

Oggetto:

## VERIFICA STRUTTURA PRINCIPALE MODELLO

### L20

USO PRIVATO

– Secondo UNI 10806/10810/10812 –

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

#### *Caratteristiche:*

Larghezza = 1000 mm

N° Alzate/pedate = 16

Alzata = 200 mm

Pedata = 250 mm

Carico accidentale = 200 daN/mq

Carichi permanenti = 30 daN/mq

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 RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E MATERIALI .....</b>	<b>3</b>
<b>2 RIFERIMENTO A NORME .....</b>	<b>4</b>
<b>3 MATERIALI.....</b>	<b>4</b>
<b>4 IPOTESI DI CALCOLO.....</b>	<b>4</b>
<b>5 SOFTWARE UTILIZZATO .....</b>	<b>5</b>
<b>6 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>5</b>
<b>7 CARATTERISTICHE SCALA .....</b>	<b>6</b>
<b>8 ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>6</b>
8.1. CARICHI PERMANENTI.....	6
8.2. SOVRACCARICHI.....	6
8.3. AZIONI VERTICALI.....	6
8.4. AZIONI ORIZZONTALI.....	7
<b>9 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO .....</b>	<b>7</b>
<b>10 VERIFICA GRADINO .....</b>	<b>9</b>
<b>11 VERIFICA COSCIALI.....</b>	<b>11</b>
<b>12 VERIFICA GIUNTO ALLO SBARCO .....</b>	<b>12</b>
<b>13 VERIFICA GIUNTO ALLA PARTENZA .....</b>	<b>12</b>
<b>14 CONCLUSIONE DELLE DIVERSE CONFIGURAZIONI.....</b>	<b>12</b>
<b>15 AZIONI SULLE FONDAZIONI E SUL FABBRICATO .....</b>	<b>13</b>
<b>ALLEGATI ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>13</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.*

Forlì, 13 dicembre 2012

## **1 RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E MATERIALI**

Il presente documento costituisce la verifica di calcolo delle parti strutturali principali del prototipo scala L20 ad uso privato secondo le norme UNI 10804.

La scala è composta da due cosciali in piatto d'acciaio tagliato al plasma. I cosciali possono avere un andamento rettilineo con sezione costante 250x8mm o andamento a saltarello con una sezione minima 150x8mm in acciaio S 235 JR.

La scala viene fissata alla partenza e allo sbarco, inoltre sono previsti fissaggi laterali a parete ogni 4 gradini e in corrispondenza di ogni giro. I fissaggi a parete sono realizzati con barre M10 con tipo Hilti HY150 o eq., la parete deve essere in c.a. o equivalente.

Il piano di calpestio della scala, in oggetto, è realizzato con gradini in legno di faggio lamellare. Il gradino è in legno lamellare di faggio di lunghezza 1000 mm, larghezza 260 e spessore 40 mm, pedata utile 220/250 mm. A loro volta, i gradini sono vincolati tramite viti ai cosciali di rampa con due viti M8 cl.8.8.

Alla partenza i cosciali sono fissati a terra con un angolare e 2 barre M10 con resina. La scala si considera incernierata sia allo sbarco che alla partenza. Sono state fatte le verifiche dei gradini e dei cosciali di rampa.

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

Sul lato esterno il parapetto costituisce una reticolare esterna trascurata in fase di verifica in quanto possono essere applicate diverse tipologie di parapetti.

La larghezza della scala è di 1000 mm complessiva di parapetto, pedata di 220/250 mm, alzata 200 mm.

