.30 \times 0.272 = \mathbf{4.76 \div 2.04 \text{ kN/m}^2}$
- parete Est/ Ovest – inf $\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.70 \times 0.272 = \mathbf{4.76 \text{ kN/m}^2}$
- Parete Nord/Sud $\Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.50 \times 0.272 = \mathbf{3.40 \text{ kN/m}^2}$

10. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI**10.1. Condizioni e combinazioni di carico adottate**

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

| Load | Tipo | Carico |
|------|-----------|--|
| 1 | $G_{g,k}$ | Peso proprio della struttura |
| 2 | G_k | Peso rilevato |
| 3 | G_k | Spinta terre a riposo su parete Est |
| 4 | G_k | Spinta terre a riposo su parete Ovest |
| 5 | G_k | Spinta terre a riposo su parete Nord |
| 6 | G_k | Spinta terre a riposo su parete Sud |
| 7 | Q_k | Sovraccarico accidentale |
| 8 | Q_k | Spinta sovraccarico accidentale su parete Est |
| 9 | Q_k | Spinta sovraccarico accidentale su parete Ovest |
| 10 | Q_k | Spinta sovraccarico accidentale su parete Nord |
| 11 | Q_k | Spinta sovraccarico accidentale su parete Sud |
| 12 | Q_k | Incremento dinamico terreno su parete Est |
| 13 | Q_k | Incremento dinamico terreno su parete Ovest |
| 14 | Q_k | Incremento dinamico terreno su parete Nord |
| 15 | Q_k | Incremento dinamico terreno su parete Sud |
| 16 | Q_k | Azioni sismiche inerziali orizzontali lungo asse X (Est – Ovest) |
| 17 | Q_k | Azioni sismiche inerziali orizzontali lungo asse Y (Nord – Sud) |
| 18 | Q_k | Spinta acqua |
| 19 | Q_k | Inerzia acqua |

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

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

10.1.1. Combinazioni SLU

| n° CC | P.P. | Rilevato | Spinta terre Est | Spinta terre Ovest | Spinta terre Nord | Spinta terre Sud | Sovraccarico soletta | Spinta sovraccarico Est | Spinta sovraccarico Ovest | Spinta sovraccarico Nord | Spinta sovraccarico Sud | Spinta acqua |
|-------|------|----------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 18 |
| SLU1 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | | 1,5 | | | | |
| SLU2 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1,3 | 1 | 1 | | | 1,5 | | | |
| SLU3 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1,3 | 1 | | | | 1,5 | | |
| SLU4 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1,3 | | | | | 1,5 | |
| SLU5 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| SLU6 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | | | | |
| SLU7 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1,3 | 1 | 1 | 1,5 | | 1,5 | | | |
| SLU8 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1,3 | 1 | 1,5 | | | 1,5 | | |
| SLU9 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1,3 | 1,5 | | | | 1,5 | |
| SLU10 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| SLU11 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | | 1,5 | | | | 1,5 |
| SLU12 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1,3 | 1 | 1 | | | 1,5 | | | 1,5 |
| SLU13 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1,3 | 1 | | | | 1,5 | | 1,5 |
| SLU14 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1,3 | | | | | 1,5 | 1,5 |
| SLU15 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| SLU16 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | | | | 1,5 |
| SLU17 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1,3 | 1 | 1 | 1,5 | | 1,5 | | | 1,5 |
| SLU18 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1,3 | 1 | 1,5 | | | 1,5 | | 1,5 |
| SLU19 | 1,3 | 1,3 | 1 | 1 | 1 | 1,3 | 1,5 | | | | 1,5 | 1,5 |
| SLU20 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

10.1.2. Combinazioni SLV

| n° CC | P.P. | Rilevato | Spinta terre Est | Spinta terre Ovest | Spinta terre Nord | Spinta terre Sud | Sovrappinta sismica parete Est | Sovrappinta sismica parete Ovest | Sovrappinta sismica parete Nord | Sovrappinta sismica parete Sud | Inerzia direzione X | Inerzia direzione Y | Spinta acqua | Inerzia acqua |
|-------|------|----------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|--------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| SLV1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | -1 | | | |
| SLV2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | -1 | | |
| SLV3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | | |
| SLV4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 | | |

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

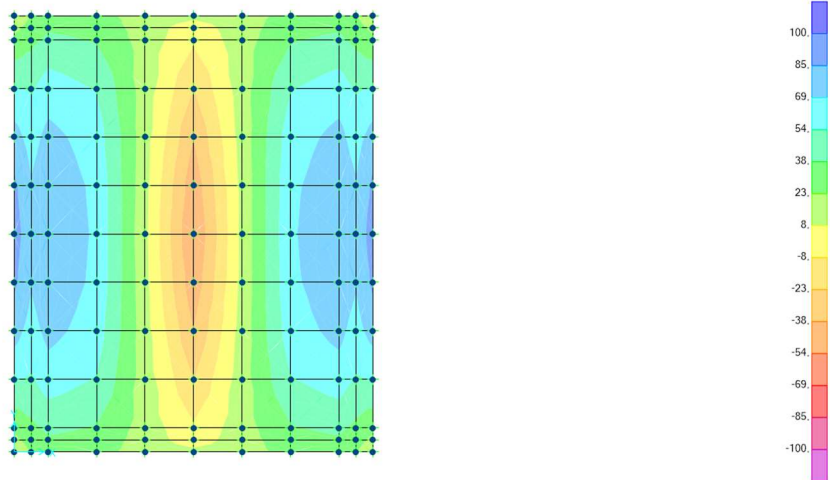
Foglio
38 di 91

10.2. Diagrammi di inviluppo SLU - SLV

10.2.1. Involuppi fondazione

10.2.1.1. Involuppo M11 – max

Resultant M11 Diagram (ENV_STR - Max)

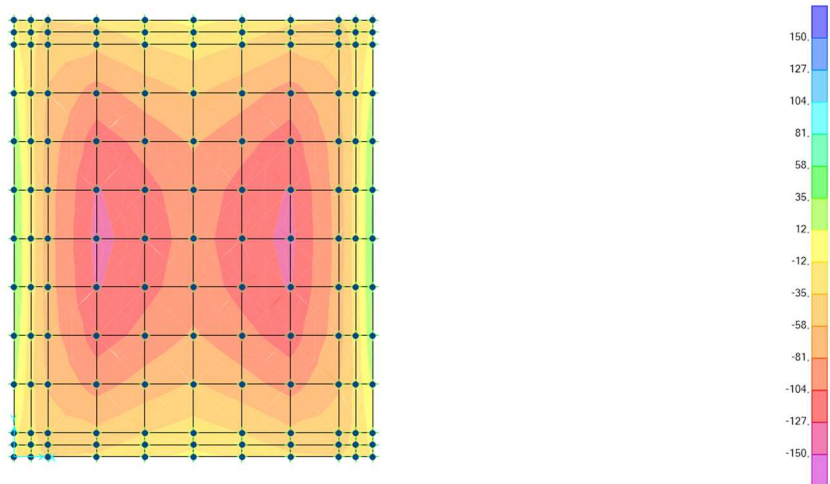


N=55,23, MAX=240,321, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.1.2. Involuppo M11 – min

Resultant M11 Diagram (ENV_STR - Min)



N=133,133, MAX=42,446, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

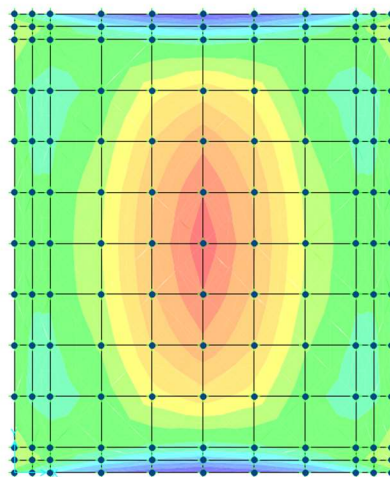
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
39 di 91

10.2.1.3. Inviluppo M22 – max

Resultant M22 Diagram (ENV_STR - Max)

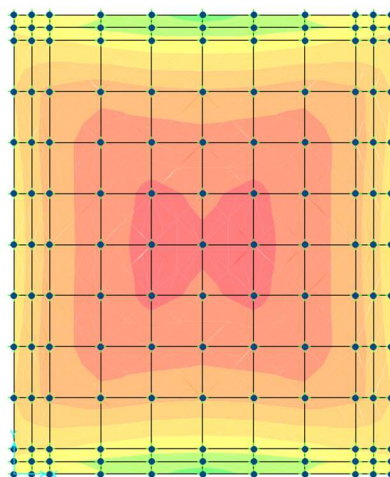


N=108.56, MAX=547.009, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.1.4. Inviluppo M22 – min

Resultant M22 Diagram (ENV_STR - Min)

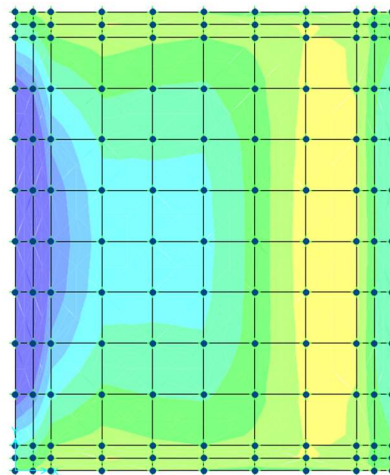


N=547.009, MAX=108.56, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.1.5. Inviluppo V13 – max

Resultant V13 Diagram (ENV_STR - Max)

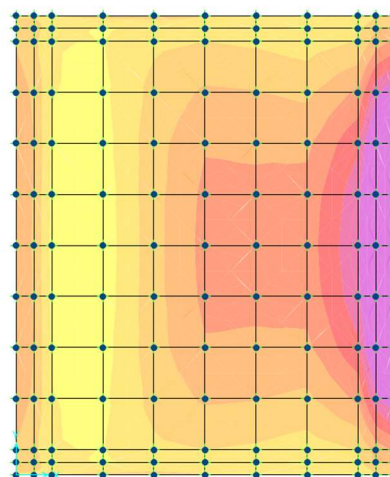


V=-39,048, MAX=665,845, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.1.6. Inviluppo V13 – min

Resultant V13 Diagram (ENV_STR - Min)



N=-665,845, MAX=-39,048, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

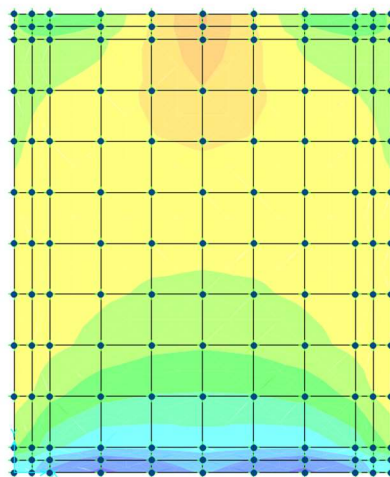
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
41 di 91

10.2.1.7. Inviluppo V23 – max

Resultant V23 Diagram (ENV_STR - Max) x

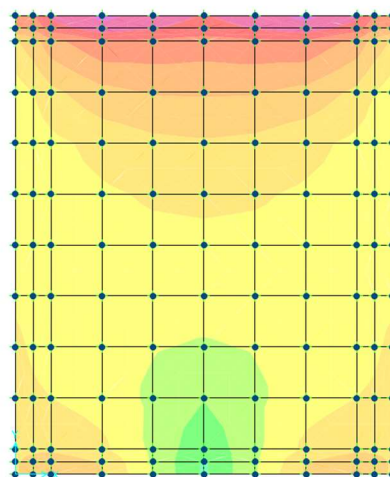


N=-118.925, MAX=633.492, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.1.8. Inviluppo V23 – min

Resultant V23 Diagram (ENV_STR - Min) x



N=-633.492, MAX=118.925, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

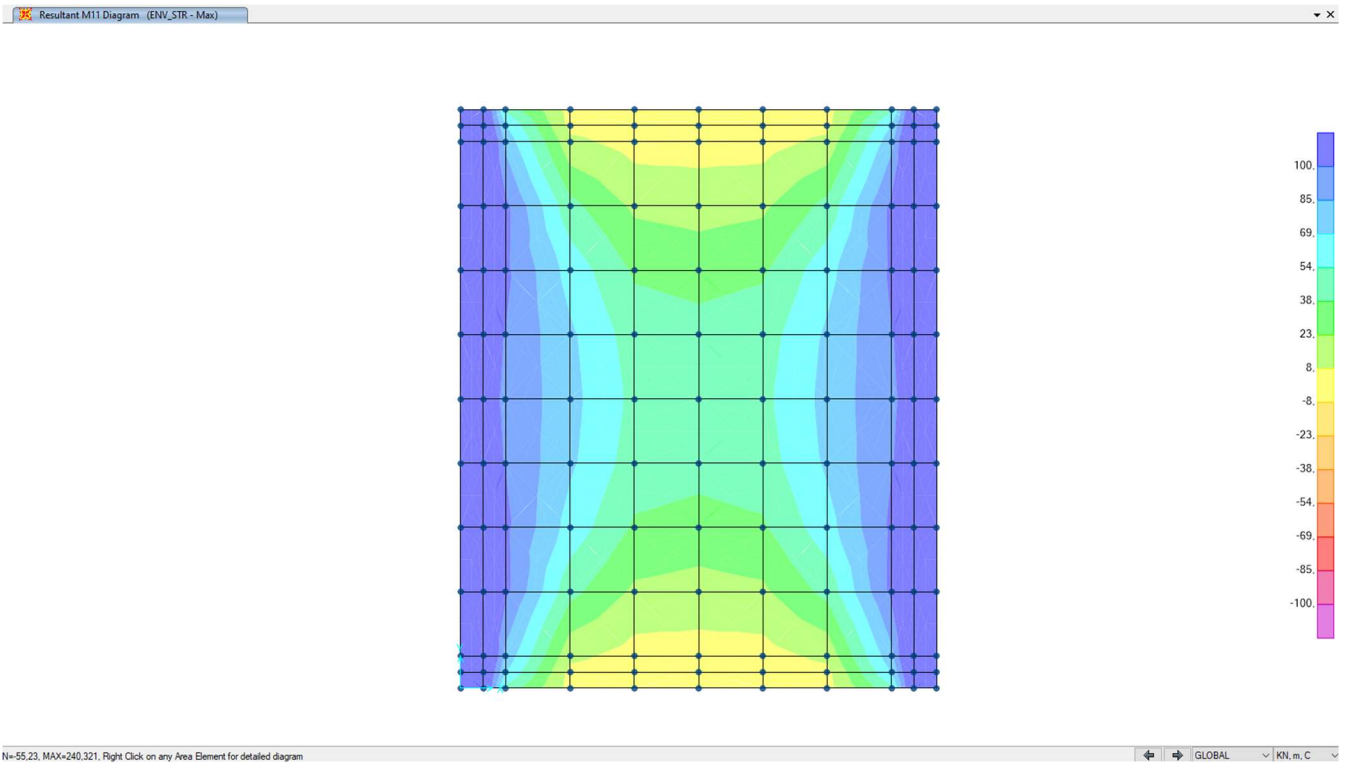
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

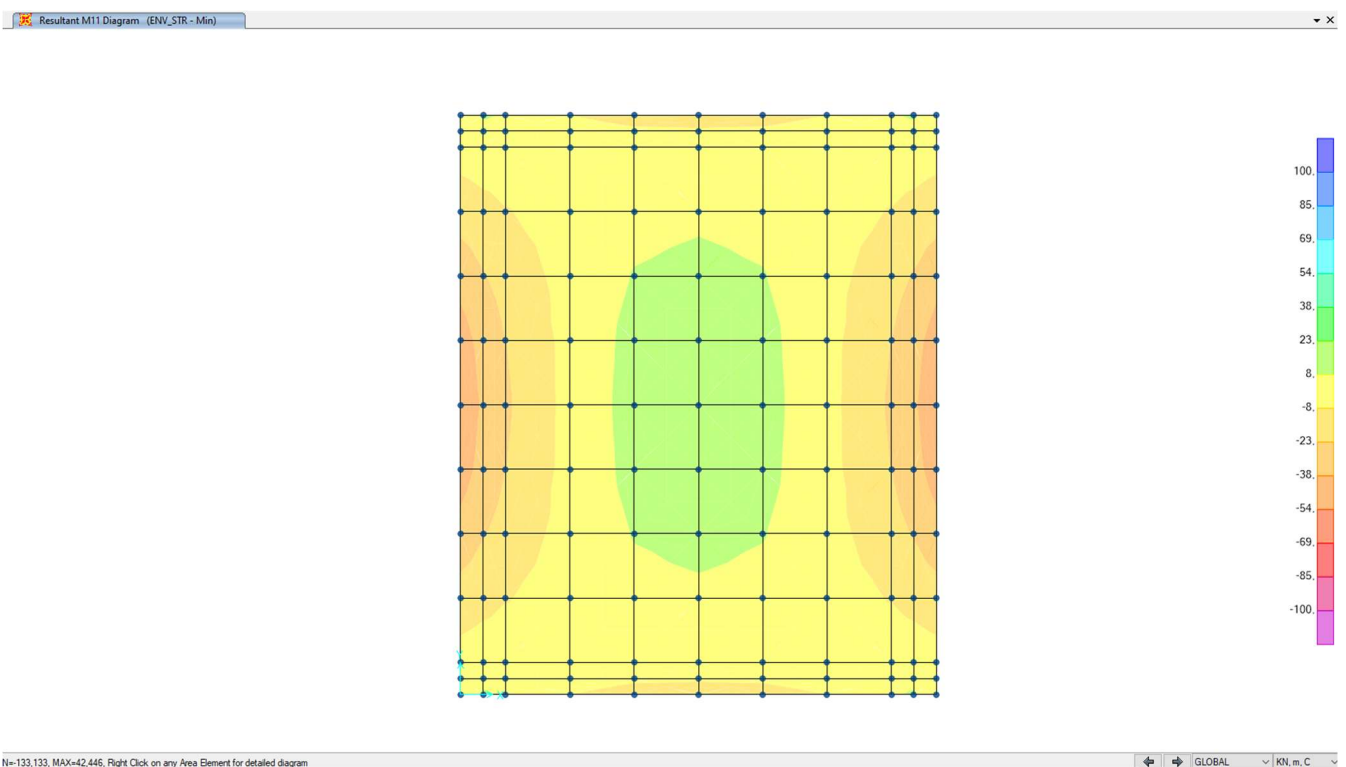
Foglio
42 di 91

10.2.2. Inviluppi soletta carrabile

10.2.2.1. Inviluppo M11 – max



10.2.2.2. Inviluppo M11 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

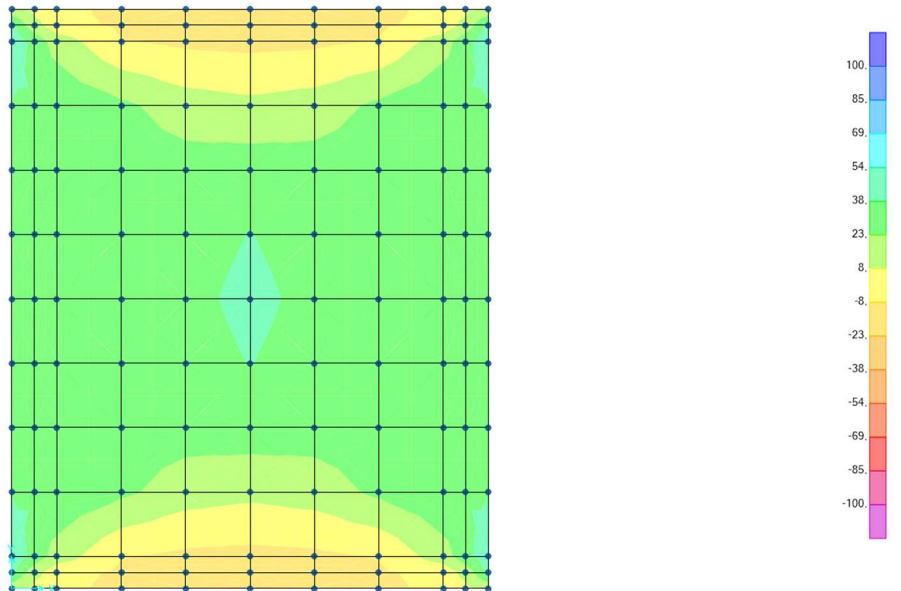
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
43 di 91

10.2.2.3. Inviluppo M22 – max

Resultant M22 Diagram (ENV_STR - Max)

