

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 1 di 31

Titolo del documento

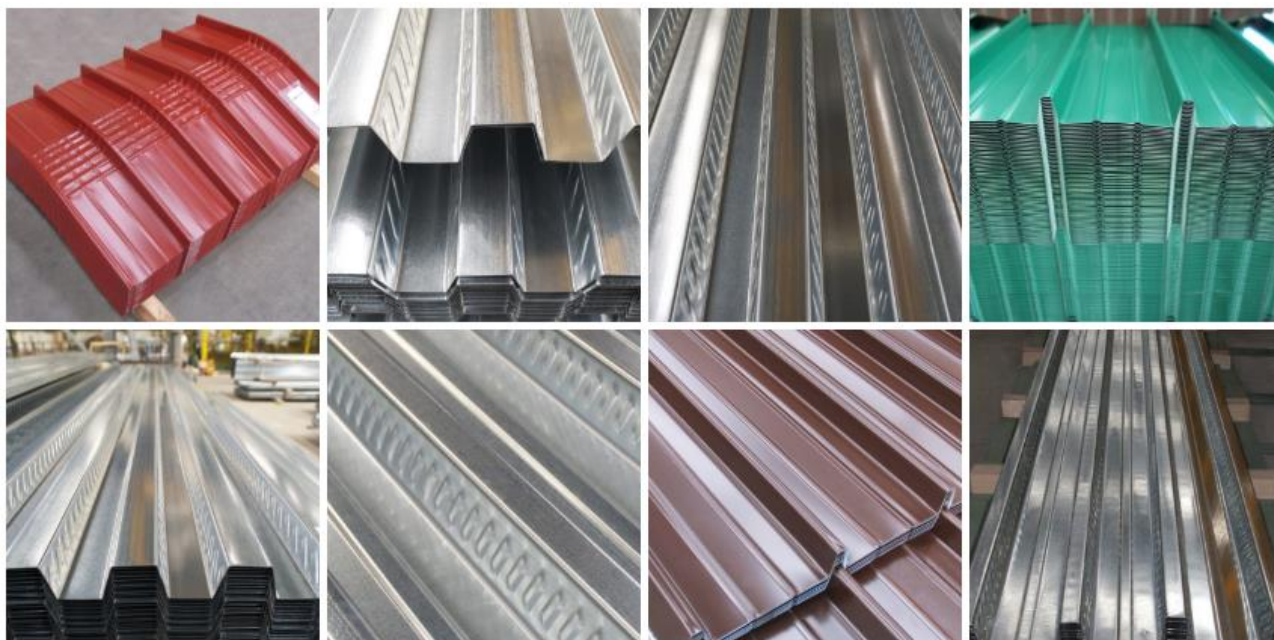
20-021-DR EP55-75 _00



Località Montecaselli n°4 – Piombino (Li)

Lamiere grecate collaboranti per solai tipo EP55 ed EP75.

Metodi di verifica SLU e SLS: NTC2018 – EC3 – EC4.



5	Dott. Ing. Giacomo IACOVAZZI ORDINE INGEGNERI PROV. LIVORNO SEZ. A N. 1465 Ing. Civile - Edile - Ambientale Ing. Industriale								
4									
3									
2									
1									
0	Prima emissione.								
REVISION	DESCRIPTION								
5									
4									
3									
2									
1									
0	14/03/2020	Ing.	G. Iacovazzi	Ing.	G. Iacovazzi	Ing.	G. Iacovazzi	Società.	Etrusca Profilati s.r.l.
REVISION	DATE	PREPARED		CHECKED		APPROVED		CLIENT	

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinielacovazzi.com tecnico@Bernardinielacovazzi.com www.Bernardinielacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.:+390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 2 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

INDICE

1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.	3
2.	MATERIALI.	4
3.	SIMBOLOGIA.	6
4.	SIMBOLOGIA RICORRENTE.	7
5.	PREMESSA E SCOPO	8
6.	INTRODUZIONE E RICHAMI ALLA NORMATIVA.....	9
7.	CRITERI DI CALCOLO.....	11
8.	METODI DI DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE.....	13
9.	CALCOLO COMPLETO SOLAIO COLLABORANTE IN LAMIERA GRECATA.	22
10.	REGOLE PRATICHE DI PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE.....	30
11.	CONCLUSIONI	31

	amministrazione@Bernardinielacovazzi.com tecnico@Bernardinielacovazzi.com www.Bernardinielacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 3 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.

- EUROCODICE 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- EUROCODICE 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 10346:2015: Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura
- UNI EN 10204:2005 (Certificato di controllo 3.1 – ex 3.1B) “Prodotti metallici – tipi di documenti di controllo”.
- NTC 2018 - DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- 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 decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- EN 1090-4: Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 4: Requisiti tecnici per elementi strutturali di acciaio formati a freddo e strutture formate a freddo per applicazioni su tetti, soffitti, pavimenti e pareti.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinielacovazzi.com tecnico@Bernardinielacovazzi.com www.Bernardinielacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 4 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

2. MATERIALI.

Materiale: UNI EN 10346	Tensione di rottura	Tensione di snervamento
S 280 GD	$f_{tk} > 360\text{MPa}$	$f_{yk} > 280\text{MPa}$
Allungamento % a rottura		>18
Modulo elastico alla temperatura di progetto di riferimento		$E=210000\text{MPa}$
Modulo elastico trasversale alla temperatura di progetto di riferimento		$G=80769\text{MPa}$
Coefficiente di dilatazione termico		$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Coefficiente di Poisson		$\nu=0.3$
Massa specifica dell'acciaio		$\rho_{ks} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Materiale: Conglomerato cementizio	Classe di resistenza	Tensione di calcolo
C25/30	$f_{ck} = 25\text{MPa}$	$f_{cd} = 16.67\text{MPa}$
Temperatura di progetto di riferimento		20° C
Modulo elastico alla temperatura di progetto di riferimento		$E=31447\text{MPa}$
Coefficiente di Poisson		$\nu = 0.2$
Massa specifica del cemento armato		$\rho_{kcls} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Materiale: Acciaio in barre nervate	Tensione di snervamento	Tensione di calcolo
B450C	$f_{yk} = 450\text{Pa}$	$f_{yd} = 391\text{Pa}$
Temperatura di progetto di riferimento		20° C
Modulo elastico alla temperatura di progetto di riferimento		$E = 210000\text{MPa}$
Coefficiente di Poisson		$\nu = 0.3$
Massa specifica dell'acciaio		$\rho_{ks} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 5 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

Caratteristiche del calcestruzzo

Tipo di resistenza del calcestruzzo	Valore	Unità
Resistenza caratteristica a compressione - [fck]	24,90	N/mm ²
Resistenza cilindrica media a compressione - [fcm]	32,90	N/mm ²
Resistenza media a trazione semplice - [fctm]	2,56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione, frattile 5% - [fctk]	1,79	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione, frattile 95% - [fctk]	3,33	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione - [fcd]	14,11	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione per spessori < 50 mm - [fcd]	11,29	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione (5%) - [fctd]	1,19	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione (5%) per spessori < 50 mm - [fctd]	0,96	N/mm ²
Modulo elastico istantaneo medio del calcestruzzo - [Ecm]	31447,16	N/mm ²
Valore del coefficiente di sicurezza per addensamento di barre - [γM]	1,00	-
Tensione tangenziale di aderenza caratteristica (5%) per Φ ≤ 32 mm - [fbk]	4,03	N/mm ²
Tensione tangenziale di aderenza di calcolo - [fbd]	2,69	N/mm ²
Coefficiente di Poisson per il calcestruzzo in stadio non fessurato - [ν]	0,20	-
Coefficiente di Poisson per il calcestruzzo in stadio fessurato - [ν]	0,00	-
Coefficiente di dilatazione termica - [α]	1,00E-05	1/°C

$$\frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

Caratteristiche dell'acciaio

Tipo di resistenza dell'acciaio	Valore	Unità
Resistenza di calcolo dell'acciaio - [fyd]	391,30	N/mm ²

Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio - [fyk]: 450 N/mm²

		amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 6 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

3. SIMBOLOGIA.

Denominazione		Simbologia	
dimensione, accelerazione	area, classe	a	A
dimensione, trave	dimensione	b	B
dimensione, colonna, coefficiente, compressione	dimensione, carico, fattore	c	C
diametro	diametro	d	D
eccentricità	modulo di Young, energia cinetica	e	E
tensione, fattore, flangia di trave, flessione	forza	f	F
accelerazione di gravità	baricentro, massa, modulo tangente	g	G
altezza, fattore	reazione orizzontale	h	H
interasse, quantità variabile, rapporto	momento d'inerzia, intermittenza	i	I
quantità variabile	momento d'inerzia di massa	j	J
coefficiente di sicurezza, costante	fattore, costante	k	K
dimensione	regime, fattore, combinazione di carichi	l	L
massa	massa, momento flettente, classe	m	M
numero di giri, variabile, numero di cicli	sforzo assiale	n	N
riferimento	centro geometrico	o	O
carico distribuito, pressione	potenza, carico	p	P
carico distribuito, massa, pressione	portata, massa	q	Q
raggio, corda	reazione vincolare, resistenza	r	R
spazio	sollecitazione, tiro, carico	s	S
spessore, tempo, taglio	momento torcente, durata, torsione	t	T
riferimento	energia potenziale, numero di cicli	u	U
velocità	taglio, reazione verticale	v	V
anima di trave/colonna	modulo di resistenza	w	W
incognita, direzione	azione orizzontale secondo X, fattore	x	X
incognita, direzione	azione orizzontale secondo Y, fattore	y	Y
incognita, direzione	azione verticale secondo Z, fattore	z	Z
angolo, accelerazione angolare	scarto	α	Δ Φ
angolo, fattore		β	
fattore	fattore	χ	
angolo		δ	
allungamento relativo		ε	
angolo, fattore		ϕ	
angolo		φ	
angolo, deformabilità		γ	
rendimento		η	
snellezza		λ	
coefficiente di attrito		μ	
angolo	angolo	θ	Ω
angolo		ϑ	
raggio di inerzia		ρ	
tensione normale		σ	
tensione tangenziale		τ	
velocità angolare		ω	

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinielacovazzi.com tecnico@Bernardinielacovazzi.com www.Bernardinielacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 7 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

4. SIMBOLOGIA RICORRENTE.

I simboli elencati sotto possono essere utilizzati all'interno del seguente documento con il seguente significato:

M_{du}	:	momento di progetto (d) / ultimo (u)
V_{du}	:	taglio di progetto (d) / ultimo (u)
N_{du}	:	sforzo assiale di progetto (d) / ultimo (u)
T_{du}	:	torsione di progetto (d) / ultimo (u)
$M_{de}; V_{de}; N_{de}; T_{de}$	:	sollecitazioni in esercizio relative alle combinazioni di carico
33	:	asse forte
22	:	asse debole
apici b	:	bulloni
s	:	sezioni
c	:	piastre di rinforzi e coprighiunti
asse z	≡	33
asse y	≡	22
asse x	≡	11 asse trave

METODO DI CALCOLO.

- SLS per le verifiche in condizioni di esercizio.
- SLU per il calcolo in condizioni ultime.

	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 8 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

5. PREMESSA E SCOPO

La presente relazione richiama la metodologia di calcolo applicabile ai profili prodotti dalla committente del tipo collaborante EP55 ed EP75.

Le considerazioni riportate su questa relazione sono anche estendibili nel metodo a tutti i profili di tipo collaborante che rispettano le condizioni geometriche e qualitative dei materiali, in accordo ai paragrafi 4.3.4 NTC2018 (Travi con soletta collaborante) e C4.2.4.1.3.4.2 (Stabilità dei pannelli soggetti a compressione) della circolare applicativa n°7.

I solai composti acciaio - calcestruzzo sono costituiti da una lamiera grecata di acciaio su cui viene eseguito un getto di calcestruzzo normale o alleggerito.

Durante la fase di getto, la funzione della lamiera è quella di cassero e costituisce tutta o parte dell'armatura longitudinale collaborante in zona tesa.

