

178

**ISTRUZIONI PER L'IMPIEGO
NELLE COSTRUZIONI DI PROFILATI
DI ACCIAIO FORMATI A FREDDO**

✓ 11-12
1977 78
n 53 69
Copia 2

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

**ISTRUZIONI PER L'IMPIEGO
NELLE COSTRUZIONI DI PROFILATI
DI ACCIAIO FORMATI A FREDDO**

C. N. R. - PIAZZALE DELLE SCIENZE, 7 - ROMA

Pubblicato nel
« BOLLETTINO UFFICIALE DEL CNR »
Anno XI, pt. IV, n. 53, p. 1-50 - 23 febbraio 1977

PREMESSA

Testo definitivo approvato dalla Commissione del Consiglio Nazionale delle Ricerche per le norme sulle costruzioni in acciaio nella riunione del 24 luglio 1975 tenutasi in Milano.

La presente norma sostituisce quella pubblicata sul « Bollettino Ufficiale del CNR », Anno VII, pt. IV (Norme tecniche), n. 33 dell'8 maggio 1973.

SOMMARIO

Anno XI - N. 53 - 23 febbraio 1977

★ ISTRUZIONI PER L'IMPIEGO NELLE COSTRUZIONI DI PROFILATI DI ACCIAIO FORMATI A FREDDO

1. - Introduzione	Pag.	7
1.1. - Oggetto	»	7
1.2. - Scopo	»	7
2. - Materiali	»	7
2.1. - Generalità	»	7
2.2. - Acciai laminati	»	8
2.3. - Acciai per strutture saldate	»	9
2.4. - Saldature	»	10
2.5. - Bulloni	»	14
2.6. - Bulloni per giunzioni ad attrito	»	14
2.7. - Chiodi	»	14
2.8. - Prove complementari sul materiale per costruzioni chiodate	»	14
3. - Verifica di resistenza	»	14
3.1. - Generalità	»	14
3.2. - Materiale base	»	27
3.3. - Unioni a taglio con chiodi e bulloni	»	29
3.4. - Unioni ad attrito con bulloni	»	30
3.5. - Unioni saldate	»	30
3.6. - Unioni per contatto	»	31
3.7. - Apparecchi di appoggio e cerniere	»	31
3.8. - Indebolimento delle sezioni per effetto dei fori	»	31
3.9. - Norme particolari per elementi inflessi	»	31
3.10. - Fenomeni di fatica	»	31

4. - Verifica di stabilità	Pag.	32
4.1. - Generalità	»	32
4.2. - Aste compresse	»	32
4.3. - Travi inflesse a parete piena	»	41
4.4. - Aste pressoinflesse	»	41
4.5. - Archi	»	42
4.6. - Telai	»	42
4.7. - Stabilità dell'anima	»	42
5. - Regole pratiche di progettazione ed esecuzione	»	44
5.1. - Composizione degli elementi strutturali	»	44
5.2. - Unioni chiodate	»	44
5.3. - Unioni con bulloni normali	»	44
5.4. - Unioni ad attrito	»	45
5.5. - Unioni saldate	»	45
5.6. - Travi a parete piena e reticolari	»	45
5.7. - Piastre ed apparecchi di appoggio	»	45
5.8. - Marcatura dei materiali	»	46
5.9. - Raddrizzamento	»	46
5.10. - Tagli e finitura	»	46
5.11. - Forature	»	46
5.12. - Modalità esecutive per le unioni	»	46
5.13. - Montaggio	»	47
5.14. - Verniciatura e zincatura	»	47
5.15. - Sigillatura delle piastre di base	»	47
6. - Redazione del progetto, collaudo, sorveglianza e manutenzione	»	47
— Elenco dei componenti della Commissione di studio per le norme sulle costruzioni in acciaio che ha elaborato la norma suddetta	»	48

COSTRUZIONI DI PROFILATI DI ACCIAIO FORMATI A FREDDO

Istruzioni per l'impiego

1. - Introduzione

1.1. - Oggetto

Forma oggetto della presente norma l'impiego nelle costruzioni di acciaio di profilati ottenuti da lamiera o nastro di acciaio fino allo spessore di 12 mm.

1.2. - Scopo

Scopo della presente norma è definire il campo d'impiego dei profilati ottenuti con piegatura a freddo. La trattazione integra la CNR-UNI 10011-73 « Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione », in particolare per quanto concerne la limitazione degli spessori ivi prevista al punto 5.1.1.

Rientrano infatti nel campo della presente norma anche i profilati con spessore di parete < 4 mm. Questi profilati possono essere utilizzati nelle costruzioni metalliche correnti; non si devono però impiegare in quelle parti ove potrebbero essere sottoposti a pressioni o ad urti, che rischierebbero di deformarli localmente.

2. - Materiali

2.1. - Generalità

2.1.1. - La presente norma si riferisce all'impiego dei tipi di acciaio sotto elencati, per i quali si possiede una larga esperienza costruttiva che consenta di dare sicure indicazioni.

Possono essere impiegati anche altri tipi di acciai purché di caratteristiche ben definite e nella loro applicazione venga rispettato lo spirito

della presente norma, in modo da garantire alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella qui prevista.

2.1.2. - Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al punto 2.1.2. della CNR-UNI 10011-73.

2.2. - Acciai laminati

2.2.1. - Per spessori ≥ 3 mm vale quanto indicato al punto 2.2. della CNR-UNI 10011-73.

2.2.2. - Per spessori < 3 mm gli acciai di uso generale, laminati a freddo o a caldo, devono appartenere ad uno dei tre tipi:

- tipo S,
- tipo 1 S,
- tipo 2 S,

aventi le caratteristiche indicate nel punto 2.2.3. Per gli acciai destinati a strutture saldate devono essere osservate le prescrizioni aggiuntive del punto 2.3.

Gli accertamenti, eventualmente necessari ad integrazione della documentazione fornita dalle acciaierie, devono essere eseguiti a cura dei laboratori qualificati da Enti Ufficiali.

2.2.3. - Caratteristiche

Prospetto 2-I

Simbolo	Caratteristica o parametro o procedimento	Tipo acciaio		
		S	1S	2S
s	Spessore 1) mm	0,6 ÷ 1,4	1,5 ÷ 2,9	2 ÷ 2,9
σ_m	Tensione di rottura a trazione (2) kg/mm ²	37 ÷ 45 (3)	42 ÷ 53	52 ÷ 62
σ_a	Tensione di snervamento (2) kg/mm ²	≥ 22	≥ 24	≥ 36
A	Allungamento a rottura (2) %	≥ 20	≥ 17	≥ 15
D	Diametro mandrino per prove di piegamento a freddo (secondo UNI 5548-65); $\alpha = 180^\circ$	s	2s	3s
	Procedimento di laminazione (1)	a freddo	a caldo	a caldo

(1) Spessore e procedimento di laminazione esprimono l'attuale situazione della tecnologia di lavorazione.
 (2) Caratteristiche rilevate su provetta, avente $L_0 = 80$ mm e larghezza $b = 20$ mm, secondo UNI 5547-65.
 (3) Per lamiere zincate è ammesso che la tensione di rottura a trazione dopo zincatura non sia inferiore a 34 Kg/mm².

2.2.4. - Raggi interni di curvatura minimi per angoli di piega non superiori a 90° .

Nel prospetto 2-II sono indicati i raggi di curvatura interni minimi espressi in millimetri per i tipi di acciaio 1 e 2 delle CNR-UNI 10011-73 e per i tipi 1S e 2S del prospetto 2-I. Per l'acciaio tipo S di cui al prospetto 2-I il raggio di curvatura interno minimo deve essere almeno pari allo spessore per prodotti ottenuti da lamiere a freddo e pari a due volte lo spessore per lamiere zincate a caldo.

Prospetto 2-II

tipo	(*)	Raggi di curvatura interni minimi								
		$1.5 \leq s < 2.5$	$2.5 \leq s < 3$	$3 \leq s < 4$	$4 \leq s < 5$	$5 \leq s < 6$	$6 \leq s < 7$	$7 \leq s < 8$	$8 \leq s < 10$	$10 \leq s < 12$
1-1S	L	4	5	6	8	10	12	16	20	24
	T	3	4	5	6	8	10	12	16	20
2-2S	L	5	6	8	10	12	16	20	26	32
	T	4	5	6	8	10	12	16	20	26

(*) direzione del piegamento rispetto alla direzione di laminazione
 L direzione longitudinale
 T direzione trasversale

2.2.5. - È consentita l'adozione di raggi di curvatura inferiori o di angoli di piegatura superiori a quelli indicati al punto 2.2.4. purché l'idoneità del processo di piegatura e del materiale impiegato sia comunque basata su documentazione sperimentale o su adeguati controlli statistici.

2.3. - Acciai per strutture saldate

2.3.1. - Generalità

Vale quanto indicato al punto 2.4.1. della CNR-UNI 10011-73.

2.3.2. - Composizione chimica e grado di disossidazione degli acciai.

Per gli acciai di spessore ≥ 3 mm valgono le indicazioni date al punto 2.4.2. della CNR-UNI 10011-73.

Per gli acciai di cui al prospetto 2-I del punto 2.2.3. valgono le limitazioni seguenti nell'analisi su prodotto:

- acciaio tipo S ed 1S

acciaio semicalmato $C \leq 0,24$ $S \leq 0,055$ $P \leq 0,055$

acciaio calmato $C \leq 0,24$ $S \leq 0,05$ $P \leq 0,05$

- acciaio tipo 2S

acciaio semicalmato $C \leq 0,26$ $Mn \leq 1,5$ $S \leq 0,055$ $P \leq 0,055$

acciaio calmato $C \leq 0,24$ $Mn \leq 1,5$ $Si \leq 0,35$ $S \leq 0,05$ $P \leq 0,05$

2.3.3. - Fragilità alle basse temperature

In considerazione del fenomeno di invecchiamento che si verifica saldando per fusione su zone di materiali fortemente snervati, quali quelle in prossimità delle pieghe, bisogna adottare le seguenti precauzioni:

- per spessori < 8 mm l'acciaio deve essere di tipo calmato;
- per spessori ≥ 8 mm si deve comunque garantire una resilienza $KV \geq 3,5$ kgm/cm² almeno alla temperatura di esercizio della struttura.

Si raccomanda l'impiego di acciaio di tipo antinvecchiante (vedere per esempio UNI 5869-66) nei casi in cui alla zona che ha subito questo fenomeno corrisponde un'accentuata concentrazione di sforzi dovuta ad una discontinuità strutturale e, particolarmente, se si accompagnano fenomeni di fatica.

2.4. - Saldature

2.4.1. - Per quanto riguarda le saldature per fusione vale quanto indicato al punto 2.5.1. della CNR-UNI 10011-73.

2.4.2. - Per quanto riguarda le saldature a resistenza per punti si deve tener conto delle indicazioni seguenti.

2.4.2.1. - Salvo casi eccezionali da considerare e sperimentare preventivamente in modo appropriato, il massimo spessore che può essere saldato con saldatura a resistenza per punti è di 6 mm.

Il massimo rapporto fra due spessori da unire con questo processo è di 3 : 1; il totale degli spessori saldati non deve superare quattro volte lo spessore minore.

Salvo che per elementi di importanza secondaria, le saldature in questione devono essere effettuate mediante macchine nelle quali le varie fasi del processo tecnologico necessarie alla formazione di un punto soddisfacente possano essere regolate automaticamente.

Le fasi predette delle saldature su acciai tipo 2 o 2S devono comprendere una di preriscaldamento o di postriscaldamento od entrambe, al fine di evitare strutture di tempra nel punto e nella zona alterata adiacente. I punti devono risultare sani e compatti ed essere di diametro proporzionato allo spessore; detto s lo spessore della più sottile fra le lamiere da unire e d il diametro del punto, si raccomanda di uniformare il proporzionamento alla formula seguente:

$$d = 2s + 3 \quad (d \text{ ed } s \text{ in mm})$$

ammettendo eventuali variazioni del diametro d fino al 25% in meno per spessori non maggiori di 0,5 mm e fino al 25% in più per spessori non minori di 1 mm. La messa a punto della macchina saldatrice deve essere rifatta ogni qualvolta cambino gli spessori da saldare o muti sensibilmente la massa magnetica di quella parte dei pezzi da saldare che, per compiere la saldatura, deve passare fra i bracci portaelettrodo.