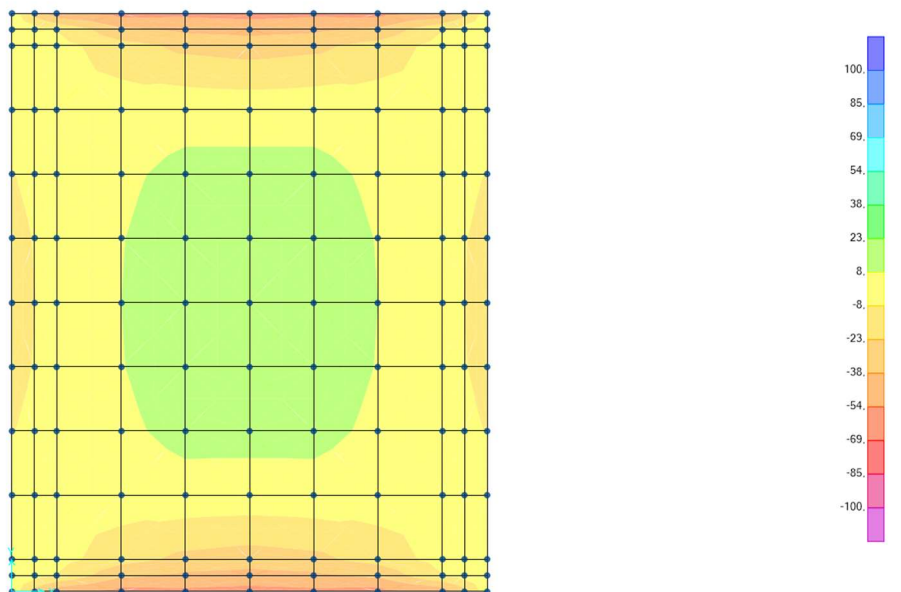


N=108.56, MAX=547.009, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.2.4. Inviluppo M22 – min

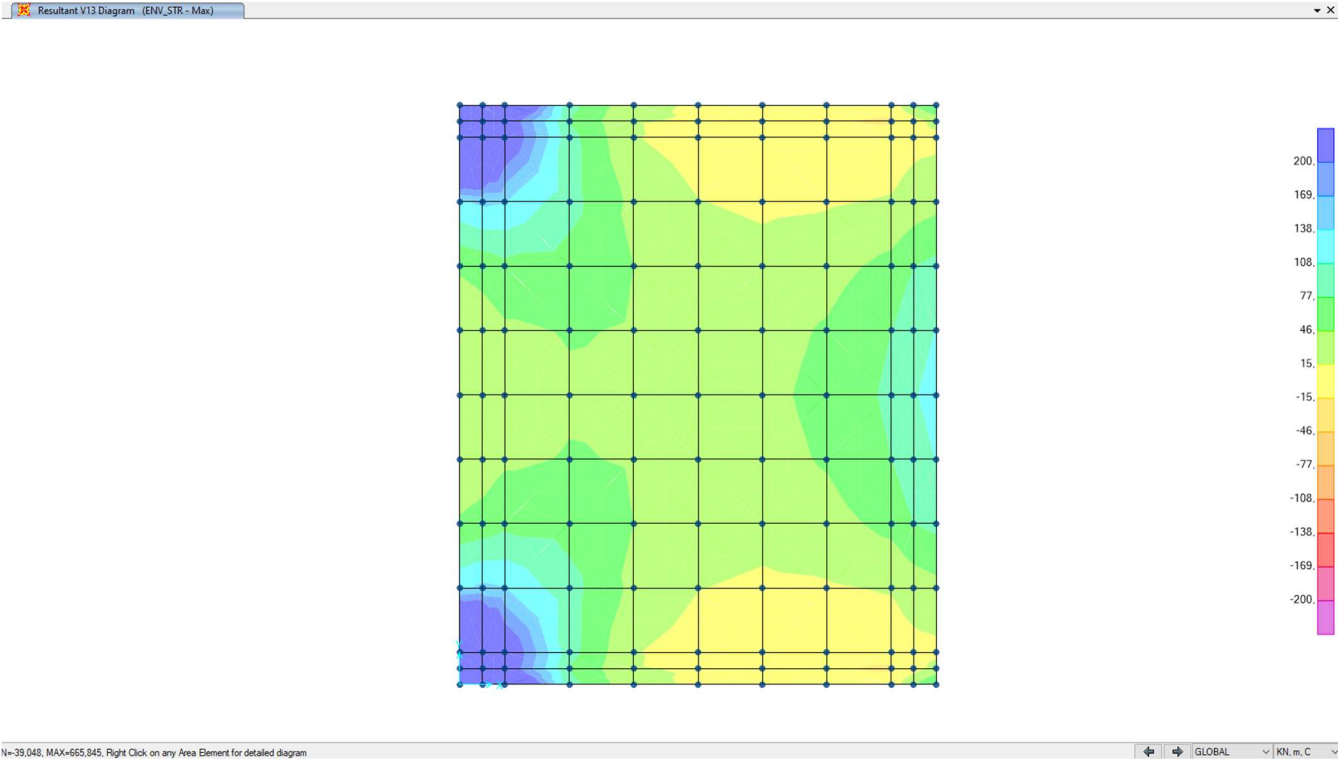
Resultant M22 Diagram (ENV_STR - Min)



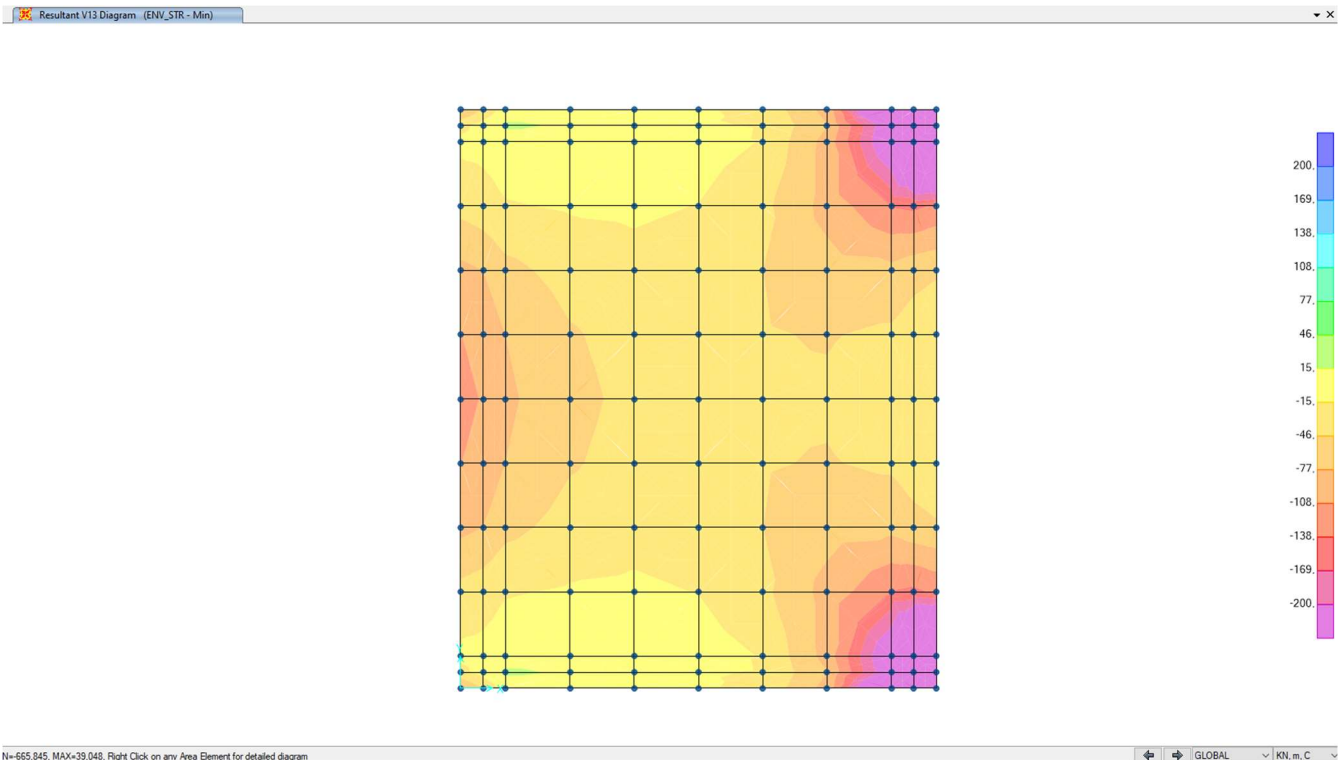
V=-547.009, MAX=108.56, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.2.5. Inviluppo V13 – max



10.2.2.6. Inviluppo V13 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

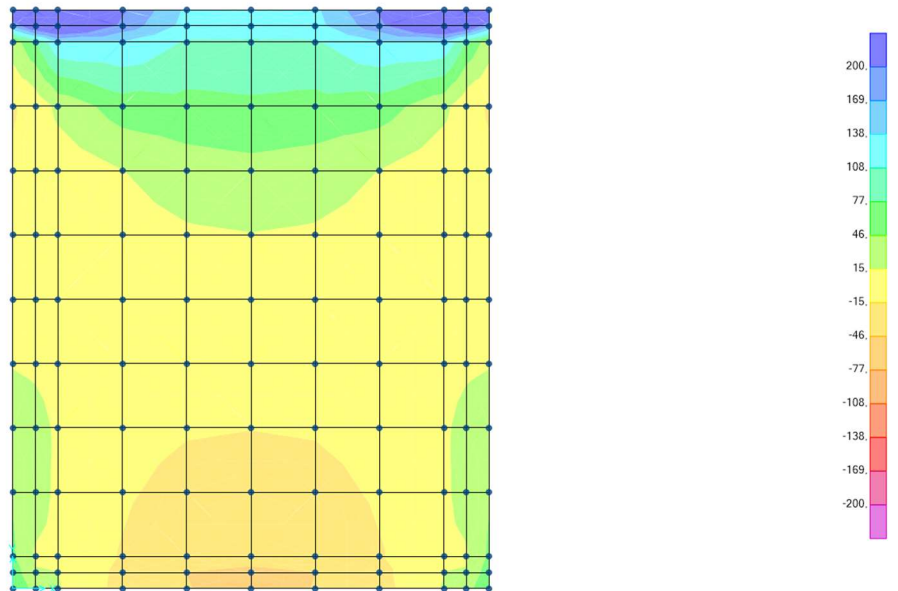
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
45 di 91

10.2.2.7. Inviluppo V23 – max

Resultant V23 Diagram (ENV_STR - Max)

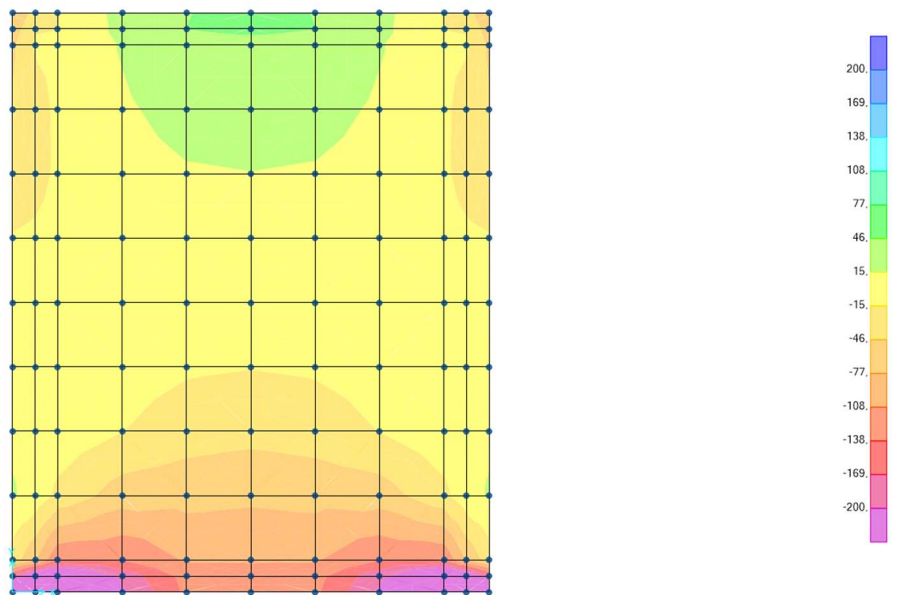


V=-118.925, MAX=633.492, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.2.8. Inviluppo V23 – min

Resultant V23 Diagram (ENV_STR - Min)



N=-633.492, MAX=118.925, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

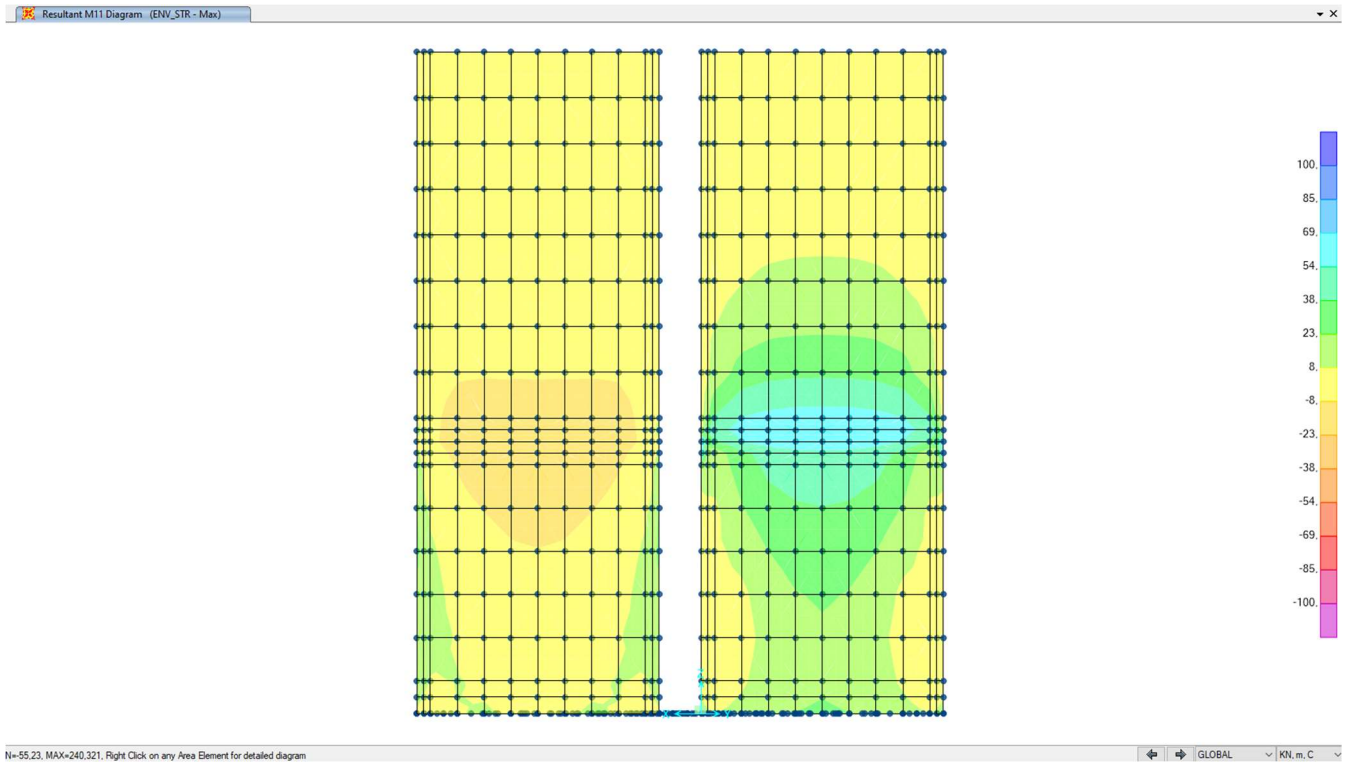
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

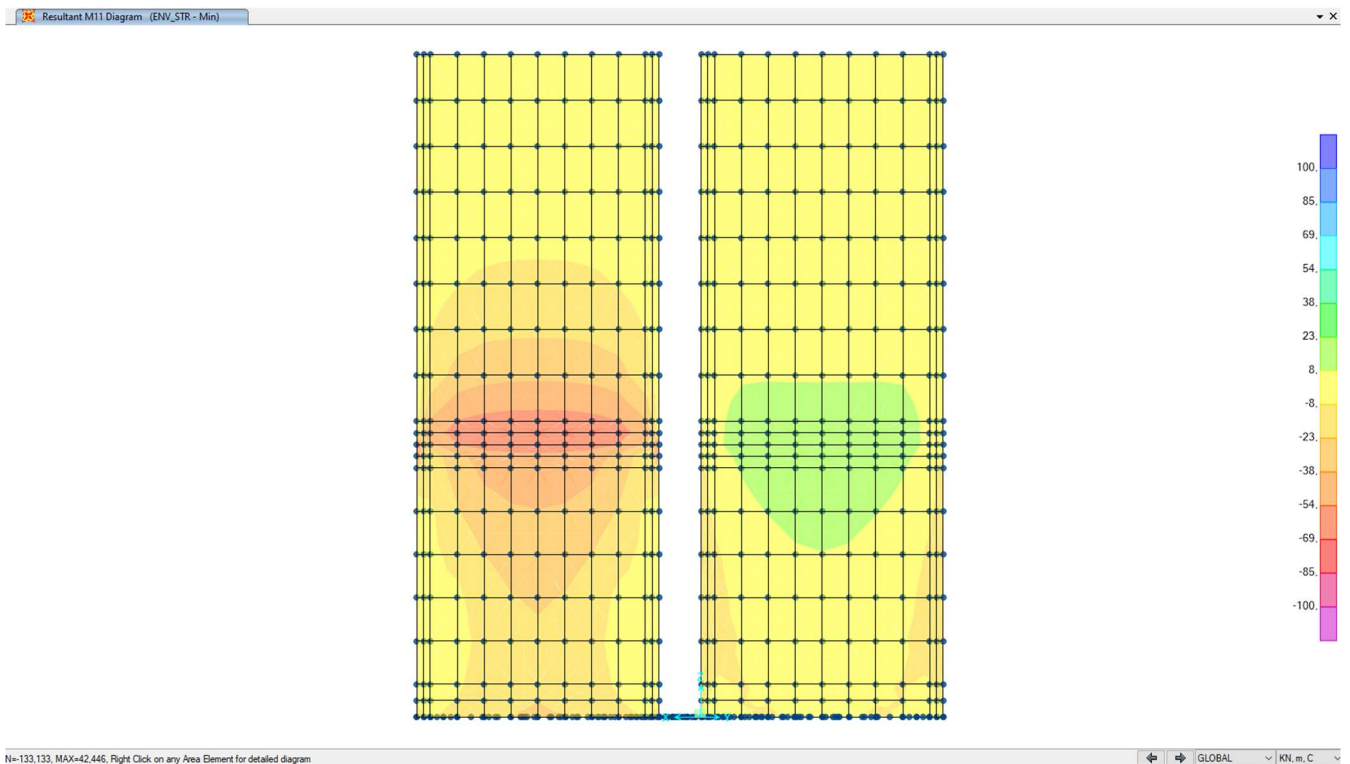
Foglio
46 di 91

10.2.3. Involuppi parete est/ parete ovest

10.2.3.1. Involuppo M11 – max



10.2.3.2. Involuppo M11 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

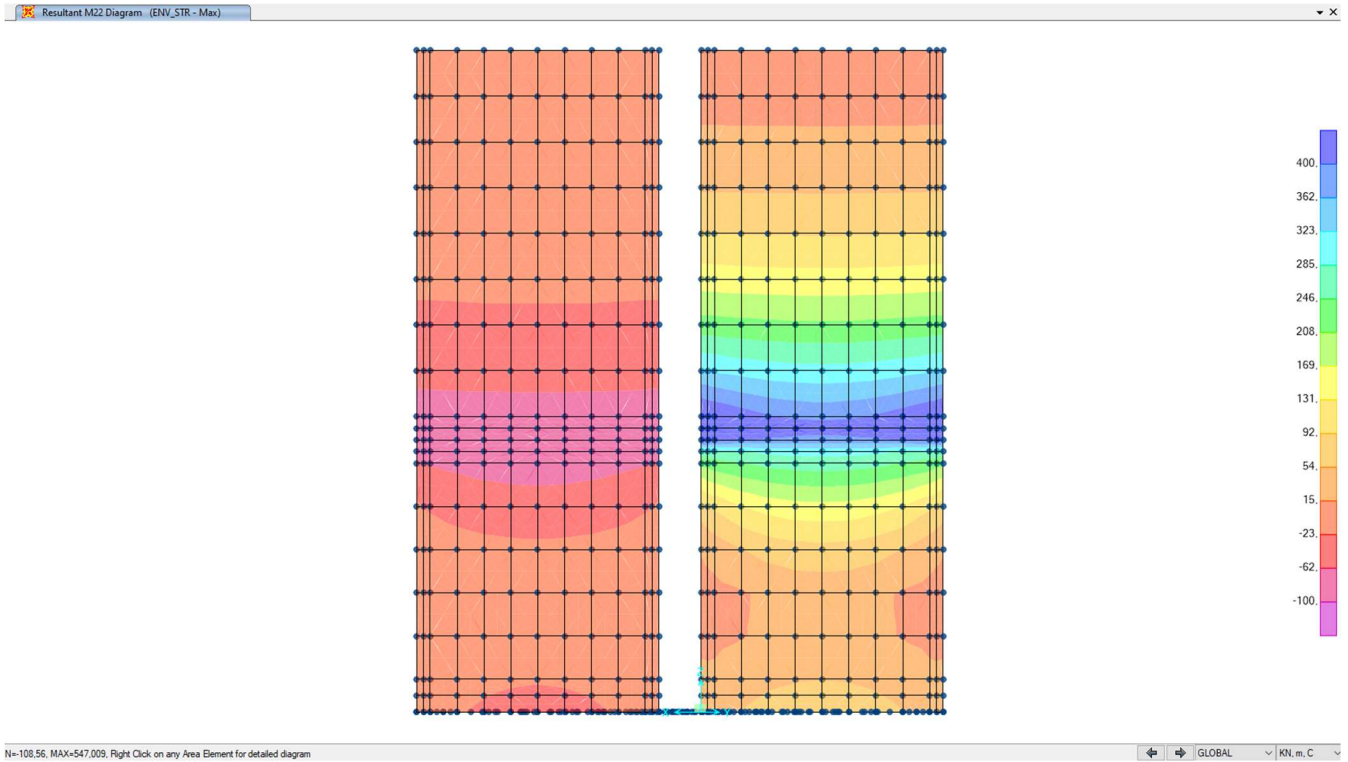
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

