

Oggetto:

## VERIFICA STRUTTURA PRINCIPALE MODELLO

### F20

USO PRIVATO

– Secondo UNI 10806/10810/10812/10959 –

**ALLEGATO: “VERIFICA STRUTTURA E GRADINI”**

#### *Caratteristiche:*

Larghezza chiocciola = 1600 mm

Passaggio utile = 700 mm

N° Alzate/pedate = 16

Alzata = 200 mm

Carico accidentale = 200 daN/mq

Carichi permanenti = 30 daN/mq

Carico concentrato = 100 daN

Uso privato secondario

Costruttore:



**SOLIDARIETA' INTRAPRESA**

Soc. Coop. Sociale - O.N.L.U.S.

Via Campo dei Fiori n. 3/b

47122 Forlì - FC

Tel 0543-722777 Fax 0543-722599

P.IVA - C.F. e Iscr. Reg. Impr. 01913040406

REA n. 227280

Iscrizione Albo Società Cooperative N. A118918

E-mail: [amministrazione@solidarietaintrapresa.it](mailto:amministrazione@solidarietaintrapresa.it)

**Dott. Ing. Paolo CAVINA**

Albo Ingegneri di Forlì-Cesena n. 1801/A



## INDICE

<b>1</b>	<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E MATERIALI .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTO A NORME.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>IPOTESI DI CALCOLO.....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>SOFTWARE UTILIZZATO.....</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERISTICHE SCALA .....</b>	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>5</b>
8.1.	CARICHI PERMANENTI.....	5
8.2.	SOVRACCARICHI .....	5
8.3.	AZIONI VERTICALI.....	6
8.4.	AZIONI ORIZZONTALI.....	6
<b>9</b>	<b>ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO .....</b>	<b>6</b>
<b>10</b>	<b>VERIFICA GRADINO.....</b>	<b>8</b>
<b>11</b>	<b>VERIFICA GIUNTO ALLA PARTENZA .....</b>	<b>9</b>
<b>12</b>	<b>AZIONI SULLE FONDAZIONI E SUL FABBRICATO.....</b>	<b>11</b>
	<b>ALLEGATI ANALISI STRUTTURALE.....</b>	<b>12</b>

© Copyright

*Il presente elaborato è di proprietà intellettuale dell'autore a cui tutti i diritti sono riservati e non può essere riprodotto o dato a terzi senza sua preventiva autorizzazione scritta, tutela a norma di leggi vigenti.*



## 1 RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E MATERIALI

Il presente documento costituisce la verifica di calcolo delle parti strutturali principali del prototipo scala a chiocciola F20 ad uso privato secondario secondo le norme UNI 10804/10959.

La scala è composta da un palo centrale  $\phi 76 \times 2.5$  mm in acciaio attorno al quale si sviluppa la scala. I gradini vengono fissati al palo e distanziati tra loro dai distanziatori.

Il piano di calpestio delle scala, in oggetto, è realizzato con gradini in lamiera piegata. I gradini sono in acciaio S235 JR di sbalzo 700 mm, larghezza minima 115 mm e spessore 3 mm, pedata media 280 mm (apertura di 30°). Ogni gradino è collegato esternamente con il gradino precedente e successivo. Inoltre, ogni max quattro gradini è presente un fissaggio a parete. Sul lato esterno del gradino è presente una balaustra a paletti verticali in acciaio e corrimano in legno.

La larghezza complessiva della scala è di 1600 mm, passaggio utile 700 mm, alzata 200 mm. Nei calcoli si verifica la scala composta da 16 alzate, per un dislivello in verticale massimo pari a 3.20m, trascurando i fissaggi intermedi presenti ogni 4 gradini.

Il palo centrale viene fissato a terra con barre filettate e resina alla fondazione/solaio in c.a., in modo analogo viene fissato allo sbarco alla trave in c.a..

La scala si considera incernierata sia allo sbarco che alla partenza. Sono state fatte le verifiche dei gradini e del montante.

