



ALLEGATO A

PROGETTO E VERIFICA DI PILASTRO IN C.A.

**COMPLESSO SCOLASTICO DI PIEVE SAN GIACOMO
EDIFICIO ADIBITO A REFETTORIO – SALA POLIFUNZIONALE**

Pieve San Giacomo
Cremona CR

Indice

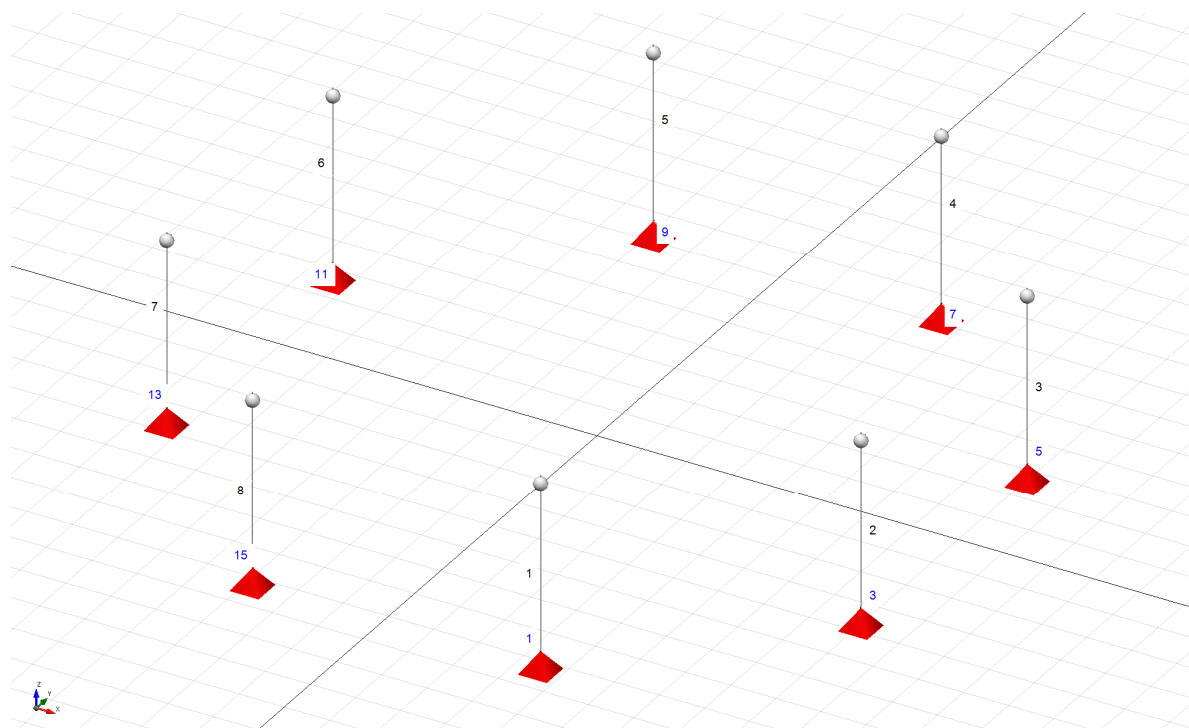
1. Premessa
2. Descrizione opera
3. Dati generali relativi alla struttura
4. Riferimenti normativi
5. Materiali
6. Risultati
7. Verifiche
8. Conclusione

1. Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 delle "Norme Tecniche" per le Costruzioni. Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente. Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte a "regola d'arte" dal progettista, secondo i dettami della scienza e tecnica delle costruzioni. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione è stato utilizzato il metodo agli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento. Si riporta di seguito in proposito l'insieme delle verifiche strutturali, atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio che sotto l'azione di eventi di carico straordinari. Secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni la relazione di calcolo riporta infine una sezione relativa alle analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, al fine di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli svolti e di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

2. Descrizione dell'opera

2.1 Modellazione

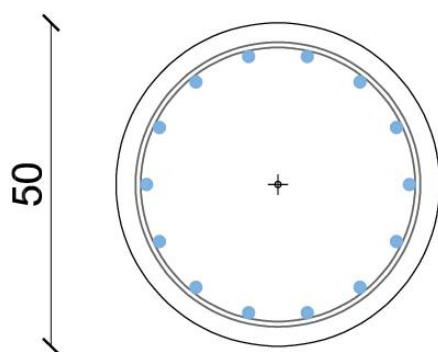


Rappresentazione wireframe del modello 3D

Oggetto di questo allegato è la struttura verticale del fabbricato in progetto, rappresentata dai pilastri in c.a. a sezione circolare: il pilastro ha un diametro di cm 50 ed una altezza di cm 380 ed è schematizzato come una mensola incastrata alla base e incernierata in sommità alla struttura di copertura in legno.