Poiché non è sufficiente l'adesione chimica tra lamiera e calcestruzzo, sono previste bugne superficiali per garantire l'aderenza fra acciaio e calcestruzzo.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 9 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

6. Introduzione e richiami alla normativa.

La verifica della lamiera grecata deve essere svolta in accordo con le indicazioni della normativa UNI EN1993-1-3 in materia di profilati sottili di acciaio formati a freddo.

Gli effetti delle dentellature o delle bugnature devono essere opportunamente considerati nella valutazione della resistenza (paragrafo 4.3.6.4.1 NTC2018).

In accordo al paragrafo 4.3.6.5.1 NTC2018 lo spessore minimo delle lamiere grecate impiegate nelle solette composte non deve essere inferiore a 0,8 mm.

Lo spessore della lamiera potrà essere ridotto a 0,7 mm quando in fase costruttiva vengano studiati idonei provvedimenti atti a consentire il transito in sicurezza di mezzi d'opera e personale.

In accordo al paragrafo 4.3.6.5.3 NTC2018 la dimensione nominale dell'inerte dipende dalla più piccola dimensione dell'elemento strutturale nel quale il calcestruzzo è gettato.

Come previsto dal paragrafo 4.3.6.5.4 NTC2018 le solette composte sostenute da elementi di acciaio o calcestruzzo devono avere una larghezza di appoggio minima di 75 mm, con una dimensione di appoggio del bordo della lamiera grecata di almeno 50 mm.

Nel caso di solette composte sostenute da elementi in diverso materiale, tali valori devono essere portati rispettivamente a 100mm e 70 mm.

Nel caso di lamiere sovrapposte o continue che poggiano su elementi di acciaio o calcestruzzo, l'appoggio minimo deve essere 75mm e per elementi in altro materiale 100 mm.

In accordo al paragrafo 4.3.6.3.1 NTC2018 e 9.8.1 EC4 l'armatura minima deve essere:

- 0.2% A $\phi 5/150 \times 150$ costruzioni non puntellate in fase di getto;
- 0.4% A $\phi 6/150 \times 150$ costruzioni puntellate in fase di getto H=100mm;
- 0.4% A $\phi 6/100 \times 100$ costruzioni puntellate in fase di getto H=110mm-120mm.

L'altezza complessiva h del solaio composto non deve essere minore di 80 mm.

Lo spessore del calcestruzzo h_c al di sopra dell'estradosso delle nervature della lamiera non deve essere minore di 40 mm.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 10 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

Se la soletta realizza con la trave una membratura composta, oppure è utilizzata come diaframma orizzontale, l'altezza complessiva non deve essere minore di 90 mm ed h_c non deve essere minore di 50 mm.

La resistenza a flessione delle sezioni trasversali di una soletta composta realizzata con una soletta armata di calcestruzzo gettata su una lamiera grecata collaborante può essere determinata con la teoria plastica, in accordo a quanto esposto al paragrafo 4.3.4.2.1.2 delle NTC ed al paragrafo C4.3.4.2, se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- sussiste la piena interazione tra lamiera e calcestruzzo;
- la sezione efficace della lamiera è valutata al netto di bugnature o dentelli;
- la lamiera nelle zone soggette a momento negativo e considerata attiva solo se continua sul profilo di acciaio;
- la stabilità delle parti compresse della lamiera è assicurata.

In tal caso si assume per il calcestruzzo un modello stress-block con tensione massima $0,85f_{ck}/\gamma_c$ mentre le tensioni normali nella lamiera e nelle barre d'armatura sono assunte pari al limite plastico.

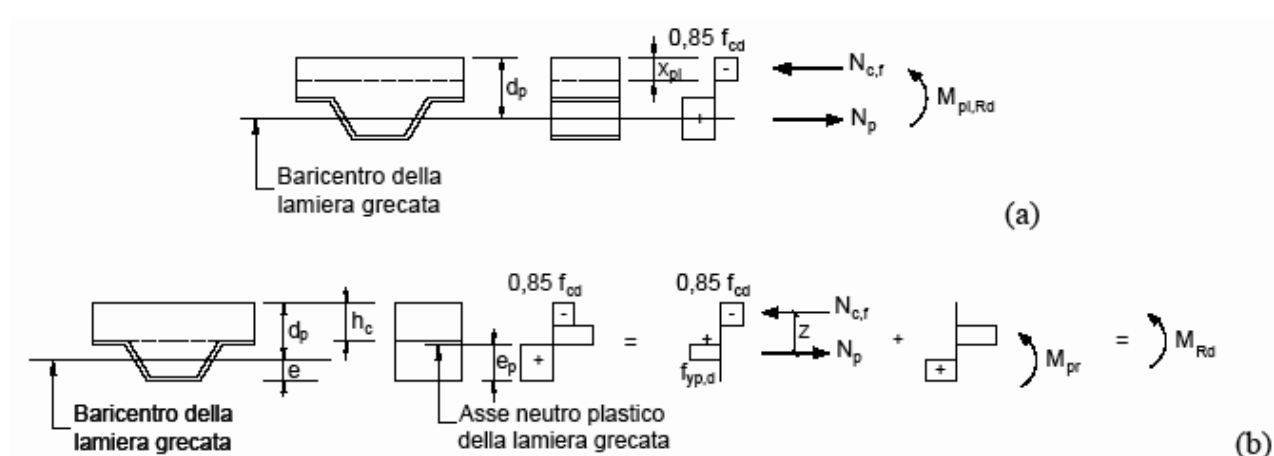


Figura 1: Stress-block rettangolare nel calcolo delle solette collaboranti acciaio – calcestruzzo.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 11 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

7. Criteri di calcolo.

Fase I: La lamiera è utilizzata come cassero.

- 1) La verifica della sola lamiera grecata, per la definizione dello stato limite ultimo (SLU), è condotta in accordo all'EUROCODICE 3 e 4.
- 2) La verifica della lamiera, per lo stato limite di servizio (paragrafo 4.3.6.4.2 NTC2018), richiede di controllare che l'inflessione massima, sotto il peso proprio, il peso dei mezzi e personale in opera ed il peso del calcestruzzo fresco, non sia maggiore di $L/180$ (L: luce del solaio) comunque non superiore a 20mm.

Fase II: Soletta composta acciaio - calcestruzzo.

La verifica della lamiera grecata allo stato limite ultimo si svolge verificando i seguenti meccanismi di rottura:

- 1) Rottura per flessione $M_{p,Rd}$ nella sezione critica I (piano di mezzzeria della soletta)
- 2) Rottura per raggiunto limite della forza di scorrimento $V_{l,Rd}$ nella sezione critica II (piano di rottura passante per l'asse delle bugne).

La resistenza nei confronti dello scorrimento (Appendice B.3.6 dell'EUROCODICE 4) viene determinata mediante il metodo del collegamento parziale dove $\tau_{u,Rd}$ è il valore dell'aderenza desumibile da prove di tipo sperimentale e fornibile solo dal produttore.

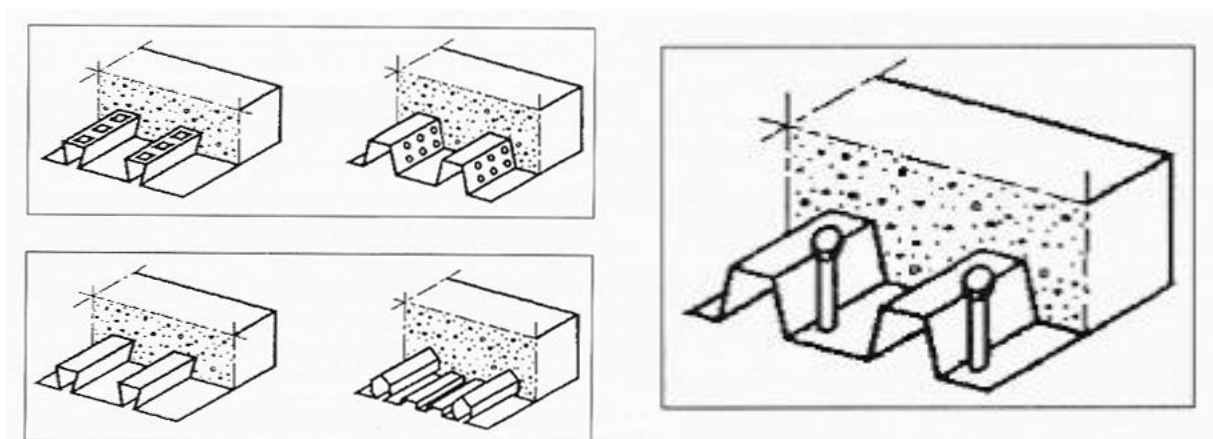


Figura 2: Greche, geometrie di bugnature e connettori.

	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 12 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

3) Rottura per taglio $V_{v,Rd}$ nella sezione critica III (piano di appoggio della soletta).

La verifica per lo stato limite di servizio (SLS) si svolge controllando l'inflessione massima che non deve risultare superiore a:

- a) $L/300$ per il solo carico di servizio (indicato come carico utile nelle tabelle);
- b) $L/250$ per il peso proprio, permanente portato e carico di servizio.

Note:

- Luci su semplice appoggio superiori a 5m sono sconsigliabili essendo poco convenienti, inserire rompi-tratta (trave secondaria calcolata come appoggio elastico) quando possibile ed eseguire sempre il calcolo della frequenza di vibrazione propria (Fase II) ed inoltre, per luci superiori a 4m, porre particolare attenzione al calcolo della freccia elastica allo scopo di soddisfare il requisito della verifica allo SLS;
- Per luci maggiori di 3m e fino a 4m inserire almeno un puntello rompi-tratta in fase di getto;
- Per luci maggiori di 4m e fino a 5m inserire minimo due puntelli rompi-tratta in fase di getto.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 13 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

8. Metodi di dimensionamento preliminare.

Con riferimento alla normativa di seguito richiamiamo la metodologia di dimensionamento preliminare per il profilo EP55 per fase I e fase II.

Lo stessa metodologia è applicabile al profilo EP75 e più in generale a qualsiasi geometria che abbia i requisiti previsti dalla normativa di riferimento.

Dati di base sono:

- Carico di servizio (utile): Secondo le combinazioni ed i coefficienti delle tabelle 2.6.1 (Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU) e 2.5.1 (valori dei coefficienti di combinazione) della normativa sono il carico di esercizio Q nel caso di un solaio per uso civile o industriale oppure il carico di esercizio Q , l'azione della neve N e del vento V nel caso di una copertura.

Le verifiche devono essere condotte sempre anche per le azioni sismiche E .

G_1 : masse strutturali

G_2 : masse non strutturali (*)

Q : carico di esercizio

N : azione della neve

V : azione del vento

E : azione sismica

(*) Se le masse strutturali sono compiutamente definite: $\gamma_{G2} = 1.3$

Per il dimensionamento preliminare di un solaio possiamo indicare le seguenti combinazioni:

$1.3 \cdot G_1 + 1.3 \cdot G_2 + 1.5 \cdot Q$ Combinazione fondamentale SLU (2.5.1).

$G_1 + G_2 + Q$ Combinazione rara usata per SLE irreversibili (2.5.2).

In fase di dimensionamento preliminare è opportuno eseguire la verifica SLE più cautelativa.

- Profilo tipo EP55 spessore $s=0.8\text{mm}$.

