



Vincenzo Calvo – Elisabetta Scalora

Solai e coperture in acciaio

CALCOLO E VERIFICA AGLI STATI LIMITE CON IL SOFTWARE “COACC”

- Solai piani e inclinati
- Solai con tavelloni e soletta collaborante
- Verifica a flessione retta – SLU
- Verifica a flessione deviata – SLU
- Verifica a taglio – SLU
- Verifica di deformazione per effetto degli spostamenti verticali – SLE
- Relazione di calcolo
- Computo del materiale

SECONDA EDIZIONE

AGGIORNATA ALLE NTC 2018 DI CUI AL D.M. 17 GENNAIO 2018
E ALLA CIRCOLARE APPLICATIVA N. 7 DEL 21 GENNAIO 2019

SOFTWARE INCLUSO

CALCOLO E VERIFICA DI SOLAI E COPERTURE IN ACCIAIO CON IL SOFTWARE “COACC”

Glossario (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),
Test iniziale (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)

Vincenzo Calvo, Elisabetta Scalora
SOLAI E COPERTURE IN ACCIAIO

Ed. II (10-2019)

ISBN 13 978-88-277-0088-4
EAN 9 788827 700884

Collana **Software** (125)

Calvo, Vincenzo <1978->
Solai e coperture in acciaio: calcolo e verifica agli stati limite
con il software "CoAcc" / Vincenzo Calvo, Elisabetta Scalora.
– 2. ed. – Palermo : Grafill, 2019.
(Software ; 125)
ISBN 978-88-277-0088-4
1. Coperture [e] Solai in acciaio. I. Scalora, Elisabetta <1981->.
624.1821 CDD-23 SBN Pa0320838
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



Pronto GRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare nel mese di ottobre 2019
presso **Tipografia Luxograph S.r.l.** Piazza Bartolomeo Da Messina, 2 – 90142 Palermo

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	p.	7
1. L'ACCIAIO	"	9
1.1. Prodotti siderurgici	"	9
1.2. Profilati metallici.....	"	11
1.2.1. Sezioni a doppio T	"	11
1.2.2. Sezioni a C	"	12
1.2.3. Sezioni a L.....	"	12
1.3. Imperfezioni.....	"	12
1.3.1. Imperfezioni meccaniche	"	12
1.3.2. Imperfezioni geometriche	"	12
1.4. Prove meccaniche sull'acciaio.....	"	13
1.4.1. Prova di trazione	"	13
1.4.2. Prova di compressione globale	"	14
1.4.3. Prova di resilienza.....	"	14
1.4.4. Prova di piegamento.....	"	15
1.4.5. Prova di durezza.....	"	15
1.4.6. Prova a fatica.....	"	15
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	"	16
2.1. Normativa europea.....	"	16
2.2. Normativa italiana.....	"	16
3. STATI LIMITE	"	21
3.1. Introduzione	"	21
3.2. Stati Limite Ultimi (SLU).....	"	22
3.3. Stati Limite di Esercizio (SLE).....	"	23
3.4. Sicurezza antincendio	"	23
3.5. Durabilità	"	23
3.6. Robustezza	"	24
3.7. Verifiche.....	"	24
4. AZIONI E CARICHI SULLE COSTRUZIONI	"	26
4.1. La classificazione delle azioni	"	26
4.2. La caratterizzazione delle azioni elementari.....	"	27

4.3.	Le combinazioni delle azioni	p.	28
4.4.	Pesi propri dei materiali strutturali	"	30
4.5.	I carichi permanenti non strutturali	"	31
4.6.	Sovraccarichi (carichi variabili)	"	32
4.6.1.	Sovraccarichi verticali uniformemente distribuiti	"	34
4.6.2.	Sovraccarichi verticali concentrati	"	35
4.6.3.	Sovraccarichi orizzontali lineari	"	35
5.	AZIONE DELLA NEVE	"	36
5.1.	Coefficiente di forma per le coperture	"	36
5.1.1.	Copertura ad una falda	"	37
5.1.2.	Copertura a due falde	"	37
5.2.	Coefficiente di esposizione	"	37
5.3.	Coefficiente termico	"	38
5.4.	Valore caratteristico del carico della neve al suolo	"	38
6.	AZIONE DEL VENTO	"	40
6.1.	Velocità base di riferimento	"	40
6.2.	Velocità di riferimento	"	42
6.3.	Pressione del vento	"	43
6.4.	Azione tangente del vento	"	43
6.5.	Pressione cinetica di riferimento	"	43
6.6.	Coefficiente di esposizione	"	43
6.7.	Coefficiente aerodinamico	"	45
6.8.	Coefficiente dinamico	"	46
6.9.	Avvertenze progettuali	"	46
7.	COSTRUZIONI ESISTENTI	"	47
7.1.	Criteri generali	"	49
7.2.	Valutazione della sicurezza per le costruzioni esistenti	"	50
7.3.	Classificazione degli interventi	"	53
7.3.1.	Riparazione o intervento locale	"	53
7.3.2.	Intervento di miglioramento	"	54
7.3.3.	Intervento di adeguamento	"	55
7.4.	Procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti	"	56
7.4.1.	Analisi storico-critica	"	57
7.4.2.	Rilievo	"	58
7.4.3.	Caratterizzazione meccanica dei materiali	"	59
7.4.4.	Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	"	60
7.4.5.	Azioni	"	62
7.5.	Materiali	"	62
7.6.	Progettazione degli interventi in presenza di azioni sismiche	"	62
7.6.1.	Costruzioni in muratura	"	62
7.6.2.	Costruzioni in cemento armato o in acciaio	"	63

7.6.3.	Costruzioni miste	p.	64
7.6.4.	Criteri e tipi di intervento	"	64
7.6.5.	Elaborati del progetto dell'intervento	"	66
8.	ANALISI STRUTTURALE		
	DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO	"	67
8.1.	Classificazione delle sezioni	"	67
8.2.	Capacità resistente delle sezioni	"	70
8.3.	Metodi di analisi globale	"	70
8.4.	Effetti delle deformazioni	"	71
8.5.	Effetti delle imperfezioni	"	71
9.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	"	73
9.1.	Resistenza di calcolo delle membrature	"	73
9.1.1.	La resistenza di calcolo a trazione	"	74
9.2.	Resistenza di progetto a trazione	"	75
9.3.	Resistenza di progetto a compressione	"	75
9.4.	Resistenza di progetto a flessione retta	"	76
9.5.	Resistenza di progetto a taglio	"	76
9.6.	Resistenza di progetto a torsione	"	78
9.7.	Resistenza di progetto a flessione e taglio	"	78
9.8.	Resistenza di progetto a presso o tensoflessione retta	"	79
9.9.	Resistenza di progetto a presso o tensoflessione biassiale	"	80
9.10.	Resistenza di progetto a flessione, taglio e sforzo assiale	"	80
9.11.	Stabilità delle membrature – aste compresse	"	81
9.12.	Stabilità delle travi inflesse	"	83
10.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	"	85
10.1.	Spostamenti verticali	"	85
10.2.	Spostamenti laterali	"	86
11.	I SOLAI IN ACCIAIO	"	88
11.1.	La modellazione strutturale	"	88
12.	INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE "CoAcc 2019"	"	89
12.1.	Note sul software incluso	"	89
12.2.	Requisiti hardware e software	"	89
12.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione	"	89
12.4.	Installazione ed attivazione del software	"	90
13.	MANUALE D'USO DEL SOFTWARE "CoAcc 2019"	"	91
13.1.	Interfaccia di CoAcc 2019	"	91
13.2.	Menu > File	"	91
13.2.1.	Nuovo	"	91