La struttura è stata modellata come un pendolo inverso incastrato alla base e calcolata considerando un comportamento strutturale Non Dissipativo ai sensi del §7.2.2 delle Norme Tecniche 2018; la struttura in esame è caratterizzata da un fattore di struttura $q_0 = 1$.

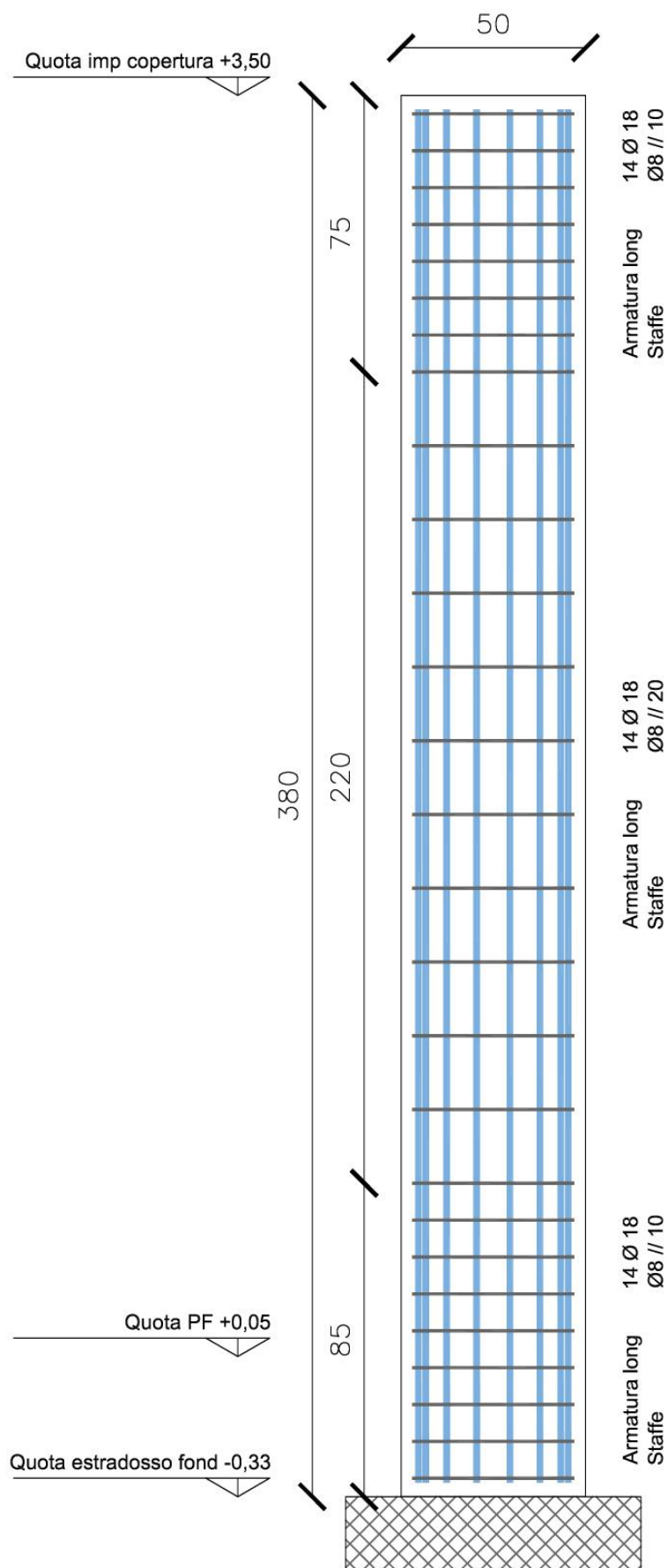
2.2 Progetto



Pilastro Sezione Circolare Ø 50 cm

Armatura longitudinale 14 Ø 18
Staffe Ø8 // 20 | Ø8 // 10

Sezione di progetto



Sezione longitudinale pilastro in c.a.