Nei calcoli si verifica secondo 7 configurazioni con 16 gradini:

- configurazione a "rettilinea" R16
- configurazione a "L" P3-R13
- configurazione a "L" R6-P3-R7
- configurazione a "C" P3-R10-P3
- configurazione a "U" P3-P3-R10
- configurazione a "L" R13-P3
- configurazione a "U" R10-P3-P3

Indicativamente tutte le sette configurazioni presentano uno sviluppo in orizzontale pari a circa 400 m ed un dislivello in verticale di 320 cm il tutto con due/tre sostegni laterali a seconda delle configurazioni o in alternativa sostituiti con sostegni a terra; inoltre ogni 3 gradini c'è un fissaggio a parete realizzato con la mensola gradino, essa ha solo funzione di stabilizzatore delle oscillazioni. I sostegni laterali sono costituiti da mensole incastrate a parete con piastra e tasselli o inghisate al suo interno. L'incastro a parete dei sostegni laterali deve avvenire su parete in corrispondenza di strutture in cemento armato non fessurato ( $f_{cc} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ ), in caso contrario deve essere verificato il supporto e la tenuta dei tasselli.

La scala si considera incernierata sia allo sbarco che alla partenza. Sono state fatte le verifiche dei gradini e dei cosciali di rampa. Alla partenza la rampa viene fissata con barre filettate e resina alla fondazione/solaio in c.a., in modo analogo viene fissato allo sbarco alla trave in c.a..

La situazione di carico esaminata prevede un carico uniformemente distribuito lungo tutta la rampa

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

- 1) PROFILATI: 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) GRADINI/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

## 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<sup>a</sup> 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.

I gradini e il cosciale centrale sono in 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.
- Il cosciale viene verificato ai fini di sicurezza considerando la sezione inferiore tra le diverse possibilità di applicazione, quindi con sezione 150x8mm in acciaio S235JR;
- L'incastro a parete dei sostegni laterali deve avvenire su parete in corrispondenza di strutture in cemento armato non ferrato ( $f_{cc} < 25 \text{ N/mm}^2$ ), in caso contrario deve essere verificato il supporto e la tenuta dei tasselli.
- 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. La rampa si considera in linea e di lunghezza massima orizzontale libera tra due appoggi pari a 2,50 m.
- Larghezza della scala pari a 1,00 m.
- Verifica nelle 7 conformazioni con almeno fissaggi laterali ogni 4 gradini. In caso di installazione diversa si deve procedere alla verifica specifica;
- 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 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: "L20"

Larghezza = 1000 mm

N° Alzate = 16 N° pedate in linea = 16

Alzata = 200 mm

Pedata = 250 mm

Lunghezza della rampa in orizzontale L = 400 cm (circa 150cm tra i due appoggi)

La scala è composta da due cosciale in piatto 150x8mm d'acciaio S235JR.



Sul lato parete presenta fissaggi a parete ogni 4 gradini su. Suporti in c.a.

Sul lato esterno il parapetto costituisce una reticolare esterna trascurata in fase di verifica e delle prove di carico effettuate in quanto possono essere applicate diverse tipologie di parapetti.

Il piano di calpestio delle scala, in oggetto, è realizzato con gradini in legno di faggio massello. I gradini sono in legno massello di faggio di lunghezza 1000 mm, larghezza minima 260 e spessore 40 mm, pedata utile 220/250 mm. A loro volta, i gradini sono vincolati tramite viti al cosciale di rampa in legno lamellare di faggio attraverso un'opportuna staffa metallica.

Gradino in Legno in faggio massello 260x40mm di lunghezza 1000mm.

**8 ANALISI DEI CARICHI**

**8.1. CARICHI PERMANENTI**

Il peso della struttura è l'unico carico permanente:

- 1. peso cosciali  $q = 9,00 \text{ daN/m}$
- 2. peso parapetto  $q^1 = 14,00 \text{ daN/m}$
- 3. peso gradini in massello di faggio (700 daN/mq) sp. 4 cm  $q \stackrel{2}{=} 30,00 \text{ daN/mq}$

**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	$q_3 \times 0,9$	=	27	daN
3	$1 \times q_2$	=	14	daN
1	$1 \times q_1$	=	<u>9</u>	<u>daN</u>
Totale distribuito $q_p$		=	50	daN/m

Carico totale:

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

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

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

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

**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 Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [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:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \text{ dove}$$

