

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO-CATENANUOVA

STAZIONE DI CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica – Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 CL FV0120 002 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|--------------|-----------|------------------------|-----------|--------------|---------------|--------------------------|
| A | Emissione esecutiva | M.Piscitelli | Dic. 2019 | A. Iorio L. Fanelli | Dic. 2019 | F. Spadacino | Dicembre 2019 | Tiberti Dicembre 2019 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Tecnica
UO Infrastrutture Sud
Prof. Ing. Paolo Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10878

INDICE

| | | |
|-------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 6 |
| 2 | DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO | 7 |
| 3 | DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 9 |
| 4 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 10 |
| 4.1 | STRUTTURE DI FONDAZIONE..... | 10 |
| 4.2 | ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C | 10 |
| 4.3 | ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA | 11 |
| 4.4 | BULLONERIA E DADI..... | 11 |
| 5 | INQUADRAMENTO GEOTECNICO | 12 |
| 5.1 | MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO | 13 |
| 6 | CARATTERIZZAZIONE SISMICA..... | 14 |
| 7 | ANALISI DEI CARICHI | 18 |
| 7.1 | PESI PROPRI DEGLI ELEMENTI PRINCIPALI IN CEMENTO ARMATO | 18 |
| 7.2 | PESI PROPRI DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO | 18 |
| 7.3 | CARICHI PERMANENTI | 18 |
| 7.3.1 | <i>Peso proprio dei gradini metallici (keller).....</i> | <i>18</i> |
| 7.3.2 | <i>Peso proprio della finitura dei gradini metallici.....</i> | <i>18</i> |
| 7.3.3 | <i>Peso proprio del carter di rivestimento.....</i> | <i>18</i> |
| 7.4 | PESO PROPRIO DEI PARAPETTI LATERALI | 18 |
| 7.5 | CARICHI ACCIDENTALI | 18 |
| 7.5.1 | <i>Carico accidentale da folla</i> | <i>18</i> |
| 7.5.2 | <i>Azione della neve.....</i> | <i>19</i> |
| 7.5.3 | <i>Azione del vento.....</i> | <i>20</i> |
| 7.6 | EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI..... | 23 |
| 7.7 | AZIONE SISMICA | 23 |

| | | |
|--------|--|----|
| 8 | COMBINAZIONI DI CARICO | 24 |
| 8.1 | COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE | 25 |
| 8.2 | RIEPILOGO DELLE COMBINAZIONI DI CARICO | 26 |
| 8.2.1 | <i>Combinazioni allo SLE – Rare</i> | 26 |
| 8.2.2 | <i>Combinazioni allo SLU – STR</i> | 26 |
| 8.2.3 | <i>Combinazioni allo SLU – SLV</i> | 26 |
| 9 | MODELLO DI CALCOLO E ANALISI ESEGUITE | 27 |
| 9.1 | DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO | 27 |
| 9.2 | DISPOSIZIONE DEI CARICHI | 28 |
| 9.3 | ANALISI ESEGUITE | 30 |
| 9.4 | DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI MODI DI VIBRARE | 30 |
| 10 | TRAVI PRINCIPALI IPE 400 | 33 |
| 10.1 | VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI | 33 |
| 10.2 | CARATTERISTICHE DEL PROFILATO | 35 |
| 10.2.1 | <i>Caratteristiche geometriche e inerziali</i> | 35 |
| 10.2.2 | <i>Classificazione della sezione</i> | 35 |
| 10.3 | VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE | 36 |
| 10.3.1 | <i>Combinazione N_{max}</i> | 36 |
| 10.3.2 | <i>Combinazione M_{max}</i> | 36 |
| 10.4 | VERIFICA DI INSTABILITÀ DELL'ASTA COMPRESSA | 37 |
| 10.5 | VERIFICA DI INSTABILITÀ PER PRESSOFLESSIONE | 37 |
| 10.5.1 | <i>Combinazione N_{max}</i> | 37 |
| 10.5.2 | <i>Combinazione M_{max}</i> | 38 |
| 10.6 | VERIFICA DI INSTABILITÀ FLESSO-TORSIONALE (SVERGOLAMENTO) | 38 |
| 10.6.1 | <i>Combinazione N_{max}</i> | 38 |
| 10.6.2 | <i>Combinazione M_{max}</i> | 39 |
| 10.7 | VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO | 39 |

| | | |
|--------|---|----|
| 10.8 | VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ | 40 |
| 11 | RITTI HEA 140..... | 41 |
| 11.1 | VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI..... | 41 |
| 11.2 | CARATTERISTICHE DEL PROFILATO | 44 |
| 11.2.1 | <i>Caratteristiche geometriche e inerziali</i> | 44 |
| 11.2.2 | <i>Classificazione della sezione</i> | 45 |
| 11.3 | VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE DEVIATA..... | 45 |
| 11.3.1 | <i>Combinazione N_{max}</i> | 45 |
| 11.3.2 | <i>Combinazione $M_{long,max}$</i> | 46 |
| 11.3.3 | <i>Combinazione $M_{trasv,max}$</i> | 46 |
| 11.4 | VERIFICA DI INSTABILITÀ DELL'ASTA COMPRESSA | 47 |
| 11.5 | VERIFICA DI INSTABILITÀ PER PRESSOFLESSIONE | 47 |
| 11.5.1 | <i>Combinazione N_{max}</i> | 47 |
| 11.5.2 | <i>Combinazione $M_{long,max}$</i> | 48 |
| 11.5.3 | <i>Combinazione $M_{trasv,max}$</i> | 48 |
| 11.6 | VERIFICA DI INSTABILITÀ FLESSO-TORSIONALE (SVERGOLAMENTO) | 49 |
| 11.6.1 | <i>Combinazione N_{max}</i> | 49 |
| 11.6.2 | <i>Combinazione $M_{long,max}$</i> | 49 |
| 11.6.3 | <i>Combinazione $M_{trasv,max}$</i> | 50 |
| 11.7 | VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO | 50 |
| 12 | VERIFICA DELLE VIBRAZIONI IN ESERCIZIO DELLA STRUTTURA..... | 50 |
| 13 | IPE 400 - PLINTO DI FONDAZIONE..... | 51 |
| 13.1 | VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI..... | 51 |
| 13.2 | VERIFICA STRUTTURALE PLINTO | 51 |
| 13.3 | VERIFICA DEL CARICO LIMITE ULTIMO | 52 |
| 14 | HEA 140 - PLINTO DI FONDAZIONE..... | 53 |
| 14.1 | VALUTAZIONE DELLE AZIONI SOLLECITANTI..... | 53 |



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|---------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 5 di 54 |

| | | |
|------|---|----|
| 14.2 | VERIFICA STRUTTURALE PLINTO | 54 |
| 14.3 | VERIFICA DEL CARICO LIMITE ULTIMO | 54 |
| 15 | INCIDENZA ARMATURE | 54 |

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativo alla tratta a semplice binario Dittaino – Catenanuova del Nuovo Collegamento Palermo – Catania. L’intera tratta Dittaino – Catenanuova ha uno sviluppo complessivo di circa 22,8 km.

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento e verifiche delle scale metalliche di accesso al sovrappasso pedonale della Nuova Stazione di Catenanuova ubicata tra le pk. 21+097 – 21+807 circa.

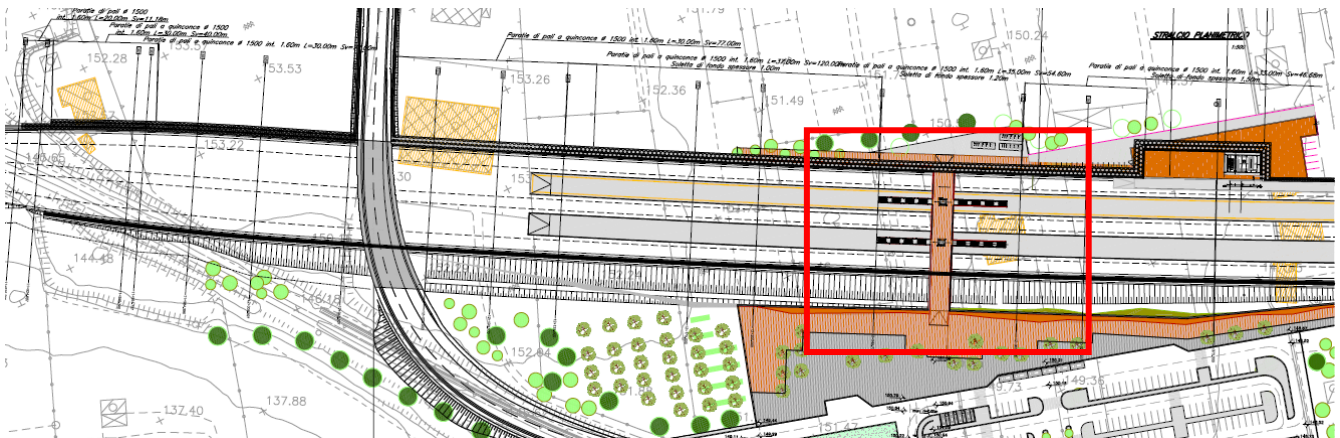


Figura 1 – Planimetria con ubicazione intervento

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le scale di accesso alla passerella pedonale sono realizzate interamente in carpenteria metallica.

Le travi principali (rampe e pianerottoli) longitudinali sono realizzate mediante profili commerciali IPE 400, collegati trasversalmente da trasversi HEA100. L'interasse tra le travi principali risulta pari a 200 cm.

Le controventature di piano sono realizzate mediante profili commerciali a "L" 70x70x6.

In corrispondenza della mezzeria del secondo pianerottolo sono disposti 2 ritti metallici realizzati mediante profili commerciali HEA140, di altezza pari a 357 cm, collegati trasversalmente da un trasverso anch'esso HEA 140.

I ritti sono poi collegati a dei plinti in cemento armato 320x120x269 cm a loro volta solidarizzati alla platea di fondazione. Il collegamento delle travi principali alla passerella pedonale è di semplice appoggio. Mentre, dall'altro lato le travi terminano in plinti di dimensione 320x120x224 cm.

SEZIONE LONGITUDINALE A-A
Scala 1:50

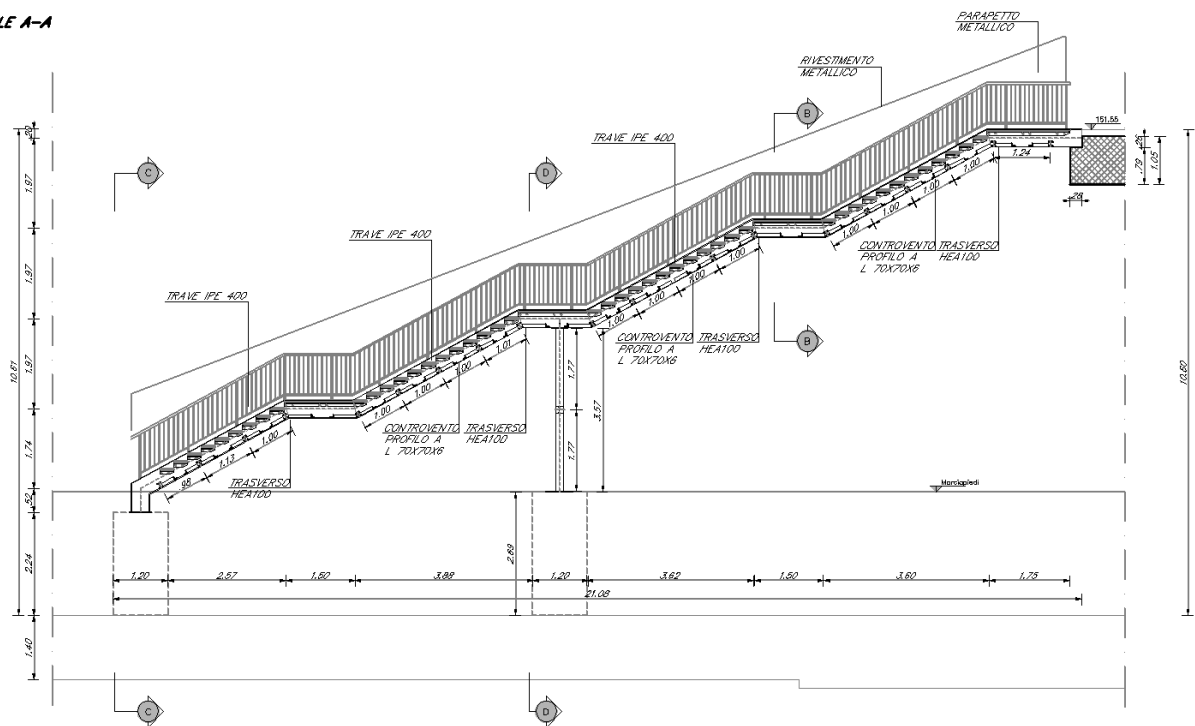


Figura 2: Sezione Longitudinale scala

SEZIONE TRASVERSALE D-D
Scala 1:50

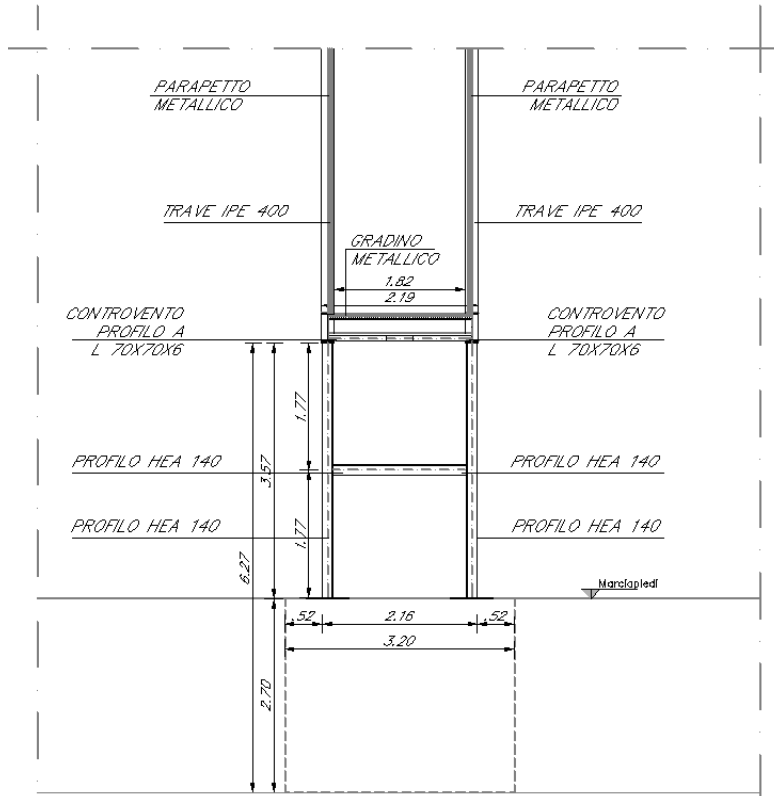



Figura 3: Sezione Trasversale scala

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA | | | | | |
| | FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica – Relazione di calcolo | COMMESSA RS3E | LOTTO 50 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FV 01 02 002 | REV. A |

3 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l'elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell'ambito del presente documento:

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [10] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [11] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Rif. [12] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

4.1 Strutture di Fondazione

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

| Classe d'esposizione | C30/37 | Classe minima di consistenza |
|----------------------|---|------------------------------|
| XC3 | $f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 37 \text{ MPa}$ | S3 – S4 |

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

| | | | |
|--|---|-----------|-------------------|
| Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni | R_{ck} | 37 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni | $f_{ck} = 0.83 R_{ck}$ | 30.7 | N/mm ² |
| Valore medio della resistenza cilindrica | $f_{cm} = f_{ck} + 8$ | 38.7 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo breve durata | $f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$ | 20.45 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo lunga durata | $f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$ | 17.4 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione assiale | $f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$ | 2.94 | N/mm ² |
| Resistenza caratteristica a trazione | $f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$ | 2.06 | N/mm ² |
| Resistenza media a trazione per flessione | $f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$ | 3.5 | N/mm ² |
| Resistenza di calcolo a trazione | $f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$ | 1.37 | N/mm ² |
| Modulo di Young | $E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ | 33019 | N/mm ² |

4.2 Acciaio Per Armature Ordinarie B450C

B450 C (controllato in stabilimento)

f_{yk} = 450 MPa tensione caratteristica di snervamento

f_{yd} = $f_{yk} / 1.15 = 391$ MPa tensione caratteristica di calcolo

E_s = 210000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE RARA: $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360$ MPa

4.3 Acciaio per carpenteria metallica

Per la realizzazione delle strutture in carpenteria metallica verrà fatto uso di acciaio tipo **S275J2** con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{t,k} = 430,00 \text{ N/mm}^2$ (resistenza caratteristica a rottura)
- $f_{y,k} = 275,00 \text{ N/mm}^2$ (tensione caratteristica di snervamento)
- $f_{y,d} = 261,90 \text{ N/mm}^2$ (tensione di snervamento di calcolo - $\gamma_c=1,05$)
- $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$ (modulo elastico istantaneo)

4.4 Bulloneria e dadi

Le bullonerie sono state previste in acciaio zincato a caldo con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- **Classe 8.8 UNI EN ISO 898-1:2001**
- $f_{t,b} = 800,00 \text{ N/mm}^2$ (tensione caratteristica di rottura)
- $f_{y,d} = 649,00 \text{ N/mm}^2$ (tensione caratteristica di snervamento)

I dadi sono previsti di **Classe 8 UNI EN ISO 898-1:2001**.