Prove atte a controllare il diametro, la consistenza, la resistenza o altre caratteristiche dei punti di saldatura (vedere punto seguente) devono essere fatte nel corso del lavoro giornaliero di ogni macchina con maggiore o minore frequenza e con maggiore o minore severità secondo l'importanza dei pezzi da saldare, del tipo di materiale e di altre circostanze (per esempio il cambio di elettrodi).

Devono comunque essere effettuate prove di controllo almeno all'inizio e verso la fine della saldatura di ogni partita di pezzi consimili e comunque almeno una volta all'inizio e verso la fine del lavoro giornaliero; per pezzi particolarmente importanti è opportuno eseguire prove più frequenti.

Le provette sono preferibilmente ricavate dal pezzo saldato; ove ciò sia impossibile, trattandosi per lo più di pezzi in serie di modeste dimensioni, si preparano campioni o provette su elementi di lamiera dello stesso tipo

e spessore del pezzo saldato o da saldare, avendo cura di interporre fra i bracci della macchina, nel corso della saldatura, masse metalliche equivalenti a quelle presenti durante la saldatura del pezzo reale.

2.4.2.2. - Le prove tipiche che vengono raccomandate sono le seguenti.

Nel corso di controlli della efficienza durante le lavorazioni di cui al punto 2.4.2.1. possono, in casi particolari, essere effettuate tutte le prove; in generale ad ogni operazione di controllo corrisponde un solo tipo di prova.

Nei controlli frequenti i tipi di prova possono essere alternati uno all'altro. Nei casi più importanti la prova indicata al punto 2.4.2.2.2. deve essere preferita ed essere integrata, per gli acciai tipo 2 e 2S, da qualche prova del tipo indicato al punto 2.4.2.2.3.

2.4.2.2.1. - Prova di sbottonatura. Si esegue serrando in una morsa la estremità di uno dei due elementi saldati costituenti la provetta ed esercitando sull'altro elemento uno sforzo atto ad aprire il punto, cioè in direzione normale alle superficie collegate dal punto.

Questa prova, da effettuare su almeno due campioni per volta, permette di rilevare con buona approssimazione il diametro del punto e di riconoscere i difetti di una certa gravità.

2.4.2.2.2. - Prova di trazione su elementi giuntati a sovrapposizione mediante un punto di saldatura. Si effettua in modo da portare a rottura il punto per taglio e verificarne così la resistenza e gli eventuali difetti interni. L'aspetto della rottura può dare indicazioni sul comportamento più o meno duttile del punto nel corso della prova.

Anche questa prova è da effettuare su almeno due campioni per volta; essa è certamente la più indicativa.

La tensione minima di rottura a taglio per gli acciai tipo S, 1S ed 1 deve risultare non minore di:

$$4,2 \quad d \text{ (in kg/mm}^2\text{) per } d \leq 8,5 \text{ mm}$$

$$44 - d \text{ (in kg/mm}^2\text{) per } d > 8,5 \text{ mm}$$

dove d è il diametro del punto di saldatura.

Per gli acciai tipo 2 e 2S devono ottenersi tensioni di rottura più elevate delle precedenti almeno del 25 %.

La figura 2-1 ed il prospetto 2-IV specificano la forma e le dimensioni della provetta per la prova di trazione, in funzione dello spessore s della più sottile delle lamiere da saldare.

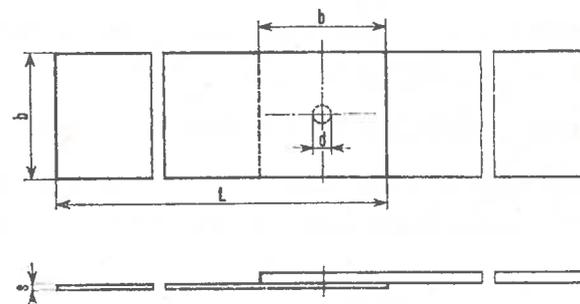


Fig. 2-1

Prospetto 2-III

Spessore mm	b mm	L mm
$s \leq 0,75$	20	80
$0,75 < s \leq 1,5$	30	110

2.4.2.2.3. - Prova di durezza. Si effettua su una sezione del punto normale alle superficie degli elementi che unisce.

Il punto deve essere tagliato alla sega lungo un diametro e la sezione assoggettata a prova di durezza Vickers previa pulitura ed attacco macrografico. La durezza deve risultare ovunque, sia nella zona fusa sia in quella termicamente alterata, non maggiore di 300 kg/mm².

Questo tipo di prova viene di regola eseguito soltanto nel caso di acciai tipo 2S.

2.5. - *Bulloni*

Vale quando indicato al punto 2.6. della CNR-UNI 10011-73.

2.6. - *Bulloni per giunzioni ad attrito*

Vale quanto indicato al punto 2.7. della CNR-UNI 10011-73.

2.7. - *Chiodi*

Vale quanto indicato al punto 2.8. della CNR-UNI 10011-73.

2.8. - *Prove complementari sul materiale per costruzioni chiodate*

Vale quanto indicato al punto 2.9. della CNR-UNI 10011-73.

3. - *Verifica di resistenza*

3.1. - *Generalità.*

3.1.1. - Le strutture di acciaio realizzate con i materiali di cui al punto 2. devono essere progettate per i carichi definiti nella CNR-UNI 10012-67 « Ipotesi di carico sulle costruzioni » secondo i metodi della scienza delle costruzioni, con adeguato coefficiente di sicurezza.

In questo punto si prescinde dagli eventuali fenomeni di instabilità che vengono considerati al punto 4.

Il progettista dovrà indicare gli scostamenti massimi ammissibili rispetto alle dimensioni teoriche dei profilati adottati.

3.1.2. - *Tensioni ammissibili e verifiche*

Vale quanto indicato ai punti 3.1.1. e 3.1.2. della CNR-UNI 10011-73.

3.1.3. - *Definizioni delle caratteristiche geometriche*

3.1.3.1. - *Elemento irrigidente*

Elemento (anima, ala, bordo piegato e simili) intermedio o disposto ai bordi terminali di una sezione.

Le caratteristiche e la disposizione degli elementi irrigidenti devono conformarsi a quanto prescritto ai punti 3.1.5.1. e 3.1.5.2.

3.1.3.2. - *Elemento compresso irrigidito*

Elemento nel quale entrambi i bordi paralleli alle direzioni dello sforzo di compressione sono provvisti di elementi irrigidenti (vedere figura 3-1).

3.1.3.3. - *Elemento compresso non irrigidito*

Elemento piano compresso dotato di un solo bordo provvisto d'elemento irrigidente (vedere figura 3-1).

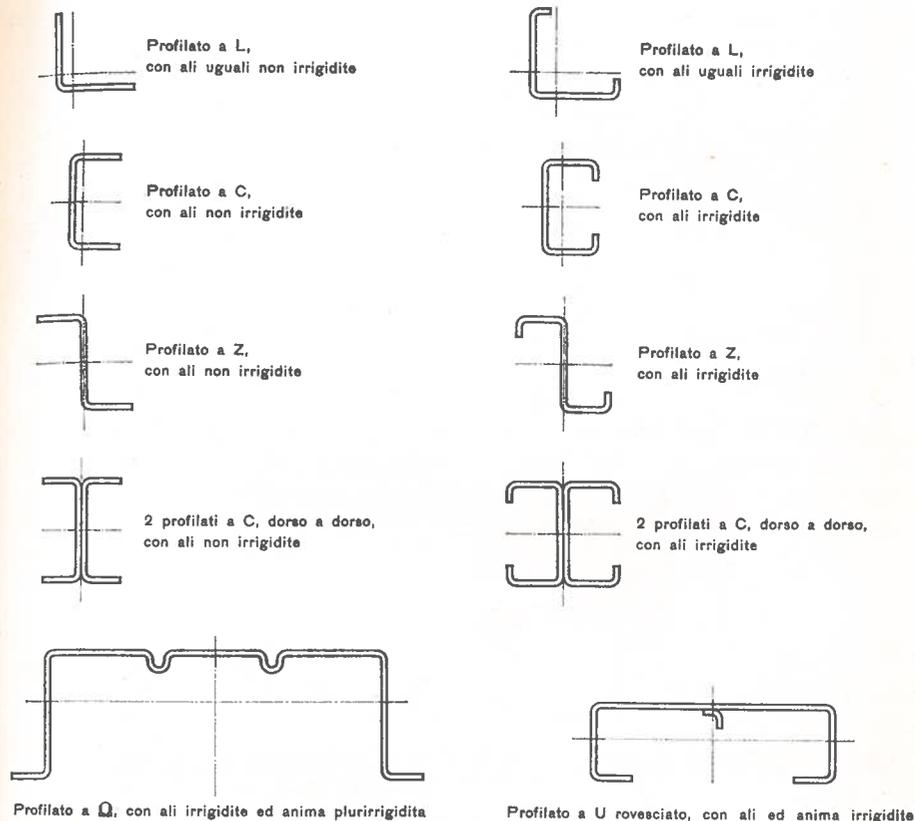


Fig. 3-1

3.1.3.4. - *Elemento compresso plurirrigidito*

Elemento compresso nel quale oltre agli elementi ai bordi si hanno elementi irrigidenti intermedi (vedere figura 3-1). Le parti piane di un elemento plurirrigidito poste tra due irrigidimenti successivi si dicono sottoelementi (vedere figura 3-2).

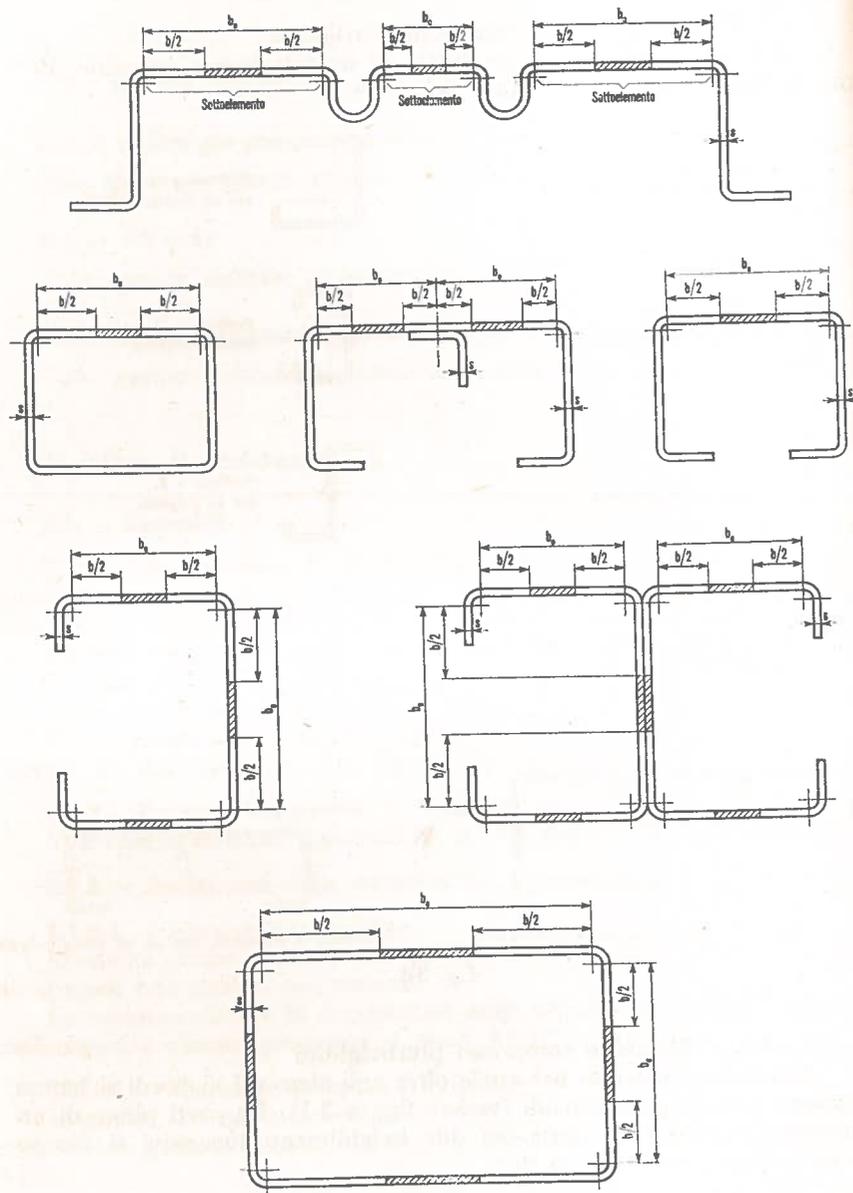


Fig. 3-2

3.1.3.5. - Spessore s

Spessore della lamiera di cui è costituito il profilato al netto dello strato di protezione (zincatura, verniciatura, ecc.).