I collegamenti previsti con saldatura saranno realizzati in officina e le saldature saranno a piena penetrazione.

Nella esecuzione delle opere in epigrafe è previsto l'impiego dei seguenti materiali:

- 1) PROFILATI, GRADINI: Acciaio tipo S235 JR EN 10025/95 (Fe 360 UNI 7070);
- 2) BARRE: Acciaio tondo S235 JR (Fe 360);
- 3) ELETTRODI: Giunti di tipo II UNI 8031 PM 2;
- 4) PIASTRAME: Acciaio tipo S235 JR EN 10025/95 (Fe 360 UNI 7070)
- 5) BULLONI: Cl. 8.8
- 6) CORRIMANO/CAPOSCALA: Legno massello di faggio (latifoglie, categoria D35,  $f_{m,d} = 350 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{t,o,d} = 350 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{v,d} = 34 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{c,o,d} = 22 \text{ daN/cm}^2$ ,  $E = 115000 \text{ daN/cm}^2$ )

Il calcolo è indirizzato solo alla verifica di autoportanza della struttura principale della scala stessa, pertanto le eventuali strutture sulle quali la scala andrà a gravare e i collegamenti di tutte le aste dovranno essere opportunamente dimensionati. Non sono state prese in esame azioni sismiche e nemmeno eventuali azioni dinamiche.

## 2 RIFERIMENTO A NORME

Nella stesura del presente progetto si è fatto riferimento alle seguenti norme od istruzioni tecniche.

CNR-UNI 10022-84	Profilati a freddo; istruzioni per l'impiego nelle costruzioni
CNR-UNI 10011-85	Costruzioni in acciaio
UNI 10812/10810	Scale prefabbricate
UNI 10959	Scala chiocciola

## 3 MATERIALI

I profilati ed i semilavorati impiegati nella struttura sono in acciaio tipo S235 JR EN 10025/95 – S275 JR EN 10025/95 (Fe 360 B UNI 7070 - Fe 430 B UNI 7070); le caratteristiche di resistenza e la composizione chimica sono conformi a quanto indicato nei corrispondenti prospetti del D.M. 27/7/87 – 2 parte.

I semilavorati sono realizzati con materiale saldabile e compatibile con il processo di saldatura adottato: manuale con elettrodi omologati secondo uni 5132-74 di tipo E44 classe 3 o 4 oppure procedimento semiautomatico a filo continuo in atmosfera inerte Ar-Co2 con procedura qualificata secondo UNI 287-288 e successive. In particolare si prescrivono saldature con giunti d'angolo di sezione non inferiore allo 0.8 lo spessore minimo da saldare e cordone sui due lati oppure giunti a piena penetrazione e completo ripristino della sezione.



I procedimenti di saldatura strutturale eseguiti devono essere validati in conformità alla norma di riferimento UNI EN 15614-1:2008 " Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici", il personale addetto alle saldature è qualificato secondo le indicazioni riportate dalla norma UNI EN 287:2007 "Prove di qualificazione dei saldatori – saldature per fusione – Acciai.

In particolare si prescrivono saldature con giunti d'angolo di sezione non inferiore allo 0.8 lo spessore minimo da saldare e cordone sui due lati oppure giunti a piena penetrazione e completo ripristino della sezione.

Il personale addetto ai controlli non distruttivi (controlli visivi) è qualificato secondo la norma UNI EN 473:2008 (prove non distruttive – qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive) in possesso di patentino di 2° livello.

La bulloneria utilizzata è di classe 8.8 UNI 3740 ad esclusione delle barre filettate in acciaio tipo S235 JR EN 10025/95.