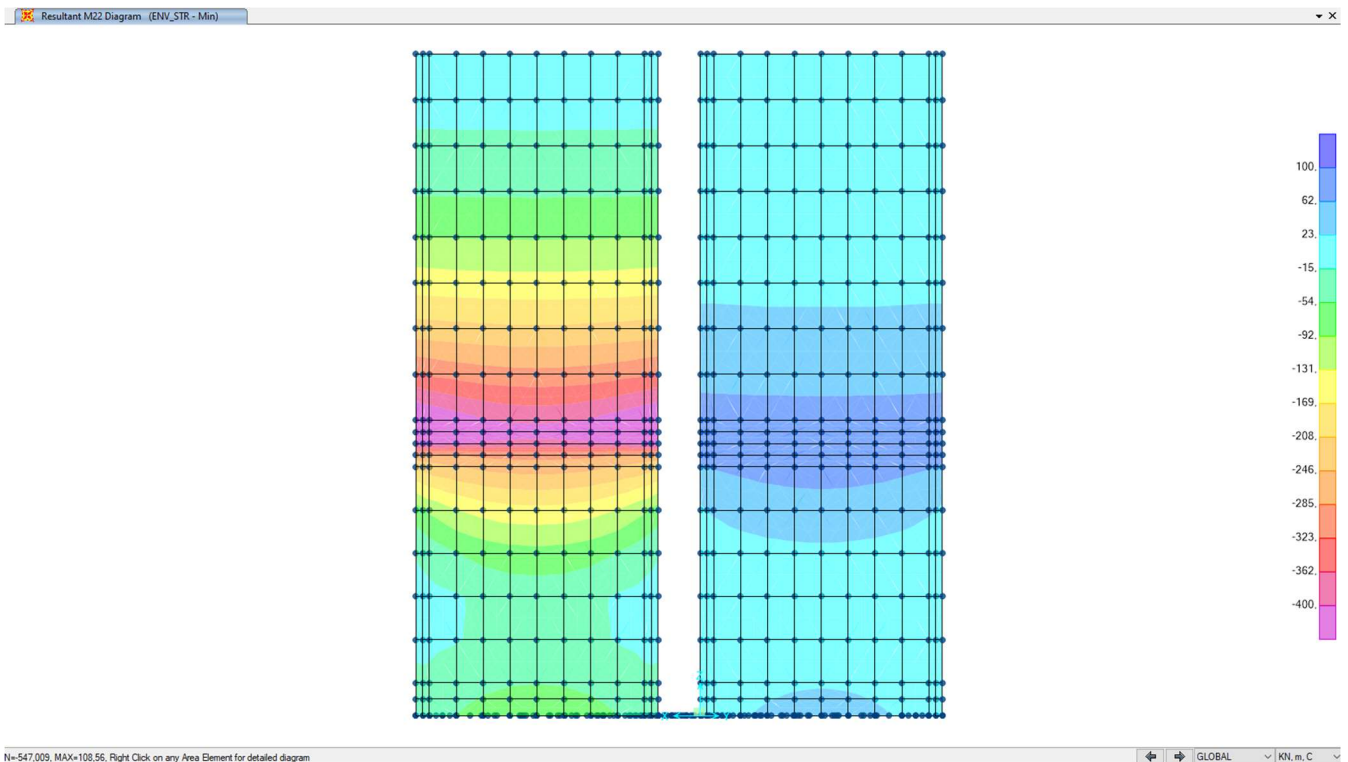
Rev.
A

Foglio
47 di 91

10.2.3.3. Inviluppo M22 – max



10.2.3.4. Inviluppo M22 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

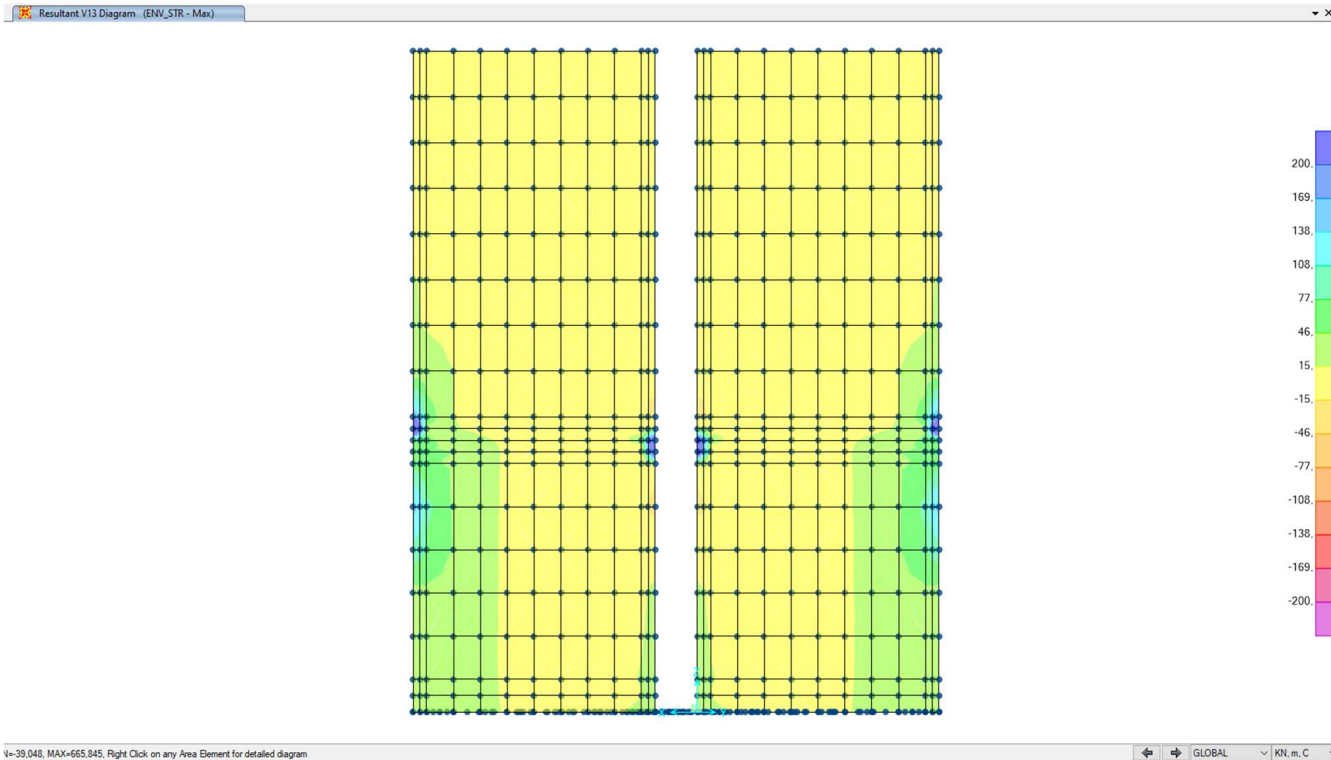
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

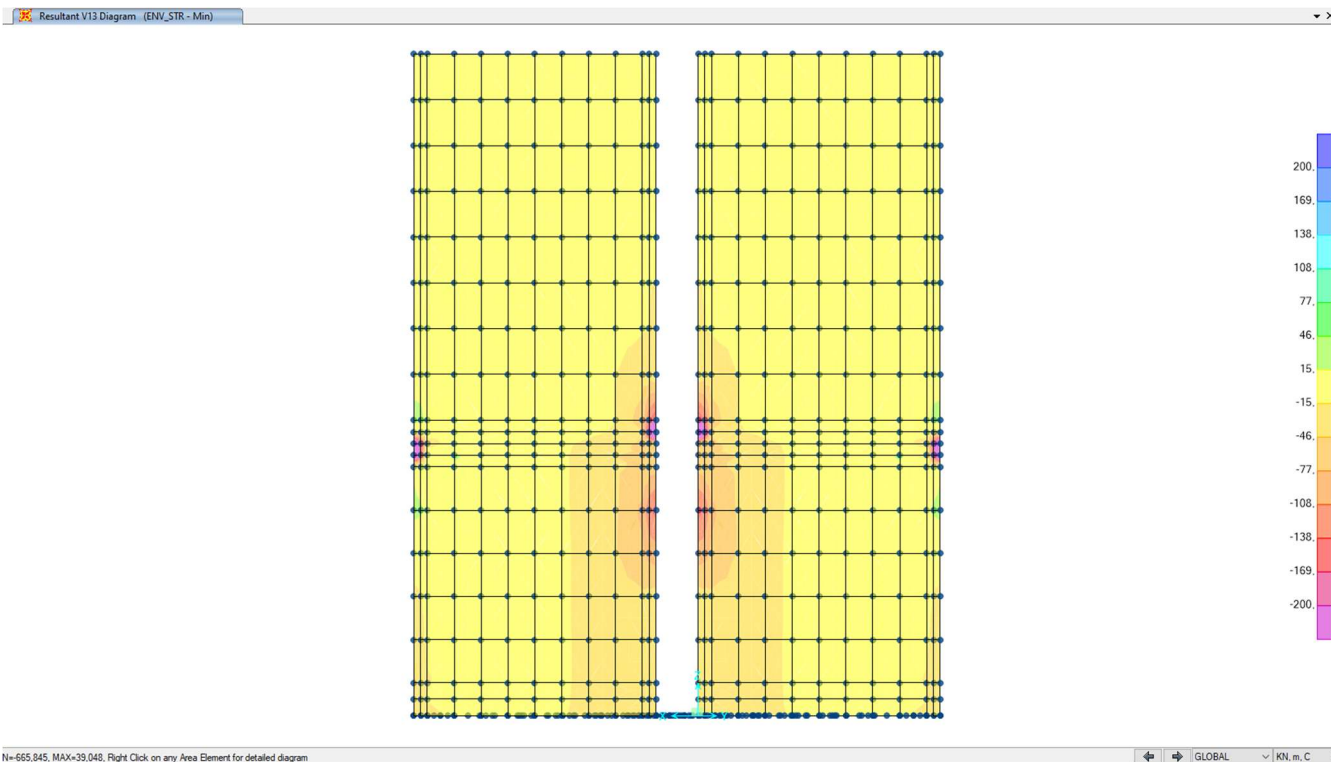
Rev.
A

Foglio
48 di 91

10.2.3.5. Inviluppo V13 – max



10.2.3.6. Inviluppo V13 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

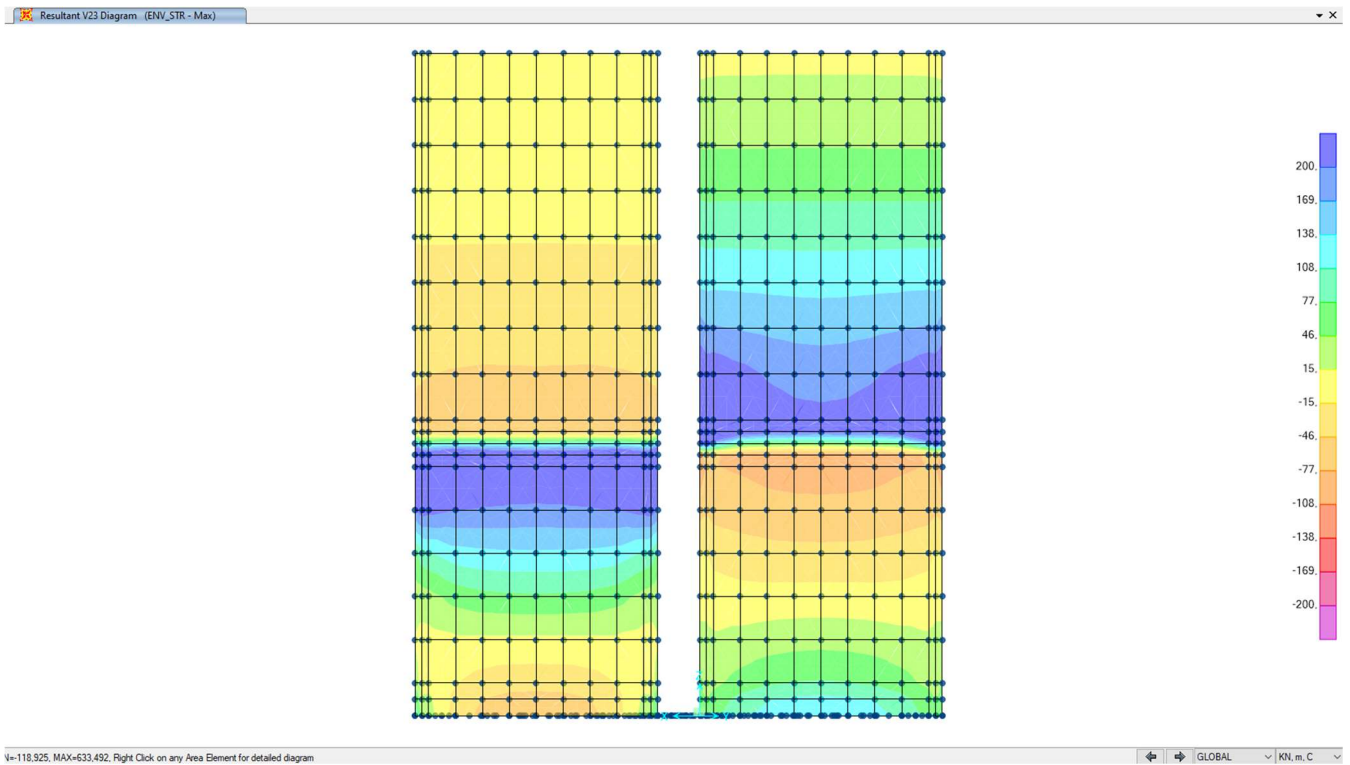
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

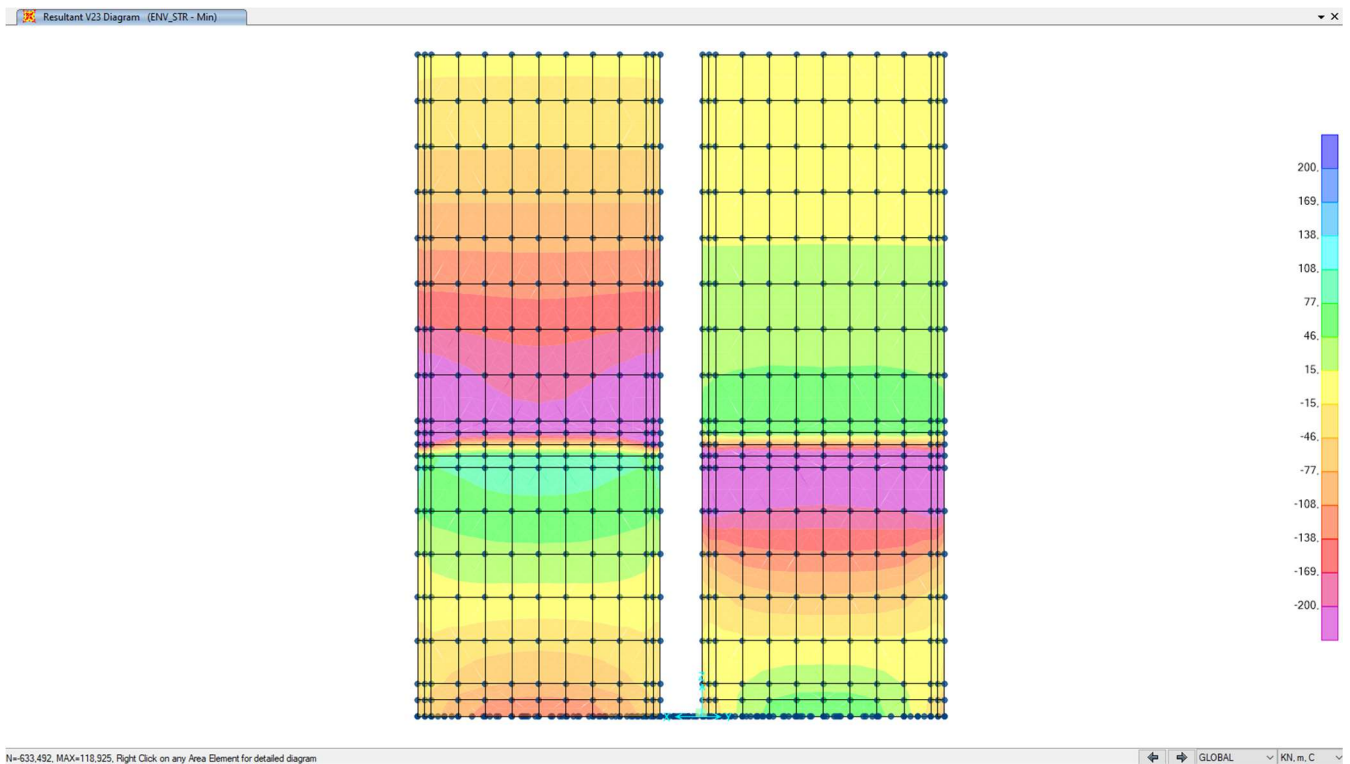
Rev.
A

Foglio
49 di 91

10.2.3.7. Inviluppo V23 – max



10.2.3.8. Inviluppo V23 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

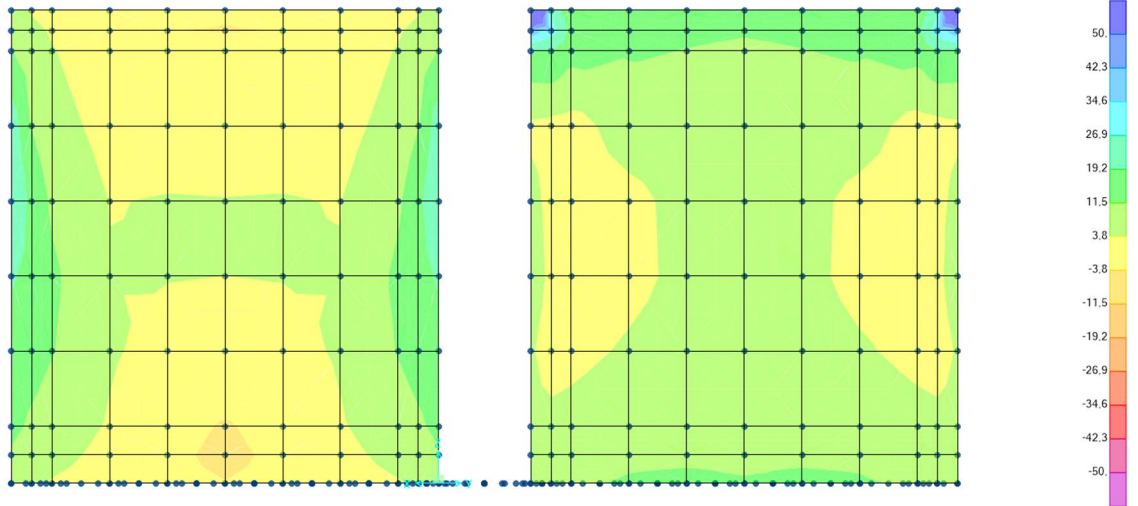
Rev.
A

Foglio
50 di 91

10.2.4. Involuppi parete nord/ parete sud

10.2.4.1. Involuppo M11 – max

Resultant M11 Diagram (ENV_STR - Max)

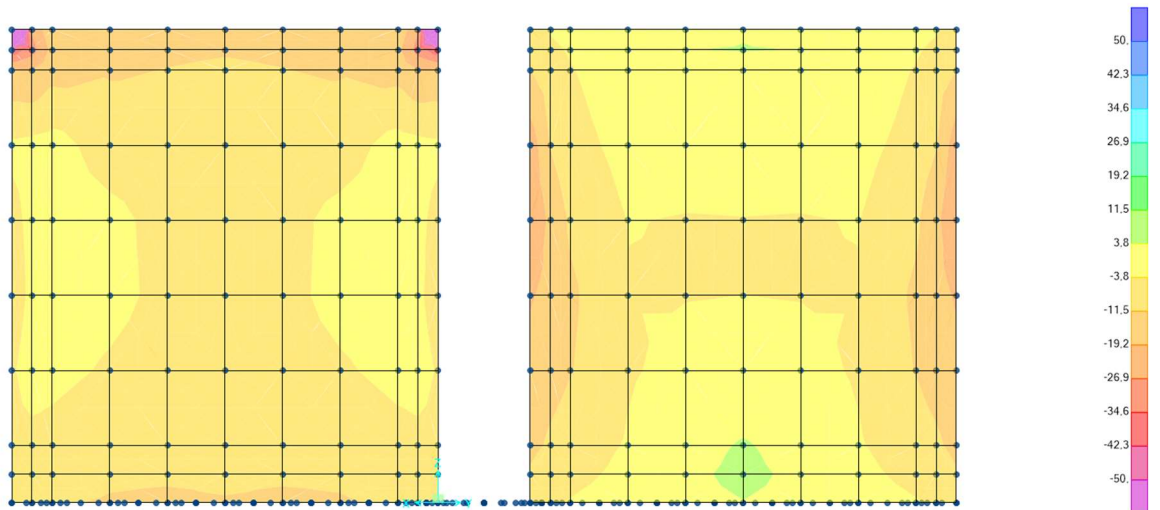


x=55.23, MAX=240.321, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.4.2. Involuppo M11 – min