3.1.3.6. - Larghezza geometrica b_0 di un elemento piano

Larghezza di un elemento nella sua parte piana ad esclusione dei raccordi con gli elementi irrigiditi laterali o intermedi (vedere figura 3-2).

3.1.3.7. - Larghezza efficace b di un elemento piano

Larghezza $b \leq b_0$ considerata nei calcoli di un elemento piano per motivi di progetto in relazione al punto 3.1.5.1. (vedere figura 3-2).

3.1.3.8. - Rapporto larghezza/spessore

Rapporto fra la larghezza geometrica b_0 di un elemento e il suo spessore s .

3.1.4. - Limitazioni dimensionali

3.1.4.1. - Rapporto massimo larghezza/spessore

I rapporti massimi ammissibili larghezza b_0 /spessore s devono essere conformi alle prescrizioni seguenti:

- elemento compresso irrigidito collegato ad un'anima in corrispondenza di un bordo ed irrigidito in corrispondenza dell'altro bordo da:

una semplice ripiegatura $b_0/s \leq 60$

altro tipo di irrigidimento $b_0/s \leq 90$

- elemento compresso irrigidito con entrambi i bordi collegati ad anime

$$b_0/s \leq 250$$

Qualora non interessi particolarmente contenere le deformazioni degli elementi, tale limite può essere elevato a

$$b_0/s \leq 500$$

- elemento compresso non irrigidito

$$b_0/s \leq 30$$

Qualora non interessi particolarmente contenere le deformazioni degli elementi, tale limite può essere elevato a

$$b_0/s \leq 60$$

Per limitare l'incurvamento dell'ala verso l'asse neutro di una sezione inflessa, la larghezza dell'ala deve rispettare le limitazioni seguenti:

$$b_a \leq 14 \sqrt{sh} \quad \text{per acciaio tipo S}$$

$$b_a \leq 13 \sqrt{sh} \quad \text{per acciaio tipo 1 e 1S}$$

$$b_a \leq 11 \sqrt{sh} \quad \text{per acciaio tipo 2 e 2S}$$

dove: b_a è la larghezza della parte dell'ala che sporge dall'anima al netto del raccordo ovvero la metà della larghezza geometrica di un elemento compresso tra due anime;

s è lo spessore;

h è l'altezza della sezione inflessa.

3.1.4.2. - Rapporto massimo altezza/spessore delle anime

In una sezione inflessa il rapporto tra l'altezza h e lo spessore s di un'anima non dotata di irrigidimenti trasversali deve rispettare la limitazione seguente:

$$h/s \leq 150$$

3.1.4.3. - Campate corte sottoposte a carichi concentrati

Indicati con

L la distanza fra gli appoggi di una trave semplicemente appoggiata, o la distanza tra i punti di flesso consecutivi per una trave continua, o il doppio della lunghezza dello sbalzo per travi a sbalzo,

b_a la larghezza d'ala, al netto dei raccordi con l'anima per travi ad I e profilati simili, ma comprensiva della lunghezza dell'eventuale irrigidimento di bordo, oppure la semidistanza al netto dei raccordi fra le anime per profilati a cassone od a U, in una trave con $L \leq 30 b_a$ sottoposta a un carico concentrato o a diversi carichi concentrati distanziati più di $2 b_a$, la larghezza efficace b di calcolo delle parti compresse, determinata secondo il punto 3.1.5., e la larghezza b delle parti tese non devono comunque assumere nel calcolo valori maggiori di:

$$b' = k b_a$$

I valori di k sono forniti dal prospetto 3-I in funzione del rapporto L/b_a .

Prospetto 3-I

L/b_a	k
30	1,00
25	0,96
20	0,91
18	0,89
16	0,86
14	0,82
12	0,78
10	0,73
8	0,67
6	0,55

3.1.5. - Caratteristiche delle sezioni dei profilati

Le caratteristiche dei profilati (area della sezione retta, momento di inerzia, modulo di resistenza, raggio di inerzia, ecc.) devono essere determinate in accordo con i metodi consueti.

Rispettate le limitazioni contenute al punto 3.1.4., il calcolo di tali caratteristiche delle sezioni deve essere fatto sulla base delle dimensioni geometriche per gli elementi tesi e per quelli compressi non irrigiditi. Il calcolo delle caratteristiche geometriche degli elementi compressi irrigiditi o plurirrigiditi deve essere invece condotto secondo quanto precisato al punto 3.1.5.3. una volta soddisfatti il punto 3.1.5.1. per gli elementi irrigiditi e il punto 3.1.5.2. per gli elementi plurirrigiditi.

3.1.5.1. - Elementi compressi irrigiditi

Nel calcolo delle sezioni degli elementi inflessi, la larghezza della parte compressa degli elementi irrigiditi da introdurre nel calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione (larghezza efficace b) e le caratteristiche degli irrigidimenti devono essere determinate come indicato ai punti 3.1.5.1.1. e 3.1.5.1.2.

La parte della larghezza considerata come soppressa viene ripartita simmetricamente rispetto all'asse dell'elemento (zone tratteggiate nella figura 3-2).

3.1.5.1.1. - La larghezza efficace degli elementi compressi irrigiditi da due anime oppure degli elementi compressi irrigiditi in cui il rapporto

b_0/s è minore di 60 deve essere determinata secondo quanto indicato nel seguito.

3.1.5.1.1.1. - Per la verifica di resistenza se il rapporto b_0/s è minore o uguale ai valori limite contenuti nel prospetto 3-II, si assume $b = b_0$.

Prospetto 3-II

Tipo acciaio	S	1 e 1S	2 e 2S
b_0/s max.	39	37	30

Se il rapporto b_0/s supera i precedenti valori limite il rapporto tra la larghezza efficace e lo spessore è dato in funzione della tensione ammissibile σ_{am} di cui al punto 3.2.1.1. e del rapporto b_0/s dalla formula:

$$\frac{b}{s} = \frac{2200}{\sqrt{\sigma_{am}}} \left(1 - \frac{485}{s} \frac{b_0}{\sqrt{\sigma_{am}}} \right)$$

I valori di b/s sono riportati nel prospetto 3-III per i diversi tipi di acciaio.

Prospetto 3-III

b_0/s	Tipo acciaio			b_0/s	Tipo acciaio		
	S	1 e 1S	2 e 2S		S	1 e 1S	2 e 2S
b/s				b/s			
31	31	31	30,6	47	42,1	40,8	35,4
32	32	32	31,0	48	42,4	41,1	35,6
33	33	33	31,4	49	42,8	41,4	35,8
34	34	34	31,8	50	43,1	41,7	36,0
35	35	35	32,2	51	43,3	41,9	36,2
36	36	36	32,6	52	43,6	42,2	36,4
37	37	37	32,9	53	43,9	42,4	36,5
38	38	37,5	33,2	54	44,1	42,7	36,7
39	39	37,9	33,5	55	44,4	42,9	36,8
40	39,4	38,3	33,8	56	44,6	43,1	37,0
41	39,8	38,7	34,1	57	44,9	43,3	37,1
42	40,3	39,1	34,3	58	45,1	43,5	37,2
43	40,7	39,5	34,6	59	45,3	43,7	37,4
44	41,1	39,8	34,8	60	45,5	43,9	37,5
45	41,4	40,2	35,0	65	46,5	44,7	38,1
46	41,8	40,5	35,2	70	47,3	45,5	38,6

Segue: Prospetto 3-III

b_0/s	Tipo acciaio			b_0/s	Tipo acciaio		
	S	1 e 1S	2 e 2S		S	1 e 1S	2 e 2S
b/s				b/s			
75	48,0	46,1	39,0	155	53,0	50,7	42,0
80	48,6	46,7	39,4	160	53,2	50,8	42,1
85	49,1	47,2	39,7	165	53,3	51,0	42,2
90	49,6	47,6	40,0	170	53,4	51,1	42,3
95	50,0	48,0	40,2	175	53,6	51,2	42,4
100	50,4	48,3	40,5	180	53,7	51,3	42,4
105	50,8	48,6	40,7	185	53,8	51,4	42,5
110	51,1	48,9	40,9	190	53,9	51,5	42,6
115	51,4	49,2	41,0	195	54,0	51,6	42,6
120	51,6	49,4	41,2	200	54,1	51,7	42,7
125	51,9	49,7	41,4	210	54,3	51,8	42,8
130	52,1	49,9	41,5	220	54,4	52,0	42,9
135	52,3	50,1	41,6	230	54,6	52,1	43,0
140	52,5	50,2	41,7	240	54,7	52,2	43,1
145	52,7	50,4	41,8	250	54,8	52,3	43,1
150	52,9	50,6	41,9				

3.1.5.1.1.2. - Per il calcolo di parametri dipendenti dalla deformabilità si assume $b = b_0$ se il rapporto b_0/s è minore del valore limite di b_0/s , determinabile in funzione della tensione σ effettivamente presente nell'elemento con la formula:

$$\frac{b_0}{s} = \frac{1850}{\sqrt{\sigma}}$$

I valori di b_0/s sono riportati nel prospetto 3-IV.

Prospetto 3-IV

σ kg/cm ²	b_0/s max.	σ kg/cm ²	b_0/s max.
100	185,0	1.300	51,3
200	130,8	1.400	49,4
300	106,8	1.500	47,8
400	92,5	1.600	46,3
500	82,7	1.700	44,9
600	75,5	1.800	43,6
700	69,9	1.900	42,4
800	65,4	2.000	41,4
900	61,7	2.100	40,4
1.000	58,5	2.200	39,4
1.100	55,8	2.300	38,6
1.200	53,4	2.400	37,8

Qualora il rapporto b_0/s superi i precedenti valori limite, il rapporto fra la larghezza efficace b e lo spessore s è dato in funzione di b_0/s e della tensione effettivamente presente nell'elemento della formula:

$$\frac{b}{s} = \frac{2730}{\sqrt{\sigma}} \left(1 - \frac{596}{\frac{b_0}{s} \sqrt{\sigma}} \right)$$

I valori di b/s sono riportati nel prospetto 3-V.

3.1.5.1.2. - Nel caso di elementi irrigiditi con un solo bordo longitudinale connesso ad un'anima, che abbiano rapporto b_0/s maggiore di 60, la larghezza efficace b di questi elementi va ridotta al valore b' mediante la formula:

$$\frac{b'}{s} = \frac{b}{s} - 0,1 \left(\frac{b_0}{s} - 60 \right)$$

dove: b' è la larghezza efficace ridotta da impiegare nei calcoli;
 s è lo spessore;
 b/s è il rapporto calcolato secondo le formule precedenti;
 b_0 è la larghezza geometrica.