Il legno massello di faggio (latifoglie, categoria D35,  $f_{m,d} = 350 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{t,o,d} = 350 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{v,d} = 34 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{c,o,d} = 22 \text{ daN/cm}^2$ ,  $E = 115000 \text{ daN/cm}^2$ )

#### 4 IPOTESI DI CALCOLO

- Nel calcolo di verifica si considera la struttura perfettamente montata senza disallineamenti tra gli appoggi e senza difetti di montaggio tali da rendere apprezzabili eventuali effetti tensionali o instabilità del secondo ordine.
- La verifica è solo delle parti principali, per cui le parti secondarie e i fissaggi devono essere verificati a parte.
- La scala si considera incernierata sia allo sbarco che alla partenza.
- Larghezza della scala a chiocciola è pari a 1,60 m, con passaggio utile di circa 650mm.
- Il calcolo delle sollecitazioni è stato eseguito nell'ipotesi di movimenti relativi nulli della struttura di elevazione a livello fondale.
- Carichi permanenti e sovraccarichi sono valutati sulla base della norma UNI 10804 per le scale prefabbricate di servizio uso privato. La situazione di carico esaminata prevede un carico uniformemente distribuito su tutta la rampa pari a 200 daN/mq (scale ad uso privato).
- Il calcolo delle sollecitazioni è stato eseguito nell'ipotesi di movimenti relativi nulli della struttura di elevazione a livello fondale.

Il calcolo eseguito per la verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della Scienza e Tecnica delle costruzioni. Il metodo di verifica è agli stati limite.

La situazione di carico esaminata prevede un carico uniformemente distribuito su tutta la rampa pari a 200 daN/mq (scale ad uso privato).

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema si ricavano le sollecitazioni e le tensioni di ogni elemento.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi.

Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z).

Non sono state prese in esame azioni sismiche e nemmeno eventuali azioni dinamiche (la scala è sempre inserita all'interno di un vano scala di un fabbricato al quale è rigidamente vincolata, essendo il fabbricato il corpo più rigido trasmette ad esso le azioni orizzontali).

Il calcolo è indirizzato solo alla verifica di autoportanza della struttura principale della scala stessa, pertanto le giunzioni e le eventuali strutture sulle quali la scala andrà a gravare dovranno essere progettate e verificate a parte.

Devono essere fatte le prove di carico secondo le norme UNI 10805, 10806, 10807, 10808 e 10959 ecc....

#### 5 SOFTWARE UTILIZZATO

Per la verifica delle membrature principali costituenti la struttura è stato utilizzato il programma di calcolo automatico ALGOR SUPERSAP.

Tale programma è stato controllato e esiste perfetta rispondenza ai calcoli di massima.

Il programma SUPERSAP applica il metodo degli elementi finiti per strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare delle stesse.

Per le membrature secondarie si è adottato un calcolo manuale, metodo delle "stati limite".



## 6 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

S235 JR EN 10025/95	$f$ = 3400 daN/cm <sup>2</sup> $f_t$ = 2350 daN/cm <sup>2</sup> $f_v$ = 2350 daN/cm
Bulloni 8.8 UNI 3740	$f_t$ = 8000 daN/cm <sup>2</sup> $f$ = 6400 daN/cm <sup>2</sup> $f_y$ = 5600 daN/cm <sup>2</sup> $f_{d.N}$ = 3960 daN/cm <sup>2</sup>
Legno massello classe D35	$f_{m,d}$ = 350 daN/cm <sup>2</sup> $f_{t,0,d}$ = 350 daN/cm <sup>2</sup> $f_{v,d}$ = 34 daN/cm <sup>2</sup> $f_{C,0,d}$ = 22 daN/cm <sup>2</sup> $E = 115000$ daN/cm <sup>2</sup>

## 7 CARATTERISTICHE SCALA

Modello: "F20"

Larghezza = 1600 mm

Passaggio utile = 650 mm

N° Alzate = 16 N° pedate = 16

Alzata = 200 mm

Pedata media = 250 mm

La scala è composta da un palo centrale  $\phi 76 \times 2.5$  mm in acciaio attorno al quale si sviluppa la scala. I gradini vengono fissati al palo e distanziati tra loro dai distanziatori.