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadramento Geotecnico dell'area interessata dalla realizzazione delle opere della Stazione di Catenanuova ci si è riferiti a quanto indicato nella seguente documentazione Geotecnica Generale di Progetto:

| GEOTECNICA | |
|---|---|
| Profilo longitudinale geotecnico - Tav.14 di 15 | R S 3 E 5 0 D 7 8 F 6 G E 0 0 0 5 0 0 8 A |
| Profilo longitudinale geotecnico - Tav.15 di 15 | R S 3 E 5 0 D 7 8 F 6 G E 0 0 0 5 0 0 9 A |

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini.

| INDAGINI IN SITO | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|
| Sondaggio | Profondità [m] | Quota boccaforo [m] s.l.m. | N. prove SPT | N. campioni indisturbati | N. campioni rimaneggiati | N. campioni litoidi | Piezometro TA/prova DH | Prova Lefranc, profondità [m] |
| S1 | 30.0 | 148.5 | 8 | 2 | 5 | - | TA [1-9] | 5 |
| D31 | 30.0 | 139.7 | 6 | 2 | 8 | - | DH [30] | 11.5; 14.5 |
| D32 | 30.0 | 152.0 | 5 | 3 | 7 | - | TA [3-30] | 7.5 |
| D33 | 30.0 | 148.0 | 6 | 4 | 9 | - | DH [30] | - |
| TA [m]: profondità tratto filtrante | | | | | | | | |

Inoltre è disponibile l'indagine sismica MASWV110 e le prove Down-Hole D31 e D33.

PARAMETRI GEOTECNICI

| | γ [kN/m ³] | cu [kPa] | c' [kPa] | ϕ' [°] | Vs [m/s] | Go [MPa] | Eo [MPa] | E'op,1 [MPa] |
|-----|-------------------------------|----------|----------|-------------|--------------|----------|----------|--------------|
| bnc | 19.5 | 75÷100 | 0÷5 | 24 | 170 | - | 150 | Eo / (3÷5) |
| bni | 19.5 | - | 0 | 37 | 220 | - | 230 | Eo / (3÷5) |
| AAC | 20.5 | 200 | 10 | 24 | 480-800 (**) | - | 450-800 | Eo / (3÷5) |

Dove:

γ = peso di volume naturale

cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate

c' = coesione drenata

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

Vs = velocità delle onde di taglio

Go = modulo di deformazione a taglio iniziale, ovvero a piccole deformazioni

Eo = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

E'op,1 = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

E'op,2 = modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

(**) da prove sismiche (MASW e DH)

Si rimanda alla relazione geotecnica per ulteriori dettagli.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 13 di 54 |

5.1 MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO

Lungo il tracciato, nel tratto in cui ricade la stazione Catenanuova si intercetta da p.c. una alternanza di alluvionali terrazzate coesive limoso argillose e incoerenti grossolane con spessore da 7 a 15 m di profondità dal p.c., che sovrastano la formazione argillosa di base (AAC).

La stratigrafia di riferimento ed il livello di falda per le varie opere verrà valutata dal profilo stratigrafico longitudinale.

Nel caso in esame:

STRATIGRAFIA 2

Pk in (m) : 21262.15 Pk fin (m) : 21460.00 L 197.85

| TERRENO | Prof. m | γ kN/m ³ | c' kPa | ϕ' ° | E' MPa |
|---------|---------------|-------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| BNC | 0 ÷ -10 | 19.5 | 5 | 24 | 30 |
| BNI | -10.0 ÷ -12.0 | 19.5 | 0 | 35 | 80 |
| AAC | > -12.0 | 20.5 | 10 | 24 | 120 |

FALDA -10.0m da PC



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 14 di 54 |

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo con le norme vigenti [NTC – 2008 - § 3.2]. Secondo tali norme, l'entità dell'azione sismica è innanzitutto funzione della sismicità dell'area in cui viene costruita l'opera e del periodo di ritorno dell'azione sismica.

L'opera viene progettata in funzione di una vita nominale pari a 75 anni relativa a “opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale” e rientra nella classe d'uso III relativa a “reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza”. Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d'uso si valuta il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{anni}$$

In funzione dello stato limite rispetto al quale viene verificata l'opera si definisce una probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento. Per il progetto dell'opera in esame si farà essenzialmente riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), a cui è associata una P_{VR} pari al 10% [NTC 2008– Tabella 3.2.I]. Nota la probabilità di superamento nel periodo di riferimento è possibile valutare il periodo di ritorno T_R , come previsto nell'allegato A alle norme tecniche per le costruzioni, secondo la seguente espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{112.5}{\ln(1 - 0.10)} = 1068 \text{anni}$$

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k , dipendente dall'accelerazione massima al sito a_g in condizioni rocciose e topografia orizzontale; tale parametro è uno dei tre indicatori che caratterizza la pericolosità sismica del sito ed è tanto più alto tanto più è ampio il periodo di ritorno al quale si riferisce.

Nello specifico, la Normativa attribuisce al generico sito una pericolosità sismica mediante la definizione dei seguenti tre parametri:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

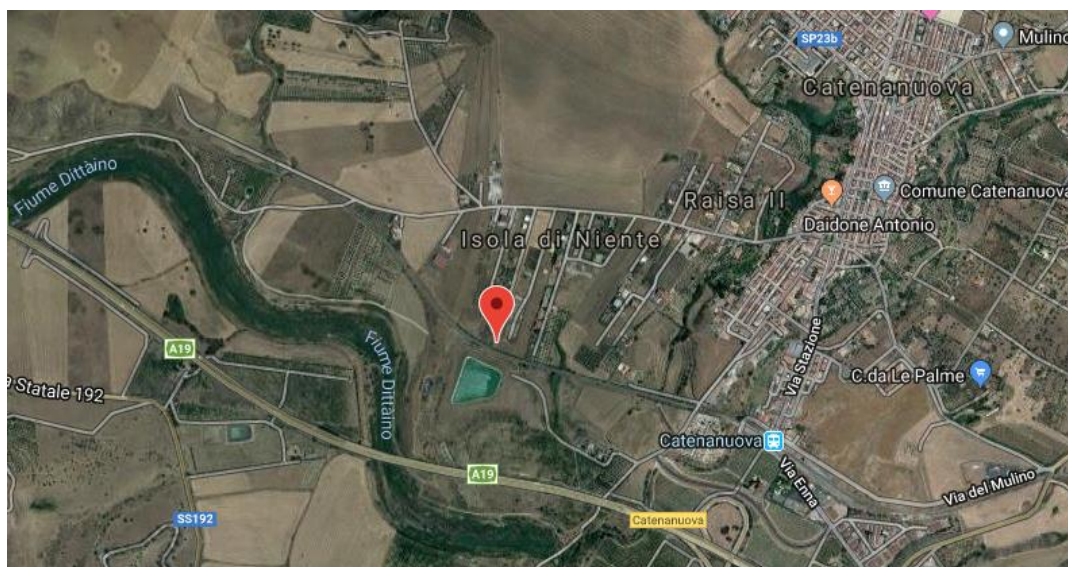
F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nel caso in esame, per la determinazione dei parametri di pericolosità sismica da utilizzare per le Analisi, si è fatto riferimento ad un punto ubicato in zona pressoché centrale rispetto all'area interessata dalla realizzazione delle

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA | | | | | |
| | FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica – Relazione di calcolo | COMMESSA RS3E | LOTTO 50 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FV 01 02 002 | REV. A |

opere della Stazione di Catenanuova, di cui nel seguito si riporta il relativo stralcio su mappa satellitare nonché la zona del reticolo della classificazione sismica nazionale nell'ambito del quale lo stesso ricade:



Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

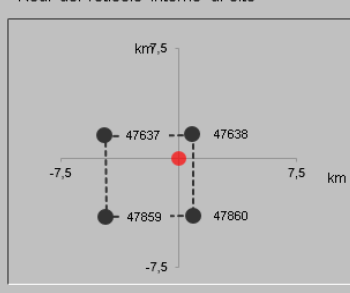
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri


Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta


Interpolazione



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 3 – Localizzazione del punto di riferimento per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica nel reticolo della Classificazione sismica nazionale

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA | | | | | |
| | FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica – Relazione di calcolo | COMMESSA RS3E | LOTTO 50 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FV 01 02 002 | REV. A |

Con riferimento allo stato limite di Verifica SLV, si determinano pertanto per il punto in esame, e per un periodo di ritorno dell'azione sismica $T_r = 1068$ anni, i seguenti parametri di pericolosità sismica:

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0,172 g |
| F_o | 2,506 |
| T_c | 0,528 s |

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende infine necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo e categorie topografiche di riferimento.

Nel caso in esame, la categoria di suolo di fondazione è stata definita sulla base della conoscenza di $V_{s,30}$, come previsto dalla normativa vigente, tenendo conto dei risultati delle indagini sismiche tipo MASW e Down-hole eseguite in prossimità dell'area oggetto degli interventi, nell'ambito delle diverse campagne di indagini eseguite nel periodo 2013-2018 a supporto della progettazione; nella fattispecie, in prossimità dell'area ove sorgerà la Stazione di Catenanuova, sono state effettuate le seguenti indagini (cfr. Relazione Geotecnica Generale - RS3E52D78RHGE0001001A - § 4):

Indagini tipo Down Hole (PD 2 Fase – 2015)


- D31 – $V_{s,30} = 426$ m/s (categoria di suolo B)
- D33 – $V_{s,30} = 414$ m/s (categoria di suolo B)

Indagini MASW (Campagna Geognostica 2018)

- MASW VI 11 – $V_{s,30} = 445$ m/s (categoria di suolo B)

Ciascuna delle prove effettuate inquadrano pertanto il sottosuolo come di tipo B dal punto di vista sismico, ovvero *“Rocce Tenere e Depositi a Grana Grossa molto addensati di terreno a grana grossa mediamente addensati e grana fine molto consistenti – Vs 360 - 800”*

Ulteriore parametro utile alla definizione della risposta sismica locale, è come detto, la categoria topografica, da individuare nell'ambito della classificazione di cui alla Tab 3.2.V della normativa vigente di seguito riportata per completezza:

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA | | | | | |
| | FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica – Relazione di calcolo | COMMESSA RS3E | LOTTO 50 | CODIFICA D 78 CL | DOCUMENTO FV 01 02 002 | REV. A |

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|---|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30° | 1,4 |

Per il caso in esame, si può ritenere di riferimento la Categoria T1.

In definitiva, noti i parametri di pericolosità sismica del sito, e le categorie di Sottosuolo e Topografiche locali, è possibile determinare gli ulteriori parametri “dipendenti” definiti dalla norma per la determinazione degli spettri di risposta e/o per la determinazione delle azioni sismiche di progetto mediante i metodi pseudostatici:

Nel caso in esame si è dunque ottenuto:

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo info

Categoria topografica info

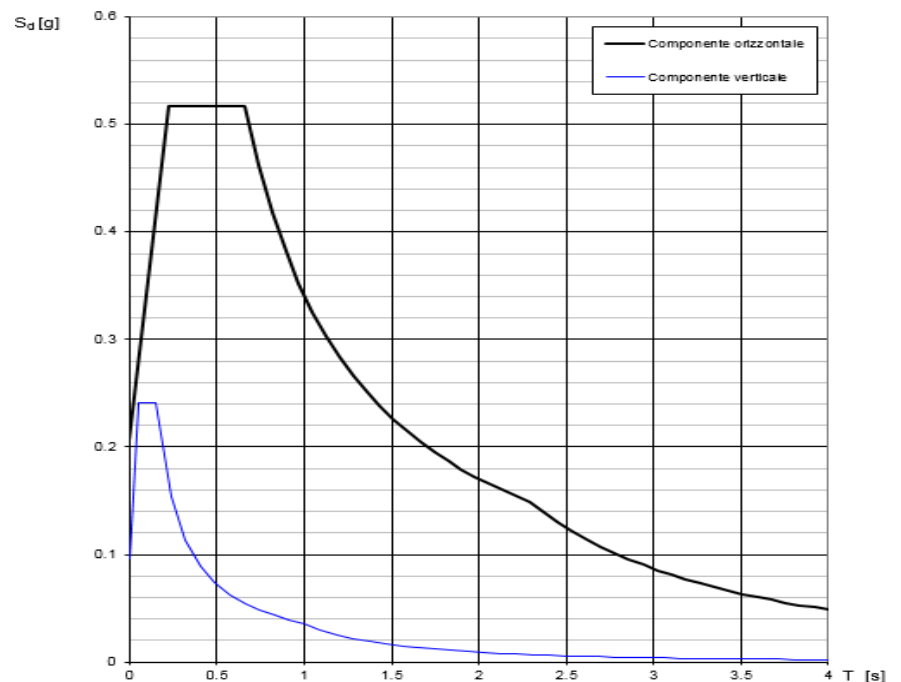
Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0,172 g |
| F_g^* | 2,506 |
| T_C^* | 0,528 s |
| S_S | 1,200 |
| C_C | 1,250 |
| S_T | 1,000 |
| q | 1,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,200 |
| η | 1,000 |
| T_B | 0,220 s |
| T_C | 0,660 s |
| T_D | 2,287 s |

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Figura 3 – parametri di pericolosità sismica e spettri di risposta in termini di accelerazioni

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 Pesì propri degli elementi principali in cemento armato

Il peso per unità di volume degli elementi in c.a. è stato assunto pari a $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$.

7.2 Pesì propri degli elementi in acciaio

Il peso per unità di volume degli elementi in acciaio è stato assunto pari a $\gamma_a = 78,50 \text{ kN/m}^3$.

7.3 Carichi permanenti

7.3.1 *Peso proprio dei gradini metallici (keller)*

Il carico per unità di superficie dovuto al peso proprio dei gradini in acciaio elettroforgiato (keller) è assunto pari a:

$$p_{\text{gradini}} = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

7.3.2 *Peso proprio della finitura dei gradini metallici*

Il carico per unità di superficie dovuto al peso proprio della finitura dei gradini è assunto pari a:

$$p_{\text{finitura}} = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

7.3.3 *Peso proprio del carter di rivestimento*

Il carico per unità di superficie dovuto al peso proprio del carter di rivestimento è assunto pari a:

$$p_{\text{carter}} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

7.4 Peso proprio dei parapetti laterali

Il carico lineare (applicato alle travi principali) dovuto al peso proprio dei parapetti laterali è assunto pari a:

$$p_{\text{parapetto}} = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

7.5 Carichi accidentali

7.5.1 *Carico accidentale da folla*

Secondo quanto riportato nel D.M. 14.01.2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” – par. 5.1.3.3.3, il carico accidentale da folla compatta è assunto pari a: $q_{\text{folla}} = 5,00 \text{ kN/m}^2$

7.5.2 Azione della neve

Il sito in oggetto è situato ad una quota pari a **170 m s.l.m.**

| | | | |
|---|--|--|---|
| ○ | Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza. | $q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |
| ○ | Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese. | $q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |
| ○ | Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona. | $q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |
| ● | Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo. | $q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/mq])} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

$$\mu_i \text{ (coefficiente di forma)}$$

$$q_{sk} \text{ (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])}$$

$$C_E \text{ (coefficiente di esposizione)}$$

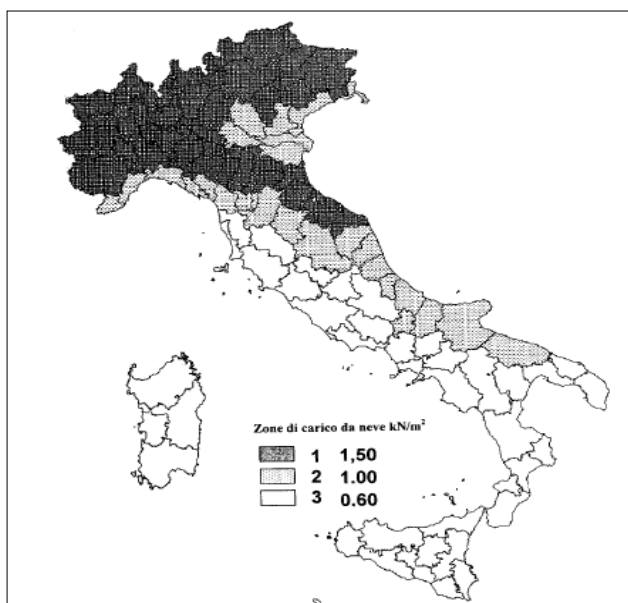
$$C_t \text{ (coefficiente termico)}$$

Valore caratteristico della neve al suolo

| | |
|---|------|
| a_s (altitudine sul livello del mare [m]) | 0 |
| q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq]) | 0,60 |

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **Ct = 1**.



Coefficiente di esposizione

| Topografia | Descrizione | C _E |
|------------|---|----------------|
| Normale | Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi. | 1 |

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 20 di 54 |

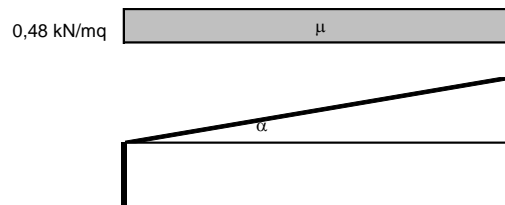
Valore del carico della neve al suolo

| | |
|--|------|
| q_s (carico della neve al suolo [kN/mq]) | 0,60 |
|--|------|

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

| | |
|-----------------------------------|---|
| α (inclinazione falda [°]) | 0 |
|-----------------------------------|---|

| | |
|-------|-----|
| μ | 0,8 |
|-------|-----|



7.5.3 Azione del vento

L'azione del vento è valutata in accordo alla normativa vigente NTC08 e Circolare n.617/2009.

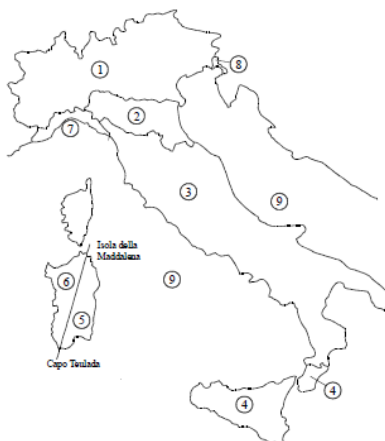
Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni p (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- q_b = pressione cinetica di riferimento;
- c_e = coefficiente di esposizione;
- c_p = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- c_d = coefficiente dinamico.