3 Dati generali

In questo paragrafo si riportano le caratteristiche generali relative all'opera, alla località di ubicazione ed i dati anagrafici dei soggetti coinvolti nell'intervento.

3.1 Caratteristiche

Nome Progetto:	Progetto esecutivo strutture		
Tipologia opera:	Edificio scolastico	Tipologia di intervento:	Nuova costruzione
Normativa di riferimento:	Norme Tecniche 2018		
Tipo di analisi:	Analisi agli Stati Limite	Classe d'uso dell'edificio:	IV

3.2 Località

Descrizione area:	Area pianeggiante con ostacoli diffusi		
Comune:	Pieve San Giacomo	Provincia:	CR
Longitudine:	10,187886 °	Latitudine:	45,129763 °
Altitudine:	39	Indirizzo:	Via dei Patrioti, 25

3.3 Dati per analisi sismica

Vita nominale della struttura: 50 anni

Zona Sismica: -3

4. Riferimenti normativi

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

Normativa nazionale

- *Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018*
"Norme Tecniche per le Costruzioni 2018"
- *Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.*
"Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018"
- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri 20 Marzo 2003, n. 3274.*
"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- *CNR-DT 207 R1/2018*
"Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni"
- *UNI EN 206 2014*
"Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità"
- *UNI 11104:2016*
"Cemento, malte, calcestruzzi e cemento armato"

5. Materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

Calcestruzzo C25/30

Densità ρ : 2.500,00 kg/m ³	Resistenza caratteristica cubica a compressione R_{ck} : 300,00 daN/cm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione f_{ck} : 249,00 daN/cm ²	Resistenza cilindrica media f_{cm} : 329,03 daN/cm ²
Resistenza media a trazione semplice f_{ctm} : 25,58 daN/cm ²	Resistenza media a flessione f_{cfm} : 30,70 daN/cm ²
Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% $f_{ctk,5}$: 17,91 daN/cm ²	Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% $f_{ctk,95}$: 33,26 daN/cm ²
Modulo Elastico E_{cm} : 314.471,60 daN/cm ²	Coefficiente di Poisson ν : 0,20
Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 1E-05	Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione α_{cc} : 0,85
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo γ_c : 1,5	Resistenza a compressione di progetto f_{cd} : 141,10 daN/cm ²
Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% $f_{ctd,5}$: 11,94 daN/cm ²	Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% $f_{ctd,95}$: 22,17 daN/cm ²

Acciaio per cemento armato

Nome: B450 C	Tipologia del materiale: Acciaio ad aderenza migliorata
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} : 450,0 N/mm ²	Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio γ_s : 1,15
Modulo elastico E_s : 206.000,0 N/mm ²	Densità ρ : 2.500 kg/m ³
Allungamento sotto carico massimo A_{gt} : 67,5 %	Tensione ammissibile σ_s : 260,0 N/mm ²
Coefficiente di omogeneizzazione n : 15	

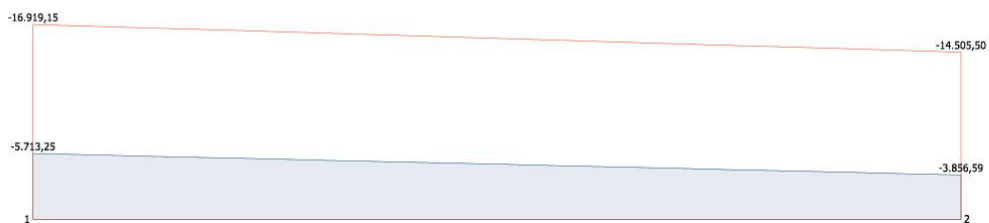
6. Risultati

6.1 Sollecitazioni Stato Limite Ultimo

Azione Assiale N – Asta 1

Diagrammi asta 1

Azione assiale N [daN]