13.2.2.	Apri	p.	91
13.2.3.	Salva	"	92
13.2.4.	Esci	"	92
13.3.	Menu > Progetto	"	92
13.3.1.	Dati generali	"	93
13.3.2.	Tipo di acciaio	"	93
13.3.3.	Crea profilo	"	93
13.3.4.	Tipo profilo	"	95
13.3.5.	Coefficienti di sicurezza	"	95
13.3.6.	Coefficienti di combinazione	"	96
13.4.	Menu > Dati di calcolo	"	96
13.4.1.	Geometria solaio	"	97
13.4.2.	Analisi dei carichi	"	98
13.5.	Menu > Verifica	"	101
13.6.	Menu > Visualizza	"	107
13.7.	Menu > Genera	"	108
13.7.1.	Computo acciaio a video	"	109
13.7.2.	Relazione di calcolo	"	109
13.8.	Esempio relazione di calcolo di una copertura piana in acciaio	"	109
13.9.	Menu > Test, Faq e Glossario	"	116
13.10.	Menu > Aggiornamenti	"	117
13.11.	Menu > Info e Assistenza	"	117
14.	SAGOMARI	"	118
14.1.	IPE	"	118
14.2.	INP	"	119
14.3.	HEA	"	120
14.4.	HEB	"	121
14.5.	HEM	"	122
14.6.	Tubi in acciaio a sezione quadrata	"	123
14.7.	Tubi in acciaio a sezione rettangolare	"	124
	GLOSSARIO	"	127
	F.A.Q. (domande e risposte sui principali argomenti)	"	129
	TEST INIZIALE (verifica della formazione di base)	"	132
	TEST FINALE (verifica dei concetti analizzati)	"	134
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI	"	136

INTRODUZIONE

Il presente volume tratta il tema delle costruzioni in acciaio, ed in particolare tratta il calcolo e la verifica dei solai in acciaio, ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (di cui al D.M. 17 gennaio 2018) e della relativa Circolare applicativa n. 7 del 21 gennaio 2019.

Il volume è articolato in quattordici capitoli:

- **Capitolo 1:** è dedicato al materiale *acciaio*, ovvero alla sua composizione chimica, ai prodotti siderurgici e alle prove effettuate per la caratterizzazione del materiale.
- **Capitolo 2:** riporta i riferimenti normativi prima e dopo l'entrata in vigore delle NTC 2018 e definisce: il metodo semiprobabilistico agli SLU, gli SLU, gli SLE, la valutazione della sicurezza, la classificazione, la caratterizzazione e le combinazioni delle azioni, i carichi permanenti e variabili che gravano sulla struttura.
- **Capitolo 3:** tratta il tema degli stati limite;
- **Capitoli 4, 5 e 6:** trattano il tema delle azioni e carichi delle costruzioni, dell'azione della neve e dell'azione del vento.
- **Capitolo 7:** tratta il tema delle costruzioni esistenti secondo le norme italiane in vigore.
- **Capitoli 8, 9 e 10:** sono dedicati alle costruzioni in acciaio e alle verifiche da effettuare agli stati limite ultimi e agli stati limite d'esercizio.
- **Capitolo 11:** tratta nello specifico il tema dei solai in acciaio che oggi sono spesso utilizzati in edifici con struttura portante in acciaio o in vecchi edifici come opere di ristrutturazione, proprio per questo, in questo volume, ci si è occupati del modo di intervenire negli edifici esistenti.
- **Capitoli 12 e 13:** riporta le informazioni per la corretta utilizzazione del software allegato per il calcolo dei solai in acciaio.
- **Capitolo 14:** riporta i sagomari dei profilati IPE, HEA, HEB, HEM, tubi in acciaio a sezione quadrata e rettangolare.

Il software incluso «**CoAcc 2019 – Solai e Coperture in Acciaio agli Stati Limite**» consente il calcolo e la verifica di solai in acciaio ad una campata, piani o inclinati, con il metodo degli SLU e degli SLE, ai sensi delle NTC 2018 e della relativa Circolare applicativa n. 7/2019. Il software effettua le verifiche a flessione retta, a flessione deviata e a taglio per gli SLU e le verifiche di deformazione per effetto degli spostamenti verticali per gli SLE. Effettuate le verifiche, il software genera la relazione di calcolo e il computo dell'acciaio, ovvero il numero di profilati necessari per la realizzazione del solaio e il peso totale dell'acciaio in kg.

*Ing. Vincenzo Calvo
Arch. Elisabetta Scalora*

L'ACCIAIO

L'*acciaio* è una lega metallica composta da ferro e carbonio, con una ben definita quantità di carbonio che determina la resistenza, la duttilità e la saldabilità del materiale.

Più precisamente l'acciaio ha un tenore di carbonio inferiore all'1,7%, superata questa soglia la lega ferro-carbonio assume la denominazione di ghisa.

Gli acciai in base al contenuto di carbonio si dividono in:

- *Acciai extra-dolci* (quantità di carbonio inferiore di 0,15%);
- *Acciai dolci* (quantità di carbonio compresa tra 0,15% e 0,25%);
- *Acciai semiduri* (quantità di carbonio compresa tra 0,25% e 0,50%);
- *Acciai duri* (quantità di carbonio compresa tra 0,50% e 0,75%);
- *Acciai durissimi* (quantità di carbonio maggiore di 0,75%).

Il tenore di carbonio influenza le proprietà dell'acciaio, un elevato contenuto di carbonio determina un aumento della resistenza e una diminuzione della duttilità e della saldabilità. Pertanto gli acciai da costruzione e gli acciai da carpenteria hanno un basso tenore di carbonio, compreso tra 0,1% e 0,3%.

Spesso nell'acciaio, oltre al ferro e al carbonio, sono presenti altri elementi che hanno lo scopo di conferire al materiale proprietà particolari:

- aggiungendo il *manganese* ed il *silicio* si ottengono acciai saldabili con elevate caratteristiche meccaniche;
- aggiungendo il *cromo* si aumenta la resistenza meccanica e si riduce la corrosione (acciai inossidabili);
- aggiungendo il *nicel* aumenta la resistenza meccanica e si riduce la deformabilità.

1.1. Prodotti siderurgici

Gli elementi in acciaio, utilizzati nelle costruzioni, sono prodotti mediante processi di laminazione a caldo o di sagomatura a freddo.

Se il rapporto tra la temperatura a cui si sta effettuando la lavorazione e la temperatura di fusione del metallo considerato è maggiore di 0,6 allora la lavorazione è detta «a caldo», se questo rapporto è inferiore di 0,3 la lavorazione è detta «a freddo».