Pressione cinetica di riferimento:

Il sito di riferimento "Sicilia" ricade in zona 4 (figura 3.3.I_NTC 08) ed è situato ad una quota pari a **170 m** s.l.m:



Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

| Zona | Descrizione | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_s |
|------|---|-----------------|-----------|-------|
| 1 | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25 | 1000 | 0,40 |
| 2 | Emilia Romagna | 25 | 750 | 0,45 |
| 3 | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria) | 27 | 500 | 0,37 |
| 4 | Sicilia e provincia di Reggio Calabria | 28 | 500 | 0,36 |
| 5 | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 750 | 0,40 |
| 6 | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) | 28 | 500 | 0,36 |
| 7 | Liguria | 28 | 1000 | 0,54 |
| 8 | Provincia di Trieste | 30 | 1500 | 0,50 |
| 9 | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto | 31 | 500 | 0,32 |

Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

pertanto si ha:

| | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------------|---|
| ZONA | 4 | | |
| $V_{b,0} =$ | 28.00 | m/s | Tabella 3.3.1 NTC 08 |
| $a_0 =$ | 500 | m/s | Tabella 3.3.1 NTC 08 |
| $k_s =$ | 0.36 | 1/s | Tabella 3.3.1 NTC 08 |
| a_s (m) = | ≤ 500 | m | Altitudine slm sito di riferimento |
| v_b | 28 | m/s | Velocità di riferimento (par.3.3.2 NTC08) |
| $\rho =$ | 1.25 | kg/m ³ | |
| $Tr =$ | 75 | anni | Periodo di ritorno |
| c_R | 1.02 | - | Circolare 617-2009 (par 3.3.2) |
| v_b (TR) = | 28.657 | m/s | Circolare 617-2009 (par 3.3.2) |
| $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 =$ | 513 | N/m ² | Pressione cinetica di riferimento |
| $q_b =$ | 0.513 | kN/m ² | Pressione cinetica di riferimento |

Coefficiente dinamico:

Il coefficiente dinamico è posto pari a $c_d = 1$, in accordo alle indicazioni di cui al DM 14.01.08.

Coefficiente di esposizione:

Il coefficiente d'esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione (k_r , z_0 , z_{min}).

Il valore di c_e può essere ricavato mediante la relazione:

$$C_{\theta}(Z) = K_r^2 \cdot C_r \cdot \ln\left(\frac{Z}{z_0}\right) \left[7 + C_r \cdot \ln\left(\frac{Z}{z_0}\right)\right] \quad \text{per } Z > Z_{min}$$

$$C_{\theta}(Z) = C_{\theta}(Z_{mm}) \quad \text{per } Z < Z_{min}$$

Dove k_r , z_0 e z_{min} sono definiti nella tabella seguente:

Tabella 1 Schema per la definizione della categoria di esposizione – cfr. NTC08

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

Mentre il coefficiente di topografia si assume pari a:

$$C_t = 1.0 \quad (\text{Circolare del D.M. 1996, paragrafo C.7.5. caso zona pianeggiante P.O.})$$

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

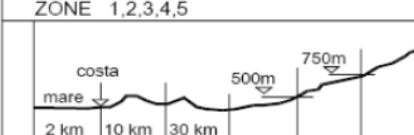
| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 22 di 54 |

Per il sito in esame si considera la Classe di rugosità del terreno D (tab 3.3.III) Considerando come categoria di esposizione la categoria II (sito entro 10 km dalla costa):

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

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

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

| ZONE 1,2,3,4,5 | | | | | | |
|---|----|-----|-----|-----|-----|----|
|  | | | | | | |
| A | -- | IV | IV | V | V | V |
| B | -- | III | III | IV | IV | IV |
| C | -- | * | III | III | IV | IV |
| D | I | II | II | II | III | ** |

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5
** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

Tabella 2 Definizione della categoria di esposizione

Pertanto si ha:

Calcolo Coefficiente di Esposizione

| | | |
|-----------------|-------------|--|
| Classe rugosità | D | tab. 3.3.III NTC 08 |
| Cat. Esp. | II | tab. 3.3.II NTC 08 |
| $k_r =$ | 0.19 | - tab. 3.3.II NTC 08 |
| $z_0 =$ | 0.05 m | tab. 3.3.II NTC 08 |
| $z_{min} =$ | 4.00 m | tab. 3.3.II NTC 08 |
| $h_1 =$ | 10.00 m | quota intradosso implacato (cautelativamente si assume 10m) |
| $s =$ | 0.60 m | spessore impalcato (massimo) |
| $h_2 =$ | 1.50 m | altezza ingombro (cautelativamente si assume un parapetto di $h=1.50m$) |
| $z =$ | 12.1 m | Altezza suolo del punto considerato |
| $c_e =$ | 2.47 | - Coefficiente di esposizione |

Coefficiente di forma (aerodinamico):

In assenza di valutazioni più precise, suffragate da opportuna documentazione o prove sperimentali in galleria del vento, per i coefficienti di forma si assumono i valori riportati al paragrafo C3.3.8 nella circolare applicativa. A favore di sicurezza si assume un valore la pressione del vento sulle pareti delle pile pari alla pressione massima calcolata:

- pareti sottovento → $c_p = 0,8$
- pareti sopravvento → $c_p = 0,4$

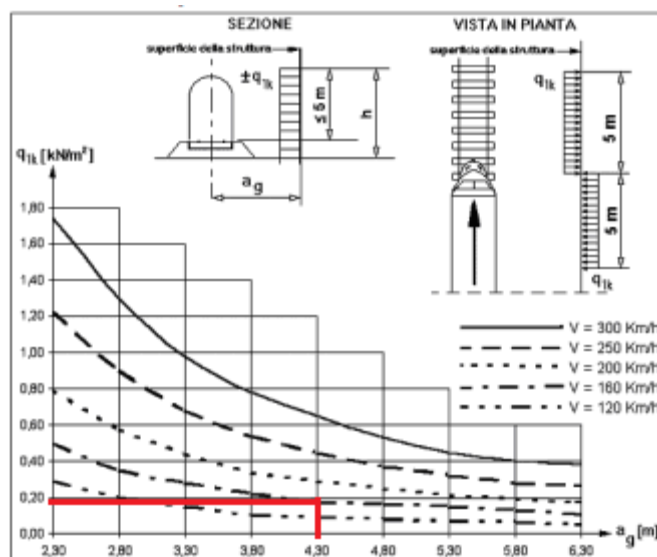
In definitiva l'azione del vento è pari a:

- pareti sottovento → $p_{vento} = 1.02 \text{ kN/m}^2$
- pareti sopravvento → $p_{vento} = 0.51 \text{ kN/m}^2$

7.6 Effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari

Per la determinazione degli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari si fa riferimento a quanto riportato nel D.M. 14.01.2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” - par. 5.2.2.7.1 “Superfici verticali parallele al binario”.

I valori caratteristici dell’azione $\pm q_{1k}$ relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti nell’immagine successiva in funzione della distanza a_g dell’asse del binario più vicino. E’ stata considerata una velocità del convoglio pari a $V = 160,00 \text{ km/h}$. La distanza minima dal binario più vicino è risultata pari a **4,32 m**.



Il valore della pressione/depressione aerodinamica risulta pertanto pari a: $q_{1k} = \pm 0,18 \text{ kN/m}^2$

Tale azione non risulta dimensionante.

7.7 Azione sismica

Le azioni sono state assegnate mediante un’analisi modale con spettro di risposta. A favore di sicurezza è stato considerato uno spettro di risposta elastico.

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC08, si definiscono le seguenti combinazioni di:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite facendo riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale *STR* ovvero per il raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali.

Come anticipato precedentemente gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

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

Il valore assunto per il coefficiente ψ_{2i} per i carichi mobili è pari a $\psi_{2i} = 0.0$.

8.1 Coefficienti parziali e di combinazione

Si utilizzano i coefficienti parziali di sicurezza e i coefficienti di combinazione di seguito riportati.

Tabella 3 – Coefficienti parziali di sicurezza agli SLU

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 STR | A2 GEO |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|--------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Carichi variabili da traffico | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,35 | 1,35 | 1,15 |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 1}$ | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 4 – Coefficienti di combinazione

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

8.2 Riepilogo delle combinazioni di carico

Nella tabella successiva sono riportati i carichi elementari introdotti nei modelli di calcolo ed i rispettivi coefficienti di amplificazione (γ) e partecipazione (ψ):

| AZIONE | | Y _{SLU} (favorevole) | Y _{SLU} (sfavorevole) | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|----------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|
| g ₁ | Peso proprio delle strutture metalliche | 1,30 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| g ₂ | Carichi permanenti portati | 1,30 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| q ₁ | Carico accidentale da folla compatta | 1,50 | 0,00 | 1,00 | 0,70 | 0,00 |
| q ₂ | Azione della neve | 1,50 | 0,00 | 1,00 | 0,50 | 0,00 |
| q ₃ | Azione trasversale del vento | 1,50 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,00 |
| s ₁ | Azione sismica longitudinale | 1,00 | 1,00 | - | - | - |
| s ₂ | Azione sismica trasversale | 1,00 | 1,00 | - | - | - |

8.2.1 Combinazioni allo SLE – Rare

| AZIONE | | RARA.01 | RARA.02 | RARA.03 |
|----------------|---|---------|---------|---------|
| | | ψ | ψ | ψ |
| g ₁ | Peso proprio delle strutture metalliche | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| g ₂ | Carichi permanenti portati | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| q ₁ | Carico accidentale da folla compatta | 1,00 | 0,75 | 0,75 |
| q ₂ | Azione della neve | 0,50 | 1,00 | 0,50 |
| q ₃ | Azione trasversale del vento | 0,60 | 0,60 | 1,00 |
| s ₁ | Azione sismica longitudinale | - | - | - |
| s ₂ | Azione sismica trasversale | - | - | - |

8.2.2 Combinazioni allo SLU – STR

| AZIONE | | STR.01 | | STR.02 | | STR.03 | |
|----------------|---|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | | γ | ψ | γ | ψ | γ | ψ |
| g ₁ | Peso proprio delle strutture metalliche | 1,30 | 1,00 | 1,30 | 1,00 | 1,30 | 1,00 |
| g ₂ | Carichi permanenti portati | 1,30 | 1,00 | 1,30 | 1,00 | 1,30 | 1,00 |
| q ₁ | Carico accidentale da folla compatta | 1,50 | 1,00 | 1,50 | 0,75 | 1,50 | 0,75 |
| q ₂ | Azione della neve | 1,50 | 0,50 | 1,50 | 1,00 | 1,50 | 0,50 |
| q ₃ | Azione trasversale del vento | 1,50 | 0,60 | 1,50 | 0,60 | 1,50 | 1,00 |
| s ₁ | Azione sismica longitudinale | - | - | - | - | - | - |
| s ₂ | Azione sismica trasversale | - | - | - | - | - | - |

8.2.3 Combinazioni allo SLU – SLV

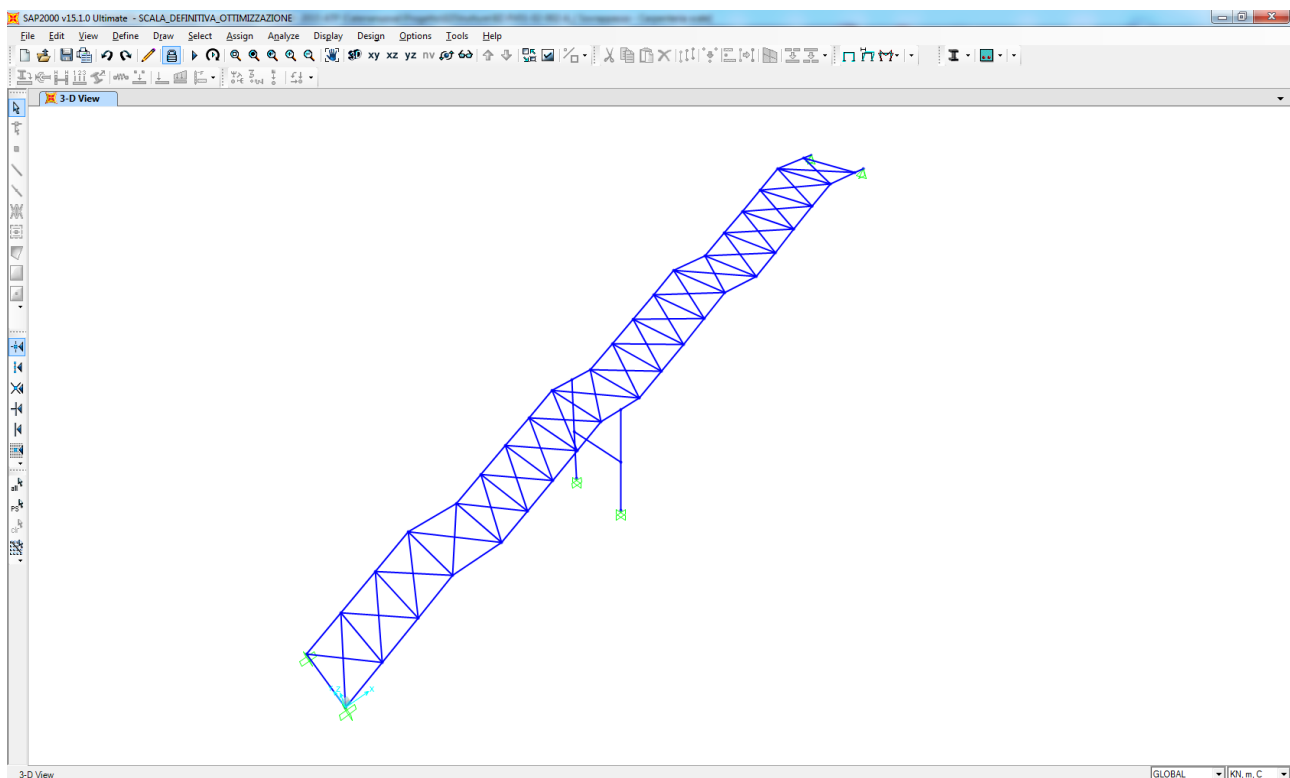
| AZIONE | | SISMA LONGITUDINALE | | SISMA TRASVERSALE | |
|----------------|---|---------------------|--------|-------------------|--------|
| | | γ | ψ | γ | ψ |
| g ₁ | Peso proprio delle strutture metalliche | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| g ₂ | Carichi permanenti portati | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| q ₁ | Carico accidentale da folla compatta | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| q ₂ | Azione della neve | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 0,00 |
| q ₃ | Azione trasversale del vento | 1,00 | 0,00 | -1,00 | 0,00 |
| s ₁ | Azione sismica longitudinale | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,30 |
| s ₂ | Azione sismica trasversale | 1,00 | 0,30 | 1,00 | 1,00 |

9 MODELLO DI CALCOLO E ANALISI ESEGUITE

9.1 Descrizione del modello di calcolo

Per la valutazione delle azioni sollecitanti è stato realizzato un apposito modello di calcolo monodimensionale (striscia di larghezza unitaria) mediante il software SAP2000 v.15.1.

Gli elementi strutturali (ritti, travi principali, trasversi ed elementi di controvento) sono stati modellati mediante elementi monodimensionali tipo “beam”. I trasversi e i controventi sono stati considerati come incernierati agli estremi.



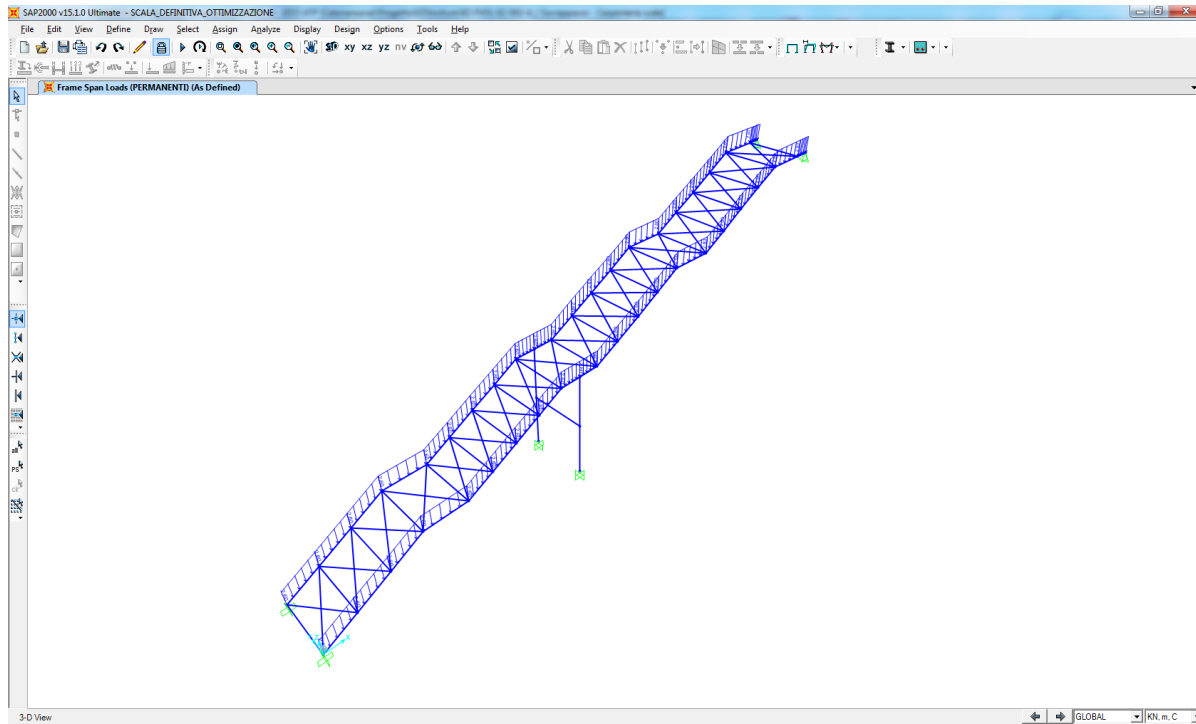
Le travi principali sono state considerate incastrate a terra e semplicemente appoggiate alla mensola della pila della passerella. I ritti intermedi sono stati considerati incastrati a terra. Il nodo di collegamento tra ritti intermedi e travi principali è stato considerato come nodo a completo ripristino della continuità strutturale (nodo incastro).