Prospetto 3-V

b_0/s	σ											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
	b/s											
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	54,2
60	60	60	60	60	60	60	60	60	59,2	57,7	56,2	
70	70	70	70	70	70	70	67,5	65,2	63,1	61,2	59,4	
80	80	80	80	80	80	77,6	74,1	71,1	68,4	66,0	63,8	61,9
90	90	90	90	90	85,9	81,3	77,4	73,9	70,9	68,3	65,9	63,7
100	100	100	100	95,8	89,5	84,3	79,9	76,2	72,9	70,1	67,5	65,2
150	150	138,8	121,5	109,4	100,4	93,4	87,7	83,0	78,9	75,5	72,5	69,8
200	191,6	152,4	130,5	116,2	105,8	97,9	91,6	86,4	82,0	78,2	74,9	72,0
250	207,9	160,5	135,9	120,2	109,1	100,6	93,9	88,4	83,8	79,9	76,4	73,4
300	218,8	165,9	139,5	122,9	111,2	102,4	95,4	89,7	85,0	80,9	77,4	74,3
350	226,5	169,8	142,1	124,9	112,8	103,7	96,5	90,7	85,8	81,7	78,1	74,9
400	232,3	172,7	144,1	126,3	114,0	104,7	97,4	91,4	86,5	82,3	78,6	75,4
450	236,8	175,0	145,6	127,5	114,9	105,4	98,0	92,0	87,0	82,7	79,0	75,8
500	240,5	176,8	146,8	128,4	115,6	106,0	98,5	92,5	87,4	83,1	79,4	76,1

b_0/s	σ											
	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
	b/s											
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	39,7	39,2	38,8
45	45	45	45	45	45	44,9	44,3	43,6	43,0	42,4	41,8	41,2
50	50	49,7	48,8	47,9	47,1	46,3	45,5	44,8	44,1	43,4	42,8	42,2
55	53,0	51,8	50,8	49,8	48,8	47,9	47,1	46,3	45,5	44,8	44,1	43,4
60	54,9	53,0	52,4	51,3	50,3	49,3	48,4	47,5	46,7	45,9	45,1	44,4
70	57,8	56,4	55,0	53,7	52,5	51,4	50,4	49,4	48,5	47,6	46,8	46,0
80	60,1	58,4	56,9	55,5	54,2	53,0	51,9	50,9	49,9	49,0	48,1	47,3
90	61,8	60,0	58,4	57,0	55,6	54,3	53,1	52,0	51,0	50,0	49,1	48,2
100	63,2	61,3	59,6	58,1	56,6	55,3	54,1	52,9	51,8	50,8	49,9	48,9
150	67,4	65,2	63,3	61,5	59,8	58,3	56,9	55,6	54,4	53,3	52,2	51,2
200	69,5	67,2	65,1	63,2	61,4	59,8	58,3	57,0	55,7	54,5	53,4	52,3
250	70,7	68,3	66,1	64,2	62,4	60,7	59,2	57,8	56,5	55,2	54,1	53,0
300	71,5	69,1	66,9	64,9	63,0	61,3	59,8	58,3	57,0	55,7	54,6	53,5
350	72,1	69,6	67,4	65,3	63,5	61,8	60,2	58,7	57,4	56,1	54,9	53,8
400	72,6	70,1	67,8	65,7	63,8	62,1	60,5	59,0	57,6	56,4	55,2	54,0
450	72,9	70,4	68,1	66,0	64,1	62,3	60,7	59,2	57,9	56,6	55,4	54,2
500	73,2	70,6	68,3	66,2	64,3	62,5	60,9	59,4	58,0	56,7	55,5	54,4

3.1.5.1.3. - Caratteristiche degli irrigidimenti di bordo

Affinché un elemento piano compresso possa essere considerato un elemento compresso irrigidito, deve essere irrigidito lungo ciascun bordo longitudinale, parallelo alla direzione della sollecitazione, da un'anima, un bordo piegato od altri mezzi di irrigidimento, in modo tale che sia:

$$I_{min} \geq \alpha s^4$$

dove: I_{min} è il minimo momento di inerzia dell'irrigidimento (di qualsiasi forma) rispetto al suo asse baricentrico parallelo all'elemento rinforzato;

α è un parametro riportato nel prospetto 3-VI in funzione del rapporto b_0/s .

Laddove l'irrigidimento consiste di un bordo piegato raccordato con l'elemento irrigidito (figura 3-3) il suo oggetto totale a deve rispettare la limitazione:

$$a \geq \beta s$$

dove β è un parametro pure riportato nel prospetto 3-VI in funzione del

rapporto b_0/s . I valori di α e β sono calcolati con le formule seguenti, dove σ_B è espresso in kg/cm^2 :

$$\alpha = 1,83 \sqrt{\left(\frac{b_0}{s}\right)^2 - \frac{280\,000}{\sigma_B}}$$

$$\beta = 2,8 \sqrt[6]{\left(\frac{b_0}{s}\right)^2 - \frac{280\,000}{\sigma_B}}$$

I valori di α e β non possono essere minori rispettivamente di 9,20 e 4,80.

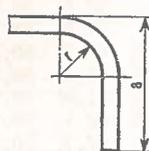


Fig. 3-3

Prospetto 3-VI

b_0/s	Tipo acciaio					
	S			1 e 1S		
	α			β		
10	9,20	9,20	9,20	4,80	4,80	4,80
11	9,20	9,20	12,03	4,80	4,80	5,25
12	9,20	9,57	14,89	4,80	4,86	5,63
13	11,82	13,24	17,48	5,21	5,42	5,94
14	15,17	16,30	19,90	5,67	5,80	6,20
15	18,09	19,05	22,20	6,01	6,11	6,43
20	30,22	30,80	32,85	7,13	7,18	7,33
25	40,83	41,26	42,81	7,88	7,91	8,01
30	50,87	51,22	52,47	8,48	8,50	8,57
35	60,63	60,92	61,98	8,99	9,01	9,06
40	70,23	70,48	71,40	9,44	9,46	9,50
45	79,72	79,94	80,75	9,85	9,86	9,39
50	89,14	89,34	90,07	10,23	10,23	10,26
55	98,51	98,69	99,35	10,57	10,58	10,60
60	107,84	108,01	108,61	10,90	10,90	10,92
65	117,14	117,30	117,85			
70	126,43	126,57	127,08			
75	135,69	135,82	136,30			
80	144,94	145,06	145,51			
85	154,17	154,29	154,71			
90	163,40	163,51	163,91			

non ammesso

3.1.5.2. - Elementi compressi plurirrigiditi

Affinché un elemento piano compresso possa venir considerato come un elemento plurirrigidito, esso deve essere irrigidito fra le anime, o fra un'anima ed un bordo, per mezzo di irrigidimenti intermedi, parallelamente alla direzione dello sforzo; il momento di inerzia di tale irrigidimento intermedio non deve essere minore del doppio del momento minimo di inerzia ammissibile precisato per gli irrigidimenti del bordo nel punto 3.1.5.1.3., intendendo per b_0 la larghezza del sottoelemento. Si deve inoltre osservare quanto indicato nel seguito.

3.1.5.2.1. - Se la distanza degli irrigidimenti disposti fra due anime è tale che il rapporto larghezza/spessore del sottoelemento compresso tra gli irrigidimenti è maggiore del valore limite di b_0/s , riportato nel prospetto 3-II, devono essere considerati presenti solo i due irrigidimenti intermedi contigui alle anime, mentre gli altri devono essere trascurati.

L'elemento è quindi considerato come composto da solo tre sottoelementi, due compresi fra gli irrigidimenti e le anime, il terzo fra i due irrigidimenti che si ritengono presenti.

La larghezza efficace dei tre sottoelementi si determina come precisato al punto 3.1.5.1.1., eventualmente applicando la riduzione indicata al punto 3.1.5.1.2.

3.1.5.2.2. - Se la distanza degli irrigidimenti fra un'anima ed un irrigidimento del bordo è tale che il rapporto larghezza/spessore del sottoelemento compresso tra gli irrigidimenti è maggiore del valore limite di b_0/s , riportato nel prospetto 3-II, deve essere considerato presente solo l'irrigidimento contiguo all'anima.

L'elemento sarà quindi considerato come composto da solo due sottoelementi, uno compreso fra l'irrigidimento e l'anima, il secondo fra questo irrigidimento e quello di bordo.

La larghezza efficace dei due sottoelementi si determina come precisato al punto 3.1.5.1.1., eventualmente ridotta come indicato al punto 3.1.5.1.2.

3.1.5.2.3. - Se gli irrigidimenti intermedi sono così vicini che il rapporto larghezza/spessore di ogni sottoelemento non supera il valore limite di b_0/s , riportato nel prospetto 3-II, tutti gli irrigidimenti sono considerati efficaci.

Nel calcolare il rapporto larghezza/spessore di un elemento plurirrigidito, questo deve essere considerato come sostituito da un elemento senza irrigidimenti intermedi, la cui larghezza b_0 è la distanza, comprensiva

dei raggi di raccordo, fra le anime o fra un'anima ed un bordo, ed il cui spessore equivalente s_e sia determinato con la formula

$$s_e = \sqrt[3]{\frac{12 I_g}{b_s}}$$

dove I_g è il momento di inerzia geometrico della sezione formata dallo elemento plurirrigidito e dai suoi irrigidimenti intermedi, rispetto all'asse baricentrico della sezione stessa.

L'elemento plurirrigidito viene quindi sostituito, al solo fine del calcolo della larghezza efficace, da un elemento irrigidito di larghezza b_0 pari alla somma delle larghezze dei sottoelementi dell'elemento plurirrigidito e di spessore s_e e a tale elemento irrigidito si applicano le indicazioni contenute nel punto 3.1.5.1.1.

3.1.5.3. - Caratteristiche geometriche ed efficaci delle sezioni contenenti elementi compressi irrigiditi o plurirrigiditi

Si definiscono caratteristiche geometriche della sezione (area, momenti di inerzia, ecc.) quelle calcolate in base alla geometria delle sezioni stesse. Si definiscono caratteristiche efficaci delle sezioni quelle calcolate in base alla larghezza efficace degli elementi compressi.

Per calcolare le caratteristiche efficaci strutturali di una sezione che abbia sottoelementi compressi, o elementi compressi soggetti alla riduzione di larghezza efficace di cui ai punti 3.1.5.1. e 3.1.5.2., l'area geometrica A_{oi} degli irrigidimenti (siano essi di bordo o intermedi) deve essere considerata ridotta ad un'area efficace A_1 come indicato nel seguito.

Per $60 \leq b_0/s \leq 90$

$$A_1 = k A_{oi}$$

$$\text{dove } k = 3 - \frac{2b}{b_0} - \frac{1}{30} \left(1 - \frac{b}{b_0} \right) \frac{b_0}{s}$$

essendo b la larghezza efficace calcolata secondo il punto 3.1.5.1.1.

Per $b_0/s > 90$

$$A_1 = \frac{b'}{b_0} A_{oi}$$

dove b' è la larghezza efficace ridotta calcolata secondo il punto 3.1.5.1.2.

Nelle espressioni sopra riportate A_1 ed A_{oi} si riferiscono solo all'area della sezione dell'irrigidimento senza tener conto di alcuna parte degli elementi adiacenti. Nel calcolo del momento d'inerzia l'irrigidimento deve essere considerato con la sua sezione geometrica.

3.2. - Materiale base

3.2.1. - Stati monoassiali

3.2.1.1. - Tensioni ammissibili a trazione e compressione per elementi irrigiditi o plurirrigiditi

Per gli elementi irrigiditi o plurirrigiditi le tensioni ammissibili sono indicate nel prospetto 3-VII.

Prospetto 3-VII

Tipo acciaio	σ_{am} kg/mm ²
S	14,5
1 e 1S	16,0
2 e 2S	24,0

3.2.1.2. - Tensioni ammissibili per elementi non irrigiditi

Per gli elementi non irrigiditi le tensioni ammissibili a trazione sono indicate nel prospetto 3-VII e le tensioni ammissibili a compressione sono indicate nel prospetto 3-VIII.

Prospetto 3-VIII

b_0/s	Tipo acciaio		
	S	1 e 1S	2 e 2S
σ_{am} [kg/cm ²]			
6	1450	1600	2352
7	1448	1581	2284
8	1417	1544	2216
9	1386	1507	2148
10	1356	1470	2080
11	1325	1433	2011
12	1300	1396	1943
13	1269	1359	1875
14	1230	1321	1807
15	1208	1284	1739
16	1177	1247	1671
17	1147	1210	1603
18	1116	1173	1534
19	1085	1136	1466
20	1055	1099	1398
21	1024	1062	1270
22	993	1025	1157
23	963	988	1059
24	932	950	972

b ₀ /s	σ _{am} in kg/cm ² per	
	sezioni composte da angolari (di qualsiasi tipo di acciaio)	sezioni non composte da angolari (di qualsiasi tipo di acciaio)
25	896	896
26	828	876
27	768	857
28	714	837
29	666	818
30	622	798
35	457	700
40	350	602
45	277	504
50	224	406
55	185	308
60	156	210

3.2.1.3. - Elementi tubolari cilindrici sottili compressi e inflessi

Gli elementi tubolari cilindrici sottili devono avere un rapporto diametro D/spessore s non maggiore dei valori riportati nel prospetto 3-IX.

Prospetto 3-IX

Tipo acciaio	S	1 e 1S	2 e 2S
D/s max.	420	380	260

I valori delle tensioni ammissibili sono riportati nel prospetto 3-X in funzione del rapporto D/s.

3.2.2. - Stati pluriassiali

Vale quanto indicato al punto 3.2.2. della CNR-UNI 10011-73.

3.2.3. - Costanti elastiche

Vale quanto indicato al punto 3.2.3. della CNR-UNI 10011-73.