- Acciaio S280GD $f_{yk} = 280\text{MPa} \rightarrow f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = 266.67\text{MPa}$

- Calcestruzzo C25/30

Si definisce la geometria della greca a passo costante in accordo al profilo costruttivo e si elabora una geometrica equivalente di sezione rettangolare tenendo conto dell'inclinazione della sagoma.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 14 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

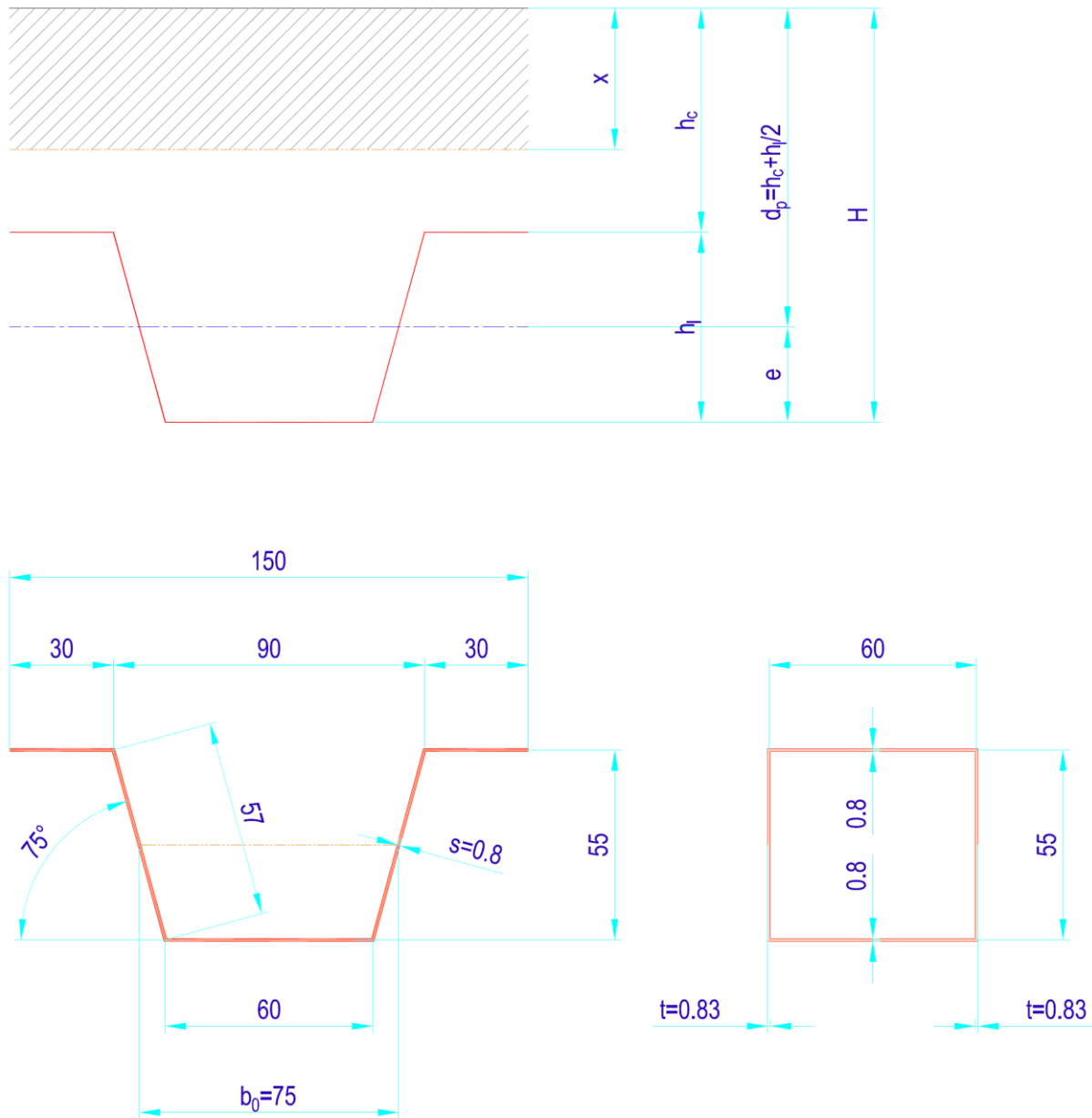


Figura 3: Sezione della greca EP55 a sinistra e profilo assimilato a destra.

Spessore equivalente: $t = \frac{s}{\sin 75^\circ} = 0.83 \text{ mm}$

Area della lamiera : $A_1 = 2 \cdot (60 \cdot 0.8 + 55 \cdot 0.83) = 187.3 \text{ mm}^2$

Momento di inerzia : $I_1 = 2 \cdot \left[60 \cdot 0.8 \cdot \left(\frac{55}{2} \right)^2 + \frac{0.83 \cdot 55^3}{12} \right] = 95615.2 \text{ mm}^4$

Modulo di resistenza : $W_1 = \frac{I_1}{\frac{55}{2}} = 3476.9 \text{ mm}^3$

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 15 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

Le caratteristiche geometriche riferite ad un metro di lamiera sono:

$$A_a = A_l \cdot \frac{1000}{150} = 1248.7 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$I_a = I_l \cdot \frac{1000}{150} = 637434.7 \text{ mm}^4/\text{m}$$

$$W_a = W_l \cdot \frac{1000}{150} = 23179.3 \text{ mm}^3/\text{m}$$

Verifica a flessione della lamiera: $M_{S,d,u}$ Fase I.

Per le piattabande del profilo assimilato della lamiera grecata, in accordo alle tabelle “C4.2.VIII - larghezza efficace di pannelli compressi con entrambi i bordi longitudinali irrigiditi” e “C.4.2.IX - larghezza efficace di pannelli compressi con un solo bordo longitudinale irrigidito”, si ha per la flangia compressa:

La sezione è in classe 4.

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1$$

La sezione è compressa in modo uniforme.

$$\bar{b} = 60 \text{ mm}; t = 0.8 \text{ mm}; k_\sigma = 4$$

Tabella C4.2.VIII.

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \bar{b}^2} = \frac{189800}{\left(\frac{60}{0.8}\right)^2} \text{ MPa} = 135 \text{ MPa}$$

Carico critico euleriano.

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \sqrt{\frac{280}{135}} = 1.44 > 0.673$$

Snellezza relativa del pannello.

$$\rho = \frac{\lambda_p - 0.055 \cdot (3 + \psi)}{\lambda_p^2} = \frac{\lambda_p - 0.22}{\lambda_p^2} = 0.59$$

$$b_{eff} = \rho \cdot \bar{b} = 0.59 \cdot 60 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

Larghezza efficace del pannello.

Per le anime abbiamo:

$$t_w = 0.8 \text{ mm}; l_w = 57 \text{ mm}; \psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1; k_\sigma = 23.9 \text{ Tabella C4.2.VIII.}$$

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t_w^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot l_w^2} = 23.9 \cdot \frac{189800}{\left(\frac{57}{0.8}\right)^2} \text{ MPa} = 894 \text{ MPa}$$

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \sqrt{\frac{280}{894}} = 0.56 < 0.673 \rightarrow \rho = 1$$

Snellezza relativa del pannello.

$$l_{eff} = \rho \cdot l_w = 1 \cdot 57 \text{ mm} = 57 \text{ mm} > 55 \text{ mm}$$

Altezza efficace del pannello.

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

Rev. 00

PAG. 16 di 31

Tabella C4.2.VIII - Larghezza efficace di pannelli compressi con entrambi i bordi longitudinali irrigiditi

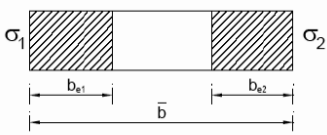
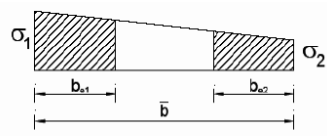
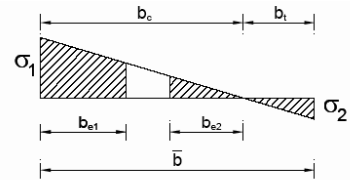
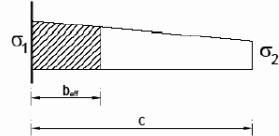
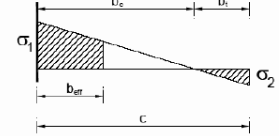
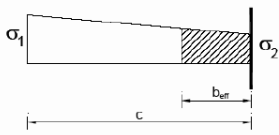
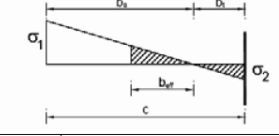
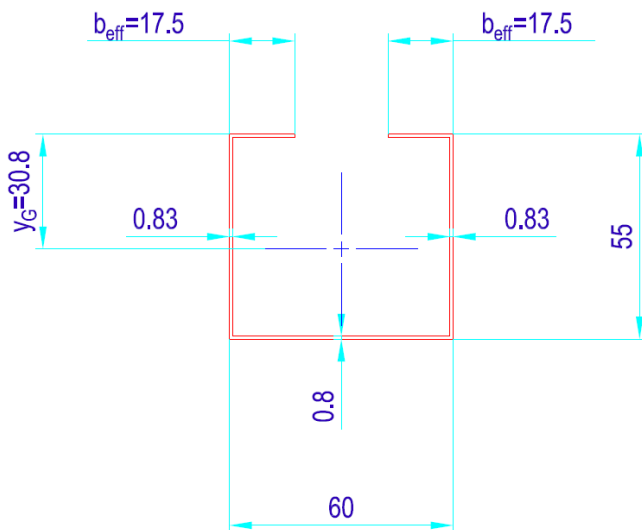
Distribuzione delle tensioni				Larghezza efficace del pannello		
				$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1$ $b_{eff} = \rho \cdot \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 \cdot b_{eff} \quad b_{e2} = 0,5 \cdot b_{eff}$		
				$1 > \psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \geq 0$ $b_{eff} = \rho \cdot \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5-\psi} \cdot b_{eff} \quad b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$		
				$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} < 0$ $b_{eff} = \rho \cdot \frac{\bar{b}}{1-\psi}$ $b_{e1} = 0,4 \cdot b_{eff} \quad b_{e2} = 0,6 \cdot b_{eff}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1,00	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
fattore k_σ	4,00	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98(1-\psi)^2$

Tabella C4.2.IX - Larghezza efficace di pannelli compressi con un solo bordo longitudinale irrigidito

Distribuzione delle tensioni			Larghezza efficace del pannello		
			$1 > \psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \geq 0$ $b_{eff} = \rho \cdot c$		
			$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} < 0$ $b_{eff} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot \frac{c}{1 - \psi}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1,00	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
fattore k_σ	0,43	$0,578 / (0,34 + \psi)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8
Distribuzione delle tensioni			Larghezza efficace del pannello		
			$1 > \psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \geq 0$ $b_{eff} = \rho \cdot c$		
			$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} < 0$ $b_{eff} = \rho \cdot b_c = \rho \cdot \frac{c}{1 - \psi}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	$1 \geq \psi \geq -3$				
fattore k_σ	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$				

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 17 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		



Area: 164.64mm²

Momenti di inerzia: $I_X: 75099.5\text{mm}^4$
 $I_Y: 105351.0\text{mm}^4$

Raggi di girazione: $\rho_X: 21.36\text{mm}$
 $\rho_Y: 25.30\text{mm}$

Figura 4: Sezione efficace della greca EP55 del profilo assimilato.

$$W_{l,eff,inf} = \frac{I_{l,eff}}{h - y_G} = \frac{75099.5}{55 - 30.8} \text{ mm}^3 = 3103.3 \text{ mm}^3 \quad \text{Modulo di resistenza al bordo inferiore.}$$

$$W_{l,eff,sup} = \frac{I_{l,eff}}{y_G} = \frac{75099.5}{30.8} \text{ mm}^3 = 2438.3 \text{ mm}^3 \quad \text{Modulo di resistenza al bordo superiore.}$$

Riferito al metro di lunghezza della lamiera:

$$W_{l,eff} = W_{l,eff,sup} \cdot \frac{1000}{150} = 16255 \text{ mm}^3/\text{m}$$

$$M_{R,d,u} = W_{l,eff} \cdot f_{yd} = 16255 \frac{\text{mm}^3}{\text{m}} \cdot 266.67 \text{ MPa} = \frac{4.335 \text{ kNm}}{\text{m}} > M_{S,d,u}$$

Verifica a taglio della lamiera: $V_{S,d,u}$ Fase I

Per il profilo EP55, in un metro di lamiera ci sono 13.33 anime.

$$A_w = 13.33 \cdot 55 \cdot 0.8 \text{ mm}^2 = 586.67 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,R,d} = \frac{A_w \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{586.67 \cdot \frac{280}{\sqrt{3}}}{1.05} \text{ kN} = 90.324 \text{ kN} > V_{S,d,u}$$

Si deve anche verificare la resistenza all'instabilità per taglio in accordo al paragrafo C4.2.4.1.3.4.1., trascurabile in fase di dimensionamento preliminare e solitamente largamente soddisfatta, pertanto si rimanda alla verifica completa del solaio mediante software come mostrata nel successivo paragrafo 9.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 18 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

Verifica allo SLU per flessione della soletta:

Fase II.