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

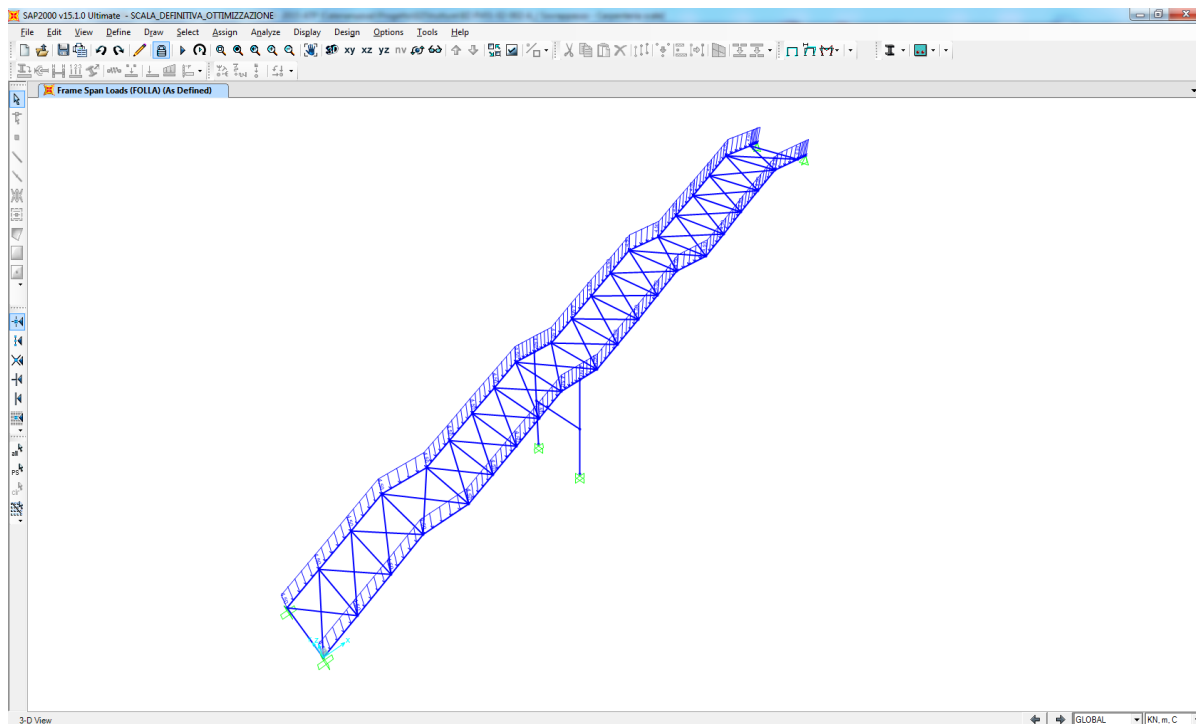
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 28 di 54 |

9.2 Disposizione dei carichi

Nell'immagine successiva è riportata l'applicazione dei carichi permanenti portati:



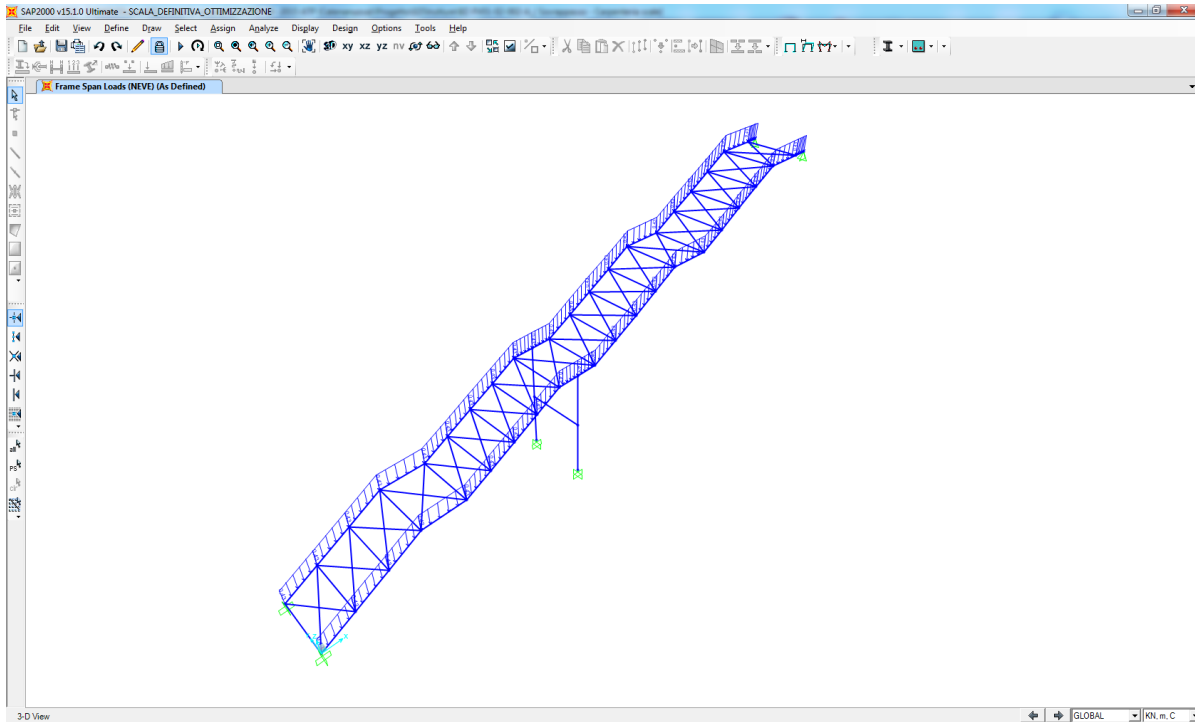
Nell'immagine successiva è riportata l'applicazione del carico accidentale da folla compatta:



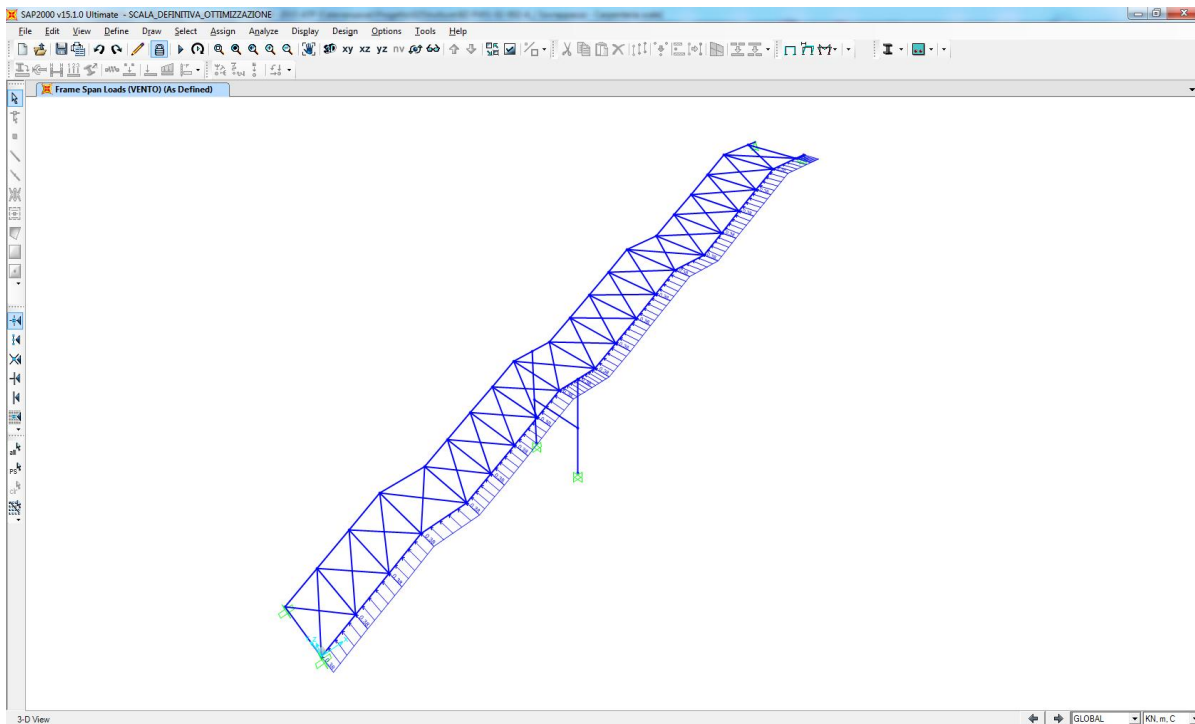
FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 29 di 54 |

Nell'immagine successiva è riportata l'applicazione del carico accidentale da neve:



Nell'immagine successiva è riportata l'applicazione del carico accidentale dovuto all'azione trasversale del vento:



9.3 Analisi eseguite

Per la determinazione delle azioni sollecitanti sugli elementi strutturali sono state eseguite le seguenti analisi strutturali:

- Analisi statica
- Analisi dinamica lineare con spettro di risposta

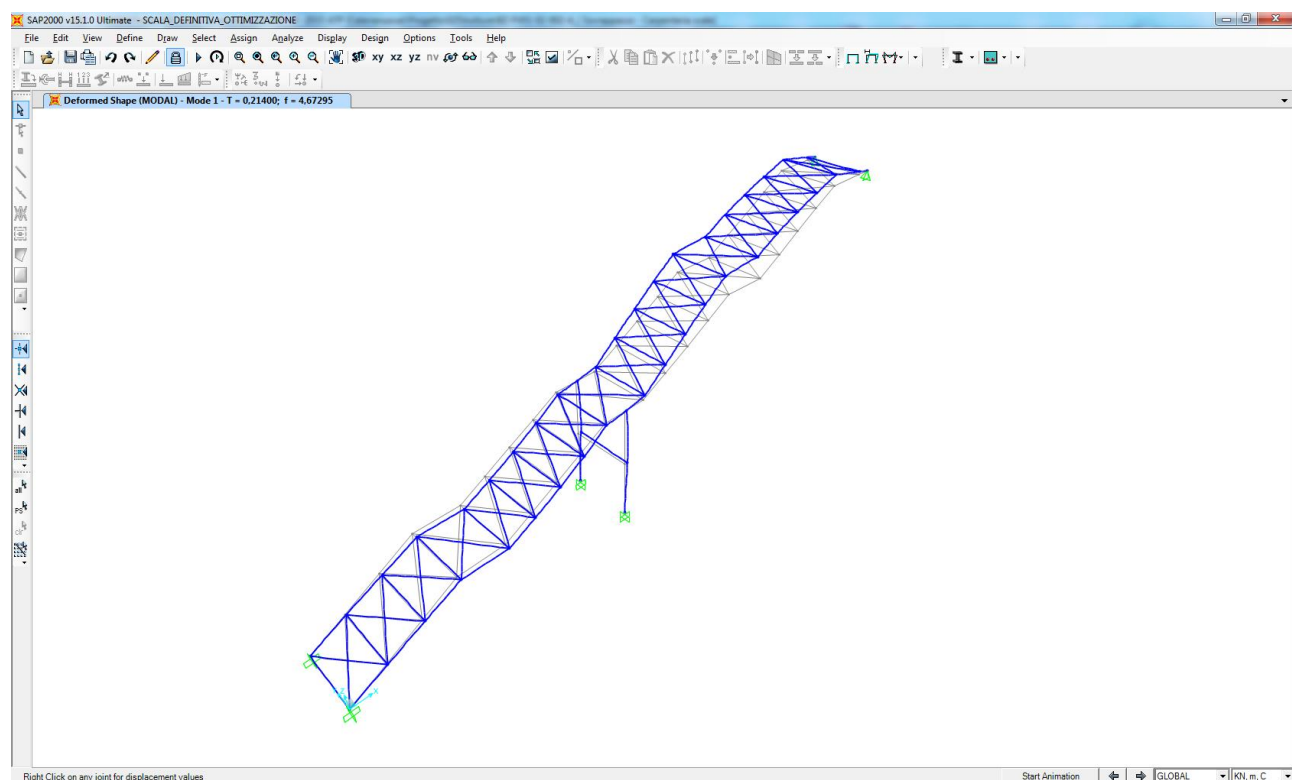
9.4 Definizione dei principali modi di vibrare

Per la determinazione dei modi di vibrare della struttura sono state tenute in conto le masse relative ai seguenti carichi:

- Pesi propri strutturali
- Carichi permanenti portati
- Folla compatta valutata con un coefficiente di partecipazione pari a $\psi = 0,20$

Nelle immagini successive sono riportate le deformate dovute ai principali modi di vibrare della struttura.

1° MODO DI VIBRARE



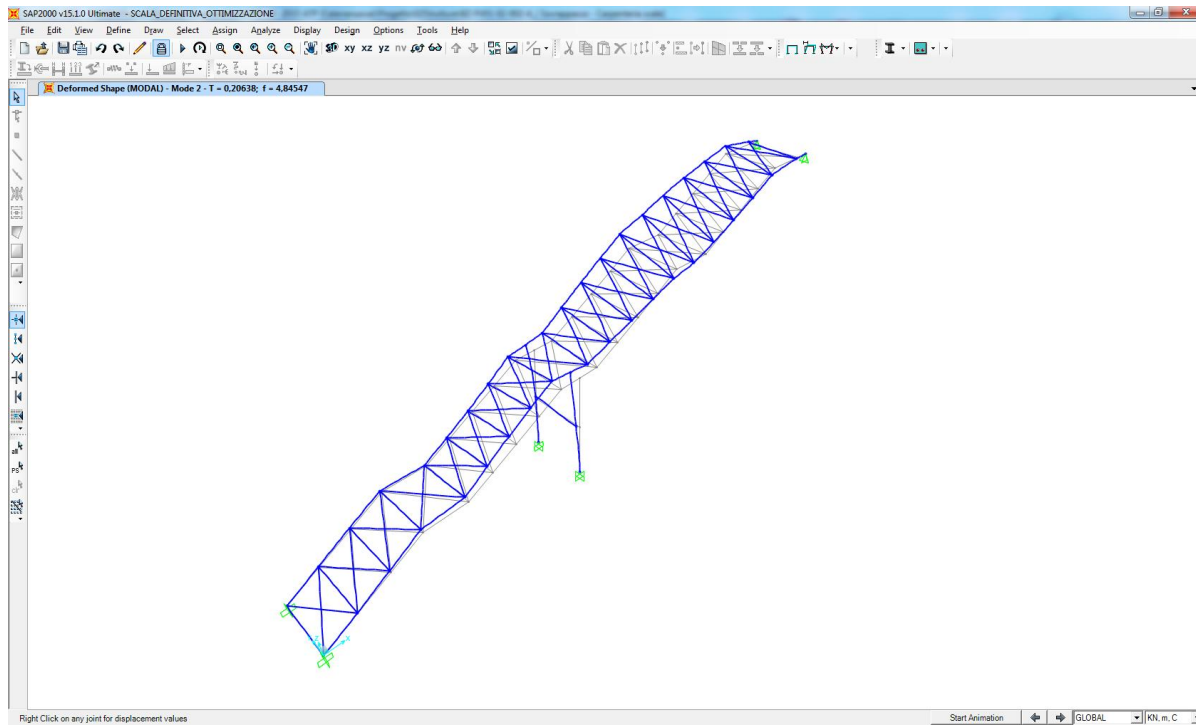


DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
PROGETTO DEFINITIVO
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

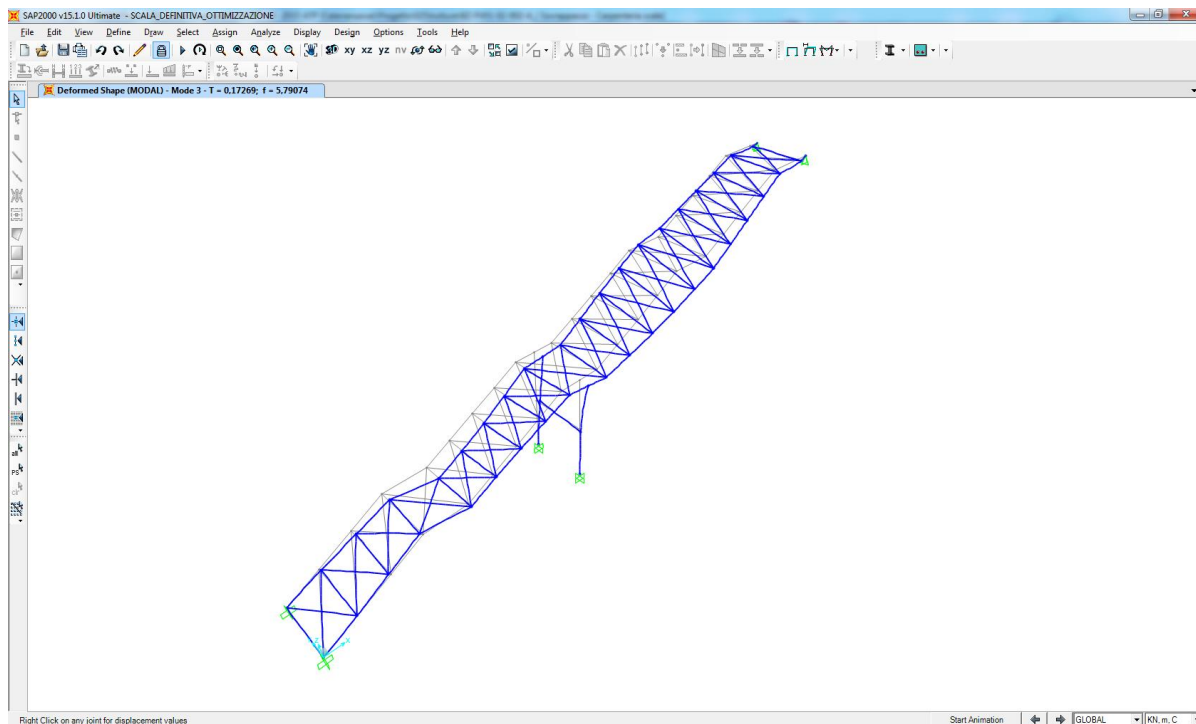
FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 31 di 54 |

2° MODO DI VIBRARE



3° MODO DI VIBRARE



Per il raggiungimento della percentuale minima di massa eccitata (pari al 90% della massa totale considerata) sono stati presi in esame i primi 60 modi di vibrare della struttura.