Prospetto 3-X

D/s	Tipo acciaio		
	S	1 e 1S	2 e 2S
σ _{am} kg/cm ²			
50	1450	1600	2363,2
60	1450	1600	2208,7
70	1450	1600	2098,4
80	1450	1536,8	2015,6
90	1392,7	1472,5	1951,3
100	1341,2	1421,0	1899,8
110	1299,1	1378,9	1857,7
120	1264,0	1343,8	1822,6
130	1234,3	1314,1	1792,9
140	1208,8	1288,6	1767,4
150	1186,7	1266,5	1745,3
160	1167,4	1247,2	1726,0
170	1150,4	1230,2	1709,0
180	1135,2	1215,0	1693,8
190	1121,7	1201,5	1680,3
200	1109,5	1189,3	1660,1
220	1088,4	1168,2	1647,0
240	1070,9	1150,7	1629,5
260	1056,0	1135,8	1614,6
280	1043,3	1123,1	—
300	1032,3	1112,1	—
320	1022,6	1102,4	—
340	1014,1	1093,9	—
360	1006,5	1086,3	—
380	999,7	1079,5	—
400	993,6	—	—
420	988,1	—	—

3.3. - Unioni a taglio con chiodi e bulloni

3.3.1. - Vale quanto indicato al punto 3.3.1 della CNR-UNI 10011-73

3.3.2. - La pressione sul contorno del foro, riferita alla proiezione diametrale della superficie cilindrica del chiodo o del bullone, deve soddisfare le seguenti limitazioni

$$\sigma_{rit} \leq 3,0 \sigma_{am}$$

$$\sigma_{rit} \leq \sigma_{am} \left(\frac{i}{d} - 1 \right)$$

per le file intermedie

$$\sigma_{rit} \leq \sigma_{am} \frac{m}{d} \quad \text{per le file prossime ai bordi}$$

dove: σ_{am} è la tensione ammissibile definita nel prospetto 3-VII
 i ed m sono definiti al punto 5.2.4 delle CNR-UNI 10011-73
 d è il diametro del bullone

3.3.3. - Vale quanto indicato al punto 3.3.3 delle CNR-UNI 10011-73

3.4. - *Unioni ad attrito con bulloni*

3.4.1. - Vale quanto indicato al punto 3.4.1 delle CNR-UNI 10011-73

3.4.2. - La pressione convenzionale sulle pareti dei fori deve soddisfare le limitazioni espresse al punto 3.3.2. delle presenti istruzioni per spessori $s \leq 3$ mm.

Per spessori maggiori di 3 mm vale quanto indicato al punto 3.4.2 delle CNR-UNI 10011-73

3.5. - *Unioni saldate*

3.5.1. - *Unioni saldate per fusione*

Vale quanto indicato al punto 3.5. della CNR-UNI 10011-73.

3.5.2. - *Unioni saldate a resistenza per punti*

Le unioni saldate a resistenza per punti devono essere calcolate al taglio, in base al diametro d che per i punti stessi si prevede di realizzare, applicando le formule seguenti:

$$\tau_{am} = 1,7d \quad (\text{in kg-mm}^2) \text{ per } d \leq 7 \text{ mm}$$

$$\tau_{am} = 12 \quad (\text{in kg/mm}^2) \text{ per } 7 \text{ mm} < d \leq 15 \text{ mm}$$

$$\tau_{am} = 18 - 0,4 d \quad (\text{in kg/mm}^2) \text{ per } d > 15 \text{ mm}$$

Tali valori si riferiscono agli acciai tipo S, 1 e 1S; per gli acciai 2 e 2S i valori ottenuti con queste formule devono essere aumentati del 25 %.

3.6. - *Unioni per contatto*

L'argomento non è stato considerato dalla presente norma.

3.7. - *Apparecchi di appoggio e cerniere*

L'argomento non è stato considerato dalla presente norma.

3.8. - *Indebolimento delle sezioni per effetto dei fori*

Vale quanto indicato al punto 3.8. della CNR-UNI 10011-73.

Per spessori $s \leq 3$ mm deve essere altresì verificato che la tensione di trazione σ , valutata con riferimento all'area netta risulti:

$$\sigma \leq \left(1,0 - 0,9 r + 3 r \frac{d}{i_1} \right) \sigma_{am}$$

dove:

r è il rapporto fra la forza trasmessa dai bulloni nella sezione considerata e la forza presente nella sezione stessa

i_1 è la minima distanza fra centro e centro di due bulloni perpendicolare alla direzione dello sforzo. Nel caso di un unico bullone i_1 è pari alla larghezza dell'elemento collegato

d è il diametro del bullone

σ_{am} è la tensione ammissibile definita nel prospetto 3-VII

3.9. - *Norme particolari per elementi inflessi*

Vale quanto indicato al punto 3.9. della CNR-UNI 10011-73.

3.10. - *Fenomeni di fatica*

3.10.1. - *Giunzioni chiodate bullonate e saldate per fusione*

Per spessori maggiori o uguali a 3 mm valgono le indicazioni di cui al punto 3.10. della CNR-UNI 10011-73.

Per spessori minori di 3 mm valgono ancora le indicazioni anzidette nel caso di giunti testa a testa o altri giunti a piena penetrazione accuratamente molati all'esterno.

Per tutti gli altri tipi di giunzione devono essere effettuate prove specifiche adeguate.

3.10.2. - Giunzioni saldate a resistenza per punti

Allo stato attuale delle conoscenze mancano sicuri riferimenti che consentano di stabilire criteri di verifica di carattere generale. Pertanto occorre ricorrere a prove specifiche adeguate.

Risulta comunque che giunzioni di testa a sovrapposizione fatte con una sola fila di punti e sollecitate a trazione normalmente alla fila stessa hanno una resistenza a fatica molto bassa; resistenze migliori si possono avere con doppia fila di punti o con giunzioni a doppio coprigiunto che permettano di allineare i pezzi da unire.

4. - Verifica di stabilità

4.1. - Generalità

Vale quanto indicato al punto 4.1. della CNR-UNI 10011-73.

4.2. - Aste compresse

4.2.1. - Generalità

Vale quanto indicato al punto 4.2.1. della CNR-UNI 10011-73.

4.2.2. - Aste semplici.

4.2.2.1. - Vale quanto indicato al punto 4.2.2.1. della CNR-UNI 10011-73.

4.2.2.2. - Vale quanto indicato al punto 4.2.2.2. della CNR-UNI 10011-73.

4.2.2.3. - La verifica di sicurezza di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa. Deve essere:

$$\frac{\sigma_c}{\sigma} \geq \nu$$

dove: $\sigma_c = \frac{N_c}{A_0}$ è la tensione critica corrispondente alla forza N_c che provoca l'inflexione dell'asta nel piano che si considera;

$\sigma = \frac{N}{A_0}$ è la tensione assiale di compressione media nella sezione della membratura corrispondente al carico assiale N effettivamente presente; A_0 è l'area geometrica della sezione

$\nu = 1,5$ in condizione di carico I e 1,33 in condizione di carico II

4.2.2.3.1. - Con la lettera Q si indica un parametro caratteristico della sezione nei riguardi dei fenomeni di instabilità, così definito:

a) per sezioni composte unicamente di elementi irrigiditi o plurirrigiditi Q è il rapporto fra l'area efficace A e l'area geometrica A_0 ; l'area efficace A è determinata sulla base delle larghezze efficaci b di ogni elemento calcolate secondo le modalità specificate al punto 3.1.5. L'area geometrica A_0 è determinata sulla base delle caratteristiche geometriche della sezione definita al punto 3.1.3.;

b) per sezioni composte unicamente da elementi non irrigiditi Q è il rapporto fra la tensione ammissibile a compressione dell'elemento avente il massimo rapporto larghezza-spessore, specificato al punto 3.2.1.2. e la tensione ammissibile del materiale base, specificata al punto 3.2.1.1.;

c) per sezioni che contengono sia elementi irrigiditi sia elementi non irrigiditi, indicati con:

A_1 la somma delle aree geometriche degli elementi irrigiditi,

A_2 la somma delle aree geometriche degli elementi non irrigiditi,

Q_1 un parametro caratteristico relativo a quella parte della sezione costituita da elementi irrigiditi calcolato come in a),

Q_2 un parametro caratteristico relativo a quella parte della sezione costituita da elementi non irrigiditi calcolato come in b),

il parametro caratteristico Q è espresso dalla formula:

$$Q = \frac{A_1 Q_1 + A_2 Q_2}{A_1 + A_2}$$

d) per sezioni tubolari Q è il rapporto fra la tensione ammissibile a compressione, specificata al punto 3.2.1.3., e la tensione ammissibile del materiale base, specificata al punto 3.2.1.1.

4.2.2.3.2. - Il criterio di verifica qui descritto si applica esclusivamente alle aste per le quali non sussiste il pericolo di instabilità flessor-torsionale di cui al punto 4.2.5. e in particolare a:

- aste con sezioni dotate di doppia simmetria ortogonale;
- aste con sezioni dotate di un unico asse di simmetria ortogonale limitatamente al caso della inflessione laterale nella direzione di questo asse;
- aste con sezioni di forma chiusa;
- aste soggette a vincoli che impediscono la rotazione delle sezioni intermedie e di estremità.

I valori della tensione critica σ_c sono ottenibili, in funzione della tensione di snervamento, dal prospetto 4-I, dove sono riportati i rapporti $\sigma_c/k\sigma_s$ in funzione del rapporto λ/λ_k dove: λ è la snellezza dell'asta nel piano di flessione che si considera;

$\lambda_k = \pi \sqrt{\frac{E}{K\sigma_s}}$ è la snellezza corrispondente al limite di validità del comportamento in fase puramente elastica dell'asta;

K è un parametro che dipende dallo spessore del profilato e dalla forma della sezione.

Si assumono per K i valori seguenti:

$$K = 0,8 Q \quad \text{per } s < 3 \text{ mm}$$

$$K = \begin{cases} 0,8 Q & \text{per } Q \leq 0,5 \\ 1,2 Q - 0,2 & \text{per } Q > 0,5 \end{cases} \quad \text{per } s \geq 3 \text{ mm}$$

Prospetto 4-I

λ/λ_k	$\sigma_c / K\sigma_s$	λ/λ_k	$\sigma_c / K\sigma_s$
0,00	1,000	1,60	0,293
0,10	0,989	1,70	0,266
0,20	0,970	1,80	0,241
0,30	0,938	1,90	0,219
0,40	0,896	2,00	0,200
0,50	0,843	2,10	0,183
0,60	0,783	2,20	0,169
0,70	0,719	2,30	0,158
0,80	0,655	2,40	0,147
0,90	0,593	2,50	0,137
1,00	0,537	2,60	0,128
1,10	0,486	2,70	0,119
1,20	0,439	2,80	0,110
1,30	0,395	2,90	0,103
1,40	0,357	3,00	0,096
1,50	0,323		

In conformità al punto 4.2.2.3. e a quanto sopra, la verifica di sicurezza di un'asta compressa deve effettuarsi nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa in base ad una forza assiale N maggiorata del coefficiente ω .

Deve cioè essere:

$$\frac{\omega N}{A_0} \leq \sigma_{am}$$

dove σ_{am} è la tensione ammissibile definita nel prospetto 3-VII.

I valori dei coefficienti ω in funzione di λ e del parametro Q definito al punto 4.2.2.3.1. sono riportati nei prospetti 4-II per spessori minori di 3 mm e 4-III per spessori maggiori o uguali a 3 mm e in particolare:

spessori minori di 3 mm

4-IIa - per acciaio tipo S

4-IIb - per acciaio tipo 1 S

4-IIc - per acciaio tipo 2 S

spessori maggiori o uguali a 3 mm

4-IIIa - per acciaio tipo 1

4-IIIb - per acciaio tipo 2.

4.2.2.3.3. - Qualora le aste abbiano una sezione di tipo non compreso in quelli elencati al punto 4.2.2.3.2., bisogna considerare i fenomeni flessor-torsionali.

Nel caso in cui il parametro caratteristico Q della sezione, calcolato come indicato al punto 4.2.2.3.1., sia uguale ad 1, la verifica di stabilità si esegue con riferimento alla snellezza equivalente λ^* definita al punto 4.2.5. della CNR-UNI 10011-73 con le limitazioni ivi specificate. Il coefficiente ω corrispondente a tale snellezza viene dedotto dai prospetti 4-II e 4-III.

Nel caso in cui il parametro Q risulti minore di 1, bisogna procedere a una specifica determinazione della tensione critica σ_c mediante indagini teoriche o sperimentali.