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee armonizzate UNI EN 10025-1 (*Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali condizioni tecniche generali di fornitura*), UNI EN 10210-1 (*Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura*) ed UNI EN 10219-1 (*Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Condizioni tecniche di fornitura*), si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 1.1. Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi (Tab. 4.2.I NTC 2018)

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale «t» dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm < $t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 /NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340

Tabella 1.2. Laminati a caldo con profili a sezione cava (Tab. 4.2.II NTC 2018)

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale «t» dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm < $t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	510	335	490
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	430		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		
S 460 NH/NLH	460	550		

RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1. Normativa europea

Le normative tecniche europee per le costruzioni sono gli Eurocodici che forniscono le regole di calcolo per la progettazione delle strutture (edifici e opere di ingegneria civile) e dei relativi elementi strutturali, nonché le regole per la verifica di conformità dei prodotti strutturali.

Gli Eurocodici contengono le seguenti norme:

- EN 1990: Basi di calcolo (EC 0);
- EN 1991: Azioni sulle costruzioni (EC 1);
- EN 1992: Strutture in cemento armato di sostegno (EC 2);
- EN 1993: Strutture in acciaio (EC 3);
- EN 1994: Strutture in acciaio-calcestruzzo (EC 4);
- EN 1995: Strutture in legno (EC 5);
- EN 1996: Strutture in muratura (EC 6);
- EN 1997: Geotecnica, fondazioni e opere (EC 7);
- EN 1998: Strutture in zona sismica (EC 8);
- EN 1999: Strutture in alluminio (EC 9).

In particolare per le strutture in legno la norma di riferimento è la EN 1995 Parte 1 e 2 (Eurocodice 5), che deve essere integrata con le prescrizioni contenute nell'Eurocodice 8 per la progettazione in zona sismica, dove nella prima parte si trattano gli edifici di nuova costruzione e nella terza l'adeguamento sismico degli edifici esistenti.

L'Eurocodice 5 definisce i criteri per la progettazione, il calcolo ed l'esecuzione delle strutture in legno, relativamente ai requisiti di resistenza meccanica, funzionalità, durabilità e resistenza al fuoco. Si basa sul metodo semiprobabilistico agli stati limite e le verifiche agli stati limite ultimi vanno effettuate in termini di tensioni per le gli elementi strutturali e per le sezioni lignee, e in termini di sforzi per i collegamenti.

Le verifiche agli stati limite di esercizio consistono nelle verifiche di deformabilità degli elementi strutturali, e rappresentano, in special modo per gli orizzontamenti, le verifiche determinanti nel dimensionamento della struttura.

2.2. Normativa italiana

Il quadro normativo di riferimento per le strutture è rappresentato in Italia dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018, pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 42 del 20 febbraio 2018, *Supplemento Ordinario* n. 8, ed in vigore dal 22 marzo 2018. Le Norme Tecniche per le Costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

Esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

L'attuale revisione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) viene alla luce nove anni dopo l'emanazione delle NTC 2008.

Questo lungo lasso di tempo si è reso necessario in considerazione delle importanti novità introdotte dalla precedente normativa, che ha rappresentato un vero e proprio giro di boa rispetto al passato, e per consentire, quindi, ai fruitori di acquisire una consuetudine all'uso e una sensibilità tali da far emergere quegli aspetti meno chiari o controversi che, unitamente al miglioramento delle conoscenze tecniche e scientifiche oltre che all'evoluzione tecnologica, determinano la spinta verso la revisione di un testo normativo.

Pur essendo state apportate numerose e significative modifiche e integrazioni al testo precedente, nell'aggiornare le Norme Tecniche per le Costruzioni non è stato cambiato l'impianto generale e l'articolazione del documento.

Il percorso progettuale, volendolo sintetizzare, può ritenersi articolato nelle fasi della *concezione*, della *verifica*, della *esecuzione* e del *controllo*:

- la *concezione* è tutta e sola appannaggio della creatività, della competenza tecnica e dell'esperienza del singolo progettista; essa ricade nella sua esclusiva responsabilità, certo non può essere normata;
- la *verifica*, la *esecuzione* e il *controllo*, invece, ricadono nella sfera delle attività collettive, assumendo l'aspetto di un contratto sociale, di una convenzione che, pur essendo basata su valutazioni scientifiche, giunge a fissare la frontiera tra lecito e illecito, tra accettato e rifiutato.

La normativa, proprio per il suo carattere eminentemente contrattuale e sociale, non si occupa della *concezione*, ma solo della *verifica*, della *esecuzione* e del *controllo*.

In questo ambito, certamente più ristretto, dello sviluppo progettuale, assumono importanza preminente, per gli obiettivi innanzi dichiarati, il *modello di calcolo* e il *metodo di analisi*, tenendo presente che le costruzioni civili, rispetto ai prodotti industriali, ad esempio, costituiscono sempre «oggetti unici», cioè «prototipi». Per quest'ultimo motivo è utile identificare e riconoscere, da subito, quegli elementi unificanti, validi cioè per ogni costruzione, necessari per l'individuazione del *modello di calcolo* e la scelta del *metodo di analisi*.

Per ogni costruzione civile il confronto tra capacità e domanda, che la valutazione del livello di sicurezza impone, richiede una quantificazione conseguita attraverso il filtro del *modello di calcolo* individuato e del *metodo di analisi* prescelto.

La normativa lascia il *modello di calcolo* alla sostanziale discrezionalità del progettista, con alcune prescrizioni minime ineludibili. Ai fini della modellazione, quanto prescritto dalle NTC 2018 al § 6.2.2 (*Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica*) e al § 7.2.6 (*Criteri di modellazione della struttura e dell'azione sismica*) costituisce certamente un elemento comune a tutte le costruzioni civili.

Passando ai *metodi di analisi*, le revisionate NTC 2018 ne consentono più d'uno; ovviamente si dovrà armonizzare il metodo di analisi con le scelte fatte in sede di modellazione. Ai fini della scelta dei metodi di analisi, quanto prescritto dalle Norme al § 4.1.1 (*Valutazione della sicurezza e metodi di analisi*), al § 6.2.4 (*Verifiche della sicurezza e delle prestazioni*) e al § 7.3 (*Metodi di analisi e criteri di verifica*), costituisce un elemento comune a tutte le costruzioni civili.

STATI LIMITE

3.1. Introduzione

Per stato limite si intende la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati. Nelle NTC 2018 sono normati i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello.

Gli stati limite si basano sul metodo semiprobabilistico in cui la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5% (§ 2.3 NTC 2018).

Secondo quanto indicato nel § 2.1 delle NTC 2018 le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti.

Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)

Capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera.

Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)

Capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio.

Sicurezza antincendio

Capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto.

Durabilità

Capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione.

Robustezza

Capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi.

I materiali ed i prodotti, per poter essere utilizzati nelle opere previste dalle NTC 2018, devono essere sottoposti a procedure e prove sperimentali di accettazione. Le prove e le procedure di accettazione sono definite nelle parti specifiche delle NTC 2018 riguardanti i materiali.

La fornitura di componenti, sistemi o prodotti, impiegati per fini strutturali, deve essere accompagnata da un manuale di installazione e di manutenzione da allegare alla documentazione dell'opera. I componenti, i sistemi e i prodotti edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni di seguito prescritti.

Le azioni da prendere in conto devono essere assunte in accordo con quanto stabilito nei relativi capitoli delle NTC 2018. In mancanza di specifiche indicazioni, si dovrà fare ricorso ad opportune indagini, eventualmente anche sperimentali, o a documenti, normativi e non, di comprovata validità.