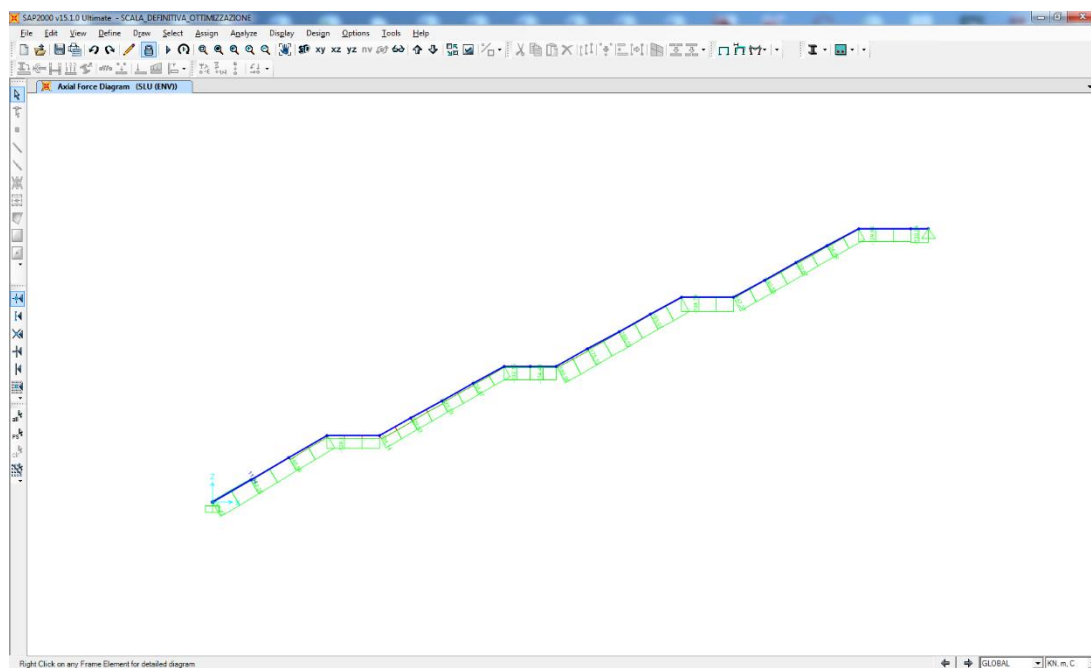
Nella tabella successiva sono riepilogati i modi presi in esame con i relativi periodi e coefficienti di partecipazione modale:

| MODO | PERIODO [sec] | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ | SumRZ |
|------|---------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 1 | 0,215097 | 0,37% | 0,00% | 0,37% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| 2 | 0,208918 | 0,00% | 35,12% | 0,37% | 35,12% | 33,50% | 33,50% |
| 3 | 0,173828 | 0,00% | 40,91% | 0,37% | 76,04% | 33,30% | 66,80% |
| 4 | 0,107280 | 0,00% | 2,22% | 0,37% | 78,26% | 5,83% | 72,63% |
| 5 | 0,106101 | 7,37% | 0,00% | 7,73% | 78,26% | 0,05% | 72,68% |
| 6 | 0,089239 | 0,00% | 0,33% | 7,73% | 78,59% | 9,69% | 82,37% |
| 7 | 0,070705 | 14,45% | 0,00% | 22,18% | 78,59% | 0,11% | 82,48% |
| 8 | 0,068271 | 0,00% | 5,84% | 22,18% | 84,43% | 11,70% | 94,18% |
| 9 | 0,054751 | 0,00% | 10,73% | 22,18% | 95,16% | 1,74% | 95,91% |
| 10 | 0,041112 | 33,90% | 0,00% | 56,08% | 95,16% | 0,25% | 96,16% |
| 11 | 0,039843 | 0,04% | 0,00% | 56,11% | 95,16% | 0,00% | 96,16% |
| 12 | 0,038272 | 0,00% | 0,11% | 56,11% | 95,26% | 0,27% | 96,43% |
| 13 | 0,033688 | 0,00% | 0,01% | 56,11% | 95,27% | 0,03% | 96,46% |
| 14 | 0,033494 | 0,04% | 0,00% | 56,15% | 95,27% | 0,00% | 96,46% |
| 15 | 0,030546 | 0,00% | 0,01% | 56,15% | 95,28% | 0,74% | 97,20% |
| 16 | 0,029391 | 10,11% | 0,00% | 66,26% | 95,28% | 0,07% | 97,27% |
| 17 | 0,027471 | 0,00% | 0,53% | 66,26% | 95,81% | 0,08% | 97,35% |
| 18 | 0,026826 | 0,00% | 1,48% | 66,26% | 97,28% | 0,87% | 98,22% |
| 19 | 0,025178 | 0,00% | 0,57% | 66,26% | 97,85% | 0,00% | 98,22% |
| 20 | 0,022671 | 0,00% | 0,18% | 66,26% | 98,03% | 0,28% | 98,50% |
| 21 | 0,020816 | 0,00% | 0,01% | 66,26% | 98,04% | 0,01% | 98,51% |
| 22 | 0,018898 | 0,00% | 0,68% | 66,26% | 98,72% | 0,20% | 98,71% |
| 23 | 0,018205 | 3,14% | 0,00% | 69,40% | 98,72% | 0,02% | 98,73% |
| 24 | 0,017907 | 0,01% | 0,00% | 69,40% | 98,72% | 0,00% | 98,73% |
| 25 | 0,017745 | 0,00% | 0,12% | 69,40% | 98,84% | 0,03% | 98,76% |
| 26 | 0,016666 | 0,00% | 0,04% | 69,40% | 98,88% | 0,18% | 98,94% |
| 27 | 0,016023 | 0,19% | 0,00% | 69,59% | 98,88% | 0,00% | 98,94% |
| 28 | 0,015805 | 0,00% | 0,37% | 69,59% | 99,25% | 0,18% | 99,12% |
| 29 | 0,014773 | 0,00% | 0,11% | 69,59% | 99,36% | 0,08% | 99,20% |
| 30 | 0,014750 | 8,10% | 0,00% | 77,69% | 99,36% | 0,06% | 99,25% |
| 31 | 0,014127 | 0,00% | 0,20% | 77,69% | 99,57% | 0,12% | 99,37% |
| 32 | 0,013408 | 0,00% | 0,00% | 77,69% | 99,57% | 0,14% | 99,50% |
| 33 | 0,013228 | 0,53% | 0,00% | 78,22% | 99,57% | 0,00% | 99,51% |
| 34 | 0,012831 | 0,00% | 0,01% | 78,22% | 99,58% | 0,05% | 99,56% |
| 35 | 0,012391 | 0,00% | 0,00% | 78,22% | 99,58% | 0,01% | 99,57% |
| 36 | 0,012158 | 0,00% | 0,16% | 78,22% | 99,74% | 0,08% | 99,65% |
| 37 | 0,012009 | 1,49% | 0,00% | 79,71% | 99,74% | 0,01% | 99,66% |
| 38 | 0,011731 | 0,00% | 0,00% | 79,71% | 99,74% | 0,05% | 99,71% |
| 39 | 0,011162 | 0,00% | 0,00% | 79,71% | 99,75% | 0,00% | 99,72% |
| 40 | 0,010926 | 7,10% | 0,00% | 86,82% | 99,75% | 0,05% | 99,77% |
| 41 | 0,010660 | 0,00% | 0,17% | 86,82% | 99,92% | 0,02% | 99,78% |
| 42 | 0,010445 | 0,00% | 0,07% | 86,82% | 99,99% | 0,02% | 99,80% |
| 43 | 0,010055 | 0,00% | 0,01% | 86,82% | 100,00% | 0,02% | 99,82% |
| 44 | 0,009801 | 0,00% | 0,00% | 86,82% | 100,00% | 0,00% | 99,82% |
| 45 | 0,009324 | 0,00% | 0,00% | 86,82% | 100,00% | 0,00% | 99,82% |
| 46 | 0,009304 | 0,14% | 0,00% | 86,96% | 100,00% | 0,00% | 99,83% |
| 47 | 0,008814 | 0,00% | 0,00% | 86,96% | 100,00% | 0,00% | 99,83% |
| 48 | 0,008260 | 0,01% | 0,00% | 86,96% | 100,00% | 0,00% | 99,83% |
| 49 | 0,008231 | 0,00% | 0,00% | 86,96% | 100,00% | 0,00% | 99,83% |
| 50 | 0,008119 | 1,76% | 0,00% | 88,72% | 100,00% | 0,01% | 99,84% |
| 51 | 0,008089 | 0,00% | 0,00% | 88,72% | 100,00% | 0,00% | 99,84% |
| 52 | 0,008041 | 0,00% | 0,00% | 88,72% | 100,00% | 0,00% | 99,84% |
| 53 | 0,007985 | 0,00% | 0,00% | 88,72% | 100,00% | 0,00% | 99,84% |
| 54 | 0,007933 | 0,00% | 0,00% | 88,72% | 100,00% | 0,00% | 99,84% |
| 55 | 0,007831 | 2,83% | 0,00% | 91,55% | 100,00% | 0,02% | 99,87% |
| 56 | 0,007561 | 0,00% | 0,00% | 91,55% | 100,00% | 0,02% | 99,88% |
| 57 | 0,007091 | 0,00% | 0,00% | 91,55% | 100,00% | 0,00% | 99,88% |
| 58 | 0,006799 | 0,00% | 0,00% | 91,55% | 100,00% | 0,00% | 99,88% |
| 59 | 0,006687 | 1,47% | 0,00% | 93,02% | 100,00% | 0,01% | 99,89% |
| 60 | 0,006594 | 0,13% | 0,00% | 93,16% | 100,00% | 0,00% | 99,89% |

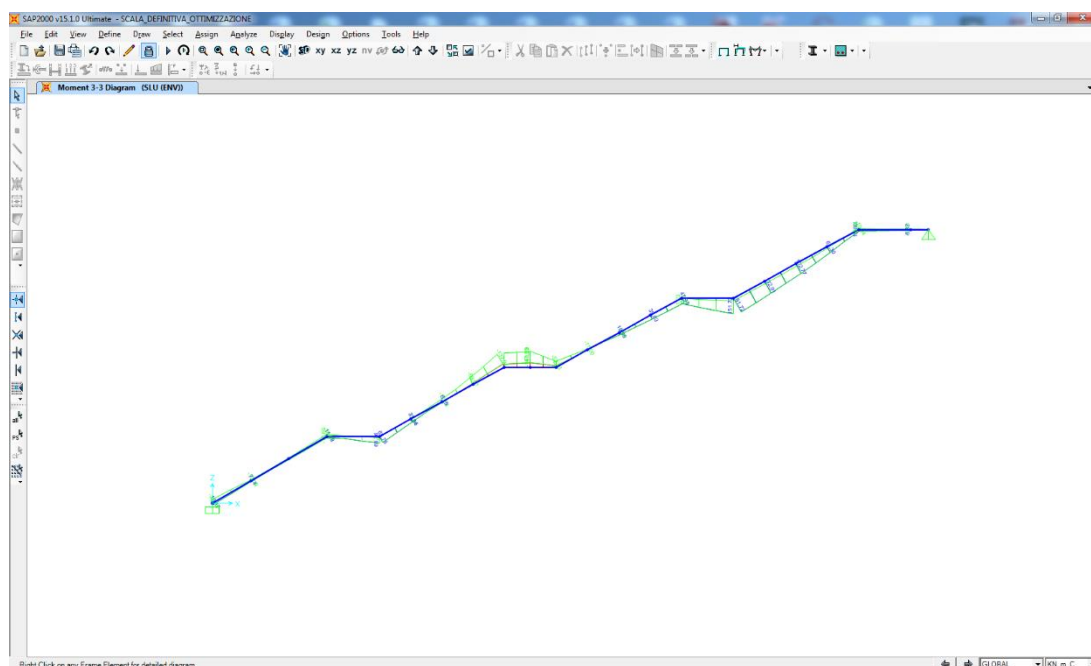
10 TRAVI PRINCIPALI IPE 400

10.1 Valutazione delle azioni sollecitanti

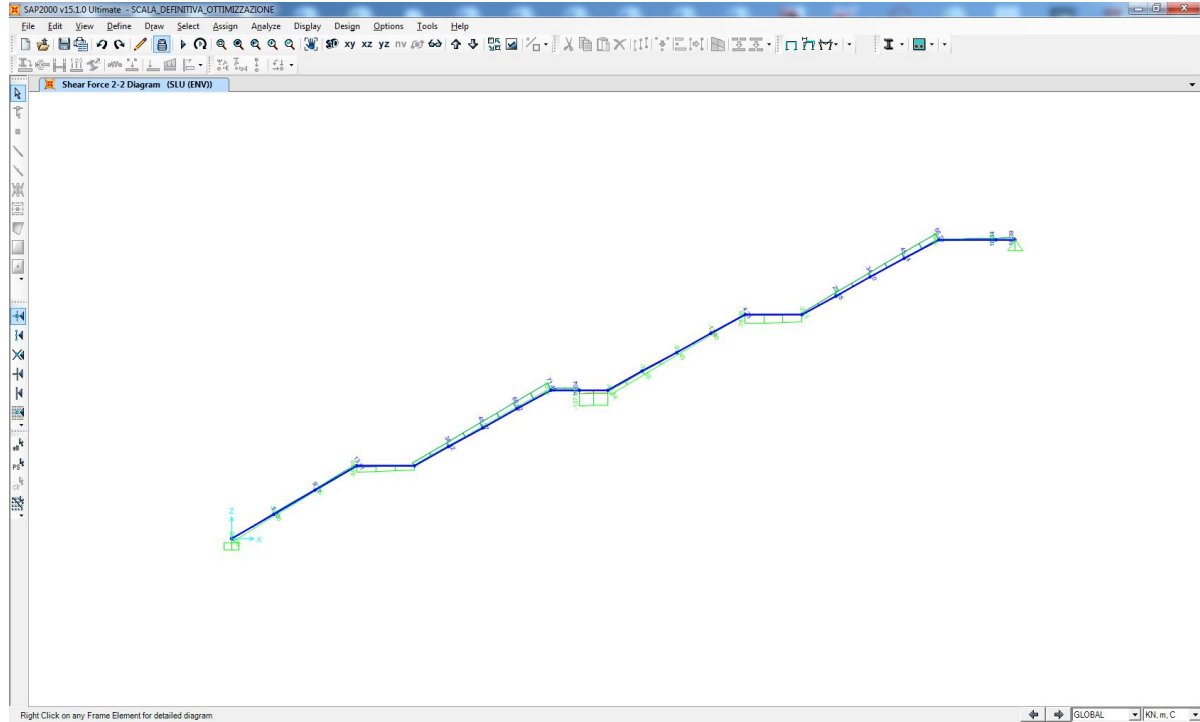
Nell'immagine successiva è riportato l'andamento dell'azione normale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):



Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente verticale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):



Nell' immagine successiva è riportato l'andamento del taglio verticale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):



Nella tabella successiva sono riportati i valori massimi delle azioni sollecitanti:

| COMBINAZIONE | N_{Sd} [kN] | V_{Sd} [kN] | M_{Sd} [kNm] |
|--------------|------------------|------------------|-------------------|
| N_{max} | -180,96 | -46,54 | -53,33 |
| M_{max} | -134,49 | -137,71 | -153,29 |
| V_{max} | -134,49 | -137,71 | -153,29 |

Le azioni normali di compressione sono indicate con segno negativo.

10.2 Caratteristiche del profilato

10.2.1 Caratteristiche geometriche e inerziali

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClS Normativa: NTC ?

IPE IPN HEAA HL HEA IPEA HEX UB HEB IPEO HD UC HEM IPEX HP W

Ordina per: Wy ly g

Acciaio: S275 (Fe430) fy (N/mm2): 275 fu: 430

Lunghezze di libera inflessione [m]: I_{Oy} 11 I_{Oz} 0

N_{Sd} [kN]: 0

| designation | g (Kg/m) | h (mm) | b (mm) | tw (mm) | tf (mm) | r1 (mm) |
|-------------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|
| IPE 300 | 42,2 | 300 | 150 | 7,10 | 10,70 | 15,00 |
| IPE 330 | 49,1 | 330 | 160 | 7,50 | 11,50 | 18,00 |
| IPE 360 | 57,1 | 360 | 170 | 8,00 | 12,70 | 18,00 |
| IPE 400 | 66,3 | 400 | 180 | 8,60 | 13,50 | 21,00 |
| IPE 450 | 77,6 | 450 | 190 | 9,40 | 14,60 | 21,00 |
| IPE 500 | 90,7 | 500 | 200 | 10,20 | 16,00 | 21,00 |
| IPE 550 | 106,0 | 550 | 210 | 11,10 | 17,20 | 24,00 |

g (Kg/m): 66,3

h (mm): 400 r2 (mm): 0

b (mm): 180 A (cm2): 84,46 i_y (cm): 16,55 i_z (cm): 3,95

tw (mm): 8,6 I_y (cm4): 23 130 I_z (cm4): 1 318 I_T (cm4): 51,08

tf (mm): 13,5 W_y (cm3): 1 156 W_z (cm3): 146,4 I_w (cm6): 490 000

r1 (mm): 21 W_{ply} (cm3): 1 307 $W_{pl,z}$ (cm3): 229

$N_{by,Rd}$ [kN]: 1 802 $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 342,3

$N_{bz,Rd}$ [kN]: 2 212 $M_{oz,Rd}$ [kNm]: 59,98

$V_{ply,Rd}$ [kN]: 645,5 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 734,9

Classe Sezione: Compressione 3 Flessione My 1 Flessione Mz 1 Presso-Flessione 1

Verifiche: Presso Flessione Svergolamento

10.2.2 Classificazione della sezione

Classificazione - EC3 #5.5.2

IPE 400 Acciaio S275 (Fe430) fy (N/mm2) 275

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0,924$$

| | | |
|-----------------------|--|--|
| A L A | $\frac{c}{t_f \epsilon} = \frac{90}{13,5 \times 0,92} = 7,21$ | |
| | <p>FLESSIONE Mz</p> $0 < \frac{c}{t_f \epsilon} \leq 10$ Classe 1 | <p>COMPRESIONE</p> $0 < \frac{c}{t_w \epsilon} \leq 10$ Classe 1 |
| A N I M A | $\frac{d}{t_w \epsilon} = \frac{331,0}{8,6 \times 0,92} = 41,64$ | |
| | <p>FLESSIONE My</p> $0 < \frac{d}{t_w \epsilon} \leq 72$ Classe 1 | <p>COMPRESIONE</p> $38 < \frac{d}{t_w \epsilon} \leq 42$ Classe 3 |

Classe Presso-Flessione 1 ?