Prospetto 4-IIa (per acciaio tipo S)

λ	Q															
	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00
0	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
10	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
20	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
30	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.28	2.10	1.95	1.81	1.70	1.60	1.51	1.43	1.36	1.30
40	5.00	4.17	3.60	3.18	2.85	2.58	2.36	2.17	2.02	1.89	1.77	1.67	1.58	1.50	1.43	1.36
50	5.08	4.28	3.70	3.27	2.93	2.66	2.44	2.26	2.10	1.97	1.85	1.75	1.66	1.58	1.51	1.44
60	5.20	4.39	3.81	3.37	3.03	2.76	2.54	2.35	2.20	2.06	1.95	1.85	1.76	1.68	1.60	1.54
70	5.32	4.51	3.93	3.49	3.15	2.88	2.65	2.47	2.31	2.18	2.06	1.96	1.87	1.79	1.72	1.66
80	5.46	4.64	4.06	3.62	3.28	3.01	2.79	2.60	2.45	2.31	2.20	2.10	2.01	1.93	1.86	1.80
90	5.60	4.79	4.21	3.77	3.43	3.16	2.94	2.76	2.60	2.47	2.36	2.26	2.17	2.10	2.03	1.97
100	5.77	4.96	4.37	3.94	3.60	3.34	3.12	2.93	2.78	2.65	2.54	2.45	2.36	2.28	2.21	2.15
110	5.96	5.14	4.56	4.13	3.80	3.53	3.31	3.14	2.99	2.86	2.75	2.65	2.57	2.49	2.42	2.36
120	6.16	5.35	4.78	4.35	4.01	3.75	3.54	3.36	3.21	3.09	2.98	2.88	2.79	2.72	2.65	2.59
130	6.38	5.58	5.01	4.58	4.26	4.00	3.79	3.61	3.46	3.33	3.22	3.13	3.04	2.97	2.90	2.85
140	6.63	5.83	5.27	4.85	4.53	4.27	4.06	3.88	3.73	3.60	3.49	3.40	3.32	3.25	3.19	3.13
150	6.90	6.11	5.55	5.13	4.81	4.56	4.34	4.16	4.02	3.90	3.79	3.70	3.62	3.56	3.50	3.44
160	7.19	6.42	5.86	5.44	5.12	4.86	4.65	4.48	4.34	4.22	4.12	4.03	3.96	3.89	3.83	3.77
170	7.52	6.74	6.19	5.77	5.44	5.19	4.99	4.82	4.68	4.57	4.47	4.39	4.31	4.24	4.18	4.13
180	7.87	7.09	6.53	6.11	5.79	5.55	5.35	5.19	5.06	4.94	4.85	4.76	4.68	4.62	4.57	4.53
190	8.23	7.45	6.89	6.48	6.17	5.93	5.74	5.59	5.45	5.34	5.24	5.16	5.09	5.04	4.99	4.95
200	8.62	7.84	7.28	6.88	6.58	6.35	6.16	6.00	5.87	5.76	5.67	5.60	5.54	5.49	5.44	5.39
210	9.02	8.24	7.70	7.31	7.02	6.79	6.60	6.44	6.31	6.21	6.14	6.07	6.01	5.95	5.90	5.85
220	9.44	8.67	8.14	7.76	7.48	7.25	7.06	6.91	6.80	6.71	6.64	6.56	6.50	6.43	6.37	6.32
230	9.88	9.13	8.62	8.24	7.96	7.73	7.54	7.42	7.31	7.23	7.14	7.07	6.99	6.92	6.86	6.80
240	10.36	9.62	9.12	8.75	8.46	8.23	8.08	7.96	7.86	7.76	7.67	7.58	7.50	7.44	7.39	7.35
250	10.86	10.13	9.64	9.27	8.98	8.79	8.64	8.52	8.41	8.30	8.20	8.12	8.03	7.99	7.95	7.91

Prospetto 4-IIb (per acciaio tipo IS)

λ	Q															
	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00
0	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
10	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
20	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
30	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.51	2.29	2.11	1.96	1.82	1.71	1.61	1.52	1.44	1.37	1.31
40	5.00	4.19	3.62	3.19	2.86	2.59	2.37	2.19	2.03	1.90	1.78	1.68	1.59	1.51	1.44	1.38
50	5.10	4.30	3.73	3.29	2.96	2.69	2.46	2.28	2.12	1.99	1.87	1.77	1.68	1.60	1.53	1.46
60	5.23	4.42	3.84	3.40	3.06	2.79	2.57	2.38	2.23	2.09	1.98	1.87	1.78	1.70	1.63	1.57
70	5.36	4.55	3.96	3.53	3.19	2.92	2.69	2.51	2.35	2.22	2.10	2.00	1.91	1.83	1.76	1.70
80	5.51	4.69	4.11	3.67	3.33	3.06	2.84	2.65	2.50	2.37	2.25	2.15	2.06	1.99	1.92	1.86
90	5.67	4.85	4.27	3.83	3.50	3.23	3.01	2.83	2.67	2.54	2.43	2.33	2.24	2.17	2.10	2.04
100	5.85	5.04	4.46	4.02	3.69	3.42	3.20	3.02	2.87	2.74	2.63	2.53	2.45	2.37	2.31	2.24
110	6.05	5.24	4.66	4.23	3.90	3.63	3.42	3.25	3.10	2.97	2.86	2.76	2.68	2.60	2.53	2.47
120	6.27	5.47	4.90	4.47	4.14	3.88	3.67	3.49	3.35	3.22	3.11	3.01	2.92	2.85	2.78	2.72
130	6.52	5.72	5.15	4.74	4.41	4.15	3.94	3.76	3.61	3.48	3.38	3.28	3.20	3.13	3.06	3.01
140	6.80	6.00	5.44	5.03	4.70	4.45	4.23	4.05	3.91	3.78	3.68	3.58	3.51	3.44	3.38	3.32
150	7.09	6.31	5.75	5.34	5.02	4.75	4.54	4.37	4.23	4.11	4.01	3.92	3.84	3.77	3.71	3.66
160	7.42	6.64	6.09	5.67	5.35	5.09	4.89	4.72	4.58	4.46	4.37	4.28	4.21	4.14	4.07	4.02
170	7.78	7.00	6.45	6.03	5.71	5.46	5.26	5.10	4.96	4.85	4.75	4.67	4.59	4.52	4.47	4.43
180	8.15	7.38	6.82	6.41	6.10	5.85	5.66	5.50	5.37	5.26	5.16	5.07	5.01	4.95	4.91	4.87
190	8.55	7.77	7.22	6.82	6.52	6.28	6.09	5.94	5.80	5.69	5.60	5.53	5.47	5.42	5.37	5.32
200	8.98	8.19	7.65	7.26	6.97	6.74	6.55	6.39	6.26	6.16	6.09	6.02	5.96	5.90	5.85	5.80
210	9.41	8.64	8.11	7.73	7.44	7.22	7.02	6.87	6.76	6.67	6.60	6.53	6.46	6.40	6.34	6.28
220	9.87	9.12	8.61	8.23	7.95	7.71	7.53	7.41	7.30	7.22	7.13	7.06	6.98	6.91	6.85	6.79
230	10.37	9.63	9.13	8.76	8.47	8.25	8.09	7.97	7.87	7.77	7.68	7.59	7.52	7.45	7.40	7.36
240	10.89	10.17	9.63	9.31	9.02	8.83	8.68	8.56	8.44	8.34	8.24	8.15	8.06	7.98	7.95	7.91
250	11.44	10.74	10.25	9.88	9.62	9.44	9.30	9.16	9.04	8.92	8.82	8.75	8.67	8.60	8.56	8.56

Prospetto 4-II c (per acciaio tipo 2S)

λ	Q															
	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00
0	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
10	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
20	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.57	1.48	1.41	1.34	1.27
30	5.00	4.17	3.59	3.16	2.83	2.56	2.35	2.16	2.01	1.87	1.76	1.66	1.57	1.49	1.42	1.35
40	5.09	4.29	3.72	3.28	2.95	2.68	2.45	2.27	2.11	1.98	1.86	1.76	1.67	1.59	1.52	1.45
50	5.24	4.43	3.85	3.42	3.08	2.81	2.58	2.40	2.24	2.11	1.99	1.89	1.80	1.72	1.65	1.58
60	5.41	4.60	4.01	3.57	3.23	2.96	2.74	2.56	2.40	2.27	2.15	2.05	1.96	1.88	1.81	1.75
70	5.60	4.78	4.20	3.76	3.42	3.15	2.93	2.75	2.60	2.46	2.35	2.25	2.16	2.09	2.02	1.96
80	5.81	5.00	4.42	3.98	3.65	3.38	3.16	2.98	2.83	2.70	2.59	2.49	2.41	2.33	2.26	2.20
90	6.06	5.24	4.67	4.24	3.91	3.64	3.43	3.25	3.10	2.97	2.86	2.77	2.68	2.60	2.54	2.47
100	6.33	5.53	4.96	4.53	4.21	3.95	3.73	3.56	3.41	3.28	3.17	3.07	2.99	2.91	2.85	2.79
110	6.65	5.85	5.29	4.87	4.54	4.29	4.08	3.90	3.75	3.62	3.51	3.42	3.34	3.27	3.21	3.15
120	7.00	6.21	5.66	5.24	4.92	4.66	4.45	4.27	4.13	4.01	3.90	3.81	3.74	3.67	3.61	3.56
130	7.39	6.62	6.06	5.65	5.32	5.06	4.86	4.69	4.55	4.44	4.34	4.25	4.18	4.11	4.05	3.99
140	7.83	7.05	6.50	6.08	5.76	5.51	5.32	5.16	5.02	4.91	4.81	4.72	4.65	4.58	4.53	4.49
150	8.30	7.52	6.96	6.56	6.25	6.01	5.82	5.66	5.53	5.42	5.32	5.24	5.18	5.12	5.08	5.04
160	8.80	8.02	7.47	7.08	6.78	6.55	6.36	6.21	6.07	5.96	5.88	5.82	5.76	5.71	5.65	5.61
170	9.33	8.56	8.03	7.65	7.36	7.13	6.94	6.78	6.67	6.58	6.51	6.44	6.37	6.31	6.25	6.20
180	9.90	9.14	8.63	8.26	7.97	7.74	7.56	7.43	7.33	7.24	7.16	7.08	7.01	6.94	6.88	6.81
190	10.51	9.77	9.27	8.91	8.61	8.40	8.25	8.13	8.02	7.92	7.83	7.74	7.67	7.59	7.56	7.52
200	11.16	10.45	9.96	9.59	9.31	9.13	8.99	8.85	8.73	8.62	8.52	8.44	8.38	8.34	8.29	8.25
210	11.86	11.17	10.68	10.31	10.08	9.90	9.74	9.60	9.47	9.36	9.26	9.21	9.15	9.10	9.06	9.00
220	12.61	11.92	11.42	11.11	10.89	10.70	10.53	10.37	10.24	10.15	10.07	10.01	9.96	9.89	9.82	9.77
230	13.40	12.71	12.24	11.96	11.73	11.52	11.33	11.18	11.07	10.98	10.92	10.85	10.76	10.70	10.65	10.59
240	14.22	13.53	13.13	12.84	12.59	12.36	12.17	12.05	11.95	11.87	11.79	11.69	11.64	11.56	11.50	11.45
250	15.08	14.43	14.05	13.74	13.46	13.24	13.08	12.96	12.87	12.77	12.67	12.60	12.51	12.45	12.40	12.35

Prospetto 4-IIIa (per acciaio tipo 1)