Resultant M11 Diagram (ENV_STR - Min)



N=133.133, MAX=42.446, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

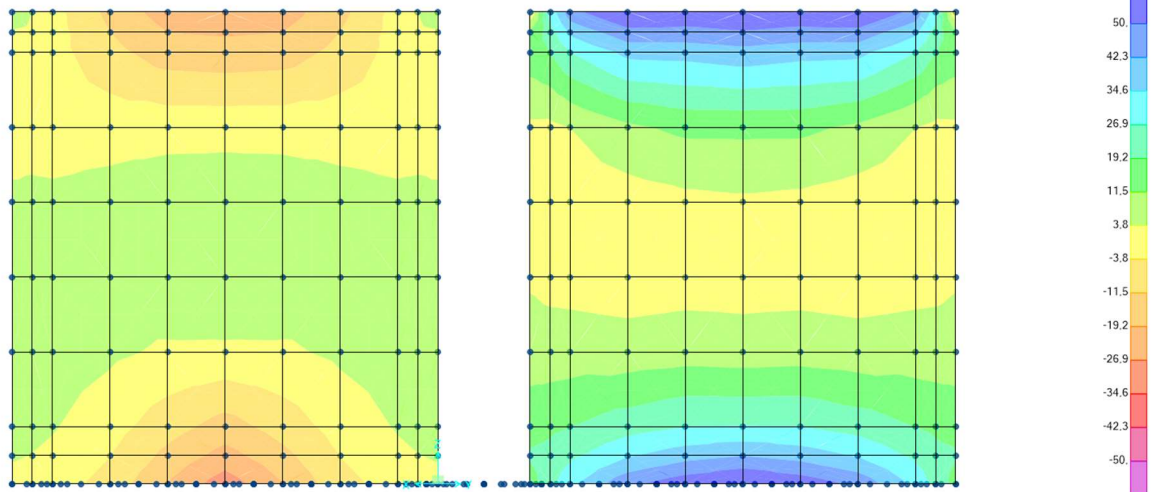
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
51 di 91

10.2.4.3. Inviluppo M22 – max

Resultant M22 Diagram (ENV_STR - Max) x

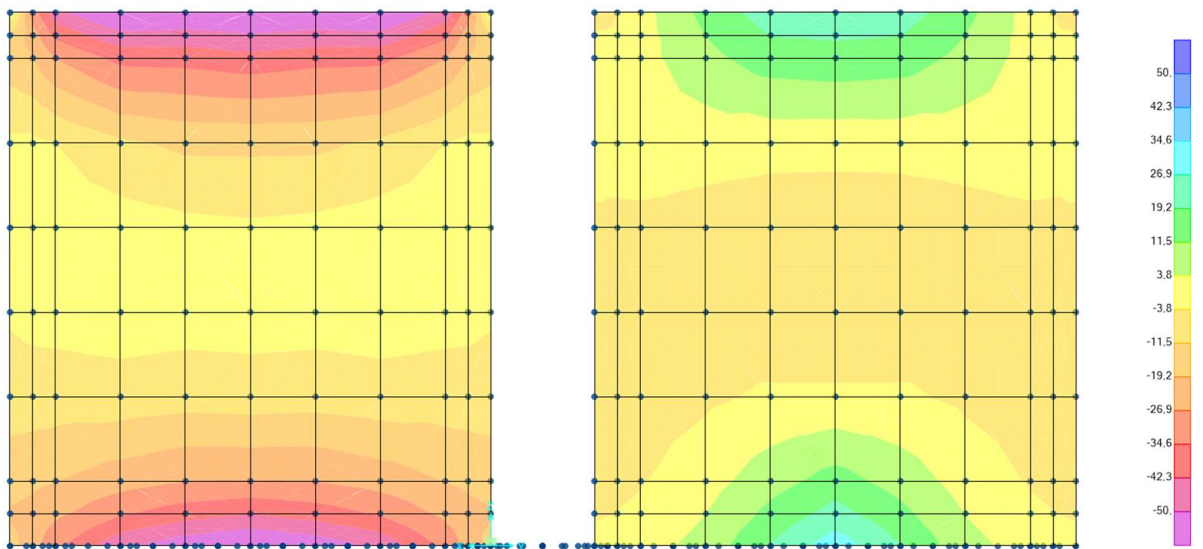


N=108.56, MAX=547.009, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.4.4. Inviluppo M22 – min

Resultant M22 Diagram (ENV_STR - Min) x



N=547.009, MAX=108.56, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

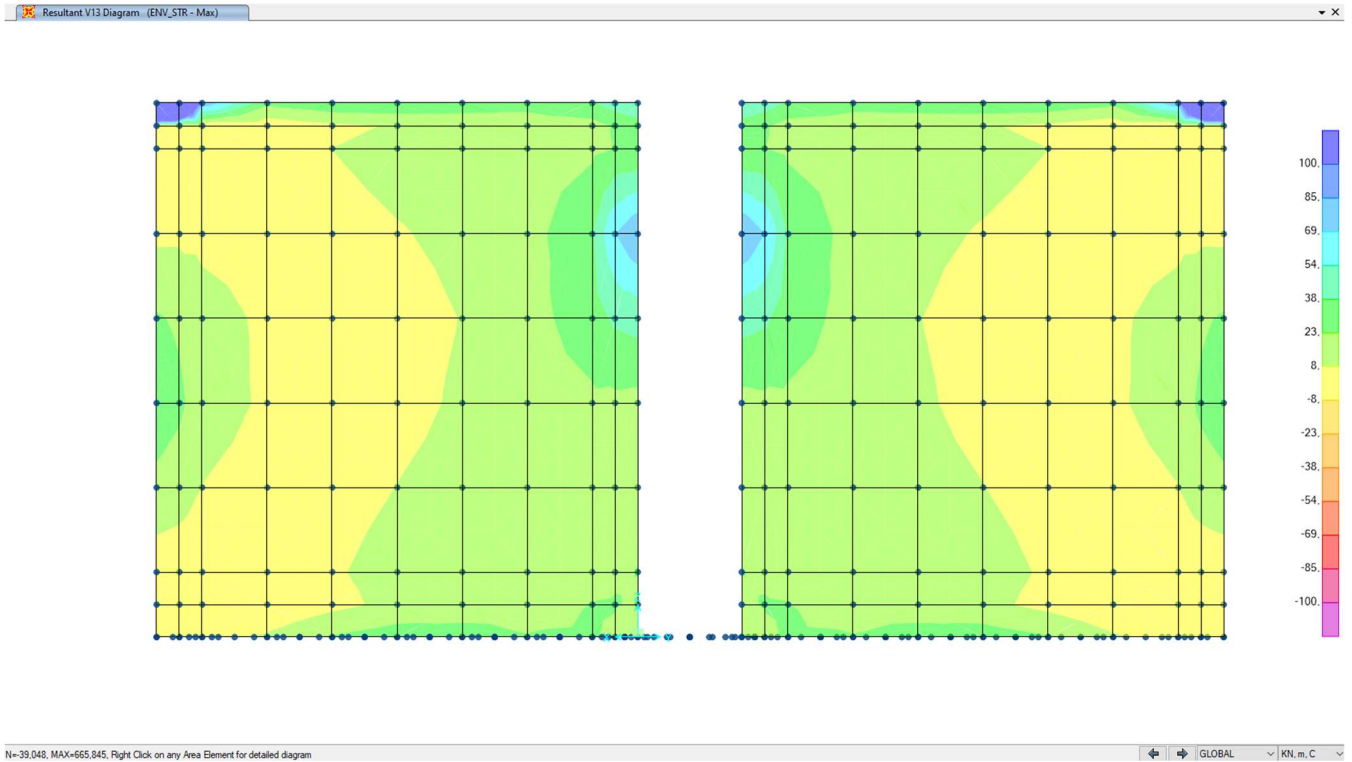
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

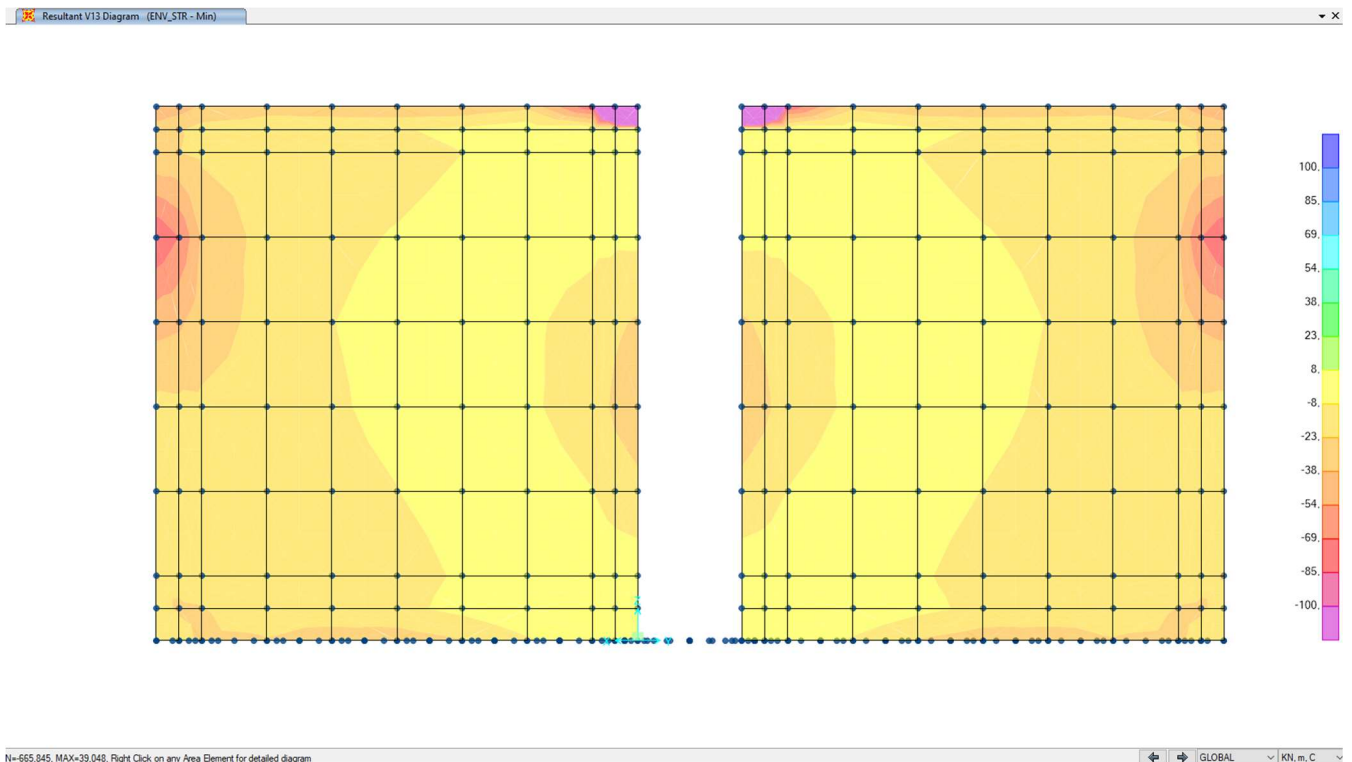
Rev.
A

Foglio
52 di 91

10.2.4.5. Inviluppo V13 – max



10.2.4.6. Inviluppo V13 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

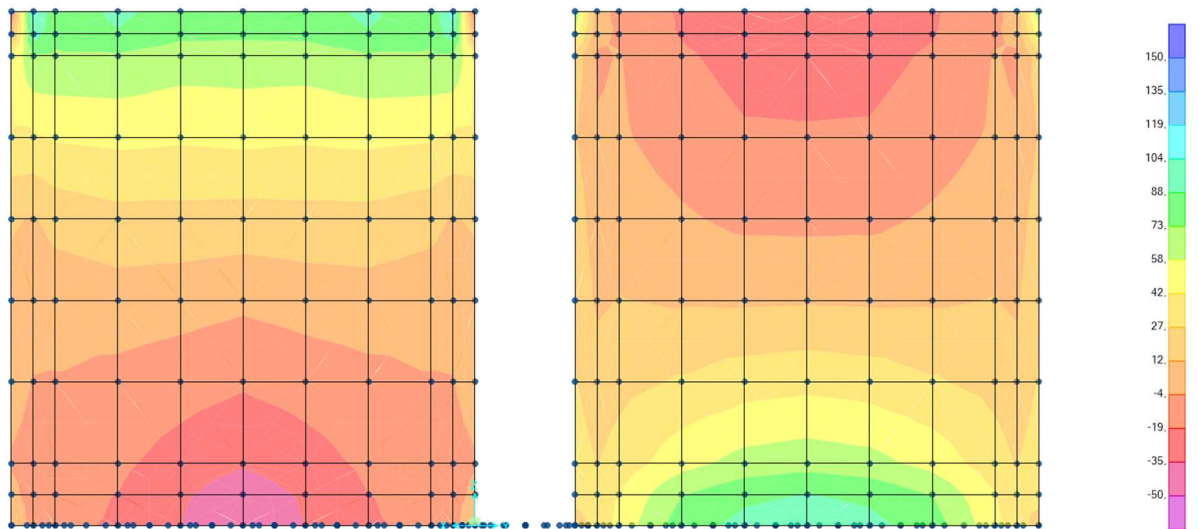
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
53 di 91

10.2.4.7. Inviluppo V23 – max

Resultant V23 Diagram (ENV_STR - Max)

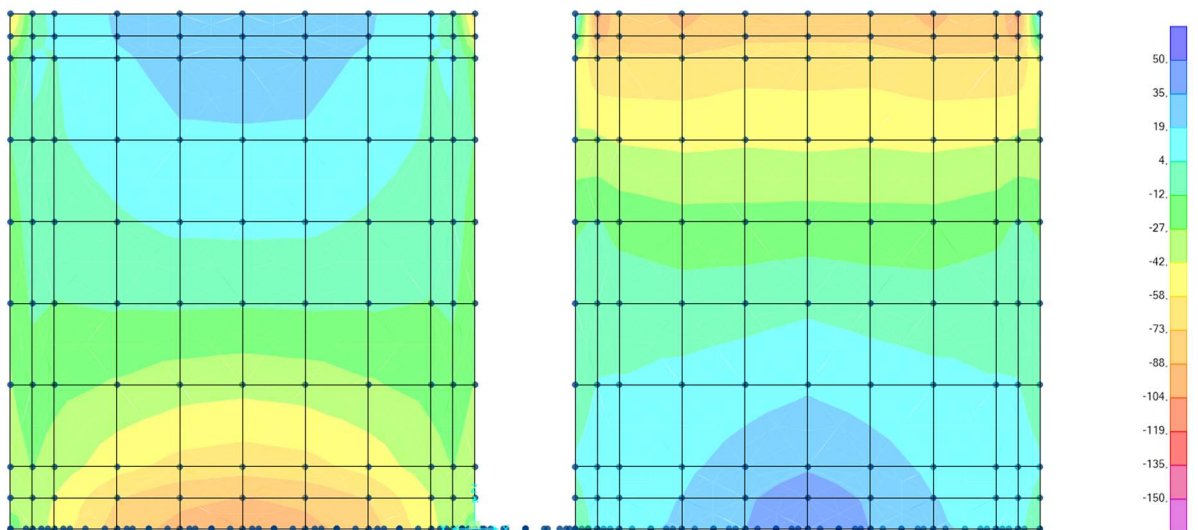


N=-118,925, MAX=633,492. Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.2.4.8. Inviluppo V23 – min

Resultant V23 Diagram (ENV_STR - Min)



N=633,492, MAX=-118,925. Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

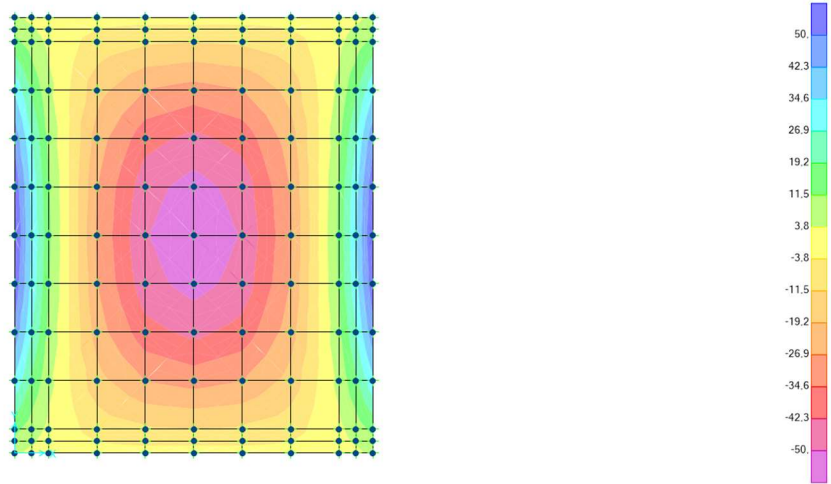
Foglio
54 di 91

10.3. Diagrammi di involucro SLE

10.3.1. Involuppi fondazione

10.3.1.1. Involuppo QP – M11

Resultant M11 Diagram (QP1)

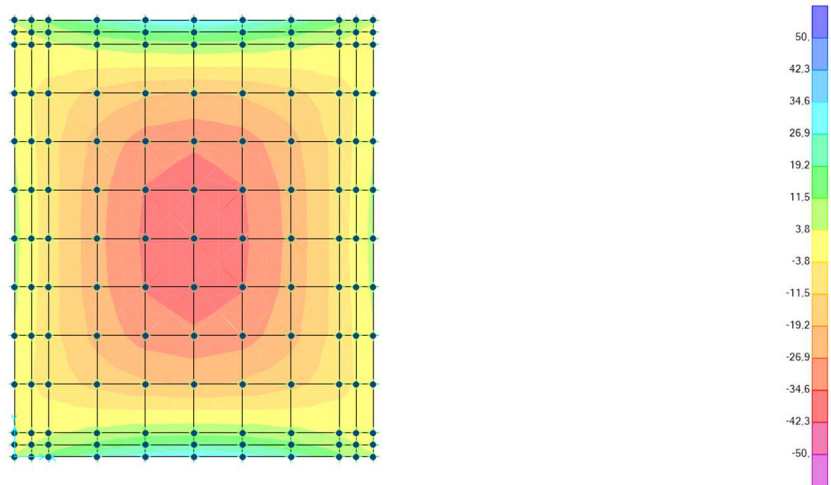


N=56,046, MAX=58,661, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.1.2. Involuppo QP – M22

Resultant M22 Diagram (QP1)

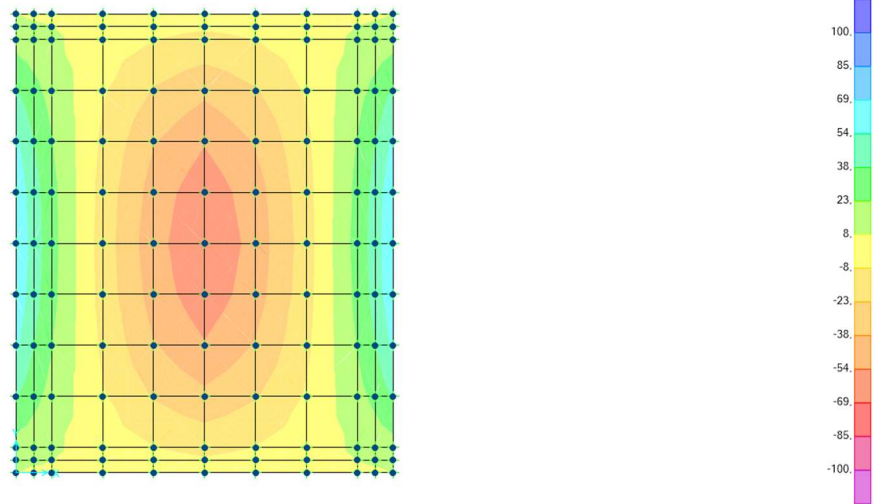


N=138,139, MAX=138,139, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.1.3. Inviluppo CAR – M11 – max