3.2. Stati Limite Ultimi (SLU)

Per stato limite ultimo si intende quel valore oltre il quale la struttura crolla; i principali stati limite ultimi (§ 2.2.1 NTC 2018) sono:

- a) perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- b) spostamenti o deformazioni eccessive;
- c) raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- e) raggiungimento di una condizione di cinematiso irreversibile;
- f) raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- g) rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- h) rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- i) instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, come previsto nel § 3.2.1 della NTC 2018, gli stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato limite di salvaguardia della vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- **Stato limite di prevenzione del collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

AZIONI E CARICHI SULLE COSTRUZIONI

4.1. La classificazione delle azioni

Si definisce *azione* ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura. Ai sensi del § 2.5.1 delle NTC2018, le azioni che agiscono sulle strutture sono classificate in base al modo di esplicarsi, secondo la risposta strutturale e secondo la variazione della loro intensità nel tempo.

Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi

- *Dirette*: forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili;
- *Indirette*: spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincoli, ecc.;
- *Degrado*: endogeno (alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale); esogeno (alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni).

Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale

- *Statiche*: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- *Pseudo statiche*: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- *Dinamiche*: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo

- *Azioni permanenti* (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità:
 - peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
 - peso proprio del terreno, quando pertinente;
 - forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G1);
 - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);
 - spostamenti e deformazioni impressi, incluso il ritiro;
 - presollecitazione (P).
- *Azioni variabili* (Q): azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura:
 - sovraccarichi;
 - azioni del vento;

- azioni della neve;
- azioni della temperatura.

Le azioni variabili sono dette di lunga durata se agiscono con un'intensità significativa, anche non continuamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura. Sono dette di breve durata se agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura. A seconda del sito ove sorge la costruzione, una medesima azione climatica può essere di lunga o di breve durata.

- *Azioni eccezionali (A)*: azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura:
 - incendi;
 - esplosioni;
 - urti ed impatti;
- *Azioni sismiche (E)*: azioni derivanti dai terremoti.

Quando rilevante, nella valutazione dell'effetto delle azioni è necessario tenere conto del comportamento dipendente dal tempo dei materiali, come per la viscosità.

4.2. La caratterizzazione delle azioni elementari

Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , come indicato nel § 2.3 delle NTC 2018. In accordo con le definizioni indicate nelle NTC 2018, il valore caratteristico G_k di azioni permanenti caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10 si può assumere coincidente con il valore medio.

Nel caso di azioni variabili caratterizzate da distribuzioni dei valori estremi dipendenti dal tempo, si assume come valore caratteristico quello caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno. Per le azioni ambientali (neve, vento, temperatura) il periodo di ritorno è posto uguale a 50 anni, corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 2% su base annua; per le azioni da traffico sui ponti stradali il periodo di ritorno è convenzionalmente assunto pari a 1.000 anni.

Nella definizione delle combinazioni delle azioni, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili di diversa natura che possono agire contemporaneamente: Q_{k1} rappresenta l'azione variabile di base e Q_{k2}, Q_{k3}, \dots le azioni variabili d'accompagnamento, che possono agire contemporaneamente a quella di base.

Con riferimento alla durata dei livelli di intensità di un'azione variabile, si definiscono:

- *Valore quasi permanente* $\psi_{2j} \cdot Q_{kj}$: il valore istantaneo superato oltre il 50% del tempo nel periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale alla media della distribuzione temporale dell'intensità.
- *Valore frequente* $\psi_{1j} \cdot Q_{kj}$: il valore superato per un periodo totale di tempo che rappresenti una piccola frazione del periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità.
- *Valore di combinazione* $\psi_{0j} \cdot Q_{kj}$: il valore tale che la probabilità di superamento degli effetti causati dalla concomitanza con altre azioni sia circa la stessa di quella associata al valore caratteristico di una singola azione.

Nel caso in cui la caratterizzazione probabilistica dell'azione considerata non sia disponibile, ad essa può essere attribuito il valore nominale. Nel seguito sono indicati con pedice k i valori caratteristici; senza pedice k i valori nominali.

AZIONE DELLA NEVE

Nel passaggio dalle NTC 2008 alle NTC 2018 si conserva la suddivisione del territorio nazionale in tre zone (viene anche confermata la suddivisione della zona I in due sottozone: alpina e mediterranea) che conservano immutato sia i valori al suolo, sia l'incremento degli stessi con l'altitudine. Vengono però spostate 5 provincie dalla zona III alla zona II ed introdotte 3 provincie di nuova creazione (1 in zona I e 2 in zona II). Nelle NTC 2018 vengono anche introdotti i periodi di ritorno da adottare per le fasi transitorie compresi fra 1 e 3 mesi ovvero fra 3 mesi ed 1 anno.

Il carico provocato dalla neve sulle coperture deve essere valutato mediante la seguente espressione (§ 3.4.1 NTC 2018):

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura (Tab. 3.4.II NTC 2018);
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [KN/m²];
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

5.1. Coefficiente di forma per le coperture

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione. In assenza di dati suffragati da opportuna documentazione, i valori nominali del coefficiente di forma μ_1 delle coperture, ad una o a due falde, possono essere ricavati dalla tabella 5.1, essendo α (in gradi sessagesimali) l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

Tabella 5.1. Valori del coefficiente di forma (Tab. 3.4.II NTC 2018)

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Si assume che alla neve non sia impedito di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α . Per coperture a più falde, per

coperture con forme diverse, così come per coperture contigue a edifici più alti o per accumulo di neve contro parapetti o più in generale per altre situazioni ritenute significative dal progettista si deve fare riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

5.1.1. Copertura ad una falda

Nel caso di coperture ad una falda si deve considerare la condizione di carico di figura 5.1.

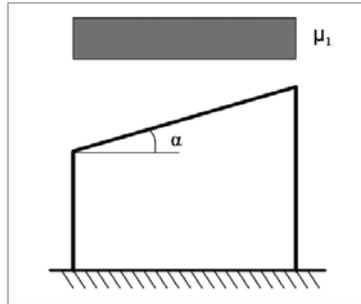


Figura 5.1. Condizione di carico per coperture ad una falda

5.1.2. Copertura a due falde

Nel caso di coperture a due falde, si devono considerare le tre condizioni di carico alternative, denominate *Caso I*, *Caso II* e *Caso III* indicate nella figura 5.2.

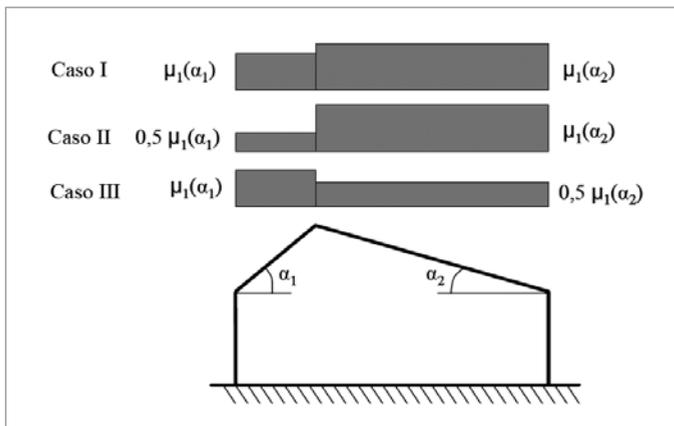


Figura 5.2. Condizioni di carico per coperture a due falde

5.2. Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera.

Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella tabella 5.2. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$ (§ 3.4.4 NTC 2018).

AZIONE DEL VENTO

Il vento esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando effetti dinamici. Generalmente la direzione dell'azione si considera orizzontale.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti.

Per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte (§ 3.3.3 NTC 2018).

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento. Nel caso di costruzioni di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento.

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione; in casi particolari, come ad esempio per le torri a base quadrata o rettangolare, si deve considerare anche l'ipotesi di vento spirante secondo la direzione di una delle diagonali.

6.1. Velocità base di riferimento

La velocità di riferimento v_b è definita, nel § 3.3.1 delle NTC 2018, come il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (*cf.* Tab. 3.3.II NTC 2018), riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I delle NTC 2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione (*cf.* Fig. 3.3.1 NTC 2018 di seguito riportata);
- c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1.500 \text{ m}$$

dove:

- a_0 , k_s sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I delle NTC2018 in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1 NTC2018);
- a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

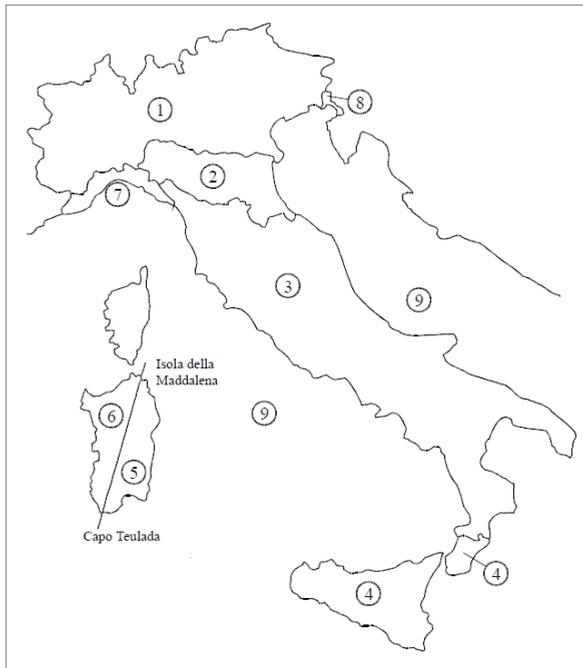


Figura 6.1. Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano (Fig. 3.3.1 NTC2018)

Tabella 6.1. Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_a (Tab. 3.3.I NTC2018)

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [l/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1.000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36

[segue]

COSTRUZIONI ESISTENTI

Si definisce «*costruzione esistente*» quella costruzione che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto, la struttura completamente realizzata.

Qualora la costruzione non sia totalmente completata, occorre identificare le situazioni in cui la struttura può considerarsi completamente realizzata. In questa fattispecie, secondo quanto indicato nel § 8.1 della Circolare applicativa alle NTC 2018, con l'espressione *struttura completamente realizzata* può intendersi una struttura per la quale, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, sia stato redatto il certificato di collaudo statico ai sensi delle Norme Tecniche vigenti all'epoca della costruzione; se all'epoca della costruzione l'obbligo del collaudo statico non sussisteva, devono essere state almeno interamente realizzate le strutture e i muri portanti e le strutture degli orizzontamenti e delle coperture.

Per gli interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità sismica dei beni del patrimonio culturale vincolato, il riferimento normativo, nelle more dell'emanazione di ulteriori disposizioni, è costituito dal D.P.C.M. 9 febbraio 2011 «*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*». Tale direttiva, in considerazione della specificità e articolazione del contenuto nonché delle caratteristiche del patrimonio storico edilizio italiano, è adottabile come riferimento per le costruzioni che comunque abbiano una valenza storica, artistica o urbanistico-ambientale, anche se non esplicitamente vincolate, fatto salvo quanto previsto al § 8.4 delle NTC 2018.

Per edifici in muratura con struttura completamente realizzata si intende quella per cui, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, sia stato redatto il certificato di collaudo statico ai sensi del Capitolo 4 del D.M. 20 novembre 1987 o ai sensi delle NTC 2018.

Il Capitolo 8 della Circolare applicativa alle NTC 2018 tratta della sicurezza delle costruzioni esistenti, che in Italia è un problema di fondamentale importanza, da un lato per l'elevata vulnerabilità, soprattutto rispetto alle azioni sismiche, dall'altro per il valore storico-architettonico-artistico-ambientale di gran parte del patrimonio edilizio esistente. A ciò si aggiunge la notevole varietà di tipologie e sub-tipologie strutturali, quali, ad esempio nell'ambito delle strutture murarie, quelle che scaturiscono dalle diversificazioni delle caratteristiche dell'apparecchio murario e degli orizzontamenti, e dalla presenza di catene, tiranti ed altri dispositivi di collegamento.

Ne deriva una particolare complessità delle problematiche coinvolte ed una difficile standardizzazione dei metodi di verifica e di progetto e dell'uso delle numerose tecnologie di intervento tradizionali e moderne oggi disponibili. Per questo, più che nelle altre parti delle NTC 2018, è stato seguito un approccio prestazionale, con l'adozione di poche regole di carattere generale ed alcune indicazioni importanti per la correttezza delle diverse fasi di analisi, progettazione, esecuzione.

Le costruzioni «*esistenti*» cui si applicano le norme contenute nel Capitolo in questione sono quelle la cui struttura sia completamente realizzata alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento.

Vengono introdotti, fra gli altri, i concetti di livello di conoscenza (relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali) e fattore di confidenza (che modificano i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza).

Si definiscono le situazioni nelle quali è necessario effettuare la valutazione della sicurezza, che, per le costruzioni esistenti, potrà essere eseguita con riferimento ai soli Stati limite ultimi. In particolare si prevede che la valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano interventi strutturali e dovrà determinare il livello di sicurezza della costruzione prima e dopo l'intervento.

Il Progettista dovrà esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza già presenti e quelli raggiunti con l'intervento, nonché le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

Sono individuate tre categorie di intervento:

- 1) adeguamento;
- 2) miglioramento;
- 3) riparazione,

stabilendo altresì le condizioni per le quali si rende necessario l'intervento di adeguamento e l'obbligatorietà del collaudo statico, sia per gli interventi di adeguamento che per quelli di miglioramento.

Vengono definiti alcuni passaggi fondamentali delle procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti, individuati nell'analisi storico-critica, nel rilievo geometrico-strutturale, nella caratterizzazione meccanica dei materiali, nella definizione dei livelli di conoscenza e dei conseguenti fattori di confidenza, nella definizione delle azioni e nella relativa analisi strutturale.

Si definiscono poi i criteri di utilizzazione dei materiali, tradizionali e non, per la riparazione ed il rafforzamento delle strutture.

Un'attenzione particolare è dedicata agli specifici aspetti della valutazione e progettazione in presenza di azioni sismiche, evidenziando le peculiarità delle costruzioni in muratura rispetto a quelle delle costruzioni in c.a. e in acciaio e a quelle miste.

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti in muratura, si distingue fra meccanismi di collasso locali e meccanismi d'insieme, stabilendo che la sicurezza della costruzione deve essere valutata nei confronti di entrambi. Per le tipologie in aggregato, particolarmente frequenti nei centri storici, sono definiti i criteri per l'individuazione delle unità strutturali analizzabili separatamente e per la loro analisi strutturale, tenuto conto della complessità del comportamento, delle inevitabili interazioni con unità strutturali adiacenti e delle possibili semplificazioni apportabili al calcolo.