Il piano di calpestio delle scala, in oggetto, è realizzato con gradini in lamiera piegata. I gradini sono in acciaio S235 JR di sbalzo 700 mm, larghezza minima 115 mm e spessore 3 mm, pedata media 280 mm (apertura di 30°). Ogni gradino è collegato esternamente con il gradino precedente e successivo. Inoltre, ogni max quattro gradini è presente un fissaggio a parete. Sul lato esterno del gradino è presente una balaustra a paletti verticali in acciaio e corrimano in legno.

La larghezza complessiva della scala è di 1600 mm, passaggio utile 700 mm, alzata 200 mm. Nei calcoli si verifica la scala composta da 16 alzate, per un dislivello in verticale massimo pari a 3.20m, trascurando i fissaggi intermedi presenti ogni 4 gradini.

Il palo centrale viene fissato a terra con barre filettate e resina alla fondazione/solaio in c.a., in modo analogo viene fissato allo sbarco alla trave in c.a..

La scala si considera incernierata sia allo sbarco che alla partenza. Sono state fatte le verifiche dei gradini e del montante.

I collegamenti previsti con saldatura saranno realizzati in officina e le saldature saranno a piena penetrazione.

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1. CARICHI PERMANENTI

Il peso della struttura è l'unico carico permanente:

1. peso cosciali  $q = 9,00$  daN/m
2. peso parapetto  $q^1 = 14,00$  daN/m
3. peso gradini  $q^2 = 30,00$  daN/mq

### 8.2. SOVRACCARICHI

#### a) Carichi di esercizio:

L'entità dei carichi verticali per la scala di servizio secondo la UNI 10810/10812 è pari a:

$$q_v = 200 \text{ daN/m}^2$$

b) Carichi accidentali: Vento, neve: non considerati in quanto la struttura è interna

**8.3. AZIONI VERTICALI**

Si considerano le azioni dovute ai carichi permanenti e ai sovraccarichi.

$$3 \quad q_3 \times 0,9 \quad = \quad 27 \quad \text{daN}$$

$$3 \quad 1 \times q_2 \quad = \quad 14 \quad \text{daN}$$

$$1 \quad 1 \times q_1 \quad = \quad \underline{9} \quad \text{daN}$$

$$\text{Totale distribuito } q_p \quad = \quad 50 \text{ daN/m}$$

Carico totale:

$$\text{peso proprio: } \quad q_{pt} = 50/0,9 = 56 \text{ daN/mq}$$

$$\text{sovraccarichi d'esercizio: } \quad q_v = 200 \text{ daN/mq}$$

$$\text{SLE: } \quad \text{coeff. di partecipazione} \quad \gamma_g = 1,1 \quad \gamma_q = 1,5$$

$$\text{SLU: } \quad \text{coeff. di partecipazione} \quad \gamma_g = 1,3 \quad \gamma_q = 1,5$$

**8.4. AZIONI ORIZZONTALI**

Si considera una zona sismica 2 secondo EC8

Ubicazione	Comune di FORLÌ (FC) (Regione EMILIA-ROMAGNA)
	Località FORLÌ (FC)
	Longitudine 12.049, Latitudine 44.217

Categoria suolo tipo C

Destinazione d'uso scala

fattore di sito  $S = 1,150$

Tipologia strutturale: struttura intelaiata - fattore di struttura 1

Classe di duttilità: DCM

Fattore di struttura: Struttura a un piano e una sola campata

Il dimensionamento è stata svolta secondo l'Approccio 2.

Le sollecitazioni sismiche sono molto superiori a quelle dovute ai carichi climatici.

**9 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO**

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al punto §10.1 del DM 14/01/08, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

**Parametri della struttura**

Classe d'uso	Vita $V_n$ [anni]	Coeff. Uso	Periodo $V_r$ [anni]
II	50.0	1.0	50.0

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi1481

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <a href="http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm">http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm</a>



Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico, dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame **sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica.**

Tipo di analisi strutturale	
Statica lineare	SI
Statica non lineare	NO
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Progetto-verifica degli elementi	
Progetto acciaio	EN 1993-1-1:2005
Progetto legno	EN 1995-1-1:2003
Azione sismica	
Norma applicata per l'azione sismica	EN 1998-1:2004
Combinazioni dei casi di carico	
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU terreno A1	NO
SLU terreno A2	NO
SLU terreno G	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	NO
SLA (accidentale quale incendio)	NO