10.3 Verifiche di resistenza allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione

10.3.1 Combinazione N_{max}

Resistenza della sezione a flessione e forza assiale - EC3 #6.2.9

IPE 400 Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 180,96 $M_{y,Sd}$ [kNm] 53,53 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0,0

Presso-Flessione deviata - EC3 #6.2.9.1 (6) - Sezione di classe 1 e 2

$$\left[\frac{M_{y,Sd}}{M_{Ny,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Sd}}{M_{Nz,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{53,53}{342} \right]^2 + \left[\frac{0}{60,0} \right]^1 = 0,024 + 0 = 0,024$$

OK

10.3.2 Combinazione M_{max}

Resistenza della sezione a flessione e forza assiale - EC3 #6.2.9

IPE 400 Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 134,49 $M_{y,Sd}$ [kNm] 153,29 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0,0

Presso-Flessione deviata - EC3 #6.2.9.1 (6) - Sezione di classe 1 e 2

$$\left[\frac{M_{y,Sd}}{M_{Ny,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Sd}}{M_{Nz,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{153,29}{342} \right]^2 + \left[\frac{0}{60,0} \right]^1 = 0,201 + 0 = 0,201$$

OK

10.4 Verifica di instabilità dell'asta compressa

Resistenza all'instabilità - EC3 #6.3.1

IPE 400 Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

$\gamma_{M1} = 1.05$ $\beta_A = 1.0$ $\epsilon = 0.92$ $\lambda_1 = 93.9$ $\epsilon = 86.8$

Instabilità attorno all'asse

| | y - y | z - z |
|---|----------|----------|
| Snellezza λ | 66,47 | 0,0 |
| Snellezza adimensionale $\bar{\lambda} = \lambda / \lambda_1 \beta_A^{0.5}$ | 0,7657 | 0,0 |
| Curva di instabilità | a | b |
| Coefficiente di imperfezione α | 0,21 | 0,34 |
| $\phi = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2)^2 + \bar{\lambda}^2]$ | 0,8526 | 0,466 |
| $\chi = 1 / [\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0.5}]$ | 0,8147 | 1,0 |
| $N_{b,Rd} = \chi \beta_A A f_y / \gamma_{M1}$ (kN) | 1802,168 | 2212,048 |
| Imperfezione di freccia $e_{0,d}$ (mm) | 18,25 | 0,0 |
| N_{cr} (kN) | 3962,61 | ∞ |

Calcolo coefficiente di riduzione

λ 66,47 $\bar{\lambda}$ 0,7658 curva a β_A 1,0 $\rightarrow \chi$ 0,8147

Imperfezione di freccia EC3 - 2005 #5.3.2.(11) e_0 16,97 [mm] y-y z-z

10.5 Verifica di instabilità per pressoflessione

10.5.1 Combinazione N_{max}

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

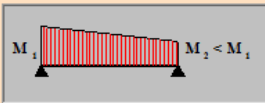
IPE 400 Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 180,96

Inflessione attorno all'asse

| | y - y | z - z |
|---------------------|--------|-------|
| Snellezza λ | 66,47 | 0 |
| $N_{b,Rd}$ [kN] | 1 802 | 2 212 |
| $M_{1,Sd}$ [kNm] | 53,53 | 0 |
| $M_{2,Sd}$ [kNm] | 53,53 | 0 |
| β_M | 1,1 | 1,1 |
| μ | -1,248 | 0,564 |
| k | 1,119 | 0,956 |
| $M_{c,Rd}$ [kNm] | 342,3 | 59,98 |
| M_{Sd} [kNm] | 53,53 | 0 |

Momenti all'estremità
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità



Resistenza della sezione 0,024 OK ?

Instabilità flesso-torsionale 0,238 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0,100 + 0,175 + 0 = 0,275$$

OK

10.5.2 Combinazione M_{max}

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

IPE 400 Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 134.49

Inflexione attorno all'asse

| | y - y | z - z |
|---------------------|--------|-------|
| Snellezza λ | 66.47 | 0 |
| $N_{b,Rd}$ [kN] | 1 802 | 2 212 |
| $M_{1,Sd}$ [kNm] | 153.29 | 0 |
| $M_{2,Sd}$ [kNm] | 153.29 | 0 |
| β_M | 1.1 | 1.1 |
| μ | -1.248 | 0.564 |
| k | 1.089 | 0.967 |
| $M_{c,Rd}$ [kNm] | 342.3 | 59.98 |
| M_{Sd} [kNm] | 153.3 | 0 |

Resistenza della sezione 0.201 OK ?

Instabilità flessio-torsionale 0.509 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.[1]

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{c,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{c,Rd2}} = 0.075 + 0.488 + 0 = 0.562$$

OK

10.6 Verifica di instabilità flessio-torsionale (svergolamento)

10.6.1 Combinazione N_{max}

Resistenza della membratura all'instabilità flessio-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

IPE 400 Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

z_a [mm] 0.0 L [m] 0.0 = I_{0z} [m]

Coefficienti C
 Momenti all'estremità Carichi trasversali
 C₁ 1.0 C₂ 0.0 C₃ 1

Coefficienti di lunghezza efficace
 k 1.0 k_ψ 1.0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo My) - EC3 #5.5.2.

M_{cr} [kNm] = ∞ $M_{c,Rd}$ [kNm] = 342.3

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{c,Rd} \gamma_{M0}}{M_{cr}}} = 0$$

$\chi_{LT} = 1$ $M_{b,Rd}$ [kNm] = 342.3

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 1/2 - EC3 #5.5.4. [2]

N_{Sd} [kN] 180.96 $M_{y,Sd}$ [kNm] 53.53 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0.0

$$\frac{N_{Sd}}{N_{bz,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{c,Rd1}} = \frac{180.96}{2212} + \frac{1 \times 53.53}{342.3} + \frac{0.966 \times 0}{59.98}$$

= 0.082 + 0.156 + 0 = 0.238 OK

10.6.2 Combinazione M_{max}

Resistenza della membratura all'instabilità flessio-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

IPE 400
 Acciaio S275 (Fe430)
 f_y (N/mm²) 275
 z_y [mm] 0,0 L [m] 0,0 = I_{Oz} [m]

Coefficienti C
 ? Momenti all'estremità ? Carichi trasversali
 C_1 1,0 C_2 0,0 C_3 1

Coefficienti di lunghezza efficace
 k 1,0 k_ψ 1,0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo My) - EC3 #5.5.2.
 M_{cr} [kNm] = ∞ , $M_{e,Rd}$ [kNm] = 342,3
 $\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{M_{e,Rd} \gamma_{M0}}{M_{cr}}} = 0$ $\chi_{LT} = 1$ $M_{b,Rd}$ [kNm] = 342,3

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 1/2 - EC3 #5.5.4. (2)

N_{Sd} [kN] 134,49 $M_{y,Sd}$ [kNm] 153,29 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0,0

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,z,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{e,z,Rd1}} = \frac{134,49}{2212} + \frac{1 \times 153,3}{342,3} + \frac{0,967 \times 0}{59,98}$$

$$= 0,061 + 0,448 + 0 = 0,509$$

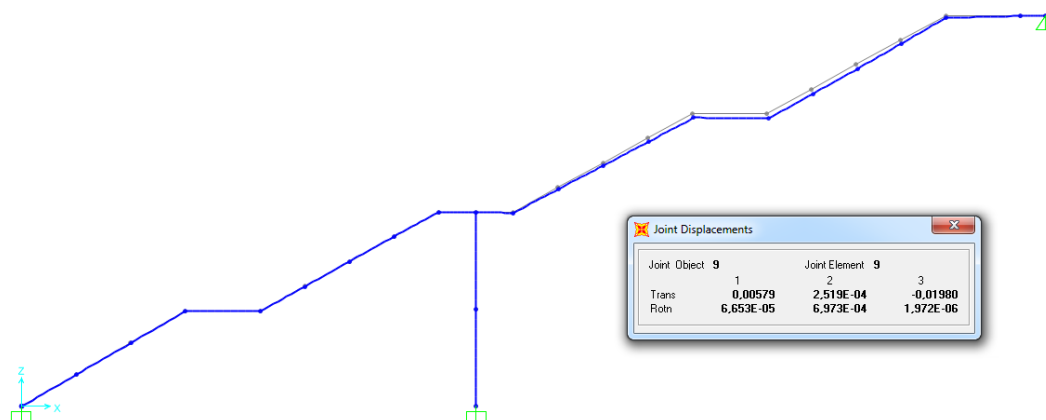
OK

10.7 Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio

| VERIFICA A TAGLIO MONOASSIALE DM 14.01.2008 - P.to 4.2.4.1.2 | | | |
|---|------------------|-----------|----------------------|
| MATERIALE | | | |
| Tipologia di acciaio | S275 | | |
| Tensione caratteristica a rottura | f_{tk} | 430,00 | [N/mm ²] |
| Tensione caratteristica di snervamento | f_{yk} | 275,00 | [N/mm ²] |
| Resistenza di calcolo | f_{yd} | 261,90 | [N/mm ²] |
| CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI DEL PROFILO | | | |
| Tipologia del profilo | IPE 400 | | |
| Area della sezione | A | 84,46 | [cm ²] |
| Altezza della sezione | h | 400,00 | [mm] |
| Base della sezione | b | 180,00 | [mm] |
| Spessore delle ali | t_f | 13,50 | [mm] |
| Spessore dell'anima | t_w | 8,60 | [mm] |
| Raggio del raccordo | r | 21,00 | [mm] |
| Momento di inerzia nel piano dell'anima | I_y | 23 130,00 | [cm ⁴] |
| Modulo di resistenza elastico nel piano dell'anima | W_y | 1 156,00 | [cm ³] |
| Modulo di resistenza plastico nel piano dell'anima | $W_{pl,y}$ | 1 307,00 | [cm ³] |
| Raggio di inerzia nel piano dell'anima | i_y | 16,55 | [cm] |
| Momento di inerzia nel piano delle ali | I_z | 1 318,00 | [cm ⁴] |
| Modulo di resistenza elastico nel piano delle ali | W_z | 146,40 | [cm ³] |
| Modulo di resistenza plastico nel piano delle ali | $W_{pl,z}$ | 229,00 | [cm ³] |
| Raggio di inerzia nel piano delle ali | i_z | 3,95 | [cm] |
| AZIONI SOLLECITANTI | | | |
| Direzione dell'azione flettente | piano dell'anima | | |
| Azione tagliante di calcolo | V_{Ed} | 137,71 | [kN] |
| VERIFICA | | | |
| Area resistente a taglio | A_v | 42,69 | [cm ²] |
| Resistenza di calcolo a taglio | V_{Rd} | 645,53 | [kN] |
| V_{ed} / V_{Rd} | = | 0,21 | < 1,00 |
| VERIFICA POSITIVA | | | |

10.8 Verifiche di deformabilità

Nell'immagine successiva è riportata la configurazione deformata delle travi principali per la combinazione di carico allo Stato Limite di Esercizio rara maggiormente gravosa:



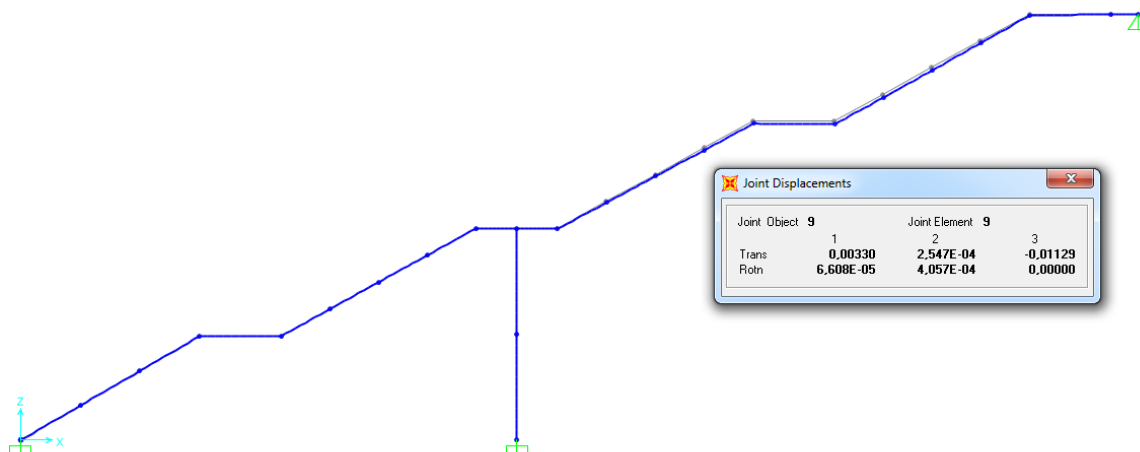
La deformazione verticale massima per la combinazione di carico allo Stato Limite di Esercizio rara maggiormente gravosa risulta pari a $d_{SLE,max} = 19,80$ mm.

La luce massima di inflessione è pari a 11,0 m. Per analogia alla categoria “coperture praticabili” definita dal D.M. 14.01.2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, la freccia verticale limite nello stato finale è uguale a:

$$\delta_{max} = L / 250 = 11.000,0 / 250 = 44 \text{ mm} > d_{SLE,max} = 19,80 \text{ mm}$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

Nell'immagine successiva è riportata la configurazione deformata delle travi principali per la combinazione dei soli carichi accidentali maggiormente gravosa:



FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
 – Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 41 di 54 |

La deformazione verticale massima per la combinazione di carico allo Stato Limite di Esercizio rara maggiormente gravosa risulta pari a $d_{ACC,max} = 11,29$ mm.

La luce massima di inflessione è pari a 11,0 m. Per analogia alla categoria “coperture praticabili” definita dal D.M. 14.01.2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, la freccia verticale limite per i soli carichi accidentali è uguale a:

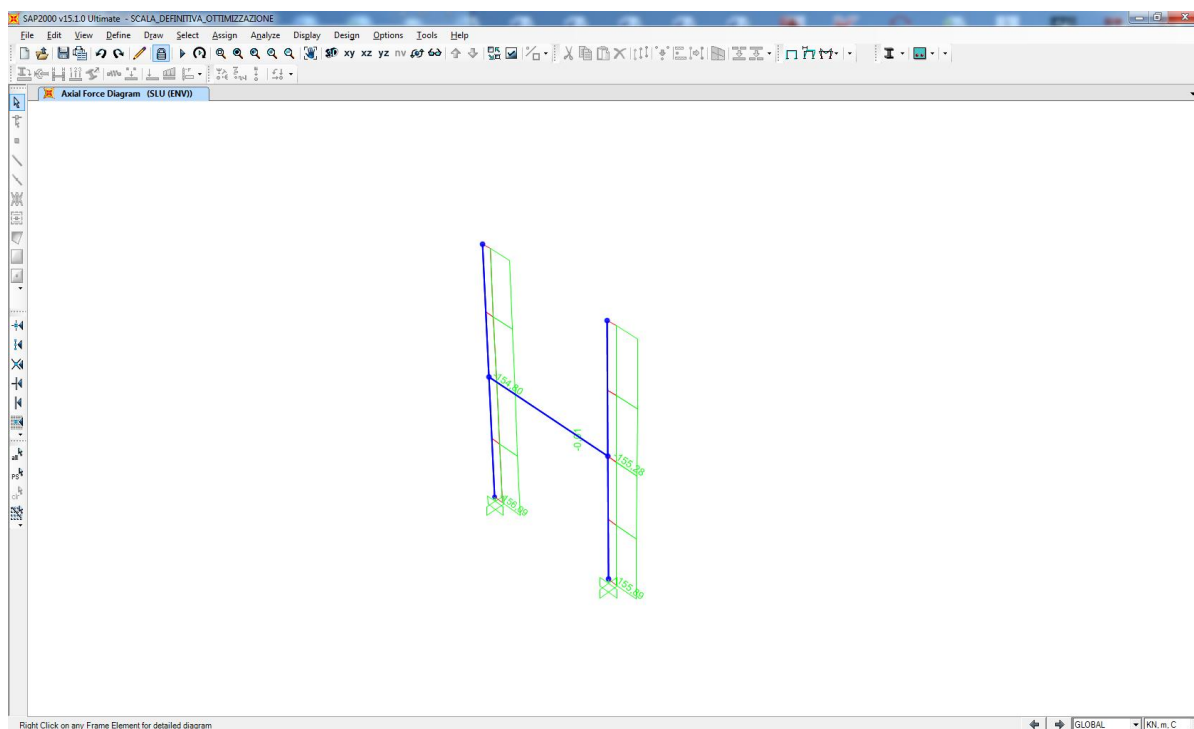
$$\delta_2 = L / 300 = 11.000,0 / 300 = 36,66 \text{ mm} > d_{ACC,max} = 11,29 \text{ mm}$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