λ	Q															
	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00
0	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
10	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
20	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
30	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
40	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25
50	5.10	4.30	3.73	3.29	2.96	2.69	2.47	2.23	2.03	1.87	1.74	1.64	1.53	1.46	1.39	1.33
60	5.23	4.42	3.84	3.40	3.06	2.79	2.57	2.35	2.16	2.00	1.87	1.76	1.67	1.59	1.52	1.46
70	5.36	4.55	3.96	3.53	3.19	2.92	2.69	2.50	2.31	2.15	2.02	1.92	1.83	1.75	1.68	1.62
80	5.51	4.69	4.11	3.67	3.33	3.06	2.74	2.57	2.48	2.33	2.21	2.10	2.01	1.93	1.87	1.81
90	5.67	4.85	4.27	3.83	3.50	3.23	2.91	2.67	2.69	2.53	2.41	2.31	2.22	2.14	2.07	2.01
100	5.85	5.04	4.45	4.02	3.69	3.42	3.11	2.87	2.88	2.76	2.64	2.53	2.44	2.36	2.30	2.24
110	6.05	5.24	4.66	4.23	3.90	3.63	3.33	3.10	2.91	2.76	2.64	2.53	2.44	2.36	2.30	2.24
120	6.27	5.47	4.90	4.47	4.14	3.88	3.58	3.35	3.16	3.01	2.88	2.78	2.70	2.62	2.56	2.51
130	6.52	5.72	5.15	4.74	4.41	4.15	3.85	3.61	3.43	3.28	3.16	3.06	2.98	2.91	2.85	2.80
140	6.80	6.00	5.44	5.03	4.70	4.45	4.14	3.91	3.73	3.58	3.47	3.38	3.30	3.23	3.17	3.11
150	7.09	6.31	5.75	5.34	5.02	4.75	4.45	4.23	4.05	3.92	3.81	3.71	3.64	3.56	3.51	3.46
160	7.42	6.64	6.09	5.67	5.35	5.09	4.80	4.58	4.41	4.28	4.17	4.07	4.00	3.94	3.89	3.85
170	7.78	7.00	6.45	6.03	5.71	5.46	5.17	4.96	4.80	4.67	4.55	4.47	4.41	4.35	4.31	4.26
180	8.15	7.37	6.82	6.41	6.10	5.85	5.58	5.37	5.21	5.07	4.98	4.91	4.85	4.79	4.74	4.69
190	8.55	7.78	7.22	6.82	6.52	6.28	6.01	5.80	5.64	5.53	5.44	5.37	5.30	5.24	5.18	5.13
200	8.98	8.19	7.65	7.26	6.97	6.74	6.47	6.26	6.12	6.02	5.93	5.85	5.77	5.70	5.65	5.60
210	9.41	8.64	8.11	7.73	7.44	7.22	6.94	6.76	6.64	6.53	6.43	6.34	6.26	6.19	6.15	6.11
220	9.87	9.12	8.61	8.23	7.95	7.71	7.46	7.30	7.17	7.06	6.95	6.85	6.77	6.74	6.69	6.65
230	10.37	9.63	9.13	8.76	8.47	8.25	8.03	7.87	7.72	7.59	7.48	7.38	7.34	7.29	7.25	7.20
240	10.89	10.17	9.68	9.31	9.02	8.83	8.62	8.44	8.29	8.15	8.06	7.98	7.93	7.88	7.81	7.75
250	11.44	10.74	10.25	9.88	9.62	9.44	9.23	9.04	8.87	8.75	8.66	8.60	8.54	8.46	8.42	8.36

Prospetto 4-IIIb (per acciaio tipo 2)

λ	Q															
	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.00
0	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.17	1.92	1.72	1.56	1.43	1.32	1.22	1.14	1.06	1.00
10	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.17	1.92	1.72	1.56	1.43	1.32	1.22	1.14	1.06	1.00
20	5.00	4.17	3.57	3.13	2.78	2.50	2.17	1.92	1.72	1.56	1.43	1.32	1.22	1.14	1.06	1.00
30	5.00	4.17	3.59	3.16	2.83	2.56	2.25	2.01	1.81	1.66	1.53	1.42	1.32	1.24	1.17	1.11
40	5.09	4.29	3.72	3.28	2.95	2.68	2.36	2.11	1.92	1.76	1.63	1.52	1.42	1.34	1.27	1.21
50	5.24	4.43	3.85	3.42	3.08	2.81	2.49	2.24	2.05	1.89	1.76	1.65	1.55	1.47	1.40	1.34
60	5.41	4.60	4.01	3.57	3.23	2.96	2.65	2.40	2.21	2.05	1.92	1.81	1.72	1.64	1.57	1.51
70	5.60	4.78	4.20	3.76	3.42	3.15	2.84	2.60	2.40	2.25	2.12	2.02	1.93	1.85	1.78	1.72
80	5.81	5.00	4.42	3.98	3.65	3.38	3.07	2.83	2.64	2.49	2.37	2.26	2.17	2.09	2.03	1.97
90	6.06	5.24	4.67	4.24	3.91	3.64	3.34	3.10	2.92	2.77	2.64	2.54	2.45	2.37	2.31	2.25
100	6.33	5.53	4.96	4.53	4.21	3.95	3.64	3.41	3.22	3.07	2.95	2.85	2.76	2.69	2.63	2.58
110	6.65	5.85	5.29	4.87	4.54	4.29	3.98	3.75	3.57	3.42	3.30	3.21	3.13	3.06	3.00	2.95
120	7.00	6.21	5.66	5.24	4.92	4.66	4.35	4.13	3.95	3.81	3.70	3.61	3.53	3.46	3.40	3.35
130	7.39	6.62	6.06	5.65	5.32	5.06	4.77	4.55	4.38	4.25	4.14	4.05	3.97	3.91	3.86	3.82
140	7.83	7.05	6.50	6.08	5.76	5.51	5.23	5.02	4.86	4.72	4.61	4.53	4.47	4.42	4.37	4.32
150	8.30	7.52	6.96	6.56	6.25	6.01	5.74	5.53	5.36	5.24	5.15	5.08	5.02	4.95	4.90	4.85
160	8.80	8.02	7.47	7.08	6.78	6.55	6.28	6.07	5.92	5.82	5.73	5.65	5.58	5.51	5.45	5.40
170	9.33	8.56	8.03	7.65	7.36	7.13	6.85	6.67	6.54	6.44	6.34	6.25	6.17	6.10	6.06	6.02
180	9.90	9.14	8.63	8.26	7.97	7.74	7.49	7.33	7.20	7.08	6.97	6.88	6.80	6.76	6.71	6.67
190	10.51	9.77	9.27	8.91	8.61	8.40	8.18	8.02	7.87	7.74	7.63	7.56	7.49	7.45	7.40	7.34
200	11.16	10.45	9.96	9.61	9.31	9.13	8.92	8.73	8.57	8.44	8.35	8.29	8.23	8.17	8.11	8.07
210	11.86	11.17	10.68	10.31	10.08	9.90	9.67	9.47	9.30	9.21	9.13	9.06	8.96	8.90	8.85	8.80
220	12.61	11.92	11.42	11.11	10.89	10.70	10.45	10.24	10.11	10.01	9.93	9.82	9.78	9.69	9.63	9.58
230	13.40	12.71	12.24	11.96	11.73	11.52	11.25	11.07	10.95	10.85	10.73	10.65	10.57	10.51	10.45	10.40
240	14.22	13.53	13.13	12.84	12.59	12.36	12.09	11.95	11.83	11.69	11.59	11.50	11.43	11.38	11.31	11.25
250	15.08	14.43	14.05	13.74	13.46	13.24	13.03	12.87	12.70	12.60	12.48	12.40	12.35	12.36	12.37	12.40

4.2.3. - Aste composte

Per le aste composte formate da elementi profilati formati a freddo aventi sezioni dotate di parametro Q uguale ad 1 vale quanto indicato al punto 4.2. della CNR-UNI 10011-73 con i rispettivi sottopunti, purché i coefficienti ω vengano determinati secondo i prospetti 4-II e 4-III della presente norma.

Nel caso che il parametro Q sia minore di 1, bisogna procedere alla determinazione della tensione critica σ_c mediante indagini sperimentali.

4.2.4. - Aste a sezione variabile

Vale quanto indicato al punto 4.2.4. della CNR-UNI 10011-73.

4.2.5. - Aste a sezione aperta con parete sottile.

Vale quanto indicato al punto 4.2.5. della CNR-UNI 10011-73.

4.2.6. - Rapporto larghezza/spessore degli elementi di parete sottile delle aste composte.

Vedere punto 3.1. della presente norma.

4.2.7. - Aste composte continue con vincoli trasversali elastici

Vale quanto indicato al punto 4.2.7. della CNR-UNI 10011-73 per spessori ≥ 3 mm e parametro caratteristico della sezione Q uguale ad 1.

4.3. - Travi inflesse a parete piena

4.3.1. - Per la stabilità laterale delle travi inflesse (sicurezza allo svergolamento) vale quanto indicato al punto 4.3.2. della CNR-UNI 10011-73 purché:

- la larghezza efficace degli eventuali elementi compressi irrigiditi o plurirrigiditi della sezione sia pari a quella geometrica;

- la tensione ammissibile negli eventuali elementi compressi non irrigiditi della sezione sia pari a quella del materiale base.

4.3.2. - Nei casi che non ricadono fra quelli contemplati al precedente punto 4.3.1. la verifica di stabilità laterale si effettua determinando per via sperimentale il valore del momento critico.

4.4. - Aste pressoinflesse

4.4.1. - Per le aste che rientrano nella categoria contemplata al punto 4.2.2.3.2. o al punto 4.2.2.3.3. vale quanto indicato al punto 4.4.1. della CNR-UNI 10011-73 con riferimento, nel calcolo dei coefficienti ω , ai prospetti 4-II e 4-III della presente norma.

4.4.1.1. - Nell'ambito di applicabilità del punto 4.4.1. vale quanto indicato al punto 4.4.1.1. della CNR-UNI 10011-73.

4.4.1.2. - Nell'ambito di applicabilità del punto 4.4.1. e del punto 4.3.1. vale quanto indicato al punto 4.4.2. della CNR-UNI 10011-73.

4.4.2. - Per le aste che rientrano nella categoria contemplata al punto 4.2.2.3.2. o al punto 4.2.2.3.3. vale quanto indicato al punto 4.4.2. della CNR-UNI 10011-73 con riferimento, nel calcolo dei coefficienti ω , ai prospetti 4-II e 4-III della presente norma.

4.4.3. - Per le aste che non rientrano nella categoria contemplata al punto 4.2.2.3.2. o al punto 4.2.2.3.3. si procede alla determinazione sperimentale del coefficiente di sicurezza che non deve comunque essere minore di 1,5.

4.5. - Archi

In assenza di una determinazione sperimentale vale quanto indicato al punto 4.5. della CNR-UNI 10011-73 alle condizioni seguenti:

- la sezione dell'arco deve essere del tipo di quella considerata al punto 4.2.2.3.2. della presente norma;

- i coefficienti ω devono essere valutati in base ai prospetti 4-II e 4-III della presente norma.

4.6. - Telai

Vale quanto indicato al punto 4.6. della CNR-UNI 10011-73.

4.7. - Stabilità dell'anima

4.7.1. - Vale quanto indicato al punto 4.7. della CNR-UNI 10011-73 alle condizioni seguenti:

- che la larghezza efficace degli eventuali elementi compressi irrigiditi o plurirrigiditi della sezione sia pari alla larghezza geometrica;

- che la tensione ammissibile sugli eventuali elementi non irrigiditi della sezione sia pari a quella del materiale base di cui al prospetto 3-VII.

4.7.2. - Verifica per carichi concentrati

Per assicurare la stabilità locale dell'anima sotto l'azione di eventuali carichi concentrati non applicati in corrispondenza di un irrigidimento trasversale, devono essere verificate le limitazioni contenute ai punti 4.7.2.1. e 4.7.2.2.

4.7.2.1. - Elementi inflessi dotati di anima poco efficacemente impedita alla rotazione nelle sezioni di estremità (profilati a C e a Z).

4.7.2.1.1. - Nel caso di carichi concentrati applicati alle estremità della trave, deve risultare verificata la limitazione:

$$P \leq 7,03 s^2 \left(980 + 42 \frac{c}{s} - 0,22 \frac{c}{s} \frac{h}{s} - 0,11 \frac{h}{s} \right) \left(1,15 - 0,15 \frac{r}{s} \right) \left(1,33 - 0,33 \frac{\sigma_{am}}{14,5} \right) \frac{\sigma_{am}}{14,5}$$

dove: P è il carico applicato, in kg;

c è la lunghezza, in cm, del tratto sul quale è applicato il carico P;

σ_{am} è la tensione ammissibile nel materiale base, espressa in kg/mm², di cui al prospetto 3-VII;

r è il raggio interno del raccordo fra ala e anima, in cm;

h e s sono rispettivamente l'altezza e lo spessore dell'anima, in cm.

4.7.2.1.2. - Se il carico è applicato in una sezione intermedia, vale invece la limitazione:

$$P \leq 7,03 s^2 \left(3\,050 + 23 \frac{c}{s} - 0,09 \frac{c}{s} \frac{h}{s} - 5 \frac{h}{s} \right) \left(1,06 - 0,06 \frac{r}{s} \right) \left(1,22 - 0,22 \frac{\sigma_{am}}{14,5} \right) \frac{\sigma_{am}}{14,5}$$

4.7.2.2. - Elementi inflessi dotati di anima efficacemente impedita alla rotazione nelle sezioni di estremità (profilati a I composti con due profilati a C o un profilato a C e due angolari).