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{F}$$

dove  $\mathbf{K}$  = matrice di rigidità  
 $\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali  
 $\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto. Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo **TRUSS** (biella-D2)
- Elemento tipo **BEAM** (trave-D2)
- Elemento tipo **MEMBRANE** (membrana-D3)
- Elemento tipo **PLATE** (piastra-guscio-D3)
- Elemento tipo **BOUNDARY** (molla)
- Elemento tipo **STIFFNESS** (matrice di rigidità)
- Elemento tipo **BRICK** (elemento solido)
- Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	34
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	33
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	0
elementi solaio	0
elementi solidi	0
Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	-80.00
Xmax =	80.00
Ymin =	-80.00



Ymax =	80.00
Zmin =	0.00
Zmax =	320.00
<b>Strutture verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastrini	SI
Pareti	NO
Setti (a comportamento membranale)	NO
<b>Strutture non verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
<b>Orizzontamenti:</b>	
Solai con la proprietà piano rigido	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
<b>Tipo di vincoli:</b>	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

**Modalità di presentazione dei risultati.**

La presente relazione, oltre a illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini:

per i dati in ingresso:

- numerazione di nodi e ed elementi

risultati

- fruttamento

**Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.**

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

I risultati dell'analisi risultano del tutto compatibili con le valutazioni semplificate.

**10 VERIFICA GRADINO**

I gradini vengono verificati in conformità della UNI 11002 e 10812.

I gradini sono realizzati in lamiera pressopiegata sp.3mm, con sezione variabile (gradino a ventaglio), si considerano le dimensioni minime in corrispondenza della giunzione col palo centrale, Sezione a C rovescia 103x115x103x3mm

- Caratteristiche geometriche della sezione 103x115x103x3mm (consideriamo la sezione minima):

Legno: acciaio	S235 JR
area	$A = 70 \text{ cm}^2$
area di taglio	$A_t = 70 \text{ cm}^2$
peso lineare	$q = 10 \text{ daN/m}$
modulo di resistenza	$W_x = 15.7 \text{ cm}^3$
momento d'inerzia	$J_x = 108.1 \text{ cm}^4$

Ogni gradino è collegato esternamente con il gradino precedente e successivo. Inoltre, sul lato esterno del gradino è presente una balaustra a paletti verticali in acciaio e corrimano in legno. Si considera un carico concentrato a 10 cm dal bordo esterno  $P = 100 \text{ daN}$  applicato solo su un gradino.





La verifica viene condotta nello schema statico di trave a sbalzo secondo due cmb dicarico:

cmb 1: carico distribuito sulla scala pari a  $q_t = 200 \text{ daN/m}^2$   
cmb 2: carico concentrato a 10 cm dal bordo esterno  $P = 100 \text{ daN}$

### cmb 1)

SLU: coeff. di partecipazione  $\gamma_g = 1,3$   $\gamma_q = 1,5$

Il carico su ogni gradino è pari a: Il carico distribuito su ogni gradino è pari a:

$$q' = q \times 1,5 \times 0,3 = 200 \times 1,5 \times 0,25 = 90 \text{ daN/m}$$
$$qp' = \text{peso gradino} \times 1,3 = 13 \text{ daN/m}$$
$$qt = q' + qp' = 103 \text{ daN/m}$$

Sollecitazioni massime all'incastro:

$$M_{\max} = qt \times L^2 / 2 = 2176 \text{ daNcm}$$
$$T_{\max} = qt \times L = 67 \text{ daN}$$
$$MRd = Wx \times fy / \gamma_M = 35138 \text{ daN cm} > M_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$
$$VRd = At \times fy / \sqrt{3} = 8141 \text{ daN} > T_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$

- La freccia teorica valutata in base ai carichi ed alla sezione completamente reagente è pari a:

$$SLE: f = 1/8 \times qt \times L^4 / (E \times Jx) = 0,02 \text{ cm} = 1/4179 L < 1/200 L < 5 \text{ mm}$$