Resultant M11 Diagram (ENV_CAR - Max) x

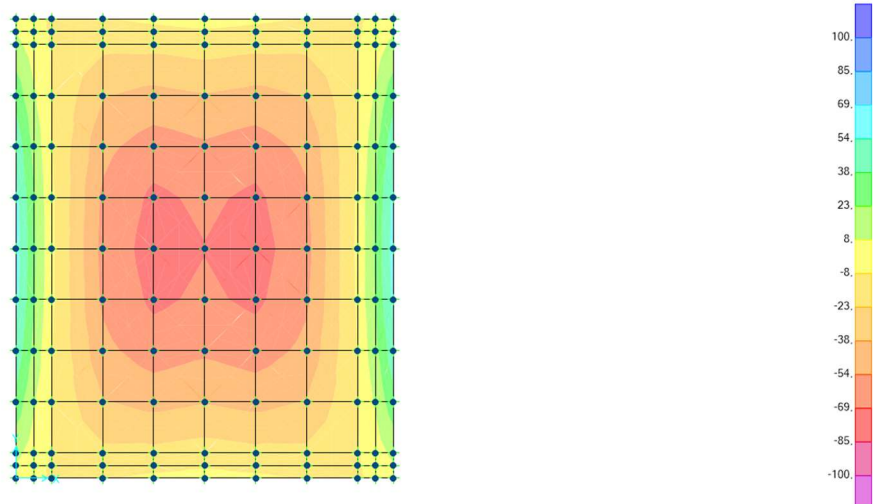


N=68.806, MAX=101.156, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.1.4. Inviluppo CAR – M11 – min

Resultant M11 Diagram (ENV_CAR - Min) x



N=76.065, MAX=61.168, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

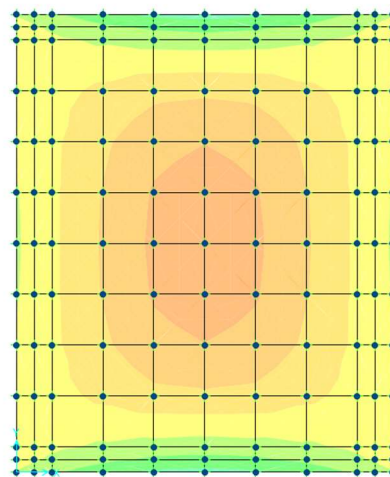
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
56 di 91

10.3.1.5. Inviluppo CAR – M22 – max

Resultant M22 Diagram (ENV_CAR - Max)

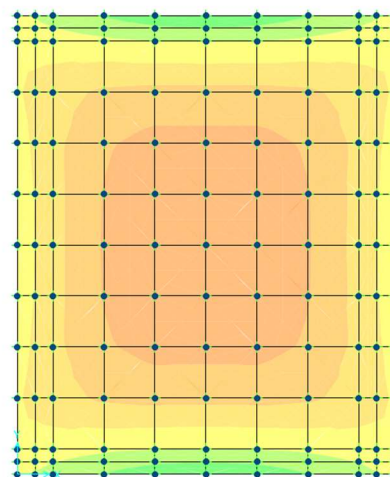


N=-140,442, MAX=243,301, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.1.6. Inviluppo CAR – M22 – min

Resultant M22 Diagram (ENV_CAR - Min)



N=-243,301, MAX=140,442, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

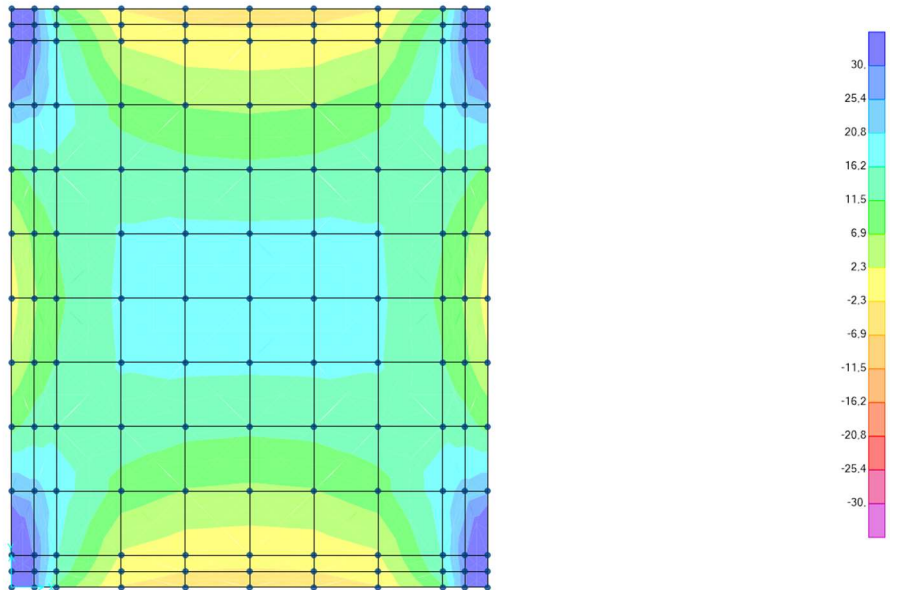
Rev.
A

Foglio
57 di 91

10.3.2. Involuppi soletta carrabile

10.3.2.1. Involuppo QP – M11

Resultant M11 Diagram (QP1) x

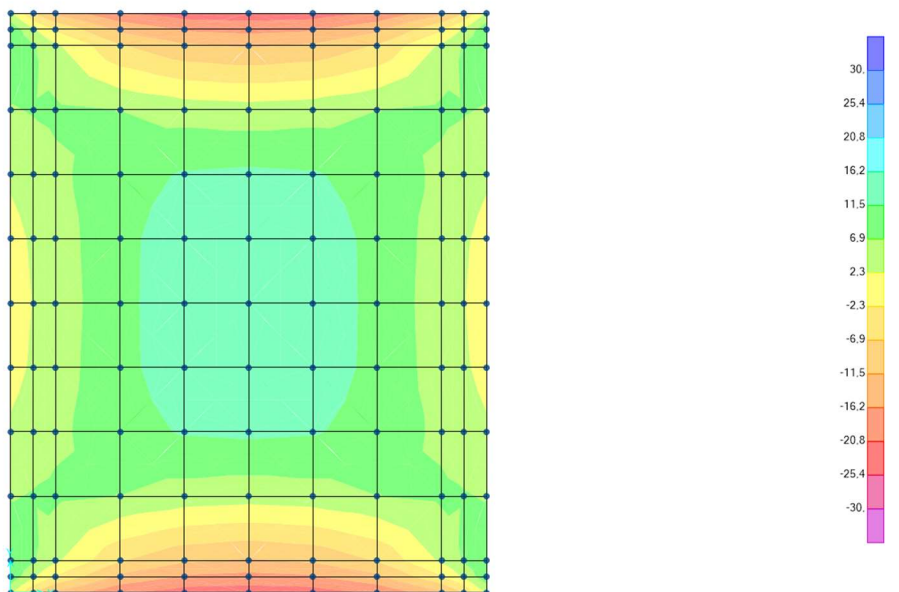


N=56,046, MAX=58,661, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.2.2. Involuppo QP – M22

Resultant M22 Diagram (QP1) x



N=138,139, MAX=138,139, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

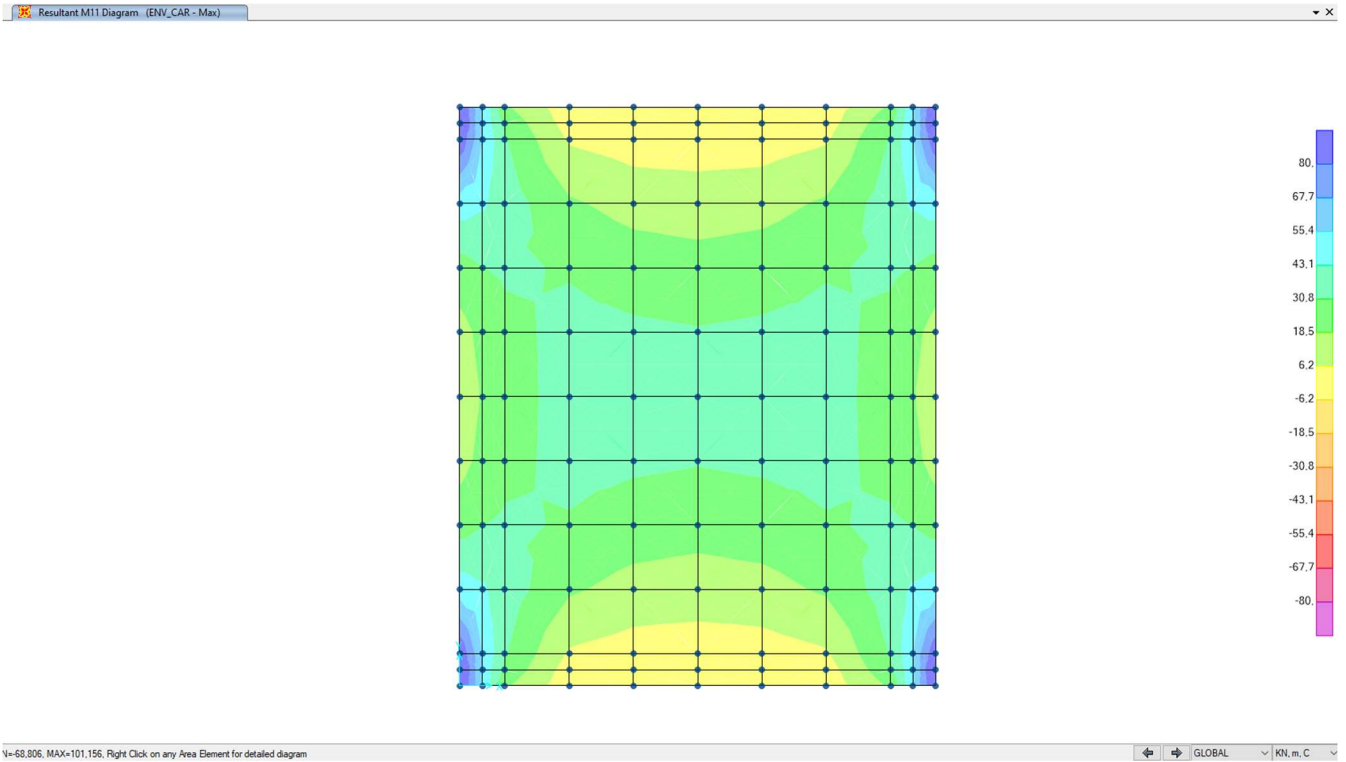
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

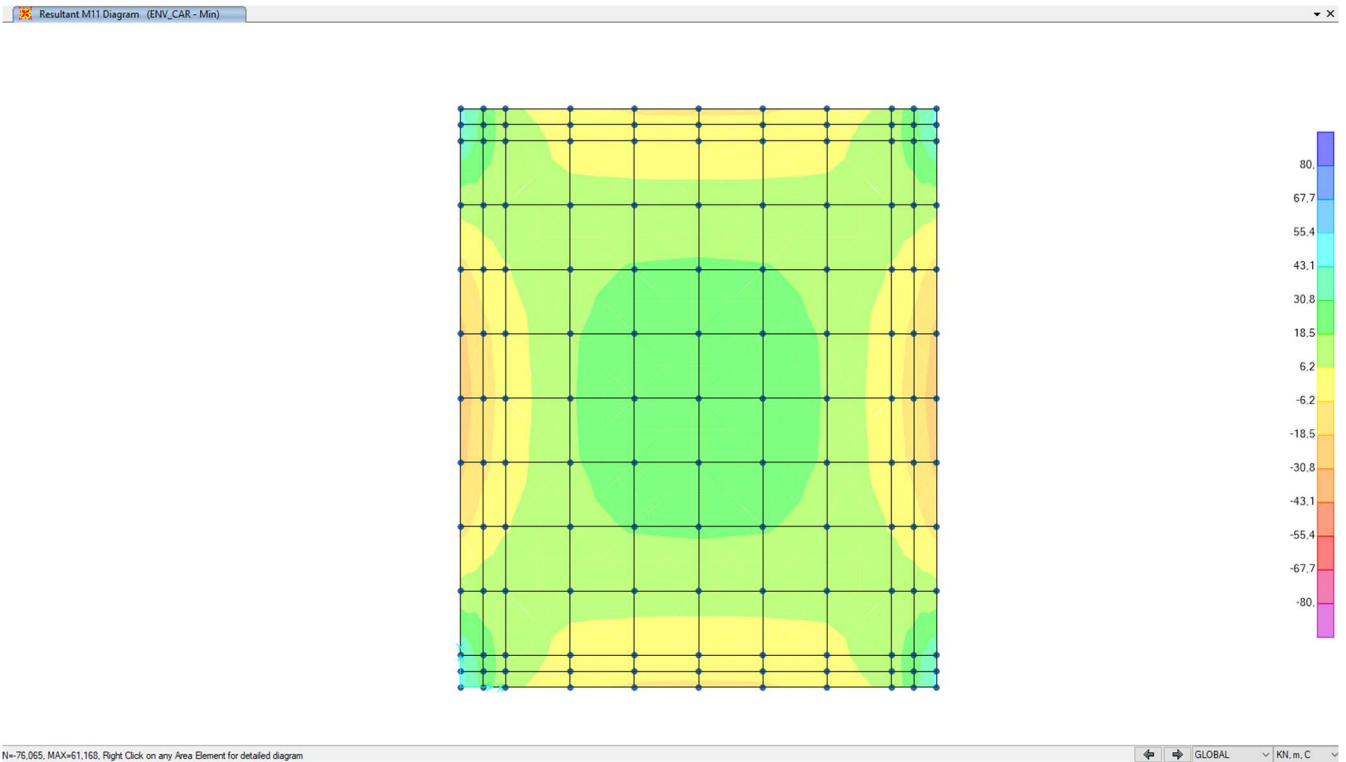
Rev.
A

Foglio
58 di 91

10.3.2.3. Inviluppo CAR – M11 – max



10.3.2.4. Inviluppo CAR – M11 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

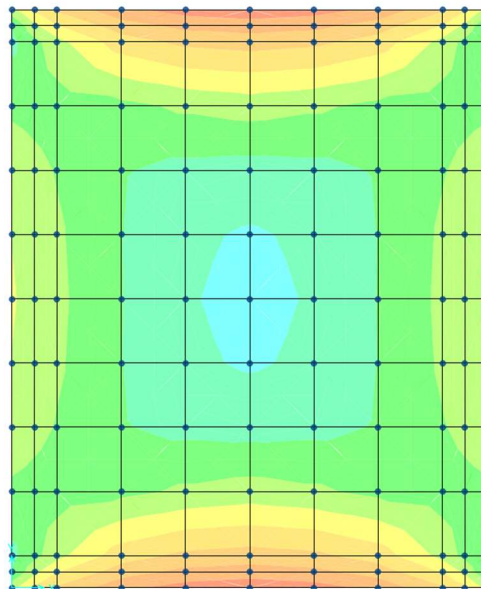
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
59 di 91

10.3.2.5. Inviluppo CAR – M22 – max

Resultant M22 Diagram (ENV_CAR - Max)

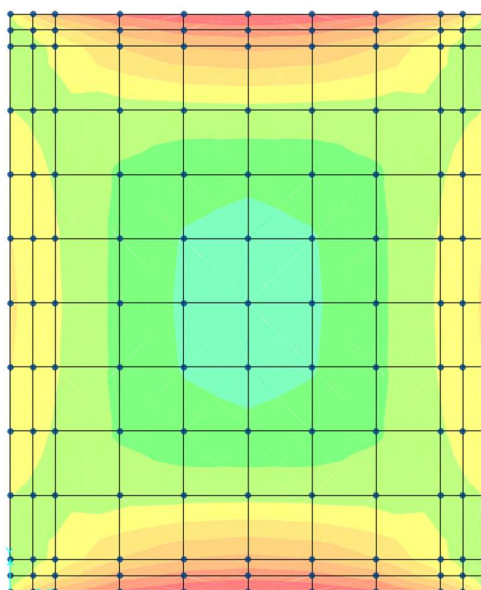


N=-140,442, MAX=243,301, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.2.6. Inviluppo CAR – M22 – min

Resultant M22 Diagram (ENV_CAR - Min)



N=-243,301, MAX=140,442, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

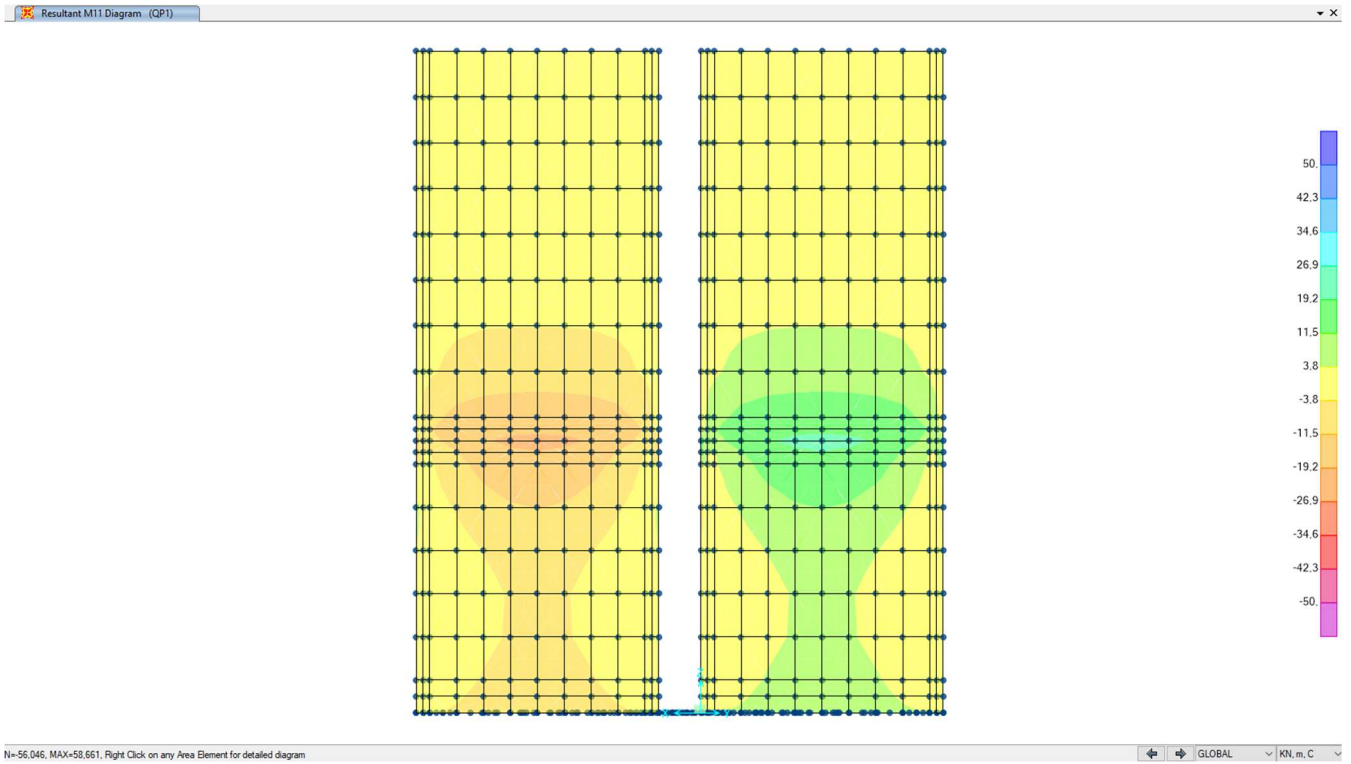
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

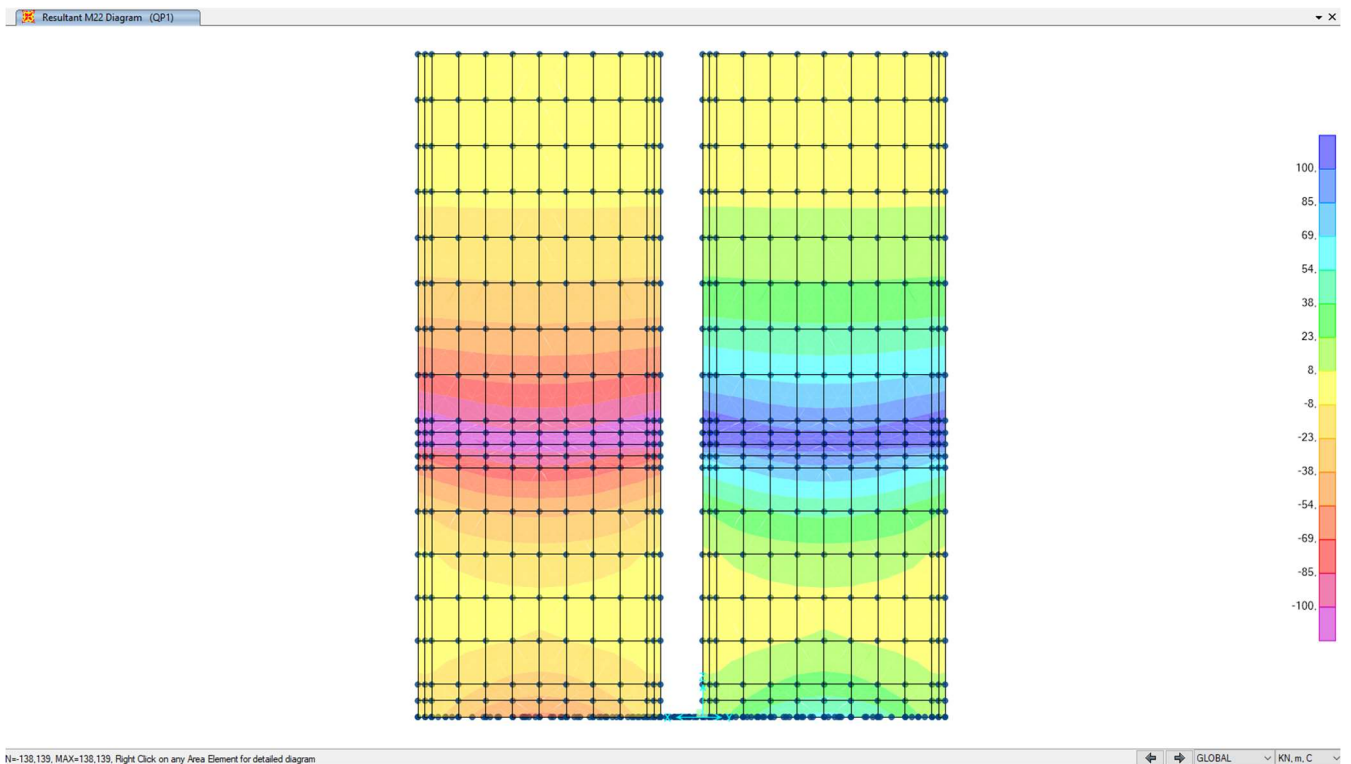
Foglio
60 di 91

10.3.3. Involuppi parete est/ parete ovest

10.3.3.1. Involuppo QP – M11



10.3.3.2. Involuppo QP – M22 – max



Doc. N.