11 RITTI HEA 140

11.1 Valutazione delle azioni sollecitanti

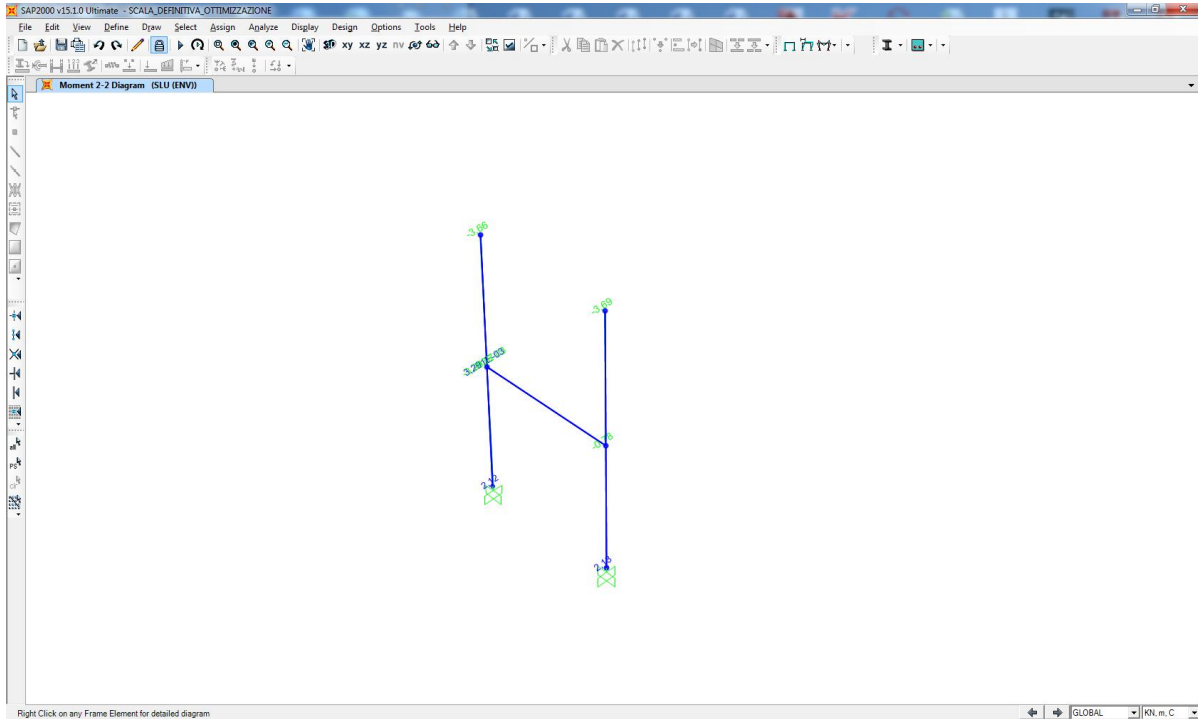
Nell’immagine successiva è riportato l’andamento dell’azione normale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):



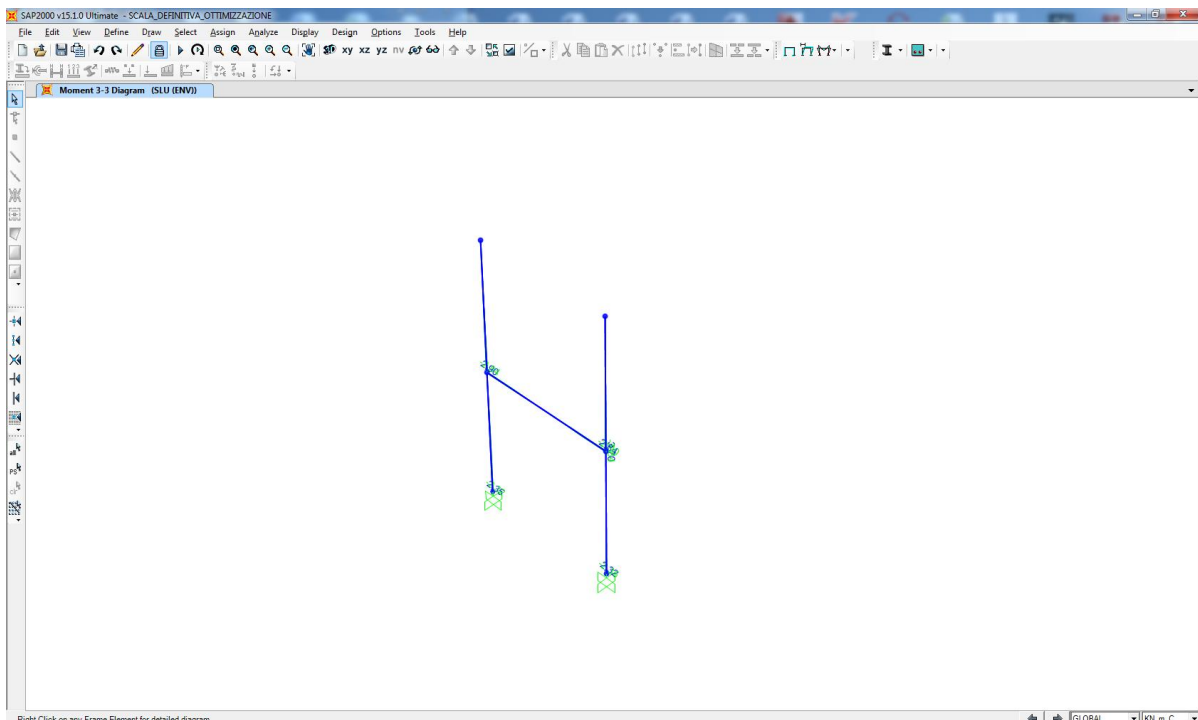
Nell’immagine successiva è riportato l’andamento del momento flettente verticale longitudinale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 42 di 54 |



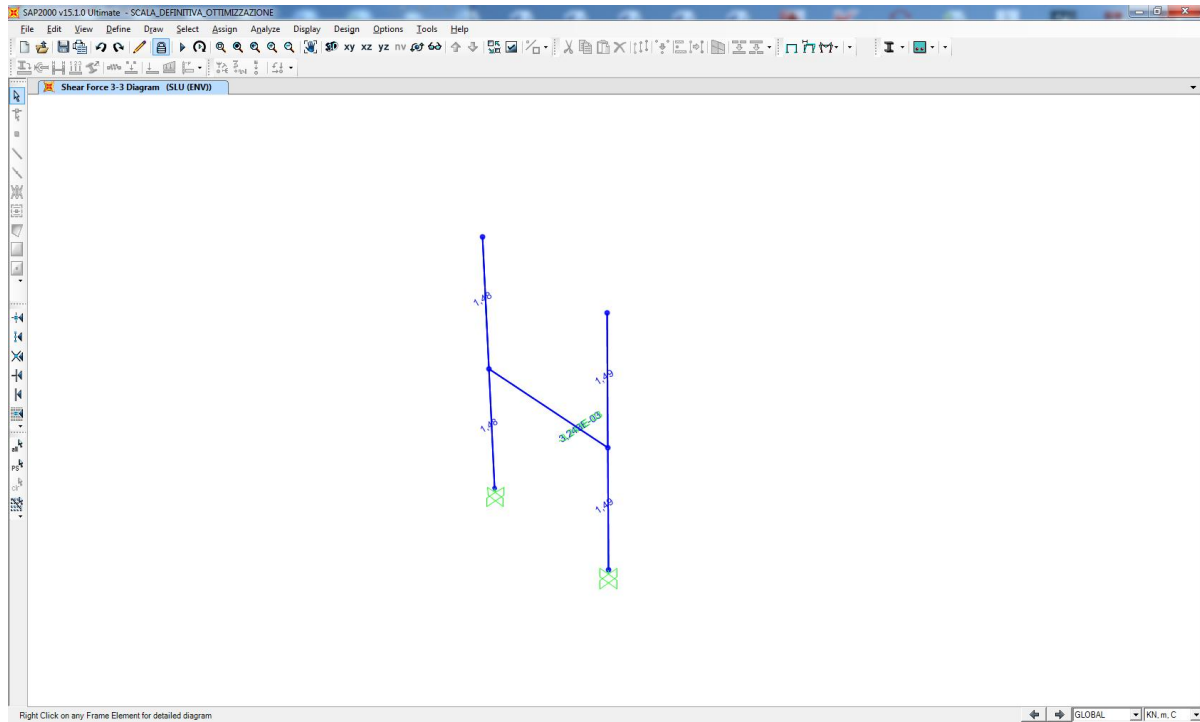
Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del momento flettente trasversale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):



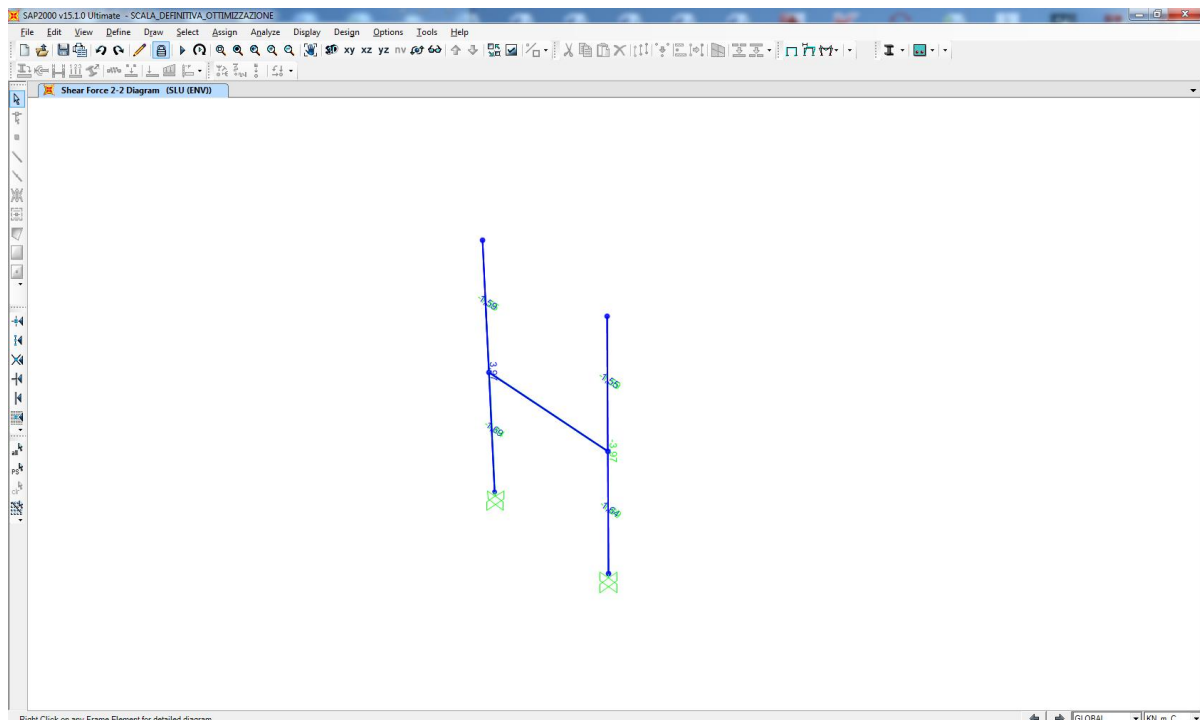
FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 43 di 54 |

Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio longitudinale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):



Nell'immagine successiva è riportato l'andamento del taglio trasversale per la combinazione involuppo delle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (statiche e sismiche):



FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 44 di 54 |

Nella tabella successiva sono riportati i valori massimi delle azioni sollecitanti:

| COMBINAZIONE | N_{Sd} [kN] | $V_{trav,Sd}$ [kN] | $V_{long,Sd}$ [kN] | $M_{long,Sd}$ [kNm] | $M_{trav,Sd}$ [kNm] |
|----------------|---------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| N_{max} | -156,09 | 0,18 | 1,48 | 2,12 | 0,23 |
| $M_{long,max}$ | -0,01 | 3,97 | 0,00 | 0,00 | 3,70 |
| $M_{trav,max}$ | -154,66 | 0,13 | 1,49 | -3,69 | -0,02 |
| $V_{long,max}$ | -155,28 | 0,13 | 1,49 | -0,78 | 0,23 |
| $V_{trav,max}$ | -0,01 | 3,97 | 0,00 | 0,00 | 3,70 |

Le azioni normali di compressione sono indicate con segno negativo.

11.2 Caratteristiche del profilato

11.2.1 Caratteristiche geometriche e inerziali

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClS Normativa: NTC ?

IPE IPN HEAA HL
 HEA IPEA HEX UB
 HEB IPEO HD UC
 HEM IPEX HP W

Ordina per
 Wy
 ly
 g

Acciaio S275 (Fe430) fy (N/mm2) 275 fu 430

Lunghezze di libera inflessione [m]
 l_{0y} 1,77 l_{0z} 3,54

N_{Sd} [kN] 0

| designation | g (Kg/m) | h (mm) | b (mm) | tw (mm) | tf (mm) | r1 (mm) |
|-------------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|
| HE 100 A | 16,7 | 96 | 100 | 5,00 | 8,00 | 12,00 |
| HE 120 A | 19,9 | 114 | 120 | 5,00 | 8,00 | 12,00 |
| HE 140 A | 24,7 | 133 | 140 | 5,50 | 8,50 | 12,00 |
| HE 160 A | 30,4 | 152 | 160 | 6,00 | 9,00 | 15,00 |
| HE 180 A | 36,0 | 171 | 180 | 6,00 | 9,50 | 15,00 |
| HE 200 A | 42,3 | 190 | 200 | 6,50 | 10,00 | 18,00 |

Plotta

HE 140 A

$N_{by,Rd}$ [kN] 776,2
 $N_{bz,Rd}$ [kN] 373,6
 $V_{ply,Rd}$ [kN] 153,1

$M_{oy,Rd}$ [kNm] 45,44
 $M_{oz,Rd}$ [kNm] 22,22
 $V_{plz,Rd}$ [kN] 359,9

Classe Sezione
 Compressione 1
 Flessione My 1
 Flessione Mz 1
 Presso-Flessione 1

Verifiche
 Presso-Flessione
 Svergolamento

g (Kg/m): 24,7
 h (mm): 133 r2 (mm): 0
 b (mm): 140 A (cm2): 31,42 iy (cm): 5,73 iz (cm): 3,52
 tw (mm): 5,5 ly (cm4): 1 033 lz (cm4): 389,3 It (cm4): 8,13
 tf (mm): 8,5 Wy (cm3): 155,4 Wz (cm3): 55,62 lw (cm6): 15 060
 r1 (mm): 12 Wply (cm3): 173,5 Wplz (cm3): 84,85

11.2.2 Classificazione della sezione

Classificazione - EC3 #5.5.2

HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) fy (N/mm2) 275

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0,924$$

| | | |
|-----------------------|--|--|
| A L A | $\frac{c}{t_f \epsilon} = \frac{70}{8,5 \times 0,92} = 8,91$ | |
| | <p>FLESSIONE Mz</p> $0 < \frac{c}{t_f \epsilon} \leq 10$ Classe 1 | <p>COMPRESSIONE</p> $0 < \frac{c}{t_w \epsilon} \leq 10$ Classe 1 |
| A N I M A | $\frac{d}{t_w \epsilon} = \frac{92,0}{5,5 \times 0,92} = 18,09$ | |
| | <p>FLESSIONE My</p> $0 < \frac{d}{t_w \epsilon} \leq 72$ Classe 1 | <p>COMPRESSIONE</p> $0 < \frac{d}{t_w \epsilon} \leq 33$ Classe 1 |

Classe Presso-Flessione 1 ?

11.3 Verifiche di resistenza allo Stato Limite Ultimo per pressoflessione deviata

11.3.1 Combinazione N_{max}

Resistenza della sezione a flessione e forza assiale - EC3 #6.2.9

HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) fy (N/mm2) 275

N_{Sd} [kN] 156,0 $M_{y,Sd}$ [kNm] 0,23 $M_{z,Sd}$ [kNm] 2,12

Presso-Flessione deviata - EC3 #6.2.9.1 (6) - Sezione di classe 1 e 2

$$\left[\frac{M_{y,Sd}}{M_{Ny,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Sd}}{M_{Nz,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{0,23}{41,9} \right]^2 + \left[\frac{2,12}{22,2} \right]^1 = 0,000 + 0,095 = 0,095$$

OK

11.3.2 Combinazione $M_{long,max}$

Resistenza della sezione a flessione e forza assiale - EC3 #6.2.9

HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 154,66 $M_{y,Sd}$ [kNm] 0,02 $M_{z,Sd}$ [kNm] 3,69

Presso-Flessione deviata - EC3 #6.2.9.1 (6) - Sezione di classe 1 e 2

$$\left[\frac{M_{y,Sd}}{M_{Ny,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Sd}}{M_{Nz,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{0,02}{42,0} \right]^2 + \left[\frac{3,69}{22,2} \right]^1 = 0,000 + 0,166 = 0,166 \quad \text{OK}$$

11.3.3 Combinazione $M_{trav,max}$

Resistenza della sezione a flessione e forza assiale - EC3 #6.2.9

HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 0,01 $M_{y,Sd}$ [kNm] 3,7 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0,0

Presso-Flessione deviata - EC3 #6.2.9.1 (6) - Sezione di classe 1 e 2

$$\left[\frac{M_{y,Sd}}{M_{Ny,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Sd}}{M_{Nz,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{3,7}{45,4} \right]^2 + \left[\frac{0}{22,2} \right]^1 = 0,007 + 0 = 0,007 \quad \text{OK}$$

11.4 Verifica di instabilità dell'asta compressa

Resistenza all'instabilità - EC3 #6.3.1

HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

$\gamma_{M1} = 1.05$ $\beta_A = 1.0$ $\varepsilon = 0.92$ $\lambda_1 = 93.9$ $\varepsilon = 86.8$

Instabilità attorno all'asse

| | y - y | z - z |
|---|---------|---------|
| Snellezza λ | 30,89 | 100,57 |
| Snellezza adimensionale $\bar{\lambda} = \lambda/\lambda_1 \beta_A^{0.5}$ | 0,3559 | 1,1586 |
| Curva di instabilità | b | c |
| Coefficiente di imperfezione α | 0,34 | 0,49 |
| $\phi = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2)^2 + \bar{\lambda}^2]$ | 0,5898 | 1,406 |
| $\chi = 1 / [\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0.5}]$ | 0,9432 | 0,454 |
| $N_{b,Rd} = \chi \beta_A A f_y / \gamma_{M1}$ (kN) | 776,191 | 373,606 |
| Imperfezione di freccia $e_{0,d}$ (mm) | 2,62 | 9,52 |
| N_{cr} (kN) | 6824,77 | 643,88 |

Calcolo coefficiente di riduzione

λ 30,89 $\bar{\lambda}$ 0,3559 curva b β_A 1,0 $\rightarrow \chi$ 0,9432

Imperfezione di freccia EC3 - 2005 #5.3.2.(11) e_0 2,638 [mm] y-y z-z

11.5 Verifica di instabilità per pressoflessione

11.5.1 Combinazione N_{max}

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

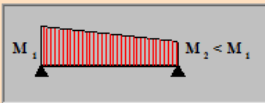
HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 156

Inflessione attorno all'asse

| | y - y | z - z |
|---------------------|--------|--------|
| I_0 [m] | 1,77 | 3,54 |
| Snellezza λ | 30,89 | 100,6 |
| $N_{b,Rd}$ [kN] | 776,2 | 373,6 |
| $M_{1,Sd}$ [kNm] | 0,23 | 2,12 |
| $M_{2,Sd}$ [kNm] | 0,23 | 2,12 |
| β_M | 1,1 | 1,1 |
| μ | -0,524 | -1,560 |
| k | 1,100 | 1,5 |
| $M_{c,Rd}$ [kNm] | 45,44 | 22,22 |
| M_{Sd} [kNm] | 0,23 | 2,12 |

Momenti all'estremità
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano
 Momenti dovuti ai carichi laterali nel piano più momenti d'estremità



Resistenza della sezione 0,095 OK ?