### cmb 2)

SLU: coeff. di partecipazione  $\gamma_g = 1,3$   $\gamma_q = 1,5$

Il carico su ogni gradino è pari a:

$$P' = P \times 1,5 = 150 \text{ daN}$$
$$q' = \text{peso gradino} \times 1,3 = 13 \text{ daN/m}$$

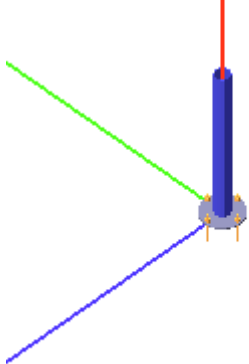
Sollecitazioni massime all'incastro:

$$M_{\max} = P' \times l' + q' \times L^2 / 2 = 8525 \text{ daNcm}$$
$$T_{\max} = P' + q' \times L = 158 \text{ daN}$$
$$MRd = Wx \times fy / \gamma_M = 35138 \text{ daN cm} > M_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$
$$VRd = At \times fy / \sqrt{3} = 8141 \text{ daN} > T_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$

## 11 VERIFICA GIUNTO ALLA PARTENZA

Il palo centrale viene fissato a terra al solaio in c.a. o su una fondazione in c.a. con piastra saldata  $\varnothing 205 \times 8$  e 3 barre M12 x 250 cl. 8.8 o tasselli M8 x 110 cl. 8.8 tipo HILTI HAS con resina Hilti HIT-HY 150 o eq.

Verifica secondo il D.M. 14/01/2008 del nodo: 33



### Coefficienti di sicurezza utilizzati

$\gamma_{MO} = 1,05$



$\gamma_{M1} = 1,10$   
 $\gamma_{M2} = 1,25$

**Colonna**

Tipo di profilo: TUBO 76.1x2.9  
Materiale: Acciaio S235  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_t = 360 \text{ N/mm}^2$   $\gamma_{Rd} = 1.2$   
Classe sezione: 3

**Flangia:**

Materiale: Acciaio S235  $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$   $f_t = 360 \text{ N/mm}^2$   $\gamma_{Rd} = 1.2$   
Dimensioni ( $\emptyset$  x Sp): 205,0 x 8,0 mm

**Bullonature:**

Viti cl. 8.8 Dadi 8 ( $f_{yb} = 649 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$ )  
Diametro  $\emptyset = 12 \text{ mm}$   $A_{res} = 84,8 \text{ mm}^2$  (ridotta per filettatura)  
Diametro foro  $\emptyset_0 = 13 \text{ mm}$