Per quanto riguarda le costruzioni esistenti in c.a. e in acciaio, è evidenziato come in esse possa essere attivata la capacità di elementi con meccanismi resistenti sia *duttili* che *fragili*; a tale riguardo, l'analisi sismica globale deve utilizzare, per quanto possibile, metodi di analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza che la duttilità disponibile, tenendo conto della possibilità di sviluppo di entrambi i tipi di meccanismo e adottando parametri di capacità dei materiali diversificati a seconda del tipo di meccanismo.

ANALISI STRUTTURALE DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO

Il metodo di analisi deve essere coerente con le ipotesi di progetto. L'analisi deve essere basata su modelli strutturali di calcolo appropriati, a seconda dello stato limite considerato.

Le ipotesi scelte ed il modello di calcolo adottato devono essere in grado di riprodurre il comportamento globale della struttura e quello locale delle sezioni adottate, degli elementi strutturali, dei collegamenti e degli appoggi. Nell'analisi globale della struttura, in quella dei sistemi di controvento e nel calcolo delle membrature si deve tener conto delle imperfezioni geometriche e strutturali di cui al § 4.2.3.5 delle NTC 2008.

8.1. Classificazione delle sezioni

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale C_θ (§ 4.2.3.1 NTC 2018) definita come:

$$C_\theta = \frac{\vartheta_x}{\vartheta_y} - 1$$

essendo ϑ_x e ϑ_y le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento.

La classificazione delle sezioni trasversali degli elementi strutturali si effettua in funzione della loro capacità di deformarsi in campo plastico ed è possibile distinguere le seguenti classi di sezioni:

- *classe 1* se la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico (descritto nel § 4.2.3.2 delle NTC 2018) senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta \geq 3$;
- *classe 2* se la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta \geq 1,5$;
- *classe 3* se nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;
- *classe 4* se, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una *sezione efficace*.

Le sezioni di classe 1 si definiscono duttili, quelle di classe 2 compatte, quelle di classe 3 semicompatte e quelle di classe 4 snelle.

Per i casi più comuni delle forme delle sezioni e delle modalità di sollecitazione, le seguenti Tabelle 4.2.III, 4.2.IV e 4.2.V, delle NTC 2018, forniscono indicazioni per la classificazione delle sezioni.

La classe di una sezione composta corrisponde al valore di classe più alto tra quelli dei suoi elementi componenti.

		Parti interne compresse				
		Inflessione intorno all'asse		Inflessione intorno all'asse		
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72e$	$c/t \leq 33e$	quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{396e}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{36e}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83e$	$c/t \leq 38e$	quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{456e}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{41,5e}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124e$	$c/t \leq 42e$	quando $\psi > -1 : c/t \leq \frac{42e}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1 : c/t \leq 62e(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y > f_{yk}/E$

Figura 8.1. Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse (Tab. 4.2.I NTC 2018)

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Gli *Stati Limite Ultimi* da verificare (§ 4.2.2.1 NTC 2018), ove necessario, sono:

- *Stato limite di equilibrio*, al fine di controllare l'equilibrio globale della struttura e delle sue parti durante tutta la vita nominale comprese le fasi di costruzione e di riparazione.
- *Stato limite di collasso*, corrispondente al raggiungimento della tensione di snervamento oppure delle deformazioni ultime del materiale e quindi della crisi o eccessiva deformazione di una sezione, di una membratura o di un collegamento (escludendo fenomeni di fatica), o alla formazione di un meccanismo di collasso, o all'instaurarsi di fenomeni di instabilità dell'equilibrio negli elementi componenti o nella struttura nel suo insieme, considerando anche fenomeni locali d'instabilità dei quali si possa tener conto eventualmente con riduzione delle aree delle sezioni resistenti.
- *Stato limite di fatica*, controllando le variazioni tensionali indotte dai carichi ripetuti in relazione alle caratteristiche dei dettagli strutturali interessati.

Per strutture o situazioni particolari, può essere necessario considerare altri stati limite ultimi.

9.1. Resistenza di calcolo delle membrature

La resistenza di calcolo delle membrature R_d è calcolata mediante la seguente espressione (§ 4.2.4.1.1 NTC 2018):

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

dove:

- R_k è il valore caratteristico della resistenza – trazione, compressione, flessione, taglio e torsione – della membratura, determinata dai valori caratteristici delle resistenze dei materiali f_{yk} e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione;
- γ_M è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato.

Nel caso in cui si abbiano elementi con sezioni di classe 4 può farsi riferimento alle caratteristiche geometriche *efficaci*, area efficace A_{eff} , modulo di resistenza efficace W_{eff} , modulo di inerzia efficace J_{eff} , valutati seguendo il procedimento indicato in UNI EN 1993-1-5.

Nel caso di elementi strutturali formati a freddo e lamiera sottili, per valutare le caratteristiche *efficaci* si può fare riferimento a quanto indicato in UNI EN 1993-1-3. In alternativa al metodo delle caratteristiche geometriche efficaci si potrà utilizzare il metodo delle tensioni ridotte, indicato in UNI EN 1993-1-5.

Per le verifiche di resistenza delle sezioni delle membrature, con riferimento ai modelli di resistenza esposti nella presente normativa ed utilizzando acciai dal grado S235 al grado S460 di cui al § 11.3 delle NTC, si adottano i fattori parziali γ_{M0} e γ_{M2} indicati nella Tab. 4.2.VII delle NTC 2018. Il coefficiente di sicurezza γ_{M2} , in particolare, deve essere impiegato qualora si eseguano verifiche di elementi tesi nelle zone di unione delle membrature indebolite dai fori.

Per valutare la stabilità degli elementi strutturali compressi, inflessi e presso-inflessi, si utilizza il coefficiente parziale di sicurezza γ_{M1} indicato nella seguente tabella.

Tabella 9.1. Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità (Tab. 4.2.VII NTC 2018)

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

9.1.1. La resistenza di calcolo a trazione

Per la verifica delle travi la resistenza di progetto da considerare dipende dalla classificazione delle sezioni.

La verifica in campo elastico è ammessa per tutti i tipi di sezione, con l'avvertenza di tener conto degli effetti di instabilità locale per le sezioni di classe 4.

Le verifiche in campo elastico, per gli stati di sforzo piani tipici delle travi, si eseguono con riferimento al seguente criterio:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq \left(\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \right)^2$$

dove:

- $\sigma_{x,Ed}$ è il valore di progetto della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione parallela all'asse della membratura;
- $\sigma_{z,Ed}$ è il valore di progetto della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione ortogonale all'asse della membratura;
- τ_{Ed} è il valore di progetto della tensione tangenziale nel punto in esame, agente nel piano della sezione della membratura.

La verifica in campo plastico richiede che si determini una distribuzione di tensioni interne *staticamente ammissibile*, cioè in equilibrio con le sollecitazioni applicate (N, M, T, ecc.) e rispettosa della condizione di plasticità.

I modelli resistenti esposti nei paragrafi che seguono definiscono la resistenza delle sezioni delle membrature nei confronti delle sollecitazioni interne, agenti separatamente o contemporaneamente.