4.7.2.2.1. - Nel caso di carichi concentrati applicati alle estremità della trave, vale la limitazione:

$$P \leq 100 s^2 \sigma_{am} \left(7,4 + 0,93 \sqrt{\frac{c}{s}} \right)$$

4.7.2.2.2. - Se il carico è applicato in una sezione intermedia, deve risultare invece:

$$P \leq 100 s^2 \sigma_{am} \left(11,1 + 2,41 \sqrt{\frac{c}{s}} \right)$$

5. - Regole pratiche di progettazione ed esecuzione

5.1. - Composizione degli elementi strutturali

Vale quanto indicato al punto 5.1. della CNR-UNI 10011-73.

5.2. - Unioni chiodate

Vale quanto indicato al punto 5.2. della CNR-UNI 10011-73, fatta eccezione per i profilati con spessore minore di 3 mm.

Per questi ultimi la chiodatura a caldo o a freddo non è consentita al fine della resistenza, a meno che ne sia dimostrata l'idoneità attraverso prove sperimentali.

5.3. - Unioni con bulloni normali

5.3.1. - Vale quanto indicato al punto 5.3. della CNR-UNI 10011-73.

5.3.2. - Per i profilati di spessore minore di 3 mm la bullonatura con bulloni di diametro minore di quello indicato al punto 5.3.2. della CNR-UNI 10011-73 è ammessa purché ne sia dimostrata l'idoneità a mezzo di esperienze.

5.4. - Unioni ad attrito

Vale quanto indicato al punto 5.4. della CNR-UNI 10011-73, salvo per i profilati con spessore minore di 3 mm, per i quali non è ammesso questo tipo di unione.

5.5. - Unioni saldate

5.5.1. - Unioni saldate per fusione

Vale quanto indicato al punto 5.5. della CNR-UNI 10011-73.

Il punto 5.5.4. della CNR-UNI 10011-73 non si applica per spessori minori di 3 mm.

5.5.2. - Unioni saldate a resistenza per punti

Devono essere seguite le seguenti regole di proporzionamento.

Il passo minimo di una fila di punti non deve essere minore di

$$10s + 10 \quad \text{per } s \geq 1 \text{ mm}$$

$$18s + 2 \quad \text{per } s < 1 \text{ mm}$$

dove s è lo spessore minimo dei pezzi da saldare in mm.

La distanza minima del centro di un punto dal bordo deve essere non minore di

$$3s + 4$$

Per elementi strutturali soggetti a compressione il passo deve risultare pari al minimo anzidetto.

Per elementi soggetti a trazione il passo non deve superare 24 s , salvo nella fila di punti più vicina al bordo per la quale il passo non deve eccedere il minimo sopraindicato. Se invece che a catena i punti sono disposti a scacchiera ed il passo non eccede 18 s , la fila vicina al bordo può mantenere lo stesso passo.

5.6. - Travi a parete piena e reticolari

Vale quanto indicato ai punti 5.6.1. e 5.6.2. della CNR-UNI 10011-73.

5.7. - Piastre ed apparecchi di appoggio

Vale quanto indicato al punto 5.7. della CNR-UNI 10011-73.

5.8. - *Marcatura dei materiali*

5.8.1. - Tutti i prodotti di laminazione a piazzale devono essere contraddistinti con vernice gialla, se si tratta di acciaio tipo S, con vernice rossa, se di tipo 1 e 1S, e con vernice azzurra, se di tipo 2 e 2S.

5.8.2. - Nelle officine e nei cantieri, i luoghi di deposito dei materiali dei cinque tipi devono essere possibilmente separati.

5.8.3. - Per quanto riguarda i chiodi ed i bulloni ad alta resistenza valgono le prescrizioni del punto 5.12.1.

5.9. - *Raddrizzamento*

Vale quanto indicato al punto 5.9. della CNR-UNI 10011-73.

5.10. - *Tagli e finitura*

Vale quanto indicato ai punti 5.10.1., 5.10.2. e 5.10.4. della CNR-UNI 10011-73.

5.11. - *Forature*

Vale quanto indicato ai punti 5.11.1., 5.11.2., 5.11.3., 5.11.4., 5.11.6., 5.11.7. e 5.11.8. della CNR-UNI 10011-73, fatta eccezione per i profilati con spessore minore di 3 mm per i quali è comunque ammessa la punzonatura.

5.12. - *Modalità esecutive per le unioni*

5.12.1. - Vale quanto indicato al punto 5.12. della CNR-UNI 10011-73.

5.12.2. - *Unioni saldate a resistenza per punti*

Gli elementi destinati ad essere fra di loro saldati per punti devono avere le parti destinate a ricevere i punti di saldatura facilmente accostabili fra di loro in modo che si possa avere un buon contatto all'atto della saldatura. In caso di accostamenti difficili devono essere opportunamente studiate le varie fasi della realizzazione del punto per ottenere dei punti accettabili.

Le superficie da saldare devono essere esenti da pittura, da ruggine o da calamina; un sottile strato di calamina può tuttavia essere accettato purché in relazione si regolino bene le fasi del ciclo di saldatura.

È comunque meglio sabbicare le superficie, nel qual caso è raccomandato l'uso di graniglia metallica perché la sabbia silicea può lasciare dei residui isolanti.

Qualora si vogliono proteggere le parti a contatto nelle zone di saldatura mediante verniciatura, questa deve essere effettuata in ciclo immediato prima della saldatura.

Gli elettrodi devono essere cambiati quando la punta troncoconica di essi, deformandosi progressivamente nel corso del lavoro, ha raggiunto un diametro maggiore di 1,25 volte il diametro originale.

5.13. - *Montaggio*

Vale quanto indicato al punto 5.14. della CNR-UNI 10011-73

5.14. - *Verniciatura e zincatura*

5.14.1. - Vale quanto indicato al punto 5.15.1. della CNR-UNI 10011-73.

5.14.2. - *Protezione contro la corrosione*

La presente norma è basata sull'assunto che per gli elementi strutturali e per le singole membrature (aste) di spessore minore di 3 mm il progettista abbia preso adeguati provvedimenti nei riguardi della corrosione. Tali provvedimenti devono essere precisati sui disegni costruttivi.

5.15. - *Sigillatura delle piastre di base*

Vale quanto indicato al punto 5.16. della CNR-UNI 10011-73.

6. - *Redazione del progetto, collaudo, sorveglianza e manutenzione*

Vale quanto indicato al punto 6. della CNR-UNI 10011-73.

Le presenti istruzioni sono state elaborate dalla Commissione di studio per le norme sulle costruzioni in acciaio, costituita con decreti del Presidente del CNR del 18 gennaio 1973 n. 3433 e del 15 gennaio 1974 n. 3798, così composta:

DONATO prof. Letterio	— Ordinario f.r. di tecnica delle costruzioni, Università di Pisa
BALDACCI prof. Riccardo	— Ordinario di scienza delle costruzioni, Università di Genova
BALLIO prof. Giulio	— Istituto di scienza e tecnica delle costruzioni, Politecnico di Milano
BIANCHI ing. Alberto	— Presidente, I sezione Consiglio superiore LL.PP., in rappresentanza del Ministero dei lavori pubblici
BIANCHI DI CASTELBIANCO ing. Franco	— Società Anonima Elettificazione, Milano
BROZZU prof. Mario	— Ordinario di scienza delle costruzioni, Università di Cagliari
GERADINI prof. Giulio	— Ordinario di scienza delle costruzioni, Università di Roma
CESTELLI GUIDI prof. Carlo	— Ordinario di tecnologia dei materiali e tecnica delle costruzioni, Università di Roma
DANIELI ing. Dario	— Direttore tecnico, Costruzioni Metalliche Finsider S.p.A., in rappresentanza della Società stessa
DE MIRANDA prof. Fabrizio	— Docente di tecnica delle costruzioni, Politecnico di Milano
FINZI prof. Leo	— Ordinario di scienza delle costruzioni, Politecnico di Milano
FINZI ing. Massimo	— Società Anonima Elettificazione, Milano, in rappresentanza del Collegio dei tecnici dell'acciaio
GIANGRECO prof. Elio	— Ordinario di tecnica delle costruzioni, Università di Napoli

GIUSTINIANI ing. Piero	— Presidente, « U.N.I. », Milano
GUERRERA ing. Ugo	— Vicepresidente, Istituto italiano della saldatura, Genova, in rappresentanza dell'Istituto medesimo
INGA ing. Lorenzo	— Direttore, Costruzioni Metalliche Finsider S.p.A., in rappresentanza dell'U.N.I.
MAGENTA ing. Giorgio	— Società Anonima Elettificazione, Milano, in rappresentanza dell'ACAI
MASI ing. Fausto	— Libero professionista, Roma
MATILDI prof. Pietro	— Ordinario di scienza delle costruzioni, Università di Bologna
MELE ing. Michele	— Istituto di scienza delle costruzioni, Università di Trieste
MONTEBRUNO ing. Enrico	— Ispettore Generale, Genio Civile, Segretario generale servizio tecnico centrale, Ministero dei lavori pubblici, Roma
NEGRI ing. Giampaolo	— Dirigente, « Franco Tosi », S.p.A., Legnano, in rappresentanza della Società medesima
PARIS prof. Luigi	— Direttore, Centro studi e progetti dell'ENEL, in rappresentanza dell'Ente medesimo
SANPAOLESI DE FALENA prof. Luca	— Ordinario di scienza delle costruzioni, Accademia Navale, Livorno
TREMI dott. Cesare	— Dirigente della Italsider S.p.A., in rappresentanza dell'« ASSIDER », Milano
VENANZI ing. Umberto	— Direttore, Centro carpenteria « DALMI-NE » S.p.A., Milano
ZACCARIA ing. Mario	— Dirigente generale Serv. Lav. e Costruzioni, Azienda Autonoma Ferrovie dello Stato, Roma

In qualità di esperti hanno collaborato con la Commissione:

CASTELLANI prof. Alberto	— Istituto scienza delle costruzioni, Politecnico di Milano
CAVALLAZZI ing. Achille	— « ZERBINATI », S.p.A., Milano
CHIERICHETTI ing. Gianfranco	— Officine di Costamasnaga, Costamasnaga
FELIZIANI ing. Renato	— Ministero dei trasporti e dell'aviazione civile, Servizio impianti elettrici, Roma
LEPORATI ing. Ezio	— Istituto scienza delle costruzioni, Politecnico di Torino
LURASCHI ing. Aldo	— « ZERBINATI », S.p.A., Milano
MAIA prof. Silvio	— « CERETTI & TANFANI », Milano
MACCHI prof. Giorgio	— Istituto scienza delle costruzioni, Ist. univ. architettura, Venezia
MANUZIO ing. Caterina	— « ENEL », Milano
PISTONE ing. Giovanni	— « ANTONIO BADONI », S.p.A., Lecco
ZINNO ing. Oscar	— Costruzioni metalliche industriali, Genova-Fegino

BOLLETTINO UFFICIALE DEL C.N.R.

Condizioni di abbonamento per il 1977

(Parte I: Ordinamento - Parte II: Personale - Concorsi)
(Parte III: Borse di studio e di addestramento - Concorsi)
(Parte V: Attività di ricerca)

La Parte IV (Norme tecniche) non è compresa nelle condizioni di abbonamento, poichè i fascicoli vengono pubblicati saltuariamente e coloro che ne hanno interesse devono acquistarli di volta in volta. Della pubblicazione di tali fascicoli viene data notizia in fogli volanti inseriti nel « Bollettino Ufficiale del CNR »

Prezzo di un abbonamento annuo della Parte I L. 7.000

Prezzo di un abbonamento annuo della Parte II » 7.000

Prezzo di un abbonamento annuo della Parte III » 7.000

Prezzo di un abbonamento annuo della Parte V » 7.000

Prezzo di un abbonamento annuo cumulativo

(Parte I, II, III e V) » 23.000

Per le librerie il CNR applica lo sconto del 40 %. Tale sconto non è applicato sul prezzo di abbonamento annuo cumulativo.

Gli abbonamenti hanno decorrenza dal 1° gennaio e scadono il 31 dicembre.

L'importo deve essere versato in via anticipata esclusivamente sul c.c.p. automatizzato n. 25319005, intestato al Consiglio Nazionale delle Ricerche, Piazzale delle Scienze 7, Roma.

I fascicoli eventualmente disguidati vengono rispediti a titolo gratuito, compatibilmente con l'esistenza delle relative scorte, purché reclamati entro 30 giorni dalla data della loro pubblicazione.

THE
LIBRARY OF THE
MUSEUM OF NATURAL HISTORY
LONDON

PLANTAE
INDIAE
ORIENTALIS
HOLLANDICAE
VOL. I.

1825

PLANTAE
INDIAE
ORIENTALIS
HOLLANDICAE
VOL. I.