**Sollecitazioni:**

Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]	T [N mm]
33.1	-30,8	-67,1	-2285,5	0,0	0,0	0,0
33.2	-177,0	-385,8	-12227,9	0,0	0,0	0,0
33.3	-23,7	-51,6	-1758,0	0,0	0,0	0,0
33.4	-169,9	-370,3	-11700,5	0,0	0,0	0,0
33.5	-588,4	-39,2	-6534,7	0,0	0,0	0,0
33.6	-696,0	174,9	-7032,2	0,0	0,0	0,0
33.7	531,6	-533,1	-4437,8	0,0	0,0	0,0
33.8	424,0	-319,0	-4935,3	0,0	0,0	0,0
33.9	-580,3	-44,8	-6512,3	0,0	0,0	0,0
33.10	-704,1	180,6	-7054,6	0,0	0,0	0,0
33.11	539,7	-538,7	-4415,4	0,0	0,0	0,0
33.12	415,9	-313,3	-4957,8	0,0	0,0	0,0
33.13	-561,8	-57,7	-6461,3	0,0	0,0	0,0
33.14	-669,4	156,4	-6958,8	0,0	0,0	0,0
33.15	505,0	-514,6	-4511,3	0,0	0,0	0,0
33.16	397,4	-300,5	-5008,7	0,0	0,0	0,0
33.17	-553,7	-63,3	-6438,9	0,0	0,0	0,0
33.18	-677,5	162,1	-6981,2	0,0	0,0	0,0
33.19	513,1	-520,2	-4488,8	0,0	0,0	0,0
33.20	389,3	-294,8	-5031,2	0,0	0,0	0,0
33.21	-70,9	-461,8	-5220,4	0,0	0,0	0,0
33.22	-429,5	251,8	-6878,7	0,0	0,0	0,0
33.23	265,1	-610,0	-4591,4	0,0	0,0	0,0
33.24	-93,5	103,7	-6249,6	0,0	0,0	0,0
33.25	-62,9	-467,4	-5198,4	0,0	0,0	0,0
33.26	-421,5	246,3	-6856,6	0,0	0,0	0,0
33.27	257,2	-604,4	-4613,4	0,0	0,0	0,0
33.28	-101,5	109,2	-6271,6	0,0	0,0	0,0
33.29	-43,9	-480,7	-5145,6	0,0	0,0	0,0
33.30	-456,5	270,7	-6953,5	0,0	0,0	0,0
33.31	292,1	-628,9	-4516,6	0,0	0,0	0,0
33.32	-120,5	122,6	-6324,4	0,0	0,0	0,0
33.33	-35,9	-486,3	-5123,6	0,0	0,0	0,0
33.34	-448,5	265,2	-6931,4	0,0	0,0	0,0
33.35	284,2	-623,3	-4538,6	0,0	0,0	0,0
33.36	-128,5	128,1	-6346,4	0,0	0,0	0,0

**Calcolo resistenze**

Resistenza a trazione dei bulloni  $F_{tb,Rd} = 0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 48858,1 \text{ N}$   
 Resistenza a punzonamento flangia  $B_{pf,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 82515,8 \text{ N}$   
 Bull.  $F_{t,Rd}$  [N]  $F_{t,Rd}$  [N]  
 1 5578,5 5578,5  
 2 5578,5 5578,5  
 3 5578,5 5578,5

**Legenda**

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$  resistenza a flessione flangia  
 $F_{t,Rd} = \min [ F_{tb,Rd}, B_{pf,Rd}, F_{t,Rd} ]$  resistenza a trazione di progetto

Resistenza a taglio dei bulloni  $F_{vb,Rd} = 0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 32572,0 \text{ N}$   
 Bull.  $F_{bf,x,Rd}$  [N]  $F_{v,x,Rd}$  [N]  $F_{bf,y,Rd}$  [N]  $F_{v,y,Rd}$  [N]  
 1 45895,7 32572,0 27648,0 27648,0  
 2 69120,0 32572,0 69120,0 32572,0  
 3 45895,7 32572,0 27648,0 27648,0

**Legenda**

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$  resistenza a rifollamento flangia in direzione x  
 $F_{v,x,Rd} = \min [ F_{vb,Rd}, F_{bf,x,Rd} ]$  resistenza a taglio di progetto in direzione x  
 $F_{bf,y,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot \emptyset \cdot t_f / \gamma_{M2}$  resistenza a rifollamento flangia in direzione y  
 $F_{v,y,Rd} = \min [ F_{vb,Rd}, F_{bf,y,Rd} ]$  resistenza a taglio di progetto in direzione y

**Verifiche sui bulloni**

1-Taglio e trazione (Nodo n. 33, CMB n. 11)



Bull.	X [mm]	Y [mm]	F <sub>v,Ed</sub> [N]	F <sub>v,Rd</sub> [N]	F <sub>t,Ed</sub> [N]	F <sub>t,Rd</sub> [N]	FV <sub>1</sub>	VER
1	0,00	-86,90	190,6	27648,0	0,0	5578,5	0,006895	Ok
2	86,90	0,00	190,6	32572,0	0,0	5578,5	0,005853	Ok
3	0,00	86,90	190,6	27648,0	0,0	5578,5	0,006895	Ok
<b>2-Trazione (Nodo n. 33, CMB n. 1)</b>								
Bull.	X [mm]	Y [mm]	F <sub>t,Ed</sub> [N]	F <sub>t,Rd</sub> [N]	FV <sub>2</sub>	VER		
1	0,00	-86,90	0,0	5578,5	0,000000	Ok		
2	86,90	0,00	0,0	5578,5	0,000000	Ok		
3	0,00	86,90	0,0	5578,5	0,000000	Ok		