Con riferimento alla figura 1 si può scrivere:

$$N_{c,f} = 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x_{pl} \quad \text{Resistenza di calcolo del calcestruzzo compresso.}$$

$$N_p = A_a \cdot f_{yd} \quad \text{Resistenza di calcolo della lamiera grecata tesa.}$$

$$b=1000\text{mm} \quad \text{Riferito al metro di lunghezza.}$$

Di solito $N_p < N'_{c,f} = 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h_c$ quindi l'asse neutro plastico taglia la soletta e pertanto la resistenza è governata dalla trazione sull'acciaio.

La posizione dell'asse neutro plastico per l'equilibrio alla traslazione è:

$$x_{pl} = \frac{N_p}{N_{c,f}} \quad \text{Asse neutro plastico.}$$

$$M_{pl,Rd} = N_p \cdot \left(d_p - \frac{x_{pl}}{2} \right) > M_{Sd} \quad \text{Momento resistente di calcolo.}$$

Verifica allo SLU a taglio della soletta:

Fase II.

La resistenza a taglio è affidata alla soletta in calcestruzzo che non dispone di una armatura trasversale per il taglio.

La verifica deve essere condotta in accordo al paragrafo 4.1.2.3.5.1 delle NTC2018 per gli elementi senza armatura trasversale resistente al taglio.

La verifica può essere condotta, in prima approssimazione, usando la formula 4.3.2.3 dell'EUROCODICE 2 – 1993 semplificata come di seguito per non tenere conto, a favore della sicurezza, del contributo della lamiera grecata di trazione estesa su tutta la sezione considerata:

$$V_{V,Rd} = b_w \cdot d_p \cdot \tau_{R,d} \cdot k_v \cdot (1.2 + 40 \cdot \rho_l) \cong b_w \cdot d_p \cdot \tau_{R,d} \cdot k_v$$

$$\tau_{R,d} = 0.25 \cdot \frac{f_{ctk(5\%)}}{\gamma_c}$$

$$k_v = 1.6 - d_p(\text{m}); \quad \rho_l = \frac{A_l}{b_w \cdot d_p}$$

Generalmente la verifica è largamente soddisfatta di solito anche assumendo $k_v=1$.

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 19 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

Verifica allo stato limite di servizio:

Fase II.

È cautelativo e consigliabile assumere per il calcolo della freccia lo schema a semplice appoggio.

La freccia si calcola considerando il solo carico permanente portato ed il carico variabile di servizio, la freccia di fase I dovuta al peso del calcestruzzo fresco, non viene inclusa nella verifica della soletta composta (pagina 12: Uso dei rompi-tratta).

Se il rapporto $\frac{L}{d_p} < 32$ la verifica di deformazione è di solito soddisfatta se il solaio non è particolarmente snello.

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{(G_2 + Q) \cdot L^4}{E \cdot I} \quad : \quad \text{Deformazione per carico distribuito e semplici appoggi all'estremità.}$$

Il momento di inerzia I è la media dei valori della sezione nello stato fessurato e non fessurato.

$E=210000\text{MPa}$: Modulo elastico dell'acciaio.

$n=15$: Coefficiente di omogeneizzazione tra acciaio e calcestruzzo per lungo e breve termine.

$$x = \frac{n \cdot A_l}{I_n} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot I_n \cdot d_p}{n \cdot A_l}} \right) \quad \text{Posizione dell'asse neutro (stato fessurato) in condizioni}$$

SLS.

$$I_{p,a} = \frac{I_n \cdot x^3}{3 \cdot n} + \left[I_l + A_l \cdot (d_p - x)^2 \right] \quad \text{Momento di inerzia della sezione parzializzata}$$

omogeneizzata all'acciaio nello stato fessurato.

A_l : Area della lamiera grecata riferita alla nervatura $I_n=150\text{mm}$ come calcolata a pagina 14.

Il calcolo SLU e SLE può essere eseguito con il programma **VcaSlu** come mostrato di seguito.

Il valore di input del programma deve essere il momento flettente riferito alla singola greca:

$$M_{S,d,e} = \frac{(G_1 + G_2 + Q) \cdot L^2}{8} \cdot \frac{I_n}{b} \quad \text{essendo } I_n=150\text{mm la lunghezza del passo della nervatura.}$$

Il programma restituisce anche le caratteristiche geometriche della soletta omogeneizzata al calcestruzzo e che quindi devono essere divise per 15.

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 20 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

$I_{ir,a}$: Momento di inerzia della
 sezione di calcestruzzo interamente reagente
omogeneizzata all'acciaio.

$I = \frac{I_{ir,a} + I_{p,a}}{2}$: Media dei valori della
 sezione nello stato fessurato e non fessurato.

Il baricentro della sezione composta dalle
 figure elementari può essere calcolato con il
 software AUTOCAD mentre per il calcolo del
 baricentro della sezione complessiva si utilizza

la teoria della geometria delle masse, pertanto il baricentro della sezione acciaio-calcestruzzo
 interamente reagente vale:

$$x_{G,ir} = \frac{A_l \cdot \gamma_s \cdot d_p + A_c \cdot \gamma_c \cdot x_c}{A_l \cdot \gamma_s + A_c \cdot \gamma_c} = \frac{187.3 \cdot 78.5 \cdot 92.5 + 13874 \cdot 23 \cdot 49.8}{187.3 \cdot 78.5 + 13874 \cdot 23} \text{ mm} = 51.7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{ir,a} &= \frac{I_c + A_c \cdot (x_{G,ir} - x_c)^2}{n} + I_l + A_l \cdot (d_p - x_{G,ir})^2 = \\
 &= \left[\frac{14264868 + 13874 \cdot (51.7 - 49.8)^2}{15} + 95615.2 + 187.3 \cdot (92.5 - 51.7)^2 \right] \text{ mm}^4 \cong \\
 &\cong (954330 + 95615 + 311787) \text{ mm}^4 = 1361732 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

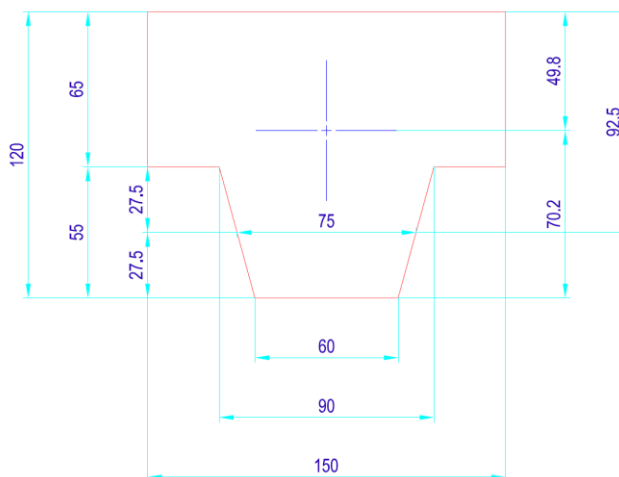
$$A_{ir,a} = \frac{A_c}{n} + A_l = \left(\frac{13874}{15} + 187.3 \right) \text{ mm}^2 \cong (925 + 187) \text{ mm}^2 = 1112 \text{ mm}^2$$

$$x = \frac{n \cdot A_l}{I_n} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot I_n \cdot d_p}{n \cdot A_l}} \right) = \frac{15 \cdot 187.3}{150} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot 150 \cdot 92.5}{15 \cdot 187.3}} \right) \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I_{p,a} &= \frac{I_n \cdot x^3}{3 \cdot n} + \left[I_l + A_l \cdot (d_p - x)^2 \right] = \left[\frac{150 \cdot 40^3}{3 \cdot 15} + 95615 + 187 \cdot (92.5 - 40)^2 \right] \text{ mm}^4 = \\
 &= 824367 \text{ mm}^4 \quad (82.4 \text{ cm}^4 \cong 79.6 \text{ cm}^4) - \text{vedi pagina seguente.}
 \end{aligned}$$

$$I = \frac{I_{ir,a} + I_{p,a}}{2} \cdot \frac{b}{I_n} = \frac{1358393 + 824367}{2} \cdot \frac{1000}{150} \text{ mm}^4 = 7275867 \text{ mm}^4/\text{m}$$

Area: $A_c = 13874 \text{ mm}^2$
 Momenti di inerzia: $I_c = 14264868 \text{ mm}^4$



Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 21 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

Allo SLU abbiamo:

$$N_{c,f} = 0.85 \cdot f_{cd} \cdot l_n \cdot x_{pl}$$

Resistenza di calcolo del calcestruzzo compresso.

$$N_p = A_l \cdot f_{yd}$$

Resistenza di calcolo della lamiera grecata tesa.

La posizione dell'asse neutro plastico per l'equilibrio alla traslazione è:

$$x_{pl} = \frac{N_p}{N_{c,f}} = \frac{A_l \cdot f_{yd}}{0.85 \cdot f_{cd} \cdot l_n} = \frac{187.3 \cdot 266.67}{0.85 \cdot 16.67 \cdot 150} \text{ mm} = 23.5 \text{ mm}$$

Pertanto il momento resistente vale:

$$M_{pl,Rd} = N_p \cdot \left(d_p - \frac{x_{pl}}{2} \right) = 187.3 \cdot 266.67 \cdot \left(92.5 - \frac{23.5}{2} \right) \text{ Nmm} = 4.033 \text{ kNm}$$

Caratteristiche statiche sezione Parzializzata

Caratteristiche statiche sezione parzializzata

Area = 92.63 cm²

Ascissa baricentro xG = 0 cm (xMax - xG = 7.5)

Ordinata baricentro yG = 1.697 cm (yMax - yG = 4.303)

Momenti d'inerzia baricentrici

JxG = 1.194 cm⁴

JyG = 1.210 cm⁴

JxyG = 0 cm⁴

Momenti principali d'inerzia baricentrici

JHG = 1.210 cm⁴

JIG = 1.194 cm⁴

angolo = -90 deg

1194/15=79.6cm⁴

Domino M-N

lamiera grecata

Sollecitazioni

N [kN]	M [kNm]
1	1.5

Aggiunge

Valori

Inferisci punti

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Titolo del documento

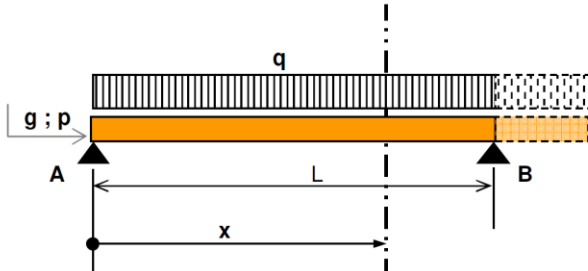
20-021-DR EP55-75 _00

Rev. 00

PAG. 22 di 31

9. Calcolo completo solaio collaborante in lamiera grecata.

SCHEMA DI CALCOLO
 SEZIONE RESISTENTE COSTITUITA DA SINGOLA GRECA NON IRRIGIDITA



g ; p

A L B

x

SPESSORE SOLETTA SOPRA GRECA $h_c = 65$ mm

AREA SEZIONE CALCESTRUZZO / m $A_c = 918$ cm²

SOVRASPESSORE PER FRECCIA $\delta h = 0,00$ mm

MODULO DI ELASTICITA' $E = 210000$ N/mm²

MOMENTO DI INERZIA (S.L.S.) / m $I_{y,eff} = 52,48$ sez. efficace cm⁴

DISTANZA TRA GLI APPOGGI $L =$ INIZIALE 2,50 FINALE 2,50 m

CARICHI PERMANENTI INIZIALI / m $g = 2,452$ kN/m $p.g = 0,000$ kN/m

CARICHI PERMANENTI FINALI / m $p = 5,150$ kN/m $p.p = 2,790$ kN/m

CARICO VARIABILE UNIFORME / m $q = 2,000$ / m larghezza kN/m

FRECCIA AMMISSIBILE $L / f_a =$ INIZIALE 180 FINALE 350

SCHEMA STATICO INIZIALE elemento continuo 4 appoggi

SCHEMA STATICO FINALE (S.L.U.) elemento semplicemente appoggiato n° appoggi per S.L.S. 2