Progetto
INOR

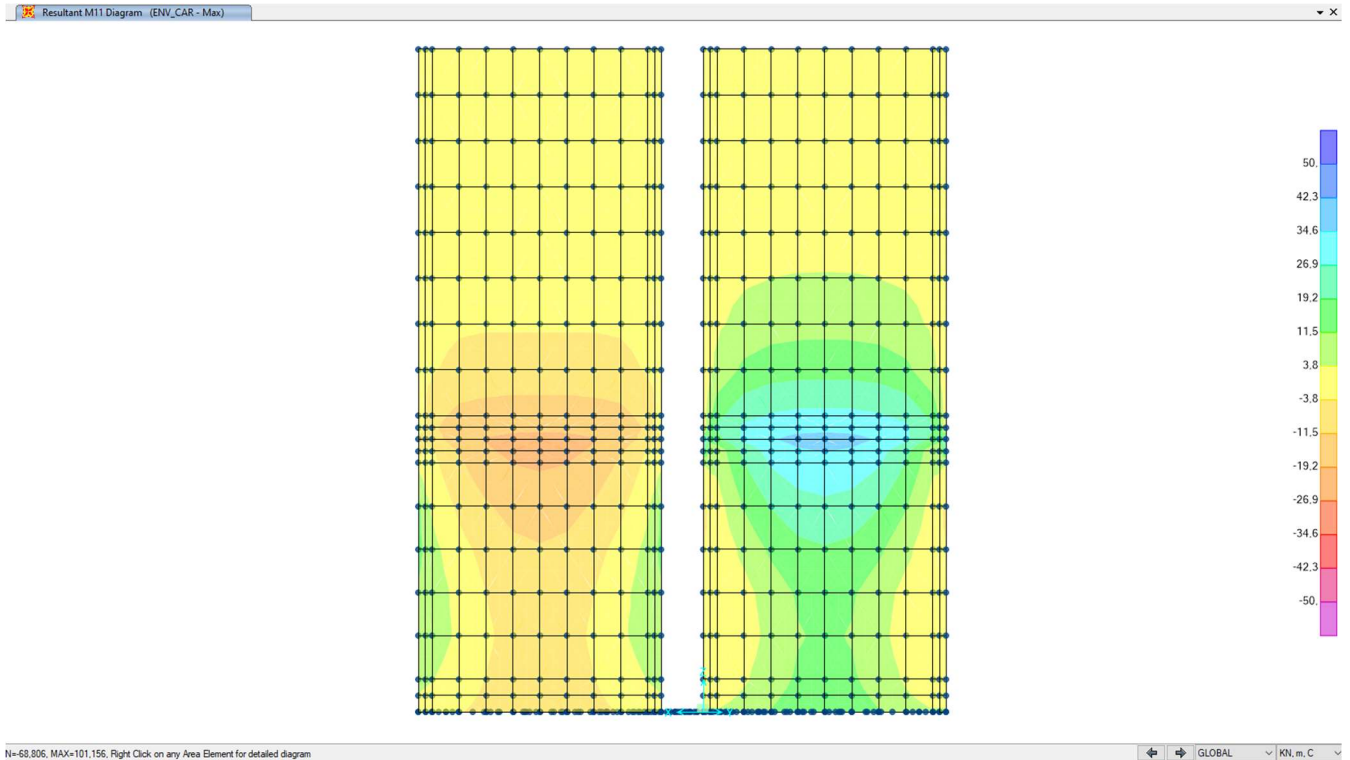
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

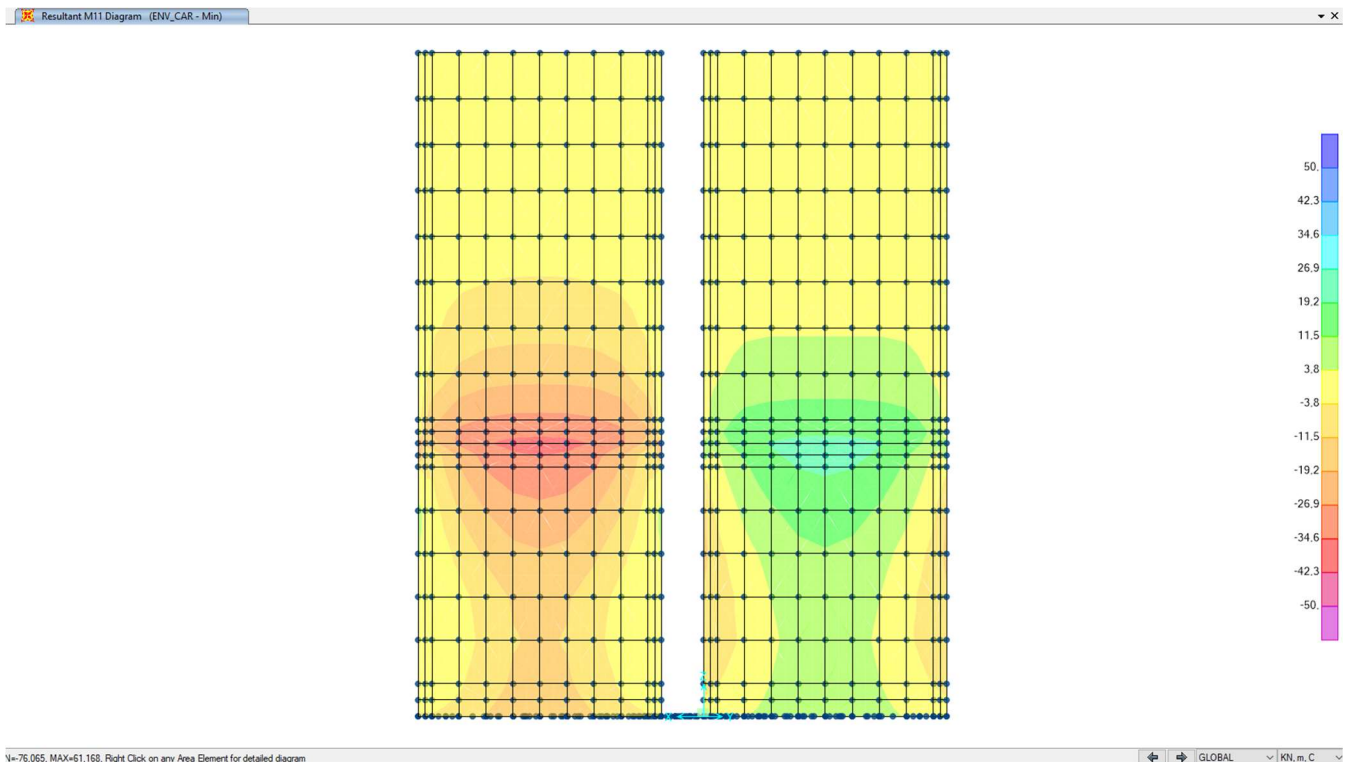
Rev.
A

Foglio
61 di 91

10.3.3.3. Inviluppo CAR – M11 – max



10.3.3.4. Inviluppo CAR – M11 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

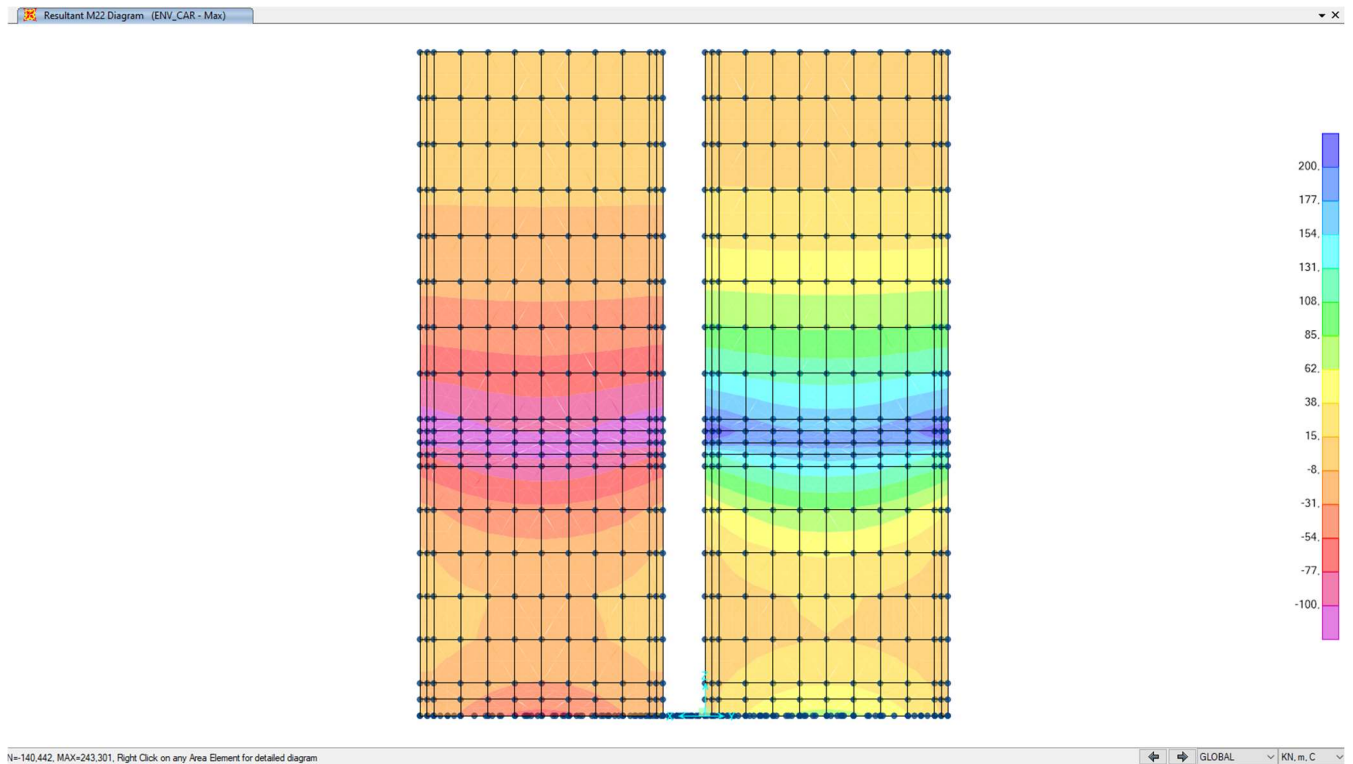
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

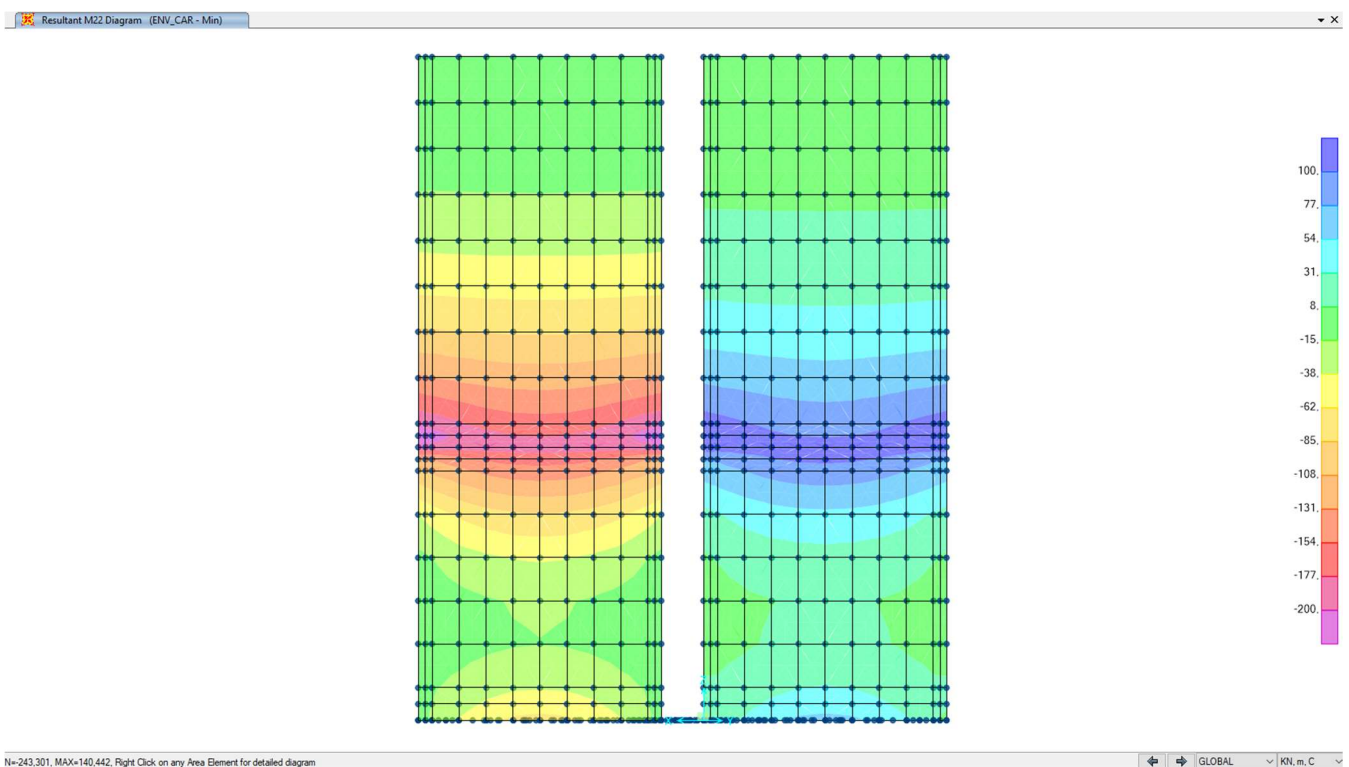
Rev.
A

Foglio
62 di 91

10.3.3.5. Inviluppo CAR – M22 – max



10.3.3.6. Inviluppo CAR – M22 – min



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

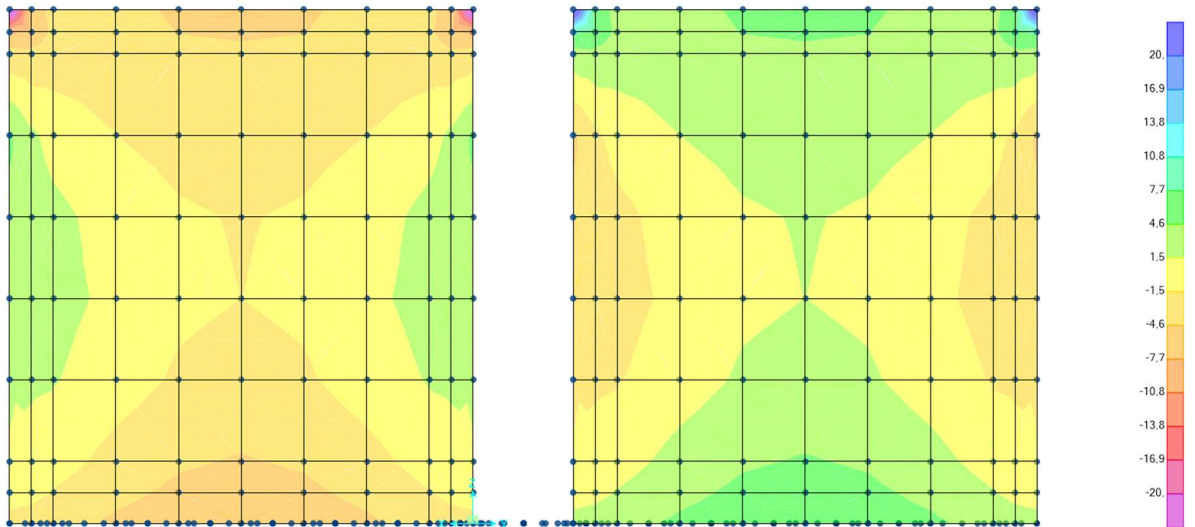
Rev.
A

Foglio
63 di 91

10.3.4. Involuppi parete nord/ parete sud

10.3.4.1. Involuppo QP – M11

Resultant M11 Diagram (QP1)

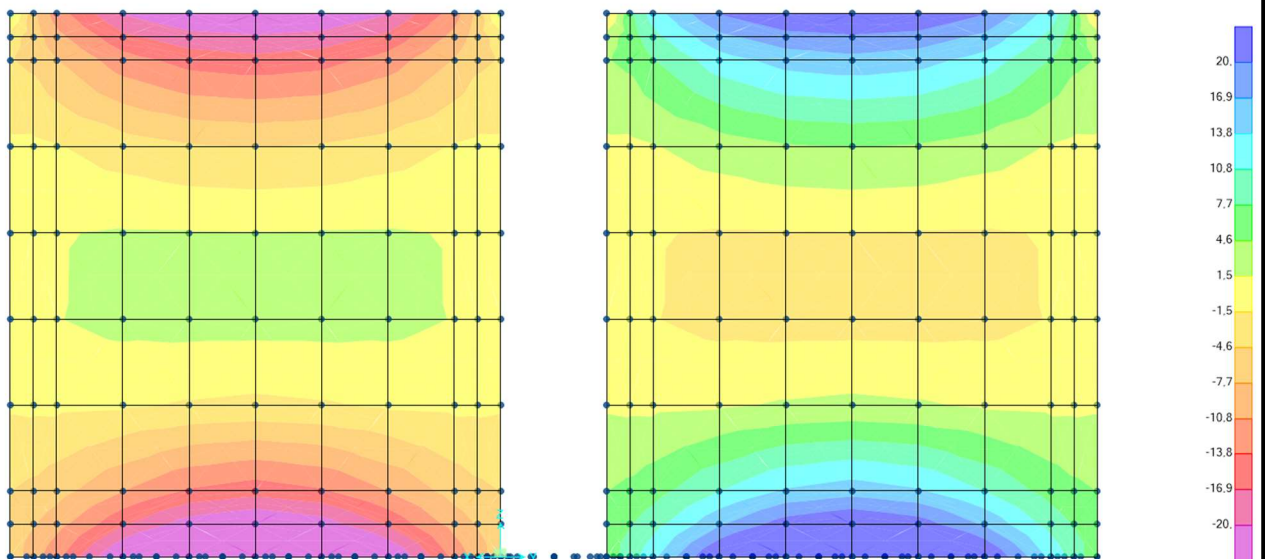


V=56,046, MAX=58,661, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.4.2. Involuppo QP – M22

Resultant M22 Diagram (QP1)



N=138,139, MAX=138,139, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

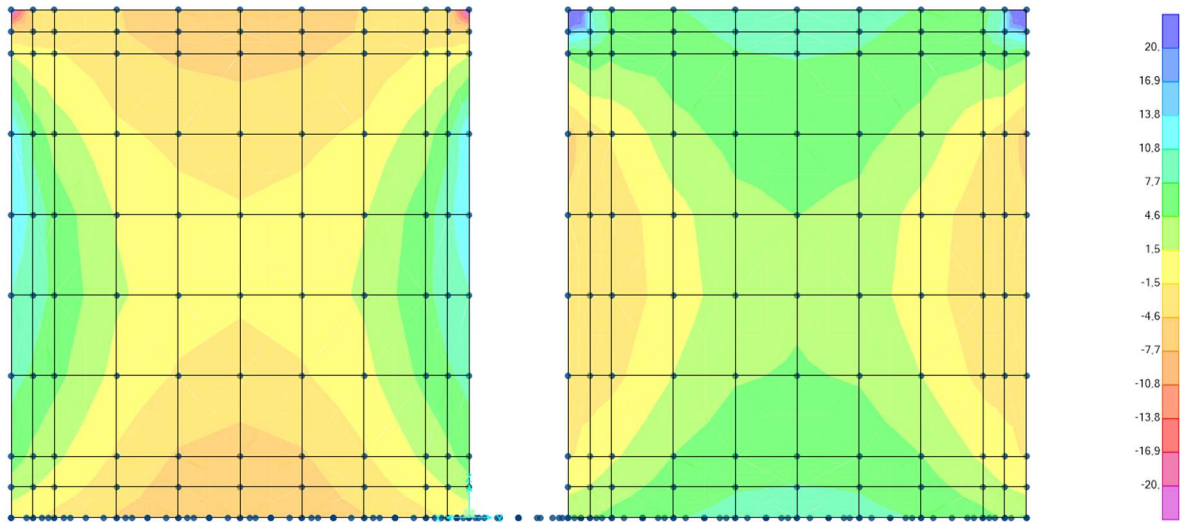
Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
64 di 91

10.3.4.3. Inviluppo CAR – M11 – max

Resultant M11 Diagram (ENV_CAR - Max)

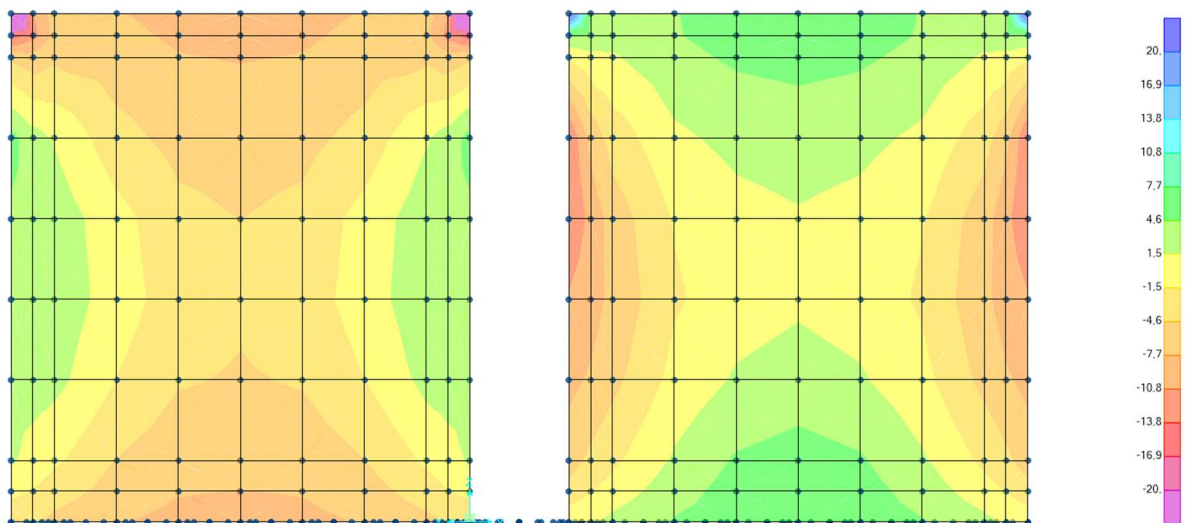


N=-68,806, MAX=101,156, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

10.3.4.4. Inviluppo CAR – M11 – min

Resultant M11 Diagram (ENV_CAR - Min)



N=-76,065, MAX=61,168, Right Click on any Area Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

Doc. N.