**Legenda**

F<sub>v,Ed</sub> forza di taglio agente sul bullone  
F<sub>v,Rd</sub> resistenza a taglio di progetto del bullone  
F<sub>t,Ed</sub> forza di trazione agente sul bullone  
F<sub>t,Rd</sub> resistenza a trazione di progetto del bullone  
FV<sub>1</sub> = F<sub>v,Ed</sub> / F<sub>v,Rd</sub> + F<sub>t,Ed</sub> / ( 1.4 • F<sub>t,Rd</sub> )  
FV<sub>2</sub> = F<sub>t,Ed</sub> / F<sub>t,Rd</sub>  
VER → FV<sub>i</sub> ≤ 1

**Verifiche a flessione piastra in zona compressa**

Sezione tangente al profilo della colonna nel punto di massima compressione (Nodo n. 33, CMB n. 2)

Pressione massima a bordo piastra p<sub>max</sub> = 0,37 N/mm<sup>2</sup>  
Risultante pressioni R<sub>pre</sub> = 3326,88 N  
Braccio della risultante B<sub>ris</sub> = 64,7 mm  
Modulo di resistenza minimo W<sub>min</sub> = 2030,4 mm<sup>3</sup>  
Momento resistente M<sub>p,Rd</sub> = 454427,1 N mm  
Momento massimo M<sub>p,Ed</sub> = 215189,2 N mm  
M<sub>p,Ed</sub> / M<sub>p,Rd</sub> = 0,473540 Ok

**Ancoraggio**

Tirafondi ad aderenza

Lunghezza tirafondi L<sub>t</sub> = 100 mm

Calcestruzzo

Resistenza cubica caratteristica a compressione R<sub>ck</sub> = 30,00 N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione f<sub>ck</sub> = 0,83 • R<sub>ck</sub> = 24,90 N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza di calcolo a compressione f<sub>cd</sub> = α<sub>cc</sub> • f<sub>ck</sub> / γ<sub>C</sub> = 14,11 N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza caratteristica a trazione f<sub>ctk</sub> = 0,7 • 0,30 • f<sub>ck</sub><sup>2/3</sup> = 1,79 N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo f<sub>bd</sub> = 2.25 • η • f<sub>ctk</sub> / γ<sub>C</sub> = 2,69 N/mm<sup>2</sup>

**Compressione massima calcestruzzo (Nodo n. 33, CMB n. 2)**

p<sub>max</sub> = 0,37 N/mm<sup>2</sup> < f<sub>cd</sub> Ok

**Verifica ancoraggio**

Si considera la massima resistenza a trazione di progetto dei tirafondi

Trazione di progetto dell'ancoraggio F<sub>t,an,Ed</sub> = max [ F<sub>t,Rd</sub> ] = 5578,5 N  
Resistenza a trazione per aderenza F<sub>t,ad,Rd</sub> = L<sub>t</sub> • π • Ø • f<sub>bd</sub> = 10126,1 N  
F<sub>t,ad,Rd</sub> > F<sub>t,an,Ed</sub> OK

Altri collegamenti avvengono per **saldatura a piena penetrazione**.

**12 AZIONI SULLE FONDAZIONI E SUL FABBRICATO**

Le fondazioni e la consistenza del fabbricato devono essere verificati in funzione dei seguenti carichi trasmessi dalla scala da valutare in funzione al proprio caso (vedi risultato nodali analisi allegata).

Ai fini di sicurezza in corrispondenza del fissaggi della scala deve essere verificata la consistenza del fabbricato considerando i seguenti carichi trasmessi:

Azione verticale: V = 1500 daN

Azione orizzontale: H = 500 daN