Azione Tagliante V – Asta 1

Diagrammi asta 1

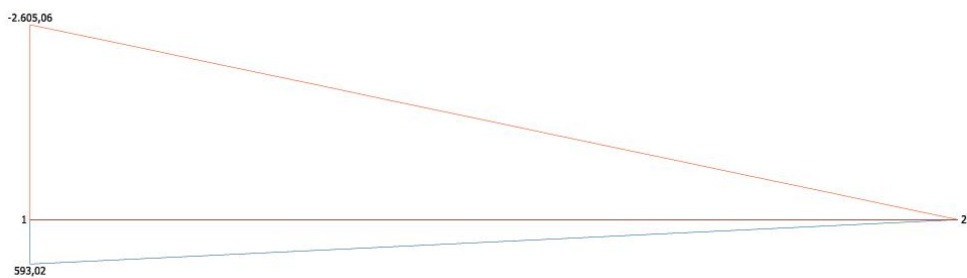
Taglio T2 [daN]



Azione Flettente M – Asta 1

Diagrammi asta 1

Momento M3 [daN m]



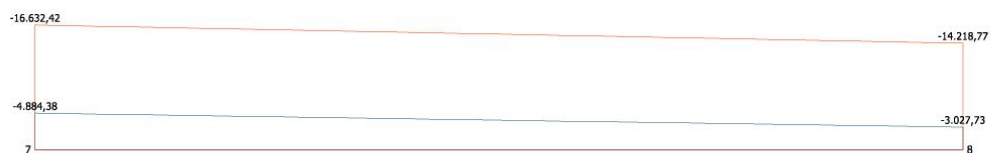
Riepilogo Asta 1 - SLU

Azione Assiale N	Azione Tagliante V	Azione Flettente Mz
17'000 daN	670 daN	2'610 daN m

Azione Assiale N – Asta 4

Diagrammi asta 4

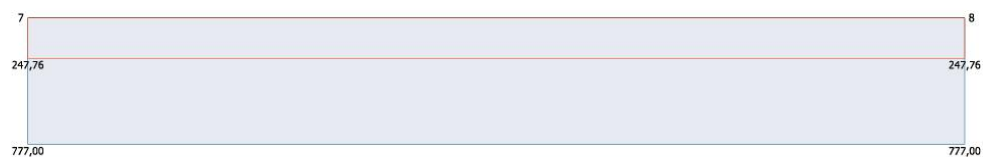
Azione assiale N [daN]



Azione Tagliante V – Asta 4

Diagrammi asta 4

Taglio T2 [daN]



Azione Flettente M – Asta 4

Diagrammi asta 4

Momento M3 [daN m]



Riepilogo Asta 4 - SLU

Azione Assiale N	Azione Tagliante V	Azione Flettente Mz
16'700 daN	800 daN	3'100 daN m

6.2 Sollecitazioni Stato Limite Salvaguardia della Vita

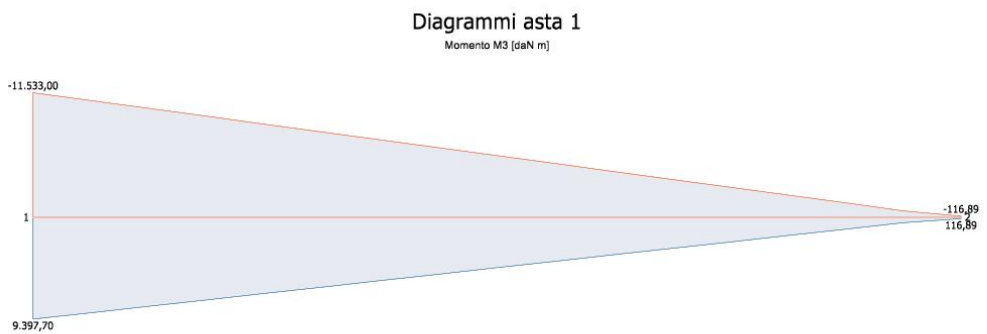
Azione Assiale N – Asta 1



Azione Tagliante V – Asta 1



Azione Flettente M – Asta 1



Riepilogo Asta 1 - SLV

Azione Assiale N	Azione Tagliante V	Azione Flettente Mz
8'700 daN	3'000 daN	11'600 daN m