Progetto
INOR

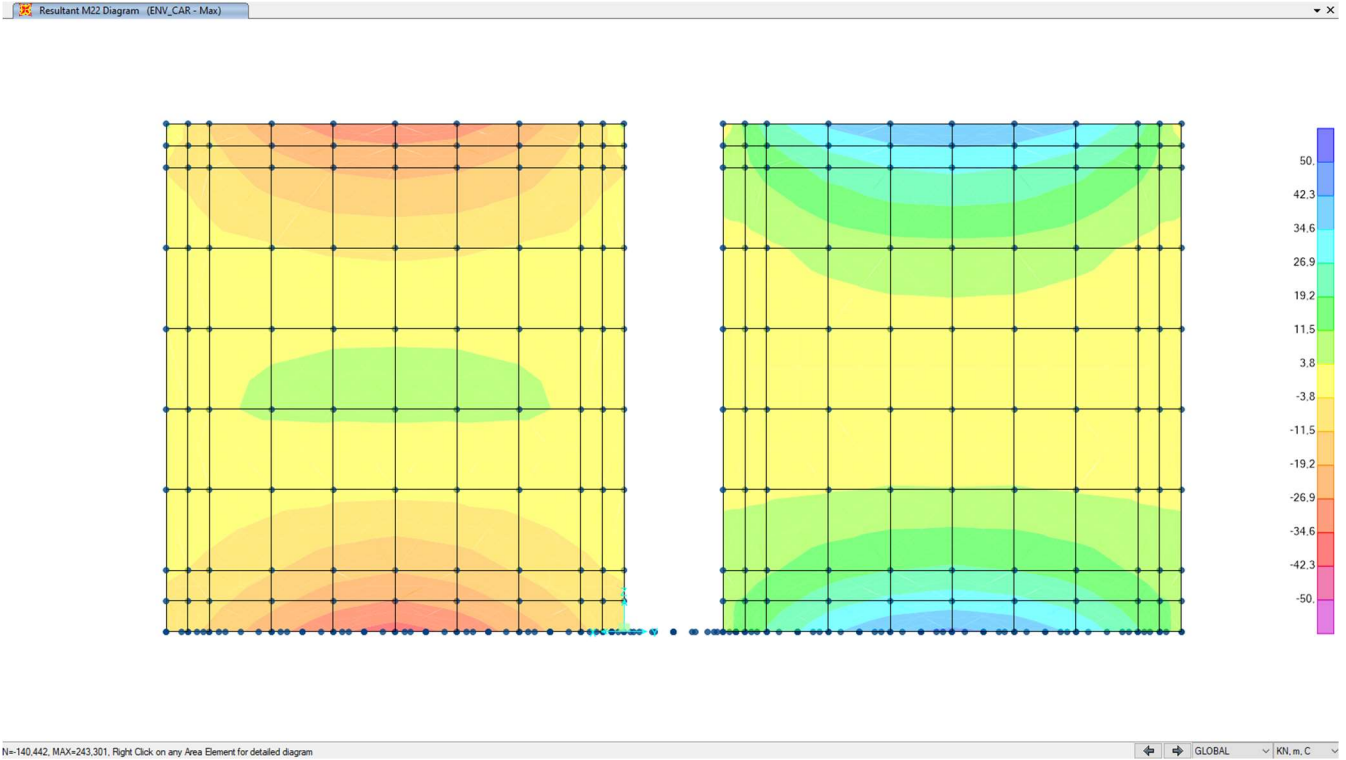
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

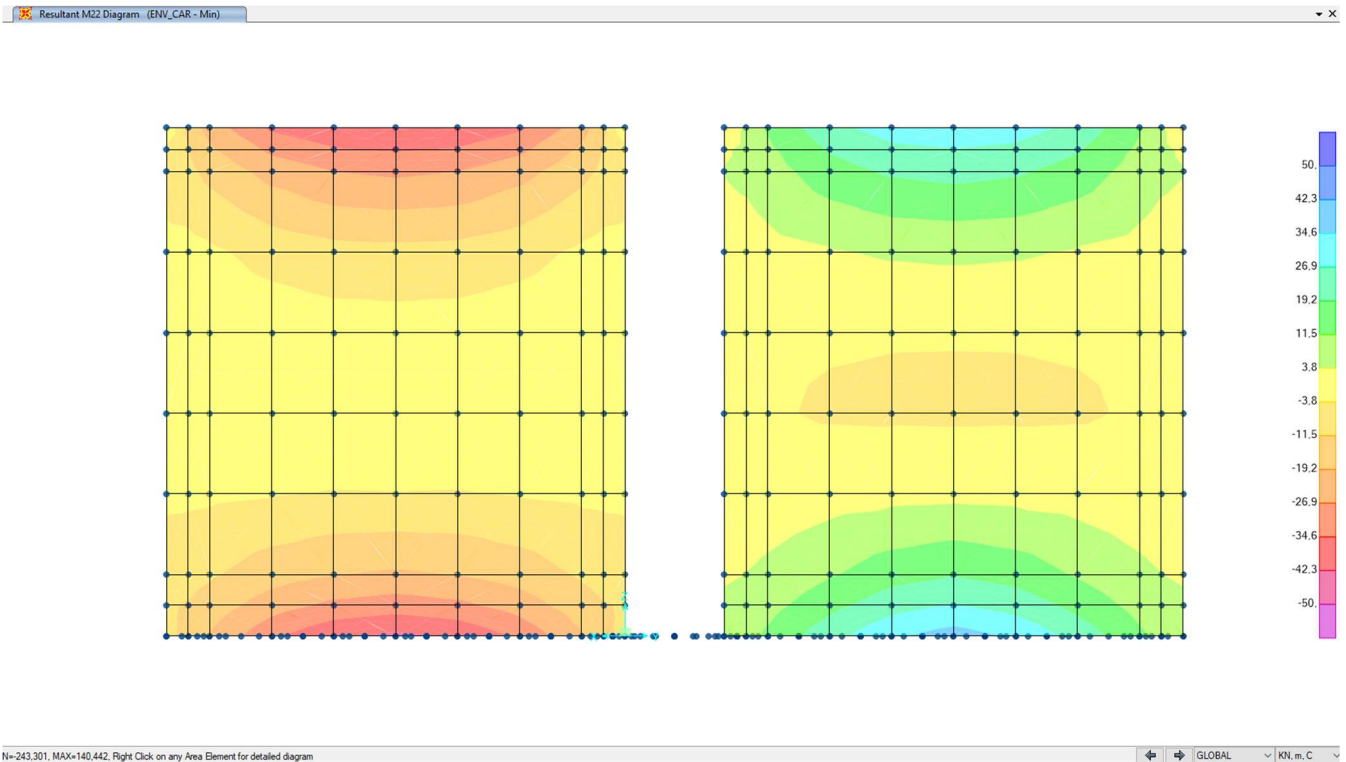
Rev.
A

Foglio
65 di 91

10.3.4.5. Inviluppo CAR – M22 – max



10.3.4.6. Inviluppo CAR – M22 – min



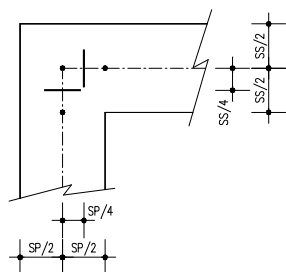
11. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

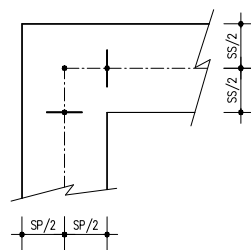
Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione e a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.



VERIFICHE A FLESSIONE



VERIFICHE A FESSURAZIONE E TAGLIO

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D. M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Le verifiche a taglio sono svolte considerando il puntone in calcestruzzo inclinato di 45° e staffe verticali.

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

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alla Combinazioni Rara della normativa vigente sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili sono:

- condizioni ambientali aggressive e molto aggressive: $w_k \leq w_3 = 0.20\text{mm}$
- condizioni ambientali ordinarie: $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio: si verifica che le tensioni di lavoro presenti nel calcestruzzo siano inferiori ai seguenti limiti:

- combinazione QP $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$;
- combinazione Rara $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$,

e che le tensioni di lavoro presenti nell'acciaio siano $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$.

11.1. Fondazione

| CARATTERISTICHE MATERIALI | | | | | |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|--------------------|
| Calcestruzzo: | | | | | |
| Classe | C35/45 | | | | |
| R_{ck} | 45,00 N/mm ² | | |  | |
| f_{ck} | 37,35 N/mm ² | | | | |
| f_{cm} | 45,35 N/mm ² | | | | |
| f_{ctm} | 3,35 N/mm ² | | | | |
| $f_{ctk,0.05}$ | 2,35 N/mm ² | | | | |
| $f_{ctk,0.95}$ | 4,36 N/mm ² | | | | |
| f_{ctm} | 4,02 N/mm ² | | | | |
| E_{cm} | 34625,49 N/mm ² | | | | |
| ϵ_{c2} | 0,200 % | | | | |
| ϵ_{c3} | 0,175 % | | | | |
| ϵ_{c4} | 0,070 % | | | | |
| ϵ_{cu} | 0,350 % | | | | |
| n | 2,000 | | | | |
| tipo cemento | N | | | | |
| Acciaio: | | | | | |
| Classe | B450C | | |  | |
| Tipologia comportamentale | EL-PL | | | | |
| $k = (f_t/f_y)_k$ | 1 | | | | |
| f_{yk} | 450 N/mm ² | | | | |
| f_{tk} | 540 N/mm ² | | | | |
| E_s | 200000 N/mm ² | | | | |
| ϵ_{su} | 7,500 % | | | | |
| Coefficiente di omogenizzazione: | | | | | |
| n, breve termine | 5,50 = E_s/E_c | | | | |
| umidità relativa | 75 % | | | | |
| giorno app. carico | 15 giorni | | | | |
| periodo lungo termine | 50 anni | | | | |
| coefficiente di viscosità | 1,89 | | | | |
| n, lungo termine = | 10,39 = E_s/E_{cm} | | | | |
| n, verifiche QP | 15,0 = E_s/E_{cm} | lungo termine | | | |
| n, verifiche CAR | 15,0 = E_s/E_{cm} | breve termine | | | |
| CARATTERISTICHE SEZIONE | | | | | |
| Sezione: | | | | | |
| B= | 1000 mm | | |  | |
| H= | 700 mm | | | | |
| Armature: | | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y _i mm | | As mm ² |
| 1 | 5 | 20 | 90 | | 1570,7963 |
| 2 | 5 | 20 | 610 | | 1570,7963 |
| 3 | | | | | 0 |
| 4 | | | | | 0 |
| 5 | | | | | 0 |
| 6 | | | | | 0 |
| 7 | | | | 0 | |
| 8 | | | | 0 | |
| 9 | | | | 0 | |
| 10 | | | | 0 | |
| Armatura di ripartizione: | | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y _i mm | As mm ² | |
| superiore | 5 | 20 | 70 | 1570,7963 | |
| inferiore | 5 | 20 | 630 | 1570,7963 | |

11.1.3. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

| CALCESTRUZZO | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|
| Calcestruzzo | | C35/45 |
| Resistenza cubica caratteristica | R _{ck} | 45,00 Mpa |
| Resistenza cilindrica caratteristica | f _{ck} | 37,35 Mpa |

| ACCIAIO | |
|--|---------|
| Tipologia | B450C |
| Resistenza caratteristica allo snervamento | 450 Mpa |

| COEFFICIENTI MATERIALE | | |
|---|-----------------|------|
| Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo | γ _c | 1,50 |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata | α _{cc} | 0,85 |
| Coefficiente di sicurezza per l'acciaio | γ _s | 1,15 |

| GEOMETRIA SEZIONE C.A. | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Base | b | 1000 mm | | | |
| Altezza | h | 700 mm | | | |
| Barre tese | | numero barre | diametro barre [mm] | copriferro in asse barra [mm] | Area barre [mm ²] |
| strato1 | | 5 | 20 | 70 | 1571 |
| strato2 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato3 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato4 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato5 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Area barre tese | A _s | 1571 mm ² | | | |
| Posizione della barra equivalente | c* | 70 mm | | | |

| SOLLECITAZIONI | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| Load Case | | SLU1 |
| Shell/nodo | | 53/70 |
| Azione assiale (+ di compressione) | N _{Ed} | 0 kN |
| Taglio | V _{Ed} | 163,01 kN |

| VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO | | |
|---|-----------------------|----------------------------------|
| Altezza utile della sezione | d | 630 mm |
| Coefficiente | k | 1,56 |
| Rapporto di armatura longitudinale | ρ _l | 0,25% |
| Tensione assiale media | σ _{cp} | 0,00 N/mm ² |
| | 0.2 x f _{cd} | 4,23 N/mm ² |
| | v _{min} | 0,42 N/mm ² |
| Resistenza al taglio minima | V _{rd,min} | 263,44 kN |
| Resistenza al taglio senza armatura | V_{rd} | 263,44 kN |
| Verifica | | 0,62 Verifica soddisfatta |

11.1.4. Verifiche allo stato limite di esercizio M11

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condiz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | Limite σ _c / fck | Limite σ _s / fyk | σ _{c,max} [N/mm ²] | σ _{s,max} [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | w_d [mm] | w_{lim} [mm] | M0 - Mf [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR1 | 54/71 | 0,0 | 76,1 | Msd<Mf | 0,200 | 253,55 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | σ _{c,min} [N/mm ²] | σ _{s,max} [N/mm ²] | σ _{s,min} [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 55/72 | 0,0 | 56,1 | -1,27 | 63,89 | -6,87 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR1 | 54/71 | 0,0 | 76,1 | -1,73 | 86,70 | -9,33 | Sezione parzializzata | |

11.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio M22

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condiz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| | Limite | Limite | $\sigma_{c,max}$ | $\sigma_{s,max}$ | | | | | |
| Combinazione | σ_c / f_{ck} | σ_s / f_{yk} | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | w _d [mm] | w _{lim} [mm] | M0 - Mf [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR6 | 55/72 | 0,0 | 52,4 | Msd<Mf | 0,200 | 257,61 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | $\sigma_{c,min}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,max}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,min}$ [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 55/72 | 0,0 | 40,1 | -0,84 | 44,07 | -6,35 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR1 | 55/72 | 0,0 | 52,4 | -1,10 | 57,48 | -8,28 | Sezione parzializzata | |

Doc. N.

Progetto
INOR

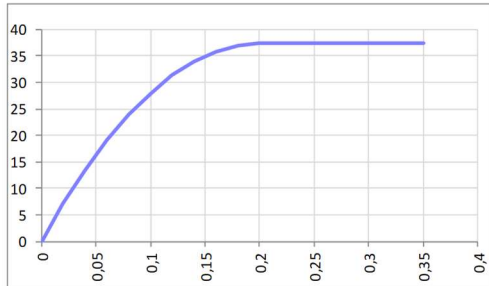
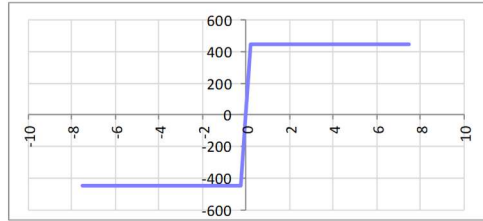
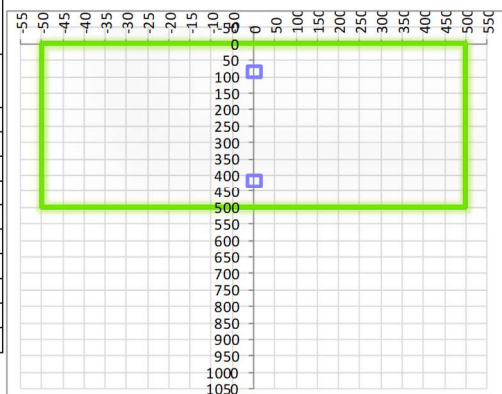
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
73 di 91

11.2. Soletta carrabile

| CARATTERISTICHE MATERIALI | | | | |
|--|----------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|
| Calcestruzzo: | | | | |
| Classe | C35/45 | | | |
| R_{ck} | 45,00 N/mm ² | | | |
| f_{ck} | 37,35 N/mm ² | | | |
| f_{cm} | 45,35 N/mm ² | | | |
| f_{ctm} | 3,35 N/mm ² | | | |
| $f_{ctk,0.05}$ | 2,35 N/mm ² | | | |
| $f_{ctk,0.95}$ | 4,36 N/mm ² | | | |
| f_{ctm} | 4,02 N/mm ² | | | |
| E_{cm} | 34625,49 N/mm ² | | | |
| ϵ_{c2} | 0,200 % | | | |
| ϵ_{c3} | 0,175 % | | | |
| ϵ_{c4} | 0,070 % | | | |
| ϵ_{cu} | 0,350 % | | | |
| n | 2,000 | | | |
| tipo cemento | N | | | |
|  | | | | |
| Acciaio: | | | | |
| Classe | B450C | | | |
| Tipologia comportamentale | EL-PL | | | |
| $k = (f_t/f_y)_k$ | 1 | | | |
| f_{yk} | 450 N/mm ² | | | |
| f_{tk} | 540 N/mm ² | | | |
| E_s | 200000 N/mm ² | | | |
| ϵ_{su} | 7,500 % | | | |
|  | | | | |
| Coefficiente di omogenizzazione: | | | | |
| n ,breve termine | 5,50 = E_s/E_c | | | |
| umidità relativa | 75 % | | | |
| giorno app. carico | 15 giorni | | | |
| periodo lungo termine | 50 anni | | | |
| coefficiente di viscosità | 1,93 | | | |
| n ,lungo termine= | 10,60 = E_s/E_{cm} | | | |
| n ,verifiche QP | 15,0 = E_s/E_{cm} | | | |
| n ,verifiche CAR | 15,0 = E_s/E_{cm} | | | |
| | lungo termine | | | |
| | breve termine | | | |
| CARATTERISTICHE SEZIONE | | | | |
| Sezione: | | | | |
| B= | 1000 mm | | | |
| H= | 500 mm | | | |
| Armature: | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y_i mm | As mm² |
| 1 | 5 | 16 | 84 | 1005,3096 |
| 2 | 5 | 16 | 416 | 1005,3096 |
| 3 | | | | 0 |
| 4 | | | | 0 |
| 5 | | | | 0 |
| 6 | | | | 0 |
| 7 | | | | 0 |
| 8 | | | | 0 |
| 9 | | | | 0 |
| 10 | | | | 0 |
| Armatura di ripartizione: | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y_i mm | As mm² |
| superiore | 5 | 16 | 68 | 1005,3096 |
| inferiore | 5 | 16 | 432 | 1005,3096 |
|  | | | | |