$\mathbf{K}$  = matrice di rigidezza  
 $\mathbf{u}$  = 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 unaterna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da unaterna 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 rigidezza)
- Elemento tipo **BRICK** (elemento solido)
- Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

#### CONFIGURAZIONE "R16"

##### Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:

nodi	98
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	112
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	0
elementi solaio	0
elementi solidi	0

##### Dimensione del modello strutturale [cm]:

X min =	0.00
Xmax =	400.00
Ymin =	0.00
Ymax =	100.00
Zmin =	0.00
Zmax =	320.00

##### Strutture verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	SI
Pareti	NO
Setti (a comportamento membranale)	NO

##### Strutture non verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO

##### Orizzontamenti:

Solai con la proprietà piano rigido	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	NO

##### Tipo di vincoli:

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.**

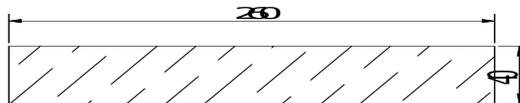
Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati 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 Legno in massello di faggio 26 x 4,0 cm; le dimensioni sono riportate in figura:



- Caratteristiche geometriche della sezione:

Legno:			Legno massello faggio
area	A	=	104 cm <sup>2</sup>
area di taglio	A	=	104 cm
peso lineico	q <sup>t</sup>	=	10 daN/m
modulo di resistenza	W	=	69,33 cm
momento d'inerzia	Jx <sup>x</sup>	=	138,67 cm <sup>4</sup>

La verifica viene condotta nello schema statico di trave su due appoggi secondo due cmb di carico:

- 1) carico concentrato in mezzaria P = 200 daN
- 2) carico distribuito q = 200 daN/mq

L = 100 cm

resistenza di calcolo del gradino in lamellare di faggio:

$$f_{m,d} = f_{m,k} \times k_{mod} / \gamma_M = 213 \text{ daN/cm}^2 = 100 \text{ daN/cm}^2 \text{ (ridotto ai fini di sicurezza)}$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} \times k_{mod} / \gamma_M = 19 \text{ daN/cm}^2 = 10 \text{ daN/cm}^2 \text{ (ridotto ai fini di sicurezza)}$$

dove: classe di servizio 1  $\gamma_M = 1,5$   $k_{mod} = 0,8$

E = 110.000 daN/cm<sup>2</sup>

**cmb 1)**

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

Il carico su ogni gradino é pari a:

$$P' = P \times 1,5 = 300 \text{ daN}$$

$$q' = \text{peso gradino} \times 1,3 = 17 \text{ daN/m}$$

Sollecitazioni massime all'incastro:

$$M_{max} = P' \times L / 4 + q' \times L^2 / 8 = 7080 \text{ daNcm}$$

$$T_{max} = (P' + q' \times L) / 2 = 158 \text{ daN}$$

$$MR_d = W_x \times f_{m,d} = 7600 \text{ daN cm} > M_{max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$



---

$$VRd = At \times f_{v,d} = 1140 \text{ daN} > T_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$

**cmb 2)**

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:

$$q' = q \times 1,5 \times 0,3 = 200 \times 1,5 \times 0,3 = 90 \text{ daN/m}$$

$$qp' = \text{peso gradino} \times 1,3 = 17 \text{ daN/m}$$

$$qt = q' + qp' = 107 \text{ daN/m} = 110 \text{ daN/m}$$

Sollecitazioni massime in mezzaria:

$$M_{\max} = qt \times L^2 / 8 = 1164 \text{ daNcm}$$

$$T_{\max} = qt \times L = 51 \text{ daN}$$

$$MRd = Wx \times f_{m,d} = 7600 \text{ daN cm} > M_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$

$$VRd = At \times f_{v,d} = 1140 \text{ daN} > T_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$

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

$$SLE: f = 5/384 \times qt \times L^4 / (E \times Jx) = 0,04 \text{ cm} = 1/2356 L < 1/200 L < 5\text{mm}$$