ASCISSA DI RIFERIMENTO max M $X =$ INIZIALE 1,00 FINALE 1,25 m

solo verifica in condizioni normali - $T = 20$ °C

$Q =$ sovraccarico frequente

$S_{Ed} = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot [\psi \cdot Q]$

S.L.U. $\gamma_G = 1,35$ $\gamma_Q = 1,5$ $\psi = 1$

S.L.S. $\gamma_G = 1$ $\gamma_Q = 1$ $\psi = 1$

fattore di comb. per azioni variabili : per S.L.S. $\eta_{fi} =$ Categoria E $\psi_i = 0,9$

SOLLECITAZIONI PER LO STATO LIMITE ULTIMO - CONDIZIONI NORMALI

REAZIONI - MOMENTI - TAGLI		CARICHI INIZIALI		u.m.	CARICHI FINALI		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	$R_A =$	3,71		kN	12,44		kN
REAZIONE APPOGGIO B	$R_B =$	9,89		kN	12,44		kN
SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X	$M_y =$	205,01	-239,81	kNcm	777,54	0,00	kNcm
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	$T_{sx} =$	1,18	5,10	kN	0,00	12,44	kN
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X	$T_{dx} =$	1,18	4,80	kN	0,00	12,44	kN

SOLLECITAZIONI PER LO STATO LIMITE DI SERVIZIO - CONDIZIONI NORMALI

REAZIONI - MOMENTI - TAGLI		CARICHI INIZIALI		u.m.	CARICHI FINALI		u.m.
REAZIONE APPOGGIO A	$R_A =$	2,74		kN	5,99		kN
REAZIONE APPOGGIO B	$R_B =$	7,33		kN	5,99		kN
SEZIONE DI RIFERIMENTO		SEZ. 1	SEZ. 2		SEZ. 1	SEZ. 2	
MOMENTO FLETTENTE IN X	$M_y =$	151,86	-177,64	kNcm	374,22	0,00	kNcm
TAGLIO A SX. DELLA SEZ. X	$T_{sx} =$	0,88	3,78	kN	0,00	5,99	kN
TAGLIO A DX. DELLA SEZ. X	$T_{dx} =$	0,88	3,55	kN	0,00	5,99	kN

SOLLECITAZIONI PER LO STATO LIMITE DI RESISTENZA AL FUOCO

FATTORE DI RIDUZIONE

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 23 di 31

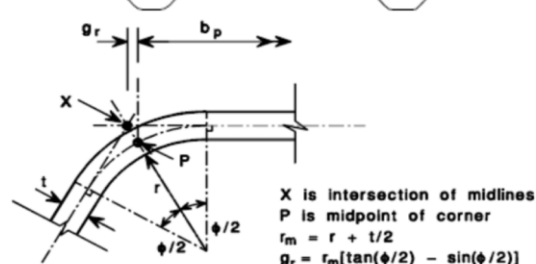
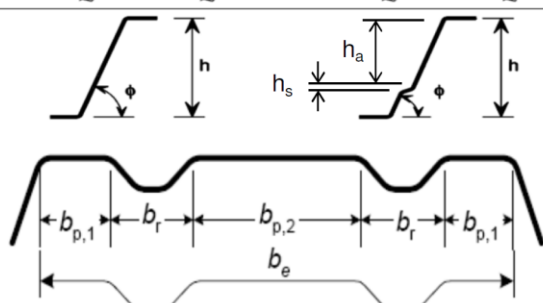
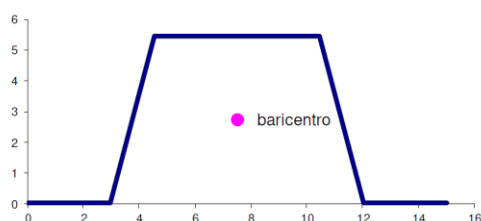
Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

LAMIERA GRECATA - VERIFICA SECONDO EN 1993-1-3 ; EN 1994-1-1 e EN 1994-1-2
TIPO EP55 TEST RESULT FILE GELFI OK!

APPOGGI SENZA ELEMENTI DI IRRIGIDIMENTO DELLE ANIME

MATERIALE		$f_{yb} = \text{N/mm}^2$	280	$f_{ya} = \text{N/mm}^2$	289,1	$f_{y0} = \text{N/mm}^2$	139	$\varepsilon = 0,92$	
S280GD-EN10346	▼	$\theta_{a,cr} = ^\circ\text{C}$	722	$\theta_{c,t} = ^\circ\text{C}$	20	$c_c = \text{J/kgK}$	900	$\lambda_c = \text{W/mK}$	1,95
NESSUN IRRIGIDIM. SUPERIORE		▼	NESSUN IRRIGIDIM. INFERIORE		▼	SEZ. NON PROTETTA		▼	N° 3 lati esposti
h_3 (mm)	sol. h_s (mm)	TIPO DI PROTEZIONE TERMICA			SPESS. (mm)	ρ_p (kg/m³)	h_{eff} (mm)	$h_{eff,min}$ (mm)	REI
100	120				▼	0	92,21	> 50,00	minuti ▼
S.L.U.	SOLLECITAZIONI IN CONDIZIONI INIZIALI				rapp. equiv.	PARAMETRI PER RESISTENZA AL FUOCO			
u.m./m	SEZIONE IN CAMPATA		SEZIONE ALL'APPOGGIO		0	$\theta_{a,i} = ^\circ\text{C}$	806	$k_{y,\theta,i} =$	0,107
kNcm	$M_{Ed,c} = 205,01$		$M_{Ed,a} = -239,81$			$\theta_{a,w} = ^\circ\text{C}$	658	$k_{y,\theta,w} =$	0,331
kN	$V_{Ed,c} = 1,18$		$F_{Ed,a} = 9,89$			$\theta_{a,u} = ^\circ\text{C}$	557	$k_{y,\theta,u} =$	0,602



$$g_r = 0,1800648 \quad g_{rs} = 0 \text{ mm}$$

$$\delta = 0,0070229 \quad g_{ri} = 0 \text{ mm}$$

$$n = 4,7223149 \quad g_{rsw} = 0 \text{ mm}$$

Caratteristiche calcolate con rif. a elementi piani :

$$A_{g,sh} = 1,850 \quad A_g = A_{g,sh} \cdot (1-\delta) = \text{cm}^2 \quad 1,838$$

$$I_{g,sh} = 9,17 \quad I_g = I_{g,sh} \cdot (1-2\delta) = \text{cm}^4 \quad 9,04$$

Distanza iniziale tra gli appoggi

$$a_i = \text{m} \quad 2,50$$

Altezza totale del profilo

$$h = \text{mm} \quad 55$$

Larghezza 1 flangia superiore

$$b_f = \text{mm} \quad 60$$

Larghezza 1 flangia inferiore

$$b_i = \text{mm} \quad 60$$

Spessore di progetto lamiera

$$t = \text{mm} \quad 0,8$$

Raggio raccordo anima-flangia

$$r = \text{mm} \quad 0,80$$

Raggio di piega irrigidimenti

$$r_s = \text{mm}$$

Interasse greche

$$i_g = \text{mm} \quad 150$$

Inclinazione anime ($45^\circ < \phi < 135^\circ$)

$$\phi = \text{deg} \quad 73,75$$

N° irrigidimenti flangia superiore

$$n_s =$$

N° irrigidimenti flangia inferiore

$$n_i =$$

N° irrigidimenti ciascuna anima

$$n_w =$$

Dist. I° irrigidim. superiore-bordo

$$b_{p,1} = \text{mm}$$

Dist. I° irrigidim. inferiore-bordo

$$b_{p,1} = \text{mm}$$

Dist. I° irrigidim. anima - flangia

$$h_a = \text{mm}$$

Dist. II° irrigidim. anima - flangia

$$h_b = \text{mm}$$

Larghezza irrigidimento superiore

$$b_{ri} = \text{mm}$$

Larghezza irrigidimento inferiore

$$b_{ri} = \text{mm}$$

Altezza irrigidimento anime

$$h_s = \text{mm}$$

Altezza irrigid. superiore trapezio

$$u_{ti} = \text{mm}$$

Altezza irrigid. inferiore trapezio

$$u_{ti} = \text{mm}$$

Inclinazione irrigidimento superiore

$$\alpha_{sf} = \text{deg}$$

Inclinazione irrigidimento inferiore

$$\alpha_{si} = \text{deg}$$

Inclinazione irrigidimento anime

$$\alpha_s = \text{deg}$$

Sviluppo irrigidimento superiore

$$b_{sf} = \text{mm} \quad 0,000$$

Sviluppo irrigidimento inferiore

$$b_{si} = \text{mm} \quad 0,000$$

Sviluppo irrigidimento anime

$$s_s = \text{mm} \quad 0,000$$

Area della sezione lorda (1 greca)

$$A = \text{cm}^2 \quad 1,852$$

Posizione asse baricentrico

$$z_G = \text{mm} \quad 27,500$$

Posiz. asse neutro plastico

$$z_N = \text{mm} \quad 27,200$$

Momento di inerzia max.

$$I = \text{cm}^4 \quad 9,039$$

Mod. res. esterno flangia sup.

$$W_{el,c} = \text{cm}^3 \quad 3,287$$

Mod. res. esterno flangia inf.

$$W_{el,t} = \text{cm}^3 \quad 3,287$$

Modulo di resistenza plastico

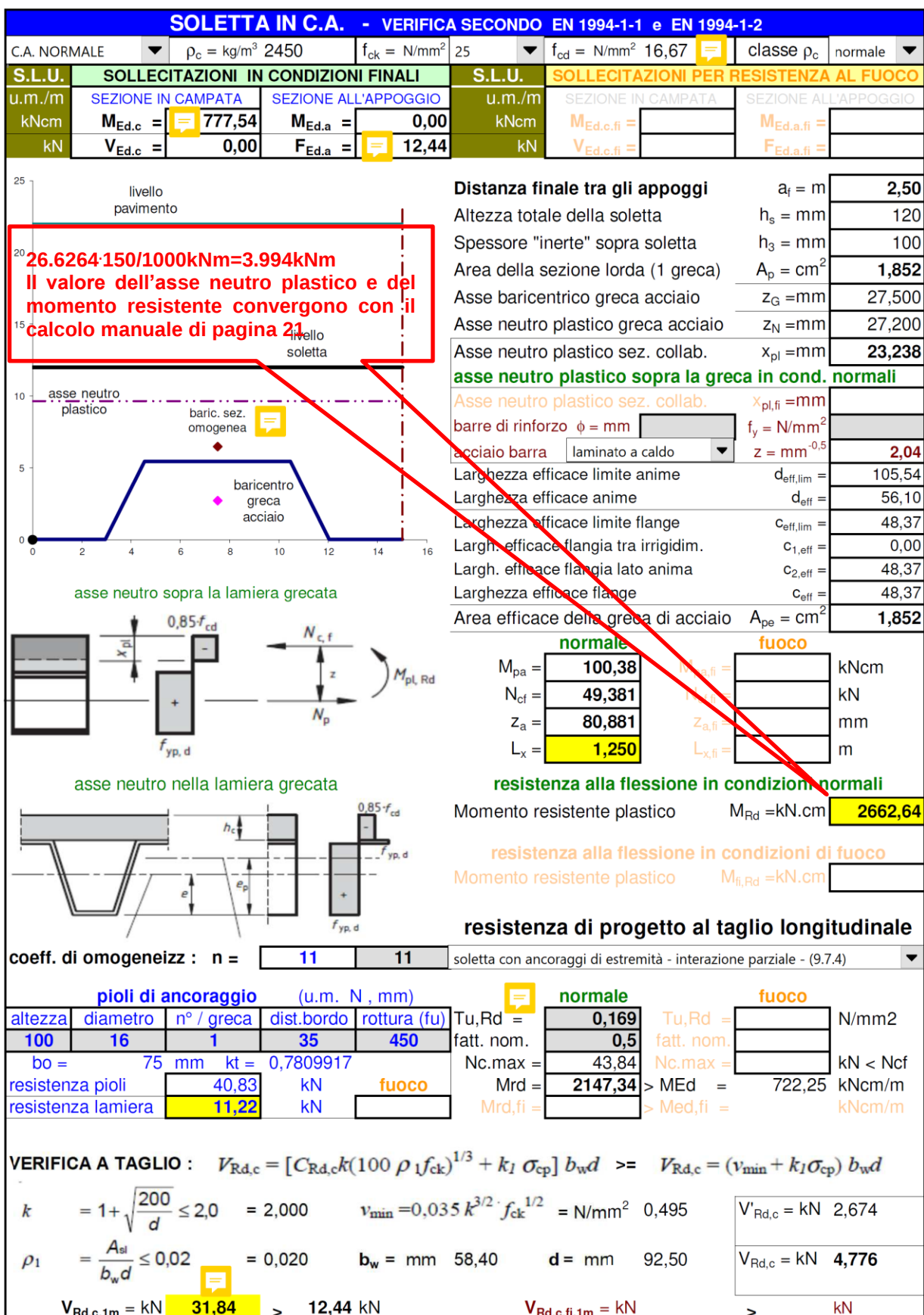
$$W_{pl} = \text{cm}^3 \quad 3,764$$

$$\text{Tempo di esposizione al fuoco } t = \text{min} \quad 40$$

 dati per temperatura di progetto : curva standard per fuoco da gas : $\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1)$

 temperatura di progetto del gas : $\theta_g = ^\circ\text{C} \quad 20,0$ flusso di calore netto : $h_{net} = \text{W/m}^2 \quad 0$

 increm. di temperatura per $\Delta t = 5\text{sec}$ soletta : $\Delta\theta_{a,t} = ^\circ\text{C} \quad 0,00$ gas : $\Delta\theta_{g,t} = ^\circ\text{C} \quad 0,00$



Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 25 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

CALCOLO DEL MODULO DI RESISTENZA EFFICACE IN CAMPATA

5.5.3.4.2 1) calcolo dell'area efficace ($A_{c,eff}$) della flangia compressa:

$\bar{\lambda}_{cd} = (f_{yb} / \sigma_{cr,s})^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{cd} =$	0	tensione critica irrigid.	$\sigma_{cr,s} =$	0,00
$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot (\chi_d''')^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{p,red} =$	0	spostamento verticale	$\delta =$ mm	0,000
fattore di rid. flangia	$\rho_c =$	0,5882382	rigidezza molla per u.l.	$k = 1 / \delta =$	0,000
Area efficace iniz. irrigid.	$A_{s,1} =$	0	fattore di riduz. res. irrig.	$\chi_d' =$	1,000
Area efficace flangia	$A_{c,eff} =$	0,3933022	" " (III° step)	$\chi_d''' =$	1,000

2) caratteristiche geometriche della sezione ridotta:

Area sez. ridotta	$A_r' =$	1,644	cm ²	lunghezza di instab.	$l_b =$ mm	0,000
Posizione baricentro	$z_G' =$	24,308	mm	parametro di instab.	$k_w =$	1,000
Momento di inerzia	$I_r' =$	7,461	cm ⁴	sviluppo flangia irrig.	$b_e =$ mm	59,200
Modulo di res. superiore	$W_{y,c} =$	2,431	cm ³	Modulo di res. irrigidim.	$W_{y,s} =$ cm ³	0,00
Modulo di res. inferiore	$W_{y,t} =$	3,069	cm ³	tens. di compr. irrigid.	$\sigma_{com,Ed} =$	0,00
				Area efficace irrigidim.	$A_{s,1,red} =$ cm ²	0,0000

3) tensione nella flangia compressa:

$\sigma_{com,Ed} =$	126,50687	N/mm ²	dist. bar. flangia compr.	$e'_c =$ mm	30,292
			largh. efficace iniziale	$s_{eff,0} =$ mm	24,174724

5.5.3.4.3 4) calcolo della larghezza efficace delle anime:

valori iniziali step 1	parte superiore	$s_{eff,1} =$	24,175	mm	larghezze efficaci parti compresse	$s_{eff,1} =$	12,621	mm
	parte lato sup. I° irrigid.	$s_{eff,2} =$	0,000	mm		$s_{eff,2} =$	0,000	mm
	parte lato inf. I° irrigid.	$s_{eff,3} =$	0,000	mm		$s_{eff,3} =$	0,000	mm
	parte lato sup. II° irrigid.	$s_{eff,4} =$	0,000	mm		$s_{eff,4} =$	0,000	mm
	parte lato inf. II° irrigid.	$s_{eff,5} =$	0,000	mm		$s_{eff,5} =$	0,000	mm
	parte lato asse neutro	$s_{eff,n} =$	36,262	mm		$s_{eff,n} =$	18,932	mm

4 bis) controllo larghezze efficaci:

5) calcolo dei moduli di resistenza efficaci e del fattore di configurazione per la resistenza al fuoco:

Area sez. ridotta	$A_r'' = A_{eff} =$	1,644	cm ²	dist. bar. flangia compr.	$e''_c =$ mm	30,292
Posizione baricentro	$z_G'' =$	24,308	mm	fatt. di riduz. irrig. anima	$\chi_d''_I =$	1,000
Momento di inerzia	$I_r'' =$	7,461	cm ⁴	Area effic. irrigid. anima	$A_{sa,red} =$ cm ²	0,000
Modulo di res. superiore	$W_{eff,c} =$	2,431	cm ³	per la resistenza al fuoco	$A/L_r =$ mm	
Modulo di res. inferiore	$W_{eff,t} =$	3,069	cm ³		$\Phi =$	
Mod. resist. parz. plast.	$W_{pp,eff} =$		cm ³			

VERIFICA DI RESISTENZA IN CAMPATA

Area resistente a taglio:

Vedi pag.15-17. OK

Limite di resistenza a taglio:

$\phi_w =$	73,748	$g_{rw} =$ mm	0,180	$s_w =$ mm	56,096	$f_{bv} =$ N/mm ²	151,71
sviluppo anima: $s_d =$ mm				$s_p =$ mm	56,276	$\bar{\lambda}_w =$	0,8859
$V_{Ed} =$	0,177 kN	< 50% $V_{w,Rd}$		incremento $R_i = (1 - M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot V_{Ed} / V_{w,Rd})^2 =$			0,00

Rapporto tensioni $\psi =$ -0,789234 >= -3

Rapp. Moduli efficaci 0,7919813 < 1

 $\gamma_{Mo} =$ 1,05 $f_{yb} / \gamma_{Mo} =$ 266,67 $\gamma_{M,fi} =$ 1,00 $f_{y0} / \gamma_{M,fi} =$ 138,83 N/mm² $W_{eff} = W_{el} \rightarrow$ classe 3 $W_{eff} < W_{el} \rightarrow$ classe 4

classe della sezione 4

snellezza dell'elemento $\lambda =$ 1,4403303snellezza elastica $\lambda_{el} =$ 0,8583405grado di utilizzo a $t = 0$: $\mu_o =$ 0,204

LEMBO COMPR	normale	$M_{c,Rd} = f_{yb} / \gamma_{Mo} \cdot W_{eff,c}$	$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$	0,474	< 1	
	fuoco	$M_{fl,0,Rd} = \sum A_i \cdot z_i \cdot f_{y0} / \gamma_{M,fi} + \alpha \cdot A_c \cdot z_c \cdot f_{c0} / \gamma_{M,fi,c}$	$M_{Ed,fl} / M_{fl,0,Rd} =$		< 1	
LEMBO TESO	normale	$M_{t,Rd} = f_{yb} / \gamma_{Mo} \cdot W_{eff,t}$	$M_{Ed} / M_{t,Rd} =$	0,376	< 1	
		$(M_{Ed} / M_{Rd})_{max} + R_i =$	0,474	< 1	$(M_{Ed,fl} / M_{v,Rd,fl}) =$	< 1

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 26 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

AREA EFFICACE DELLE PARTI COMPRESSE IN CAMPATA - EN 1993-1-3 & EN 1993-1-5

Lunghezza del pannello tra gli appoggi	a = mm	2500	II° step	III° step	IV° step
Area efficace irrigidimento flangia superiore	$A_{s,1} = \text{cm}^2$	0,000	0,000	0,000	0,000
Area efficace con spessore ridotto irrigidim.	$A_{s,1,rid} = \text{cm}^3$	0,000	0,000	0,000	0,000
Area efficace irrigidimento anime superiore	$A_{sa,1} = \text{cm}^2$	0,000			
Mom. di Inerzia irrigidimento flangia superiore	$I_{s,1} = \text{cm}^4$	0,000	0,000	0,000	0,000
Mom. di Inerzia irrigidimento anime	$I_{sa,1} = \text{cm}^4$	0,000			
	$b_o = \text{mm}$	59,20	$L_e / 50 =$	42,50 mm > $b_o/2$	
	$s_w = \text{mm}$	56,46	effetto 'shear lag' trascurabile		

Fattore di riduzione per la flangia compressa :

 $\alpha_o = 1,2887608$

$$A_{c,eff} = \rho_c \cdot A_{c,eff,loc} + \sum b_{edge,eff} \cdot t = 0,393 \text{ cm}^2$$

$$\rho_c = 1,00000 \quad \kappa = 0,0179517$$

$$A_{c,eff,loc} = A_{s,eff} + \sum \rho_{loc} \cdot b_{c,loc} \cdot t = 0,000 \text{ cm}^2$$

$$A_c = \text{cm}^2 \quad 0,000 \quad \beta = 1$$

$$A_{s,eff} = n_s \cdot A_{s(i,w),1}$$

$$b_{c,loc} = b_{s,1(2),eff}$$

$$\rho_{loc} = \rho_{s,1(2)}$$

$b_{s1,eff} = \rho_{s,1} \cdot b_{p,1} = 0,00 \text{ mm}$	I° step	II° step	III° step	IV° step
$b_{s2,eff} = \rho_{s,2} \cdot b_{p,2} = 0,00 \text{ mm}$				
$b_{s,eff} = \rho_s \cdot b_p = 34,82 \text{ mm}$				

$\chi_d =$ fattore di riduzione per gli irrigidimenti :			flangia	$\chi_{d,s} =$ 1,00000 N° irrig. = 0				
			anime	$\chi_{d,sa} =$ 1,00000 N° irrig. = 0				
flangia	$\rho_c' =$	0,5882382	$\chi_d' =$ 1	$\lambda'_{p,1} =$	1,432661	$\rho'_{s,1} =$	0,5908164	
	$\rho_c'' =$	0,5882382		$\lambda'_{p,2} =$	0		$\rho'_{s,2} =$	1
	$\rho_c''' =$	0,5882382		$\lambda''_{p,1} =$	1,432661		$\rho''_{s,1} =$	0,5908164
anime	$\rho_c' =$	1	$\chi_d' =$ 1	$\lambda''_{p,2} =$	0	$\rho''_{s,2} =$	1	
	$\chi_d' =$	1		$\lambda'''_{p,1} =$	1,432661		$\rho'''_{s,1} =$	0,5908164
				$\lambda'''_{p,2} =$	0		$\rho'''_{s,2} =$	1
$S_1;S_2 =$ mm	0	0,00000	$\chi_d''' =$ 1					
parti non irrigidite	flangia		$\overline{\lambda}_d' =$	1,4403303	$\overline{\lambda}_d'' =$	1,4403303	$\overline{\lambda}_d''' =$	1,4403303
$\overline{\lambda}_d = (f_y / \sigma_{cr,c})^{0,5}$	anime		$\overline{\lambda}_d' =$	0,6079415				
parti irrigidite	flangia		$\overline{\lambda}_d' =$	0	$\overline{\lambda}_d'' =$	0	$\overline{\lambda}_d''' =$	0
$\overline{\lambda}_d = (f_y / \sigma_{cr,s})^{0,5}$	anime		$\overline{\lambda}_d' =$	0				
interazione	flangia e anime		$\overline{\lambda}_d' =$	0	$\overline{\lambda}_d'' =$	0	$\overline{\lambda}_d''' =$	0

parti non irrigidite	$\sigma_{cr,c} = k_{\sigma,p} \cdot \pi^2 \cdot E \cdot t^2 / [12 \cdot (1-\nu^2) \cdot b^2]$ flangia	$\sigma_{cr,c} = 134,969$ N/mm ²	I° step	III° step
$k_{\sigma,p,flangia} = 4$	$k_{\sigma,p,anima} = 18,866$ anime	$\sigma_{cr,ca} = 757,590$ N/mm ²		
parti irrigidite	$\sigma_{cr,s} = 4,2 \cdot k_w \cdot E / A_{s,1} \cdot [I_{s,1} \cdot t^3 / L_s^3]^{0,5}$ flangia	$\sigma_{cr,s} = 0,000$	0,000	
	$\sigma_{cr,sa} = 1,05 \cdot k_f \cdot E / A_{sa} \cdot [I_{sa,1} \cdot t^3 \cdot s_1]^{0,5} / A_w$ anime	$\sigma_{cr,sa} = 0,000$ N/mm ²		
	$\sigma_{cr,mod} = \sigma_{cr,s} / [1 + (\beta_s \cdot \sigma_{cr,s} / \sigma_{cr,sa})^{4+0,25}]$ interazione	$\sigma_{cr,mod} = 0,000$	0,000	
per n° irrigid. >= 3	$\sigma_{cr,s} = 1,8 \cdot E / [I_{s,1} \cdot t / (b_o^3 \cdot b_e^2)]^{0,5} + 3,6 \cdot E \cdot t^2 / b_o^2$	$\sigma_{cr,s} = 0,000$	0,000	

raggio di inerzia irrigid. flangia	$i_s = 0,00 \text{ mm}$	I° step	II° step	III° step	IV° step
raggio di inerzia irrigid. anime	$i_{sa} = 0,00 \text{ mm}$				
posiz. baricentro irrigid. flangia	$Z_{G,s} = 0,00 \text{ mm}$				