11.2.3. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

| CALCESTRUZZO | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|
| Calcestruzzo | | C35/45 |
| Resistenza cubica caratteristica | R _{ck} | 45,00 Mpa |
| Resistenza cilindrica caratteristica | f _{ck} | 37,35 Mpa |

| ACCIAIO | |
|--|---------|
| Tipologia | B450C |
| Resistenza caratteristica allo snervamento | 450 Mpa |

| COEFFICIENTI MATERIALE | | |
|---|-----------------|------|
| Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo | γ _c | 1,50 |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata | α _{cc} | 0,85 |
| Coefficiente di sicurezza per l'acciaio | γ _s | 1,15 |

| GEOMETRIA SEZIONE C.A. | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Base | b | 1000 mm | | | |
| Altezza | h | 500 mm | | | |
| Barre tese | | numero barre | diametro barre [mm] | copriferro in asse barra [mm] | Area barre [mm ²] |
| strato1 | | 5 | 16 | 84 | 1005 |
| strato2 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato3 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato4 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato5 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Area barre tese | A _s | 1005 mm ² | | | |
| Posizione della barra equivalente | c* | 84 mm | | | |

| SOLLECITAZIONI | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| Load Case | | SLV3 |
| Shell/nodo | | 539/520 |
| Azione assiale (+ di compressione) | N _{Ed} | kN |
| Taglio | V _{Ed} | 176,43 kN |

| VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO | | |
|---|-----------------------|---|
| Altezza utile della sezione | d | 416 mm |
| Coefficiente | k | 1,69 |
| Rapporto di armatura longitudinale | ρ _l | 0,24% |
| Tensione assiale media | σ _{cp} | 0,00 N/mm ² |
| | 0.2 x f _{cd} | 4,23 N/mm ² |
| | v _{min} | 0,47 N/mm ² |
| Resistenza al taglio minima | V _{rd,min} | 196,08 kN |
| Resistenza al taglio senza armatura | V_{rd} | 196,08 kN |
| Verifica | | 0,90 <i>Verifica soddisfatta</i> |

11.2.4. Verifiche allo stato limite di esercizio M11

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|--|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| | Limite | Limite | $\sigma_{c,max}$ | $\sigma_{s,max}$ | | | | | |
| Combinazione | σ_c / f_{ck} | σ_s / f_{yk} | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | w _d [mm] | w _{lim} [mm] | M0 - Mf [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR3 | 549/531 | 0,0 | 37,2 | Msd<Mf | 0,200 | 125,68 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | $\sigma_{c,min}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,max}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,min}$ [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 531/519 | 0,0 | 29,8 | -1,56 | 77,56 | -2,98 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR3 | 528/519 | 0,0 | 56,0 | -2,93 | 145,94 | -5,61 | Sezione parzializzata | |

11.2.5. Verifiche allo stato limite di esercizio M22

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|--|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| | Limite | Limite | $\sigma_{c,max}$ | $\sigma_{s,max}$ | | | | | |
| Combinazione | σ_c / f_{ck} | σ_s / f_{yk} | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | w _d [mm] | w _{lim} [mm] | M0 - Mf [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR6 | 571/567 | 0,0 | 29,0 | Msd<Mf | 0,200 | 127,55 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | $\sigma_{c,min}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,max}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,min}$ [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 531/512 | 0,0 | 17,7 | -0,85 | 44,26 | -3,73 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR6 | 531/512 | 0,0 | 31,8 | -1,53 | 79,78 | -6,72 | Sezione parzializzata | |

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
79 di 91

11.3. Parete Est/ Parete Ovest

| CARATTERISTICHE MATERIALI | | | | | |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|--------------------|
| Calcestruzzo: | | | | | |
| Classe | C35/45 | | | | |
| R_{ck} | 45,00 N/mm ² | | |  | |
| f_{ck} | 37,35 N/mm ² | | | | |
| f_{cm} | 45,35 N/mm ² | | | | |
| f_{ctm} | 3,35 N/mm ² | | | | |
| $f_{ctk,0.05}$ | 2,35 N/mm ² | | | | |
| $f_{ctk,0.95}$ | 4,36 N/mm ² | | | | |
| f_{ctm} | 4,02 N/mm ² | | | | |
| E_{cm} | 34625,49 N/mm ² | | | | |
| ϵ_{c2} | 0,200 % | | | | |
| ϵ_{c3} | 0,175 % | | | | |
| ϵ_{c4} | 0,070 % | | | | |
| ϵ_{cu} | 0,350 % | | | | |
| n | 2,000 | | | | |
| tipo cemento | N | | | | |
| Acciaio: | | | | | |
| Classe | B450C | | |  | |
| Tipologia comportamentale | EL-PL | | | | |
| $k = (f_t/f_y)_k$ | 1 | | | | |
| f_{yk} | 450 N/mm ² | | | | |
| f_{tk} | 540 N/mm ² | | | | |
| E_s | 200000 N/mm ² | | | | |
| ϵ_{su} | 7,500 % | | | | |
| Coefficiente di omogenizzazione: | | | | | |
| n, breve termine | 5,50 = E_s/E_c | | | | |
| umidità relativa | 75 % | | | | |
| giorno app. carico | 15 giorni | | | | |
| periodo lungo termine | 50 anni | | | | |
| coefficiente di viscosità | 1,89 | | | | |
| n, lungo termine = | 10,39 = E_s/E_{cm} | | | | |
| n, verifiche QP | 15,0 = E_s/E_{cm} | lungo termine | | | |
| n, verifiche CAR | 15,0 = E_s/E_{cm} | breve termine | | | |
| CARATTERISTICHE SEZIONE | | | | | |
| Sezione: | | | | | |
| B= | 1000 mm | | |  | |
| H= | 700 mm | | | | |
| Armature: | | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y _i mm | | As mm ² |
| 1 | 5 | 16 | 92 | | 1005,3096 |
| 2 | 10 | 16 | 608 | | 2010,6193 |
| 3 | | | | | 0 |
| 4 | | | | | 0 |
| 5 | | | | | 0 |
| 6 | | | | | 0 |
| 7 | | | | 0 | |
| 8 | | | | 0 | |
| 9 | | | | 0 | |
| 10 | | | | 0 | |
| Armatura di ripartizione: | | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y _i mm | As mm ² | |
| superiore | 5 | 16 | 76 | 1005,3096 | |
| inferiore | 5 | 16 | 624 | 1005,3096 | |

11.3.3. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

| CALCESTRUZZO | | |
|--------------------------------------|----------|-----------|
| Classe calcestruzzo | | C35/45 |
| Resistenza cubica caratteristica | R_{ck} | 45,00 Mpa |
| Resistenza cilindrica caratteristica | f_{ck} | 37,35 Mpa |

| ACCIAIO | | |
|--|--|---------|
| Tipologia | | B450C |
| Resistenza caratteristica allo snervamento | | 450 Mpa |

| COEFFICIENTI MATERIALE | | |
|---|---------------|------|
| Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo | γ_c | 1,50 |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata | α_{cc} | 0,85 |
| Coefficiente di sicurezza per l'acciaio | γ_s | 1,15 |

| GEOMETRIA SEZIONE C.A. | | | | | |
|-----------------------------------|-------|--------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Base | b | | 1000 mm | | |
| Altezza | h | | 700 mm | | |
| Barre tese | | numero barre | diámetro barre [mm] | copriferro in asse barra [mm] | Area barre [mm ²] |
| strato1 | | 5 | 16 | 92 | 1005 |
| strato2 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato3 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato4 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato5 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Area barre tese | A_s | | 1005 mm ² | | |
| Posizione della barra equivalente | c^* | | 92 mm | | |

| SOLLECITAZIONI | | |
|------------------------------------|----------|------------|
| Load Case | | 399/377 |
| Shell/nodo | | SLV3 |
| Azione assiale (+ di compressione) | N_{Ed} | -202,82 kN |
| Taglio | V_{Ed} | 275,11 kN |

| VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO | | |
|---|---------------------|---|
| Altezza utile della sezione | d | 608 mm |
| Coefficiente | k | 1,57 |
| Rapporto di armatura longitudinale | ρ_l | 0,17% |
| Tensione assiale media | σ_{cp} | -0,29 N/mm ² |
| | $0.2 \times f_{cd}$ | 4,23 N/mm ² |
| | v_{min} | 0,42 N/mm ² |
| Resistenza al taglio minima | $V_{rd,min}$ | 230,28 kN |
| Resistenza al taglio senza armatura | V_{rd} | 230,28 kN |
| Verifica | | 1,19 E' necessario prevedere armatura a taglio |

| ARMATURA A TAGLIO | | |
|---|----------------|---------|
| Diametro staffe | ϕ | 10 mm |
| Numero braccia | n | 3,33 |
| Passo staffe | s | 200 mm |
| Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale) | α | 90 ° |
| Inclinazione del puntone in calcestruzzo | θ | 40 ° |
| Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo | θ_{min} | 21,80 ° |

| VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO | | |
|---|----------------------|----------------------------------|
| Coefficiente di riduzione per fessurazione | v_1 | 0,5 |
| Resistenza cilindrica di progetto | f_{cd} | 21,165 N/mm ² |
| Area armatura a taglio | A_{st} | 261,54 mm ² |
| | σ_{cp}/f_{cd} | -0,013689717 |
| Coefficiente di interazione | α_{cw} | 1 |
| Resistenza a taglio per rottura delle armature | V_{rds} | 333,70 kN |
| Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo | V_{rcd} | 2851,38 kN |
| Resistenza al taglio | V_{rd} | 333,70 kN |
| Verifica | | 0,82 Verifica soddisfatta |

11.3.4. Verifiche allo stato limite di esercizio M11

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|--|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| | Limite | Limite | $\sigma_{c,max}$ | $\sigma_{s,max}$ | | | | | |
| Combinazione | σ_c / f_{ck} | σ_s / f_{yk} | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | w _d [mm] | w _{lim} [mm] | M0 - Mf [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR6 | 405/429 | 0,0 | 32,8 | Msd<Mf | 0,200 | 246,20 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | $\sigma_{c,min}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,max}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,min}$ [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 449/473 | 0,0 | 19,1 | -0,51 | 32,59 | -2,72 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR6 | 449/473 | 0,0 | 35,0 | -0,93 | 59,78 | -4,99 | Sezione parzializzata | |

11.3.5. Verifiche allo stato limite di esercizio M22

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|--|--|--|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| | Limite | Limite | $\sigma_{c,max}$ | $\sigma_{s,max}$ | | | | | |
| Combinazione | σ_c / f_{ck} | σ_s / f_{yk} | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | w _d [mm] | w _{lim} [mm] | M0 - Mf [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR3 | 685/665 | 158,6 | 195,1 | Msd<Mf | 0,200 | 275,30 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | n. combinazione | shell/nodo | N [kN] | M [kNm] | $\sigma_{c,min}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,max}$ [N/mm ²] | $\sigma_{s,min}$ [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 661/639 | 129,7 | 125,0 | -2,70 | 81,69 | -22,00 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR3 | 661/639 | 243,4 | 221,6 | -4,78 | 141,79 | -39,45 | Sezione parzializzata | |

Doc. N.

Progetto
INOR

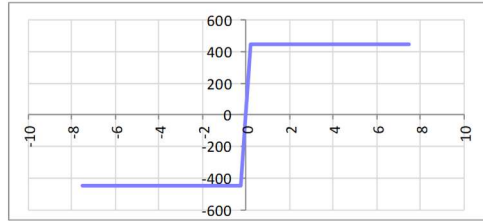
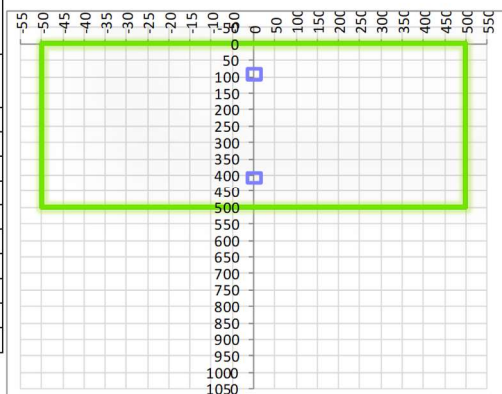
Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
85 di 91

11.4. Parete Nord/Parete Sud

| CARATTERISTICHE MATERIALI | | | | | |
|---|----------------------------|---------------|-------------------|--|--------------------|
| Calcestruzzo: | | | | | |
| Classe | C35/45 | | | | |
| R_{ck} | 45,00 N/mm ² | | |  | |
| f_{ck} | 37,35 N/mm ² | | | | |
| f_{cm} | 45,35 N/mm ² | | | | |
| f_{ctm} | 3,35 N/mm ² | | | | |
| $f_{ctk,0.05}$ | 2,35 N/mm ² | | | | |
| $f_{ctk,0.95}$ | 4,36 N/mm ² | | | | |
| f_{ctm} | 4,02 N/mm ² | | | | |
| E_{cm} | 34625,49 N/mm ² | | | | |
| ϵ_{c2} | 0,200 % | | | | |
| ϵ_{c3} | 0,175 % | | | | |
| ϵ_{c4} | 0,070 % | | | | |
| ϵ_{cu} | 0,350 % | | | | |
| n | 2,000 | | | | |
| tipo cemento | N | | | | |
| Acciaio: | | | | | |
| Classe | B450C | | |  | |
| Tipologia comportament | EL-PL | | | | |
| $k = (f_t/f_y)_k$ | 1 | | | | |
| f_{yk} | 450 N/mm ² | | | | |
| f_{tk} | 540 N/mm ² | | | | |
| E_s | 200000 N/mm ² | | | | |
| ϵ_{su} | 7,500 % | | | | |
| Coefficiente di omogenizzazione: | | | | | |
| n, breve termine | 5,50 = E_s/E_c | | | | |
| umidità relativa | 75 % | | | | |
| giorno app. carico | 15 giorni | | | | |
| periodo lungo termine | 50 anni | | | | |
| coefficiente di viscosità | 1,93 | | | | |
| n, lungo termine = | 10,60 = E_s/E_{cm} | | | | |
| n, verifiche QP | 15,0 = E_s/E_{cm} | lungo termine | | | |
| n, verifiche CAR | 15,0 = E_s/E_{cm} | breve termine | | | |
| CARATTERISTICHE SEZIONE | | | | | |
| Sezione: | | | | | |
| B= | 1000 mm | | |  | |
| H= | 500 mm | | | | |
| Armature: | | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y _i mm | | As mm ² |
| 1 | 5 | 16 | 92 | | 1005,3096 |
| 2 | 5 | 16 | 408 | | 1005,3096 |
| 3 | | | | | 0 |
| 4 | | | | | 0 |
| 5 | | | | | 0 |
| 6 | | | | | 0 |
| 7 | | | | 0 | |
| 8 | | | | 0 | |
| 9 | | | | 0 | |
| 10 | | | | 0 | |
| Armatura di ripartizione: | | | | | |
| Pos. | n° barre | ∅ mm | y _i mm | As mm ² | |
| superiore | 5 | 16 | 76 | 1005,3096 | |
| inferiore | 5 | 16 | 424 | 1005,3096 | |

11.4.3. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

| CALCESTRUZZO | | |
|--------------------------------------|----------|-----------|
| Calcestruzzo | | C35/45 |
| Resistenza cubica caratteristica | R_{ck} | 45,00 Mpa |
| Resistenza cilindrica caratteristica | f_{ck} | 37,35 Mpa |

| ACCIAIO | |
|--|---------|
| Tipologia | B450C |
| Resistenza caratteristica allo snervamento | 450 Mpa |

| COEFFICIENTI MATERIALE | | |
|---|---------------|------|
| Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo | γ_c | 1,50 |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata | α_{cc} | 0,85 |
| Coefficiente di sicurezza per l'acciaio | γ_s | 1,15 |

| GEOMETRIA SEZIONE C.A. | | | | | |
|-----------------------------------|-------|----------------------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Base | b | 1000 mm | | | |
| Altezza | h | 500 mm | | | |
| <i>Barre tese</i> | | <i>numero barre</i> | <i>diametro barre [mm]</i> | <i>copriferro in asse barra [mm]</i> | <i>Area barre [mm²]</i> |
| strato1 | | 5 | 16 | 92 | 1005 |
| strato2 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato3 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato4 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| strato5 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Area barre tese | A_s | 1005 mm ² | | | |
| Posizione della barra equivalente | c^* | 92 mm | | | |

| SOLLECITAZIONI | | | |
|------------------------------------|----------|---------|--------|
| Load Case | | 387/367 | |
| Shell/nodo | | SLV3 | |
| Azione assiale (+ di compressione) | N_{Ed} | 0 kN | |
| Taglio | V_{Ed} | 66,11 | 107,75 |

| VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO | | |
|---|----------------------------|---|
| Altezza utile della sezione | d | 408 mm |
| Coefficiente | k | 1,70 |
| Rapporto di armatura longitudinale | ρ_l | 0,25% |
| Tensione assiale media | σ_{cp} | 0,00 N/mm ² |
| | $0.2 \times f_{cd}$ | 4,23 N/mm ² |
| | v_{min} | 0,47 N/mm ² |
| Resistenza al taglio minima | $V_{rd,min}$ | 193,46 kN |
| Resistenza al taglio senza armatura | V_{rd} | 193,46 kN |
| Verifica | | 0,34 <i>Verifica soddisfatta</i> |

11.4.4. Verifiche allo stato limite di esercizio M11

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condiz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| | Limite | Limite | $\sigma_{c,max}$ | $\sigma_{s,max}$ | | | | | |
| Combinazione | σ_c / f_{ck} | σ_s / f_{yk} | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | <i>n. combinazione</i> | <i>shell/nodo</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>w_d</i> | <i>w_{lim}</i> | <i>M0 - Mf</i> | | |
| | | | [kN] | [kNm] | [mm] | [mm] | [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR6 | 389/413 | 0,0 | 7,9 | Msd<Mf | 0,200 | 126,59 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | <i>n. combinazione</i> | <i>shell/nodo</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | $\sigma_{c,min}$ | $\sigma_{s,max}$ | $\sigma_{s,min}$ | | |
| | | | [kN] | [kNm] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 430/453 | 0,0 | 5,9 | -0,30 | 15,11 | -0,94 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR3 | 430/453 | 0,0 | 10,4 | -0,52 | 26,50 | -1,64 | Sezione parzializzata | |

11.4.5. Verifiche allo stato limite di esercizio M22

| PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--|
| kt= | 0,40 | (0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata) | | | | | | | |
| k ₁ = | 0,80 | (0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli) | | | | | | | |
| k ₃ = | 3,40 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| k ₄ = | 0,425 | (valore raccomandato) | | | | | | | |
| CRITERI DI VERIFICA | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Condz. Ambientali: | 3 | 1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive | | | | | | | |
| | Molto aggressive | | | | | | | | |
| Armature: | 2 | 1-Sensibili; 2-Poco sensibili | | | | | | | |
| | Poco sensibile | | | | | | | | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| | Limite | Limite | $\sigma_{c,max}$ | $\sigma_{s,max}$ | | | | | |
| Combinazione | σ_c / f_{ck} | σ_s / f_{yk} | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | | | | |
| Quasi Permanente | 0,40 | 0,75 | 14,94 | 337,50 | | | | | |
| Caratteristica | 0,55 | 0,75 | 20,54 | 337,50 | | | | | |
| SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione) | | | | | | | | | |
| <u>Fessurazione</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | <i>n. combinazione</i> | <i>shell/nodo</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | <i>w_d</i> | <i>w_{lim}</i> | <i>M0 - Mf</i> | | |
| | | | [kN] | [kNm] | [mm] | [mm] | [kNm] | | |
| Caratteristica | CAR6 | 389/413 | 0,0 | 28,5 | Msd<Mf | 0,200 | 124,80 | - | |
| <u>Tensioni in esercizio</u> | | | | | | | | | |
| Combinazione | <i>n. combinazione</i> | <i>shell/nodo</i> | <i>N</i> | <i>M</i> | $\sigma_{c,min}$ | $\sigma_{s,max}$ | $\sigma_{s,min}$ | | |
| | | | [kN] | [kNm] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | [N/mm ²] | | |
| Quasi permanente | QP1 | 169/149 | 0,0 | 23,6 | -1,29 | 62,53 | -0,86 | Sezione parzializzata | |
| Caratteristica | CAR6 | 433/457 | 0,0 | 35,4 | -1,94 | 93,99 | -1,29 | Sezione parzializzata | |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL SLA8 C0 002

Rev.
A

Foglio
91 di 91

12. RIFERIMENTI

12.1. Documenti referenziati

Rif. [1] Cepav due, documento n° INOR 12 E E2 RB SLA8 00 001, intitolato “RELAZIONE GEOTECNICA SLA8 – Sottopasso ciclopedonale PK 105+770.987”.

12.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

12.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.