VERIFICA GIUNTO GRADINO - COSCIALE

Il collegamento viene realizzato con 2 viti M8 cl.8.8:

$$Ar = 0,38 \text{ cm}^2 \quad n = 2 \quad T_{\max} = 158 / n = 79 \text{ daN}$$

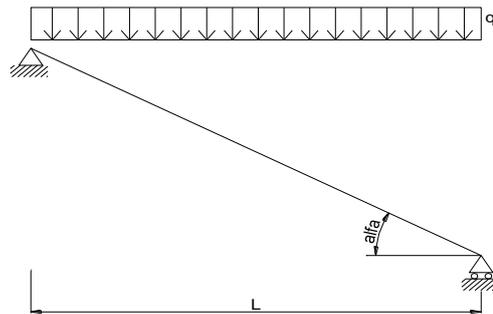
$$Fv,Rd = 0,5 \times Ar \times f_{tb} / g_{M2} = 0,5 \times 0,38 \times 8000 / 1,25 = 1216 \text{ daN} > T_{\max} \text{ di progetto} \quad \text{VERIFICATO}$$



### 11 VERIFICA COSCIALI

Nella condizione più sfavorevole sono applicati ai cosciali sia i carichi permanenti (cosciali, gradini, balaustra), sia i carichi di esercizio. Il cosciale ha una struttura dritta o a salterello ed è costituito da un unico elemento di acciaio S235JR tagliato al laser avente sezione minima 150x8mm. Nella verifica si trascurano i fissaggi a parete presenti ogni 4 gradini.

Caratteristiche della sezione:		mat.			
L20		(Fe360/430/510)			
150x8		Fe360	fd =	235	N/mm <sup>2</sup>
A =	1200 mm <sup>2</sup>	h =	150 mm		
W <sub>x</sub> =	30000 mm <sup>3</sup>	b =	8 mm		
W <sub>y</sub> =	1600 mm <sup>3</sup>	a =	150 mm		
i <sub>x</sub> =	43 mm	e =	8 mm		
i <sub>y</sub> =	3 mm	A <sub>tx</sub> =	20100 mm <sup>2</sup>		
		A <sub>ty</sub> =	128 mm <sup>2</sup>		
Geometria:					
Luce =	3000 mm				
Larghezza rampa =	1000 mm				
inclinazione rampa =	29°				
q <sub>acc</sub> =	2000 N/mq				
q <sub>p.p.</sub> =	1000 N/mq				



Carico distribuito sul cosciale  $q_t = (q_{acc} \times 1,5 + q_{p.p} \times 1,4) \times l/2 = 2,20 \text{ N/mm}$   
 Lunghezza equivalente della rampa  $L' = 3430 \text{ mm}$

componente parallela al cosciale:  
 $q_p = q_t \sin \alpha = 1,07 \text{ N/mm}$   
 componente normale al cosciale:  
 $q_n = q_t \cos \alpha = 1,92 \text{ N/mm}$

carico assiale massimo  $N_m = q_p \times L' = 3.656 \text{ N}$   
 momento flettente massimo in mezzaria

$M_m = q_n \times L^2/8 = 2.829 \text{ N m}$

- Momento resistente e Resistenza normale della sezione

$MRd = W_x \times f_d = 7050 \text{ N m}$

$NRd = A \times f_d = 282000 \text{ N}$

> M<sub>max</sub> VERIFICATO

> N<sub>max</sub> VERIFICATO

$N_m / NRd + M_m / MRd = 0,41 < 1 \text{ VERIFICATO}$

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

freccia max =  $5q_n x L^4 / (384 x E x J) = 5 \text{ mm} < L/300 \text{ sezione verificata}$

$q_n \text{ (SLE)} = (q_{acc} \times 1 + q_{p.p} \times 1) \times l \times \cos \alpha = 1,31 \text{ N/mm}$

L'impiego del cosciale risulta verificato in quanto la distanza fra gli appoggi è inferiore a quella considerata.

Il risultato risulta compatibile con la prova di carico allegata nella condizione di carico 200 daN/mq che si ottiene una freccia pari a 8,1mm.