Per le sezioni di classe 4, in alternativa alle formule impiegate nel seguito, si possono impiegare altri procedimenti di comprovata validità.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Gli *Stati Limite di Esercizio* da verificare (§ 4.2.2.1 delle NTC 2018), ove necessario, sono:

- *Stati limite di deformazione e/o spostamento*, al fine di evitare deformazioni e spostamenti che possano compromettere l'uso efficiente della costruzione e dei suoi contenuti, nonché il suo aspetto estetico.
- *Stato limite di vibrazione*, al fine di assicurare che le sensazioni percepite dagli utenti garantiscano accettabili livelli di comfort ed il cui superamento potrebbe essere indice di scarsa robustezza e/o indicatore di possibili danni negli elementi secondari.
- *Stato limite di plasticizzazioni locali*, al fine di scongiurare deformazioni plastiche che generino deformazioni irreversibili ed inaccettabili.
- *Stato limite di scorrimento dei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza*, nel caso che il collegamento sia stato dimensionato a collasso per taglio dei bulloni.

10.1. Spostamenti verticali

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è definito come:

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$$

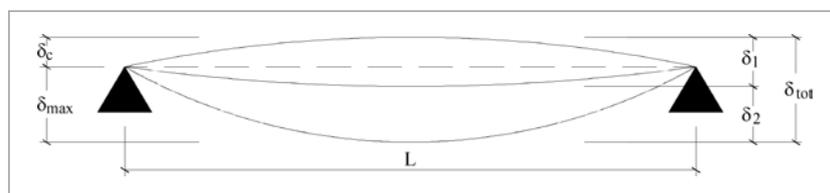


Figura 10.1. Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio (§ 4.2.4.2.1 NTC 2018)

Essendo:

δ_c è la monta iniziale della trave;

δ_1 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;

δ_2 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;

δ_{max} è lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_c$.

Nel caso di coperture, solai e travi di edifici ordinari, i valori limite di δ_{max} e δ_2 , riferiti alle combinazioni caratteristiche delle azioni, sono espressi come funzione della luce L dell'elemento. I valori di tali limiti sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della

qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle caratteristiche degli elementi strutturali e non strutturali gravanti sull'elemento considerato, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 4.2.XII delle NTC2018, dove L è la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Tabella 10.1. Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie (Tab. 4.2.XII NTC2018)

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{\max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{l}{200}$	$\frac{l}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{l}{250}$	$\frac{l}{300}$
Solai in generale	$\frac{l}{250}$	$\frac{l}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{l}{250}$	$\frac{l}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{l}{400}$	$\frac{l}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{l}{250}$	
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.		

10.2. Spostamenti laterali

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

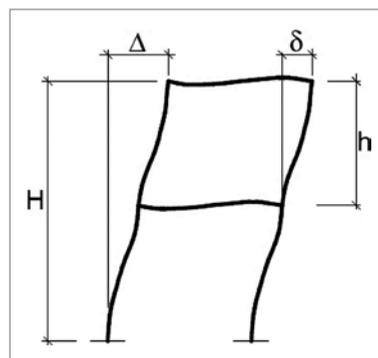


Figura 10.2. Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

I SOLAI IN ACCIAIO

I solai sono strutture bidimensionali piane caricate ortogonalmente al proprio piano con prevalente comportamento resistente monodirezionale.

La funzione principale del solaio è quella di trasferire i carichi e i sovraccarichi alla struttura portante.

I solai possono essere realizzati in legno, in cemento armato o in acciaio.

I solai in acciaio possono essere costituiti da travetti in acciaio e laterizi, ovvero realizzati con profilati a doppio T, chiamati putrelle, e da laterizi, chiamati tavelloni, che sono appoggiati in corrispondenza dell'ala inferiore del profilato e che devono coprire la distanza tra i travetti. Il solaio viene completato mediante la realizzazione di una caldana opportunamente armata, per la ripartizione dei carichi.

I solai in acciaio oggi sono spesso utilizzati in edifici con struttura portante in acciaio o in vecchi edifici come opere di ristrutturazione.

11.1. La modellazione strutturale

Per modellazione strutturale si intende quella fase progettuale in cui si genera il modello delle azioni e della struttura reale al fine di poter valutare le sollecitazioni in termini matematici.

Un solaio, in linea generale, può essere modellato come una trave continua su appoggi fissi.

Nella realtà gli appoggi del solaio sono costituiti dalle travi che lo portano, in cui comportamento reale non è quello degli appoggi fissi, ma nel modello strutturale questa semplificazione è accettabile.

La scelta dei vincoli alle estremità del solaio deve essere effettuata su alcune considerazioni. Se i vincoli ipotizzati sono cerniere o carrelli si presuppone che il solaio è libero di ruotare, questo comportamento non è veritiero in quanto la trave di bordo, avendo una propria rigidità torsionale, impedisce la rotazione del solaio, generando un momento torcente sulla trave stessa e un momento flettente negativo nel solaio. Quindi il vincolo che si deve considerare è quello del semincastro.

INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE “CoAcc 2019”

12.1. Note sul software incluso

CoAcc 2019 è il software per il calcolo e la verifica di solai in acciaio ad una campata, piani o inclinati, con il metodo degli Stati Limite Ultimi (SLU) e degli Stati Limite di Esercizio (SLE), ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018) e della relativa Circolare applicativa n. 7/2019 del 21 gennaio 2019.

CoAcc 2019 effettua le verifiche a flessione retta, a flessione deviata e a taglio per gli SLU e le verifiche di deformazione per effetto degli spostamenti verticali per gli SLE. Il software genera la relazione di calcolo e il computo dell'acciaio, ovvero il numero di profilati necessari per la realizzazione del solaio e il peso totale dell'acciaio in kg.

Utilità disponibili con il software:

- **Glossario** (termini più ricorrenti sull'argomento);
- **FAQ** (risposte alle domande più frequenti);
- **Test iniziale / Test finale** (verifiche sulla conoscenza dell'argomento).

12.2. Requisiti hardware e software

- Processore da 1.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore¹);
- 250 MB liberi sull'HDD;
- 1 GB di RAM;
- MS Word 2003-2007;
- Risoluzione monitor consigliata 1600×900;
- Accesso ad internet e browser web.

12.3. Download del software e richiesta della password di attivazione

1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0088_4.php

- 2) Inserire i codici “**A**” e “**B**” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**].
- 3) **Per utenti registrati** su www.grafill.it: inserire i dati di accesso e cliccare [**Accedi**], accettare la licenza d'uso e cliccare [**Continua**].

¹ Avviare con i privilegi di amministratore: aprire la cartella di **CoAcc 2019**, tasto destro del mouse su **CoAcc.exe** e selezionare proprietà. Nella scheda compatibilità selezionare “*Esegui il programma in modalità compatibilità per: Windows XP (Service pack 2)*” e spuntare la casella “*Esegui il programma come amministratore*”.