Snervamento raggiunto prima dalla parte tesa : NO

$$\text{per } \psi = -1 \quad b_c = 27,500 \text{ mm} \quad x = 0,000 \text{ mm}$$

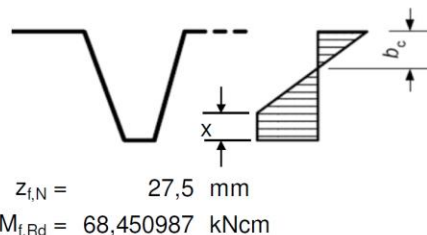
modulo di resistenza efficace parzialmente plastico :

$$M_{pp,Rd} = 0,00 \text{ kNm} \quad W_{pp,eff} = 0,000 \text{ cm}^3$$

Momento resistente plastico delle sole flange :

posizione asse neutro plastico delle sole flange

momento resistente plastico



$$Z_{I,N} = 27,5 \text{ mm}$$

$$M_{I,Rd} = 68,450987 \text{ kNm}$$

N° 3 passi di iterazione

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 27 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

CALCOLO DEL MODULO DI RESISTENZA EFFICACE ALL'APPOGGIO

5.5.3.4.2 1) calcolo dell'area efficace ($A_{c,eff}$) della flangia compressa:

$\bar{\lambda}_d = (f_{yb} / \sigma_{cr,s})^{0,5}$	$\bar{\lambda}_d =$	0	tensione critica irrigid.	$\sigma_{cr,s} =$	0,00
$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot (\chi_d'')^{0,5}$	$\bar{\lambda}_{p,red} =$	0	spostamento verticale	$\delta =$ mm	0,000
fattore di rid. flangia	$\rho_c =$	0,5882382	rigidezza molla per u.l.	$k = 1 / \delta =$	1,000
Area efficace iniz. irrigid.	$A_{s,1} =$	0	fattore di riduz. res. irrig.	$\chi_d' =$	1,000
Area efficace flangia	$A_{c,eff} =$	0,3933022	" " (III° step)	$\chi_d''' =$	1,000

2) caratteristiche geometriche della sezione ridotta:

Area sez. ridotta	$A_r' =$	1,644	cm ²	lunghezza di instab.	$l_b =$ mm	0,000
Posizione baricentro	$z_G' =$	30,692	mm	parametro di instab.	$k_w =$	1,000
Momento di inerzia	$I_r' =$	7,461	cm ⁴	sviluppo flangia irrig.	$b_e =$ mm	59,200
Modulo di res. superiore	$W_{y,t} =$	3,069	cm ³	Modulo di res. irrigidim.	$W_{y,s} =$ cm ³	0,00
Modulo di res. inferiore	$W_{y,c} =$	2,431	cm ³	tens. di compr. irrigid.	$\sigma_{com,Ed} =$	0,00
				Area efficace irrigidim.	$A_{s,1,red} =$ cm ²	0

3) tensione nella flangia compressa:

$\sigma_{com,Ed} =$	147,98063	dist. bar. flangia compr.	$e'_c =$ mm	30,292
		largh. efficace iniziale	$s_{eff,0} =$ mm	22,351987

5.5.3.4.3 4) calcolo della larghezza efficace delle anime:

valori iniziali step 1	parte inferiore	$s_{eff,1} =$	22,352	mm	larghezze efficaci parti compresse	$s_{eff,1} =$	12,621	mm
	parte lato inf. II° irrigid.	$s_{eff,2} =$	0,000	mm		$s_{eff,2} =$	0,000	mm
	parte lato sup. II° irrigid.	$s_{eff,3} =$	0,000	mm		$s_{eff,3} =$	0,000	mm
	parte lato inf. I° irrigid.	$s_{eff,4} =$	0,000	mm		$s_{eff,4} =$	0,000	mm
	parte lato sup. I° irrigid.	$s_{eff,5} =$	0,000	mm		$s_{eff,5} =$	0,000	mm
	parte lato asse neutro	$s_{eff,n} =$	33,528	mm		$s_{eff,n} =$	18,932	mm

5) calcolo dei moduli di resistenza efficaci

Area sez. ridotta	$A_r'' = A_{eff} =$	1,617	cm ²	dist. bar. flangia compr.	$e''_c =$ mm	30,292
Posizione baricentro	$z_G'' =$	31,189	mm	fatt. di riduz. irrig. anima	$\chi_d'' =$	1,000
Momento di inerzia	$I_r'' =$	7,215	cm ⁴	Area eff. irrigid. anima	$A_{sa,red} =$ cm ²	0,000
Modulo di res. superiore	$W_{eff,t} =$	3,030	cm ³			
Modulo di res. inferiore	$W_{eff,c} =$	2,313	cm ³			
Mod. resist. parz. plast.	$W_{pp,eff} =$		cm ³			

VERIFICA DI RESISTENZA ALL'APPOGGIO

Area resistente a taglio:

Limite di resistenza a taglio:

$\phi_w =$	73,748	$g_{rw} =$ mm	0,180	$s_w =$ mm	56,096	$f_{bv} =$ N/mm ²	151,71
sviluppo anima: $s_d =$ mm	56,096	$s_p =$ mm	56,276			$\bar{\lambda}_{wv} =$	0,8859

$V_{Ed} =$	0,765	kN	< 50%	$V_{w,Rd} =$		incremento $R_i = (1 - M_{l,Rd} / M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot V_{Ed} / V_{w,Rd} - 1)^2 =$	0,00
$F_{Ed} =$	1,484	kN	$l_{bs} =$	50	mm	resistenza delle anime all'appoggio $R_{w,Rd} =$ kN	6,272

Rapporto tensioni $\psi =$ -0,789234 >= -3

Rapp. Moduli efficaci 0,7634612 < 1

 $W_{eff} = W_{el} \rightarrow$ classe 3 $W_{eff} < W_{el} \rightarrow$ classe 4

classe della sezione 4

 $f_{yb} / \gamma_{Mo} =$ 266,67 $f_{ye} / \gamma_{M,fi} =$ 138,83 N/mm²snellezza dell'elemento $\lambda =$ 1,4403303snellezza elastica $\lambda_{el} =$ 0,8583405 $r = \lambda / \lambda_{el}$

LEMBO COMPRESO	normale	$M_{c,Rd} =$	$f_{yb} / \gamma_{Mo} \cdot W_{eff,c}$	$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$	0,583	< 1
----------------	---------	--------------	--	-----------------------	-------	-----

LEMBO TESO	normale	$M_{t,Rd} =$	$f_{yb} / \gamma_{Mo} \cdot W_{eff,t}$	$M_{Ed} / M_{t,Rd} =$	0,445	< 1
------------	---------	--------------	--	-----------------------	-------	-----

 $(M_{Ed} / M_{Rd})_{max} + R_i =$ 0,583 <= 1 $(M_{Ed} / M_{Rd})_{max} + F_{Ed} / R_{w,Rd} =$ 0,820 <= 1,25

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 28 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

AREA EFFICACE DELLE PARTI COMPRESSE ALL'APPOGGIO - EN 1993-1-3 & EN 1993-1-5

Lunghezza del pannello tra gli appoggi	$a = \text{mm}$	2500	II° step	III° step
Area efficace irrigidimento flangia inferiore	$A_{s,1} = \text{cm}^2$	0,000	0,000	0,000
Area efficace con spessore ridotto irrigidim.	$A_{s,1,\text{rid}} = \text{cm}^3$	0,000	0,000	0,000
Area efficace irrigidimento anime inferiore	$A_{sa,1} = \text{cm}^2$	0,000		
Mom. di Inerzia irrigidimento flangia inferiore	$I_{s,1} = \text{cm}^4$	0,000	0,000	0,000
Mom. di Inerzia irrigidimento anime	$I_{sa,1} = \text{cm}^4$	0,000		
	$b_o = \text{mm}$	59,20	$L_e / 50 =$	25,00 mm < $b_o/2$
	$s_w = \text{mm}$	56,46	effetto 'shear lag' considerato	
<u>Fattore di riduzione per la flangia compressa :</u>				
$A_{c,\text{eff}} = \rho_c \cdot A_{c,\text{eff,loc}} + \sum b_{\text{edge,eff}} \cdot t =$	0,393 cm ²	$\rho_c =$	1,00000	$\alpha_o = 1,2887608$
$A_{c,\text{eff,loc}} = A_{s,\text{eff}} + \sum \rho_{\text{loc}} \cdot b_{c,\text{loc}} \cdot t =$	0,000 cm ²	$A_c = \text{cm}^2$	0,000	$\kappa = 0,0305179$
$A_{s,\text{eff}} = n_s \cdot A_{s(i,w),1}$				$\beta = \text{0,9041961}$
$b_{c,\text{loc}} = b_{s,1(2),\text{eff}}$				
$\rho_{\text{loc}} = \rho_{s,1(2)}$				
	$b_{s1,\text{eff}} = \rho_{s,1} \cdot b_{p,1}$	0,00 mm	II° step	III° step
	$b_{s2,\text{eff}} = \rho_{s,2} \cdot b_{p,2}$	0,00 mm		
	$b_{s,\text{eff}} = \rho_s \cdot b_p$	34,82 mm		
			0,000 mm	0,000
			0,000 mm	0,000
			34,824 mm	34,824