## 12 VERIFICA GIUNTO ALLO SBARCO

Allo sbarco i cosciali di rampa vengono incernierati al solaio in c.a.. Il collegamento di ciascun cosciale viene realizzato con piastra almeno 2 tasselli M8 x 110 cl. 8.8 tipo HILTI HAS con resina Hilti HIT-HY 150 o eq.. Il fissaggio deve avvenire in corrispondenza della trave in c.a. o struttura analoga.

$$T_{max} = 3 \times 1 \times (200 \times 1,5 + 100 \times 1,3) / 2 / 2 = 323 \text{ daN}$$

Verifica dei tasselli M8 x 110 cl. 8.8 tipo HILTI HAS o eq.

$$n = 2 \quad \text{cl. 8.8} \quad A_r = 0,5 \text{ cmq}$$

$$T = T_{max} / n = 323 / 2 = 162 \text{ daN} \ll \text{carico consigliato HILTI} = 790 \text{ daN} \text{ VERIFICATO}$$

## 13 VERIFICA GIUNTO ALLA PARTENZA

Allo sbarco i cosciali di rampa vengono incernierati al solaio in c.a. o su una fondazione in c.a.. Il collegamento di ciascun cosciale viene realizzato con 2 barre M8 x 250 cl. 8.8 o tasselli M8 x 110 cl. 8.8 tipo HILTI HAS con resina Hilti HIT-HY 150 o eq. Il fissaggio deve avvenire in corrispondenza della fondazione in c.a. o struttura analoga.

Verifica delle 2 barre M8x 250 cl. 8.8 tipo HILTI HAS con resina HIT-HY 150 o eq. (inghisaggio minimo 11 cm)

$$n = 2 \quad \text{cl. 8.8} \quad A_r = 0,5 \text{ cmq}$$

$$T = T_{max} / n = 404 / 2 = 202 \text{ daN} \ll \text{carico consigliato HILTI} = 790 \text{ daN} \text{ VERIFICATO}$$

$$N = N_{max} / n = 323 / 2 = 162 \text{ daN} \ll \text{carico consigliato HILTI} = 840 \text{ daN} \text{ VERIFICATO}$$

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

## 14 CONCLUSIONE DELLE DIVERSE CONFIGURAZIONI

Si riportano di seguito i risultati principali delle diverse configurazioni:

Tipo di configurazione	Ref. l [mm] <sup>1)</sup>	q [kN/m <sup>2</sup> ] <sup>2)</sup>	V <sub>g+q</sub> [mm] <sup>3)</sup>	Ref. 1/200 [-] <sup>4)</sup>	Q [kN] <sup>5)</sup>	v <sub>Q</sub> [mm] <sup>6)</sup>	f [Hz] <sup>7)</sup>
"DRITTA" R16	4000	2,00	9,9	20	1,00	5,6	5,83
"L" P3-R13	3200	2,00	4,4	16	1,00	1,4	5,91
"C" P3-R10-P3	2500	2,00	1,6	12,5	1,00	0,61	6,99
"U" P3-P3-R10	2500	2,00	2,1	12,5	1,00	0,65	11,74
"L" R6-P3-R7	2500	2,00	5,7	12,5	1,00	1,6	9,52
"U" R10-P3-P3	3500	2,00	2,2	17,5	1,00	0,64	9,05
"L" R13-P3	3250	2,00	5,6	16,2	1,00	1,3	5,81



- 
- 1) Luce massima tra gli appoggi
  - 2) Valore del carico di esercizio distribuito
  - 3) Freccia SLE
  - 4) Rapporto Luce/Freccia
  - 5) Valore del carico concentrato di esercizio
  - 6) Freccia con carico concentrato
  - 7) Frequenza propria del sistema

## **15 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:  $V = 1500 \text{ daN}$

Azione orizzontale:  $H = 1000 \text{ daN}$

## **ALLEGATI ANALISI STRUTTURALE**