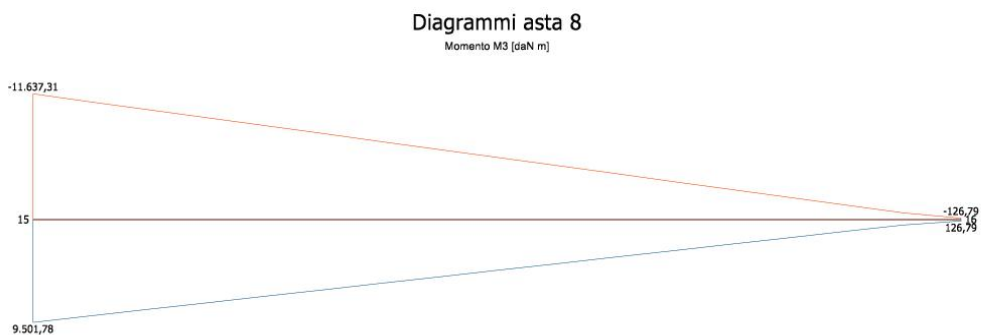
Azione Assiale N – Asta 8



Azione Tagliante V – Asta 8



Azione Flettente M – Asta 8



Riepilogo Asta 8 - SLV

Azione Assiale N	Azione Tagliante V	Azione Flettente Mz
8'700 daN	3'100 daN	11'700 daN m

7. Verifiche

Si riportano di seguito le verifiche dell'elemento in c.a. nella combinazione sismica che è la combinazione più gravosa per la struttura in esame.

In accordo con il §7.4.1 delle Norme Tecniche 2018 "Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature deve essere valutata in accordo con le regole di cui al § 4.1, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al § 4.1.2.3.4.2."

Si sono quindi condotte le verifiche in accordo al capitolo 4 delle NTC, utilizzando però le sollecitazioni derivanti dalla combinazione sismica.

7.1 Verifica di resistenza a presso-flessione

Dal paragrafo 6.2 della presente relazione si evincono i momenti massimi nelle due direzioni principali a parità di sforzo assiale.

Azione Assiale N	Momento Flettente Mz	Momento Flettente My
8'700 daN	11'700 daN	11'600 daN m

In accordo con le Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 si devono rispettare le seguenti condizioni:

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

$$M_{Rd} = \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}}\right)^\alpha \leq 1$$

Dove $\alpha = 2$ per sezioni circolari.

Dal diagramma sforzo-deformazione della sezione in esame si evince il momento resistente ultimo $M_{Rd} = 24'400$ daN m ed il momento resistente ultimo in campo elastico, pari al raggiungimento dello snervamento $\epsilon_s = 1,957$ ‰ nelle barre di armatura:

$$M_{Rd}(EL) = 17'500 \text{ daN m}$$

Risulta quindi che:

$$M_{Rd} = \left(\frac{11'600}{17'500}\right)^2 + \left(\frac{11'700}{17'500}\right)^2 = 0,88 \leq 1$$

7.2 Verifica di resistenza a taglio

Dal paragrafo 6.2 della presente relazione si evince la massima azione tagliante.

Azione Tagliante V	3'100 daN
---------------------------	------------------

In accordo con il paragrafo § 4.1.2.3.5.2. delle Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 la resistenza a taglio dell'elemento deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio, ovvero la resistenza a taglio sarà la minore tra la resistenza di progetto a "taglio-trazione" e la resistenza di progetto a "taglio-compressione". Queste ultime sono così definite:

- Calcolo resistenza di progetto a taglio trazione

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

- Calcolo resistenza di progetto a taglio compressione

$$V_{Rd}(TC) = 0,9db_w \alpha_c v f_{cd} (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

La verifica risulta soddisfatta qualora la minore tra le due resistenze di progetto siano maggiori della sollecitazione agente. Nel caso in esame risultano:

$$V_{Rd}(TT) = 14'980 \text{ daN} ; V_{Rd}(TC) = 31'650 \text{ daN}$$

$$V_{Rd}(TT) \geq V_{Ed}$$

7.3 Verifica di stabilità

Con riferimento al § 4.1.2.3.9.2. delle NTC gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza λ non supera il valore limite:

$$\lambda_{lim} = 25 / \sqrt{\nu} = 141$$

$$\lambda = l_0 / i = 30,9$$

Dal momento che $\lambda \ll \lambda_{lim}$ si trascurano gli effetti del secondo ordine.

8. Conclusione

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista strutturale ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia. A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti mediante codice di calcolo, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto, di aver confrontato i risultati ottenuti da analisi computazionale con semplici calcoli di massima svolti dallo stesso progettista e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione della struttura analizzata.