$\chi_d =$ fattore di riduzione per gli irrigidimenti :				flangia	$\chi_{d,s} =$ 1,00000 N° irrig. = 0				
				anime	$\chi_{d,sa} =$ 1,00000 N° irrig. = 0				
flangia	$\rho_c' =$	0,5882382	↓ iterazione	$\chi_d' =$	1	$\lambda'_{p,1} =$	1,432661	$\rho'_{s,1} =$	0,5908164
	$\rho_c'' =$	0,5882382		$\chi_d'' =$	1	$\lambda'_{p,2} =$	0	$\rho'_{s,2} =$	1
	$\rho_c''' =$	0,5882382		$\chi_d''' =$	1	$\lambda''_{p,1} =$	1,432661	$\rho''_{s,1} =$	0,5908164
anime	$\rho_c' =$	1	↓	$\chi_d' =$	1	$\lambda''_{p,2} =$	0	$\rho''_{s,2} =$	1
	$S_1; S_2; S_{c,lor.}$	$\chi_d' =$		1	$\lambda'''_{p,1} =$	1,432661	$\rho'''_{s,1} =$	0,5908164	
	0	0,00000	56,456001	$\chi_d''' =$	1	$\lambda'''_{p,2} =$	0	$\rho'''_{s,2} =$	1
parti non irrigidite	flangia			$\bar{\lambda}_d' =$	1,4403303	$\bar{\lambda}_d'' =$	1,4403303	$\bar{\lambda}_d''' =$	1,4403303
	anime			$\bar{\lambda}_d' =$	0,6079415				
parti irrigidite	flangia			$\bar{\lambda}_d' =$	0	$\bar{\lambda}_d'' =$	0	$\bar{\lambda}_d''' =$	0
	anime			$\bar{\lambda}_d' =$	0				
interazione	flangia e anime			$\bar{\lambda}_d' =$	0	$\bar{\lambda}_d'' =$	0	$\bar{\lambda}_d''' =$	0

parti non irrigidite	$\sigma_{cr,c} = k_{\sigma,p} \cdot \pi^2 \cdot E \cdot t^2 / [12 \cdot (1-\nu^2) \cdot b^2]$ flangia	$\sigma_{cr,c} = 134,969$ N/mm ²	I° step	III° step
$k_{\sigma,p,\text{flangia}} = 4$	$k_{\sigma,p,\text{anima}} = 18,866$ anime	$\sigma_{cr,ca} = 757,590$ N/mm ²	↓	
parti irrigidite	$\sigma_{cr,s} = 4,2 \cdot k_w \cdot E / A_{s,1} \cdot [I_{s,1} \cdot t^3 / L_s^{3,0,5}]$ flangia	$\sigma_{cr,s} = 0,000$ 0,000		
	$\sigma_{cr,sa} = 1,05 \cdot k_f \cdot E / A_{sa} \cdot [I_{w,1} \cdot t^3 \cdot s_j^{0,5} / A_w]$ anime	$\sigma_{cr,sa} = 0,000$ N/mm ²		
	$\sigma_{cr,\text{mod}} = \sigma_{cr,s} / [1 + (\beta_s \cdot \sigma_{cr,s} / \sigma_{cr,sa})^{0,25}]$ interazione	$\sigma_{cr,\text{mod}} = 0,000$ 0,000		
per n° irrigid. >= 3	$\sigma_{cr,s} = 1,8 \cdot E / [I_{s,1} \cdot t / (b_o^3 \cdot b_e^2)]^{0,5} + 3,6 \cdot E \cdot t^2 / b_o^2$	$\sigma_{cr,s} = 0,000$ 0,000		

raggio di inerzia irrigid. flangia	$i_s =$	0,00 mm	I° step	II° step	III° step
raggio di inerzia irrigid. anime	$i_{sa} =$	0,00 mm			
posiz. baricentro irrigid. flangia	$Z_{G,s} =$	0,00 mm			
			0,000 mm	0,000 mm	0,000
			0,000 mm		0,000

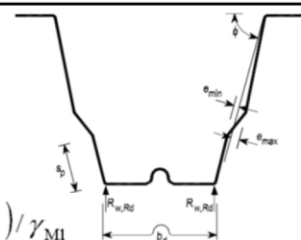
Snervamento raggiunto prima dalla parte tesa : **NO**per $\psi = -1$ $b_c = 27,500$ mm $x = 0,000$ mm

modulo di resistenza efficace parzialmente plastico :

 $M_{pp,Rd} = 0,00$ kNcm $W_{pp,\text{eff}} = 0,000$ cm³

Resistenza locale dell'anima all'appoggio (item 6.1.7.3) :

$$R_{w,Rd} = \alpha t^2 \sqrt{f_{yb} E} \left(1 - 0,1 \sqrt{r/t} \right) \left[0,5 + \sqrt{0,02 l_a / t} \right] \left(2,4 + (\phi/90)^2 \right) / \gamma_{M1}$$

 $\alpha = 0,15$ $k_{a,s} = 1,000$ $e_{\text{max}} = 0,000$ mm $e_{\text{min}} = 0,000$ mm

Titolo elaborato.

Codice fornitore.

Rev. 00

PAG. 29 di 31

Titolo del documento

20-021-DR EP55-75 _00

CALCOLO DEL MOMENTO DI INERZIA DELLA SEZIONE EFFICACE PER LO STATO LIMITE DI SERVIZIO

5.5.3.4.2 1) calcolo dell'area efficace ($A_{c,eff}$) della flangia compressa:

$\bar{\lambda}_{cd} = (f_{yb} / \sigma_{cr,s})^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{cd} =$	0	tensione critica irrigid.	$\sigma_{cr,s} =$	0,00
$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \cdot (\chi_d'')^{0.5}$	$\bar{\lambda}_{p,red} =$	0	spostamento verticale	$\delta =$ mm	0,00
fattore di rid. flangia	$\rho_c =$	1	rigidezza molla per u.l.	$k = 1 / \delta =$	0,00
Area efficace iniz. irrigid.	$A_{s,1} =$	0	fattore di riduz. res. irrig.	$\chi_d' =$	1,00
Area efficace flangia	$A_{c,eff} =$	0,2785896	" " (III° step)	$\chi_d''' =$	1,00

2) caratteristiche geometriche della sezione ridotta:

Area sez. ridotta	$A_r' =$	1,644	cm ²	lunghezza di instab.	$l_b =$ mm	0,000
Posizione baricentro	$z_G' =$	24,308	mm	parametro di instab.	$k_w =$	1,000
Momento di inerzia	$I_r' =$	7,461	cm ⁴	sviluppo flangia irrig.	$b_e =$ mm	59,200
Modulo di res. superiore	$W_{y,c} =$	2,431	cm ³	Modulo di res. irrigidim.	$W_{y,s} =$ cm ³	0,00
Modulo di res. inferiore	$W_{y,t} =$	3,069	cm ³	tens. di compr. irrigid.	$\sigma_{com,Ed} =$	0,00
				Area efficace irrigidim.	$A_{s,1,red} =$ cm ²	0,0000

3) tensione nella flangia compressa per S.L.S.:

$\sigma_{com,Ed,ser}$	93,709	N/mm ²	dist. bar. flangia compr.	$e'_c =$ mm	30,292
			largh. efficace iniziale	$s_{eff,0} =$ mm	28,088491

5.5.3.4.3 4) calcolo della larghezza efficace delle anime ($s_{eff,w}$):

valori iniziali step 1	parte superiore	$s_{eff,1} =$	28,088	mm	} larghezze efficaci parti compresse	$s_{eff,1} =$	12,621	mm
	parte lato sup. I° irrigid.	$s_{eff,2} =$	0,000	mm		$s_{eff,2} =$	0,000	mm
	parte lato inf. I° irrigid.	$s_{eff,3} =$	0,000	mm		$s_{eff,3} =$	0,000	mm
	parte lato sup. II° irrigid.	$s_{eff,4} =$	0,000	mm		$s_{eff,4} =$	0,000	mm
	parte lato inf. II° irrigid.	$s_{eff,5} =$	0,000	mm		$s_{eff,5} =$	0,000	mm
	parte lato asse neutro	$s_{eff,n} =$	42,133	mm		$s_{eff,n} =$	18,932	mm

4 bis) controllo larghezze efficaci:

5) calcolo dei moduli di resistenza efficaci

Area sez. ridotta	$A_r'' = A_{eff}$	1,644	cm ²	dist. bar. flangia compr.	$e''_c =$ mm	30,292
Posizione baricentro	$z_G'' =$	24,308	mm	fatt. di riduz. irrig. anima	$\chi_d''' =$	1,000
Momento di inerzia eff.	$I_r'' = I_{\sigma(eff)}$	7,461	cm ⁴	Area eff. irrigid. anima	$A_{sa,red} =$ cm ²	0,000
6.1.4.1 Modulo di res. superiore	$W_{eff,c} =$	2,431	cm ³			
6.1.4.2 Modulo di res. inferiore	$W_{eff,t} =$	3,069	cm ³			
6.1.4.2 Mod. resist. parz. plast.	$W_{pp,eff} =$	0,000	cm ³			

6) interpolazione tra sezione efficace e sezione lorda

7.1 (3)
$$I_{fic} = I_{gr} - \frac{\sigma_{gr}}{\sigma} (I_{gr} - I(\sigma)_{eff})$$
 Vedi pag. 20: $\left(\frac{727.5867 \text{ cm}^4}{n=15} \cdot \frac{150}{1000} \right) \text{ cm}^4 = 7.276 \text{ cm}^4$

$I_{gr} =$	9,039	cm ⁴	momento di inerzia della sezione lorda
$I_{\sigma(eff)} =$	7,461	cm ⁴	momento di inerzia della sezione efficace (vedi nota in calce)
$\sigma_{gr} =$	69,30	N/mm ²	tensione di compressione max della sezione lorda per lo S.L.S.
$\sigma =$	93,71	N/mm ²	tensione di compressione max della sezione efficace per lo S.L.S.

$I_{fic} = 7,872 \text{ cm}^4$ $I_{bu} = 172,57 \text{ cm}^4$ $I_{bc} = 88,97 \text{ cm}^4$

VERIFICA DI DEFORMAZIONE

Freccia iniziale	$f_{max,i} =$	5,983	mm	$= L / 418$	$< L / 180$	= mm	13,89
Freccia finale	$f_{max,f} =$	1,463	mm	$= L / 1709$	$< L / 350$	= mm	7,14
Distanza da "A"	x_A iniziale =	1,115	m	freccia iniz. < 1/10.h			
Distanza da "A"	x_A finale =	1,250	m	elemento semplicemente appoggiato			

ARCA.LAB.	amministrazione@Bernardinilacovazzi.com tecnico@Bernardinilacovazzi.com www.Bernardinilacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 30 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

10. Regole pratiche di progettazione e realizzazione.

- a) Per la ripartizione dei carichi l'armatura longitudinale in accordo a NTC2018 deve essere la minima come descritto al paragrafo 6.

La stessa prescrizione è prevista nell'EUROCODICE 4 quando agli appoggi non si predispone un'armatura specifica per i momenti negativi.

L'armatura in zona tesa deve essere sempre comunque verificata.

- b) Per evitare accumuli a momento positivo, è consigliabile eseguire il getto con una pompa iniziando dagli appoggi verso il centro della campata.
- c) Il calcestruzzo di consistenza fluido-plastica è quello più idoneo per l'esecuzione del solaio con lamiera collaborante.
- d) Le aperture fino a 250/300mm non richiedono particolari accorgimenti.

Per aperture superiori si deve compensare la lamiera asportata con una cerchiatura eseguita con tondo per cemento armato B450C.

Nella pratica si dispongono due ferri per lato: *Per avere un'indicazione di massima, per un'apertura di 600-700 millimetri si consiglia una cerchiatura con almeno 2x(2+2) barre di diametro 16mm per ogni lato dell'apertura.*

Dopo aver armato perimetralmente l'apertura si inserisce un cassero di polistirolo nella zona da asportare e, dopo la presa del getto, si asporta il polistirolo e si esegue il taglio della lamiera.

- e) Anche se la lamiera grecata è disposta su due o più campate si consiglia di calcolare la trave come appoggiata agli estremi se non si ha la certezza di poter disporre correttamente l'adequata armatura nella zona a momento negativo.

La posa in opera dell'armatura, se addizionale, ovvero se non è sufficiente l'armatura di ripartizione, è comunque più onerosa: *Si evidenzia anche la difficoltà pratica di mantenerla in posizione durante la fase di getto, al valore corretto del copri-ferro, anche in presenza dei distanziali per armatura che si trovano in commercio.*

	amministrazione@Bernardinielacovazzi.com tecnico@Bernardinielacovazzi.com www.Bernardinielacovazzi.com	Sede legale ed Uffici: Via Largo della Fiera n°21, Venturina Terme – Campiglia Marittima (Li) – ITALIA. Tel.: +390565855314 - P. IVA: 01869910495.	
Titolo elaborato.	Codice fornitore.	Rev. 00	PAG. 31 di 31
Titolo del documento	20-021-DR EP55-75 _00		

11. Conclusioni

Le tabelle riportate sul sito Etrusca profilati s.r.l. sono valide per la selezione del profilo composto acciaio – calcestruzzo più idoneo in funzione del carico di servizio (utile).

Il progettista deve comunque svolgere autonomamente le verifiche allo stato limite ultimo e di servizio per le condizioni specifiche del progetto come previsto dalle NTC2018.

Si raccomanda il fissaggio delle lamiere in fase d'opera con viti autofilettanti o auto perforanti, rivetti o chiodi evitando punti di saldatura per non inficiare la zincatura delle lamiere.