Instabilità flesso-torsionale 0,567 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0,418 + 0,006 + 0,143 = 0,566$ OK

FV01 – Stazione di Catenanuova – Scala metallica
– Relazione di calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3E | 50 | D 78 CL | FV 01 02 002 | A | 48 di 54 |

11.5.2 Combinazione $M_{long,max}$

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 154.66

| Inflessione attorno all'asse | | |
|------------------------------|--------|--------|
| y - y | z - z | |
| l_0 [m] | 1.77 | 3.54 |
| Snellezza λ | 30.89 | 100.6 |
| $N_{b,Rd}$ [kN] | 776.2 | 373.6 |
| $M_{1,Sd}$ [kNm] | 0.02 | 3.69 |
| $M_{2,Sd}$ [kNm] | 0.02 | 3.69 |
| β_M | 1.1 | 1.1 |
| μ | -0.524 | -1.560 |
| k | 1.099 | 1.5 |
| $M_{c,Rd}$ [kNm] | 45.44 | 22.22 |
| M_{Sd} [kNm] | 0.02 | 3.69 |

Resistenza della sezione 0.166 OK ?

Instabilità flesso-torsionale 0.664 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.414 + 0.000 + 0.249 = 0.664$$

OK

11.5.3 Combinazione $M_{trav,max}$

Verifica Presso-Flessione - EC3 (edizione 1992) #5.5.4.

HE 140 A Acciaio S275 (Fe430) f_y (N/mm²) 275

N_{Sd} [kN] 0.01

| Inflessione attorno all'asse | | |
|------------------------------|--------|--------|
| y - y | z - z | |
| l_0 [m] | 1.77 | 3.54 |
| Snellezza λ | 30.89 | 100.6 |
| $N_{b,Rd}$ [kN] | 776.2 | 373.6 |
| $M_{1,Sd}$ [kNm] | 3.70 | 0 |
| $M_{2,Sd}$ [kNm] | 3.70 | 0 |
| β_M | 1.1 | 1.1 |
| μ | -0.524 | -1.560 |
| k | 1.000 | 1.000 |
| $M_{c,Rd}$ [kNm] | 45.44 | 22.22 |
| M_{Sd} [kNm] | 3.7 | 0 |

Resistenza della sezione 0.007 OK ?

Instabilità flesso-torsionale 0.102 OK ?

Flessione e compressione assiale - Classe 1 - EC3 #5.5.4.(1)

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b,Rd,min}} + \frac{k_y M_{y,Sd}}{M_{cy,Rd1}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{cz,Rd1}} = 0.000 + 0.081 + 0 = 0.081$$

OK

11.6 Verifica di instabilità flessio-torsionale (svergolamento)

11.6.1 Combinazione N_{max}

Resistenza della membratura all'instabilità flessio-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

HE 140 A

Acciaio S275 (Fe430)

f_y (N/mm²) 275

z_a [mm] 0,0 L [m] 3,54 = l_{0z} [m]

Coefficienti C
 ? Momenti all'estremità ? Carichi trasversali
 C₁ 1,0 C₂ 0,0 C₃ 1

Coefficienti di lunghezza efficace
 k 1,0 k_{ψ} 1,0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo My) - EC3 #5.5.2.

M_{cr} [kNm] = 76,37 $M_{e,Rd}$ [kNm] = 45,44

$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{e,Rd} \gamma M_0}{M_{cr}}} = 0,790$ $\chi_{LT} = 0,801$ $M_{b,Rd}$ [kNm] = 36,40

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 1/2 - EC3 #5.5.4. (2)

N_{Sd} [kN] 156,0 $M_{y,Sd}$ [kNm] 0,23 $M_{z,Sd}$ [kNm] 2,12

$$\frac{N_{Sd}}{N_{bz,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{e,Rd1}} = \frac{156}{373,6} + \frac{0,984 \times 0,23}{36,40} + \frac{1,5 \times 2,12}{22,22}$$

= 0,418 + 0,006 + 0,143 = 0,567 OK

11.6.2 Combinazione $M_{long,max}$

Resistenza della membratura all'instabilità flessio-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

HE 140 A

Acciaio S275 (Fe430)

f_y (N/mm²) 275

z_a [mm] 0,0 L [m] 3,54 = l_{0z} [m]

Coefficienti C
 ? Momenti all'estremità ? Carichi trasversali
 C₁ 1,0 C₂ 0,0 C₃ 1

Coefficienti di lunghezza efficace
 k 1,0 k_{ψ} 1,0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo My) - EC3 #5.5.2.

M_{cr} [kNm] = 76,37 $M_{e,Rd}$ [kNm] = 45,44

$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{e,Rd} \gamma M_0}{M_{cr}}} = 0,790$ $\chi_{LT} = 0,801$ $M_{b,Rd}$ [kNm] = 36,40

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 1/2 - EC3 #5.5.4. (2)

N_{Sd} [kN] 154,66 $M_{y,Sd}$ [kNm] 0,02 $M_{z,Sd}$ [kNm] 3,69

$$\frac{N_{Sd}}{N_{bz,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{e,Rd1}} = \frac{154,66}{373,6} + \frac{0,984 \times 0,02}{36,40} + \frac{1,5 \times 3,69}{22,22}$$

= 0,414 + 0,001 + 0,249 = 0,664 OK

11.6.3 Combinazione $M_{trav,max}$

Resistenza della membratura all'instabilità flessio-torsionale - EC3 (edizione 1992) #5.5.2.

HE 140 A

Acciaio S275 (Fe430)

f_y (N/mm²) 275

z_y [mm] 0,0 L [m] 3,54 = I_{Oz} [m]

Coefficienti C

Momenti all'estremità ? Carichi trasversali ?

C_1 1,0 C_2 0,0 C_3 1

Coefficienti di lunghezza efficace

k 1,0 k_ψ 1,0

Momento resistente di progetto all'instabilità flessio-torsionale (solo My) - EC3 #5.5.2.

M_{cr} [kNm] = 76,37 $M_{e,Rd}$ [kNm] = 45,44

$\chi_{LT} = \sqrt{\frac{M_{e,Rd} \gamma_{M0}}{M_{cr}}} = 0,790$ $\chi_{LT} = 0,801$ $M_{b,Rd}$ [kNm] = 36,40

Resistenza all'instabilità flessio torsionale (flessione e compressione)- Classe 1/2 - EC3 #5.5.4. (2)

N_{Sd} [kN] 0,01 $M_{y,Sd}$ [kNm] 3,7 $M_{z,Sd}$ [kNm] 0,0

$$\frac{N_{Sd}}{N_{b2,Rd}} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{M_{b,Rd}} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{M_{oz,Rd1}} = \frac{0,01}{373,6} + \frac{1,000 \times 3,7}{36,40} + \frac{1,000 \times 0}{22,22}$$

= 0,000 + 0,102 + 0 = 0,102

OK

11.7 Verifica allo Stato Limite Ultimo per taglio

Per l'esiguità delle azioni taglianti di calcolo le verifiche si considerano implicitamente soddisfatte.

12 VERIFICA DELLE VIBRAZIONI IN ESERCIZIO DELLA STRUTTURA

La verifica delle vibrazioni in esercizio della struttura vengono eseguite secondo quanto riportato nel D.M. 14.01.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" al paragrafo 4.2.4.2.4.

La verifica viene condotta considerando la scala metallica come un solaio caricato regolarmente da persone. In tal caso la frequenza naturale più bassa della struttura non dovrà essere inferiore a **3 Hz**.

Dall'analisi modale condotta il periodo proprio della struttura è risultato pari a **0,215 sec**, cui corrisponde una frequenza pari a **4,64 Hz**.

La verifica di vibrazione risulta pertanto soddisfatta.

13 IPE 400 - PLINTO DI FONDAZIONE

13.1 Valutazione delle azioni sollecitanti

| TRAVERE | COMBINAZIONE | N [kN] | V _{LONG} [kN] | V _{TRASV} [kN] | M _{LONG} [kNm] | M _{TRASV} [kNm] |
|---------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| DX | SLU - STR01 | 102.63 | 124.5 | 1.02 | -31.88 | 0.09 |
| | SLU - STR02 | 85.44 | 101.12 | -0.9 | -28.48 | 0.18 |
| | SLU - STR03 | 90.77 | 109.77 | 0.66 | -28.44 | 0.09 |
| | SLU - SLV01 | 52.69 | 77.48 | 5.92 | 1.93 | 0.23 |
| | SLU - SLV02 | 73.71 | 122.97 | 16.54 | 10.33 | 0.81 |
| SX | SLU - STR01 | 110.16 | 139.95 | -5.23 | -29.39 | 0.15 |
| | SLU - STR02 | 97.99 | 126.86 | -6.13 | -24.3 | 0.22 |
| | SLU - STR03 | 98.3 | 125.21 | -4.87 | -25.95 | 0.15 |
| | SLU - SLV01 | 52.69 | 77.48 | 3.57 | 1.93 | 0.27 |
| | SLU - SLV02 | 73.71 | 122.97 | 14.18 | 10.33 | 0.84 |

| | | |
|--|--------------|----------------|
| Lunghezza del plinto (dimensione trasversale) | 3.20 | m |
| Larghezza del plinto (dimensione longitudinale) | 1.20 | m |
| Altezza del plinto | 2.25 | m |
| Volume del plinto | 8.64 | m ³ |
| Peso proprio del plinto | 216.0 | kN |
| Coefficiente sismico orizzontale (per la fondazione) | 0.206 | |
| Interasse tra gli attacchi a terra | 2.00 | m |

| AZIONI TOTALI ALLA BASE DEL PLINTO | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| COMBINAZIONE | N _{Sd} [kN] | V _{LONG,Sd} [kN] | V _{TRASV,Sd} [kN] | M _{LONG,Sd} [kNm] | M _{TRASV,Sd} [kNm] |
| SLU - STR01 | 493.64 | 264.45 | -4.21 | -656.28 | -9.23 |
| SLU - STR02 | 464.32 | 227.98 | -7.03 | -565.74 | -15.42 |
| SLU - STR03 | 469.92 | 234.98 | -4.21 | -583.10 | -9.23 |
| SLU - SLV01 | 321.50 | 199.54 | 54.07 | 402.68 | 72.01 |
| SLU - SLV02 | 363.83 | 259.31 | 44.09 | 589.07 | 85.82 |

13.2 Verifica strutturale plinto

Il plinto è stato considerato come una mensola incastrata alla platea di fondazione soggetta alle sollecitazioni trasmesse dalla sovrastruttura. La verifica è stata condotta in corrispondenza della sezione maggiormente sollecitata costituita dalla sezione di attacco del plinto con la fondazione.

La verifica viene condotta considerando la combinazione più gravosa che risulta essere la SLU-STR01:

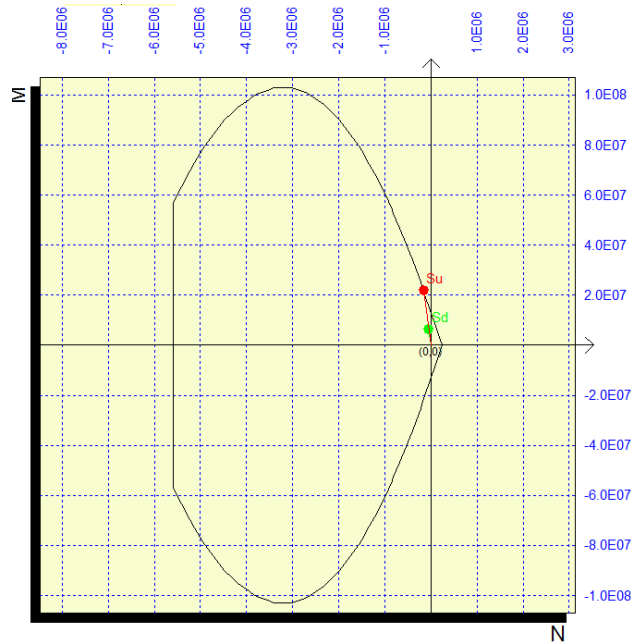


Figura 4 – Dominio M-N (kgcmq/kg) – B=320cm, H=120cm – Af=12φ18; A'f=12φ18 – F.S.= 3.36

La verifica è pertanto soddisfatta.

13.3 Verifica del carico limite ultimo

La verifica del Carico Limite Ultimo è considerata implicitamente soddisfatta data la notevole dimensione della platea di fondazione.

14 HEA 140 - PLINTO DI FONDAZIONE

14.1 Valutazione delle azioni sollecitanti

| PILASTRO | COMBINAZIONE | N [kN] | V _{LONG} [kN] | V _{TRASV} [kN] | M _{LONG} [kNm] | M _{TRASV} [kNm] |
|----------|--------------|-----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| DX | SLU - STR01 | 154.61 | 1.53 | -0.15 | 2.2 | 0 |
| | SLU - STR02 | 134.95 | 1.32 | -0.27 | 1.9 | 0 |
| | SLU - STR03 | 139.14 | 1.36 | -0.15 | 1.95 | 0 |
| | SLU - SLV01 | 67.15 | 0.8 | 0.72 | 1.08 | 0 |
| | SLU - SLV02 | 67.96 | 0.93 | 2.32 | 1.27 | 0 |
| SX | SLU - STR01 | 156.67 | 1.52 | -0.21 | 2.18 | 0 |
| | SLU - STR02 | 135.39 | 1.3 | -0.34 | 1.87 | 0 |
| | SLU - STR03 | 139.4 | 1.35 | -0.22 | 1.94 | 0 |
| | SLU - SLV01 | 67.15 | 0.8 | 0.66 | 1.08 | 0 |
| | SLU - SLV02 | 67.96 | 0.93 | 2.27 | 1.27 | 0 |

| | | |
|--|--------------|----------------|
| Lunghezza del plinto (dimensione trasversale) | 3.20 | m |
| Larghezza del plinto (dimensione longitudinale) | 1.20 | m |
| Altezza del plinto | 2.69 | m |
| Volume del plinto | 10.33 | m ³ |
| Peso proprio del plinto | 258.2 | kN |
| Coefficiente sismico orizzontale (per la fondazione) | 0.206 | |
| Interasse tra gli attacchi a terra | 2.00 | m |

| AZIONI TOTALI ALLA BASE DEL PLINTO | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| COMBINAZIONE | N _{sd} [kN] | V _{LONG,sd} [kN] | V _{TRASV,sd} [kN] | M _{LONG,sd} [kNm] | M _{TRASV,sd} [kNm] |
| SLU - STR01 | 646.99 | 3.05 | -0.36 | 12.58 | -0.97 |
| SLU - STR02 | 606.05 | 2.62 | -0.61 | 10.82 | -1.64 |
| SLU - STR03 | 614.25 | 2.71 | -0.37 | 11.18 | -1.00 |
| SLU - SLV01 | 392.54 | 54.90 | 54.68 | 78.15 | 75.40 |
| SLU - SLV02 | 394.16 | 17.85 | 20.58 | 29.05 | 33.85 |

14.2 Verifica strutturale plinto

Il plinto è stato considerato come una mensola incastrata alla platea di fondazione soggetta alle sollecitazioni trasmesse dalla sovrastruttura. La verifica è stata condotta in corrispondenza della sezione maggiormente sollecitata costituita dalla sezione di attacco del plinto con la fondazione.

La verifica viene condotta considerando la combinazione più gravosa che risulta essere la SLU-SLV01:

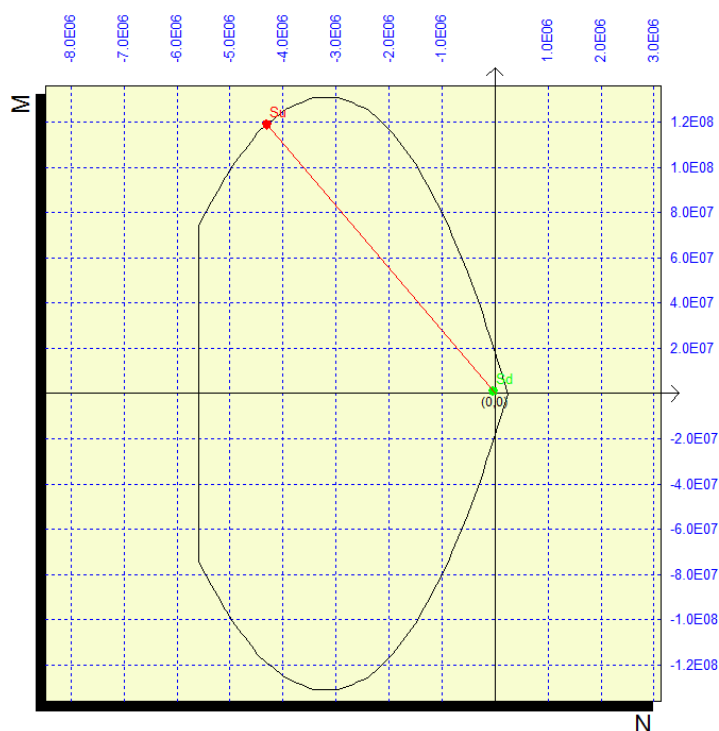


Figura 5 – Dominio M-N (kgcmq/kg) – B=320cm, H=120cm – Af=12φ18; A'f=12φ18 – F.S.= 19.5

La verifica è pertanto soddisfatta.

14.3 Verifica del carico limite ultimo

La verifica del Carico Limite Ultimo è considerata implicitamente soddisfatta data la notevole dimensione della platea di fondazione.

15 INCIDENZA ARMATURE

Per l'incidenza dell'opera oggetto della presente relazione di calcolo si rimanda all'elaborato dal titolo: Tabella Incidenza Armature opere civili.