- 4) **Per utenti non registrati** su www.grafill.it: cliccare su **[Iscriviti]**, compilare il form di registrazione e cliccare **[Iscriviti]**, accettare la licenza d'uso e cliccare **[Continua]**.
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati, in tempo reale, all'indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

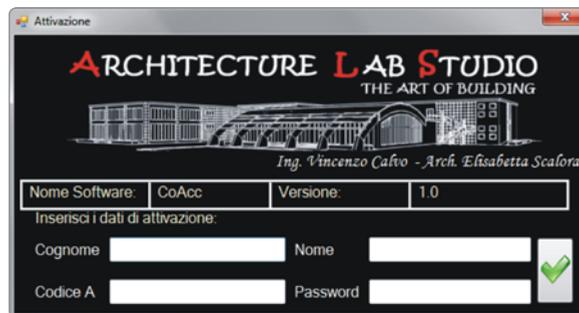
12.4. Installazione ed attivazione del software

- 1) Scaricare il setup del software (file *.exe) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0089-1.exe**.
- 3) Avviare il software:

Per utenti MS Windows Vista/7/8: **[Start]** > **[Tutti i programmi]** > **[Grafill]**
> **[CoAcc 2019]** (cartella) > **[CoAcc 2019]** (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: **[Start]** > **[Tutte le App]** > **[Grafill]**
> **[CoAcc 2019]** (icona di avvio)

- 4) Verrà visualizzata la finestra “Attivazione” di **CoAcc 2019**.



- 5) Compilare e confermare i dati inseriti nella finestra “Attivazione” e verrà visualizzare la finestra principale di **CoAcc 2019** (che sarà esaminata nel capitolo a seguire).

MANUALE D'USO DEL SOFTWARE "CoAcc 2019"

13.1. Interfaccia di CoAcc 2019

L'interfaccia del software **CoAcc 2019** (*cf.* figura 13.1), semplice ed intuitiva, presenta una barra orizzontale contenente i menu e in basso una barra di stato del progetto, costituita da sei quadrati rossi che indicano le fasi di compilazione dei dati, quando questi saranno completi il colore dei quadrati diverrà verde e sarà possibile stampare la relazione di calcolo.

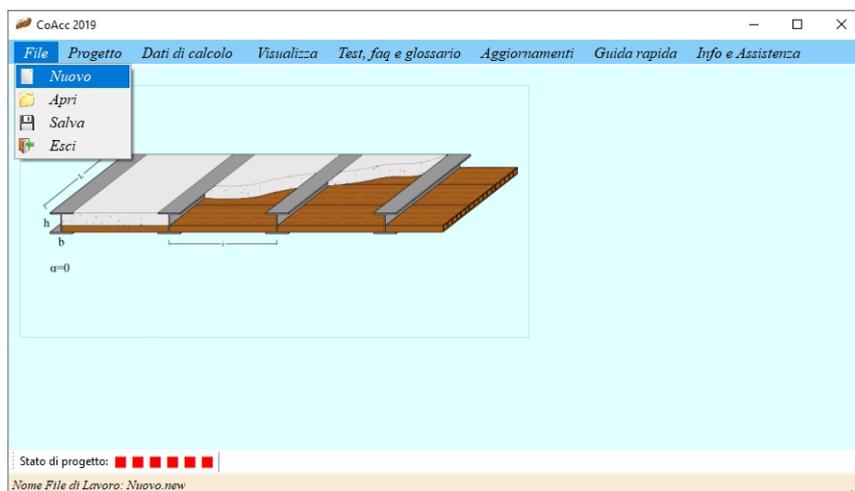


Figura 13.1. Schermata principale e «menu File»

13.2. Menu > File

Dal menu «File» (*cf.* figura 13.1) si accede ai sottomenu:

- Nuovo;
- Apri;
- Salva;
- Esci.

13.2.1. Nuovo

La voce «Nuovo» reimposta i valori di default ed elimina i valori inseriti in precedenza.

13.2.2. Apri

La voce «Apri» apre una finestra che consente di aprire file già archiviati (*cf.* figura 13.2).

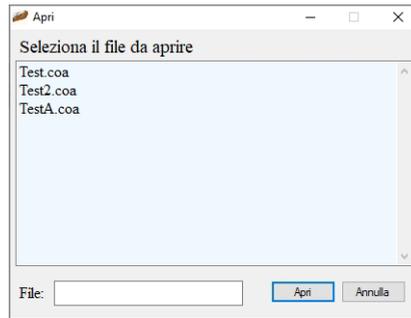


Figura 13.2. Finestra di apertura file

13.2.3. Salva

La voce «Salva» apre una finestra che consentirà di salvare i file di progetto (cfr. figura 13.3).



Figura 13.3. Finestra di salvataggio file

13.2.4. Esci

Selezionando la voce «Esci» il software verrà chiuso.

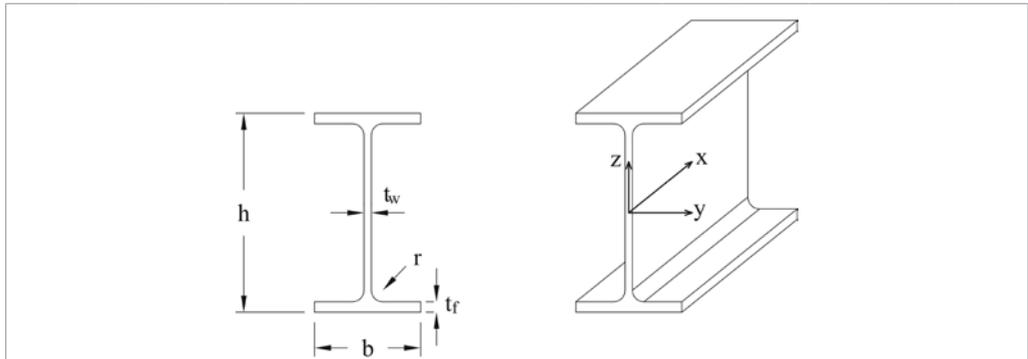
13.3. Menu > Progetto

Dal menu «Progetto» (cfr. figura 13.4) si accede ai sottomenu:

- *Dati generali;*
- *Tipo di acciaio;*
- *Crea profilo;*
- *Tipo profilo;*
- *Coefficienti di sicurezza;*
- *Coefficienti di combinazione.*

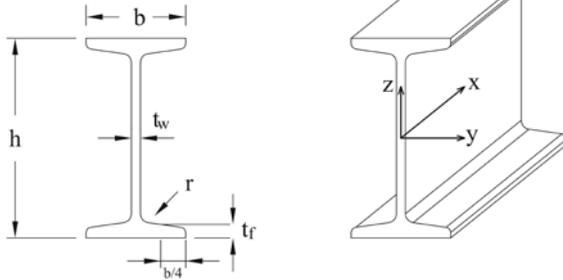


Figura 13.4. Menu Progetto (particolare)

SAGOMARI**14.1. IPE**

Sigla IPE	b mm	h mm	t_w mm	t_f mm	r mm	Peso kg/m	Area cm ²	I_y cm ⁴	I_z cm ⁴	W_y cm ³	W_z cm ³	i_y cm	i_z cm
80	46	80	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	100	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	120	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	140	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	160	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	180	5,3	6,3	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	200	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	220	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	240	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,6	47,27	9,97	2,69
270	135	270	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02
300	150	300	7,1	10,7	15	42,2	53,81	8.356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35
330	160	330	7,5	11,5	18	49,1	62,61	11.770	788,1	713,1	98,52	13,71	3,55
360	170	360	8,0	12,7	18	57,1	72,73	16.270	1.043	903,6	122,8	14,95	3,79
400	180	400	8,6	13,5	21	66,3	84,46	23.130	1.318	1.156	146,4	16,55	3,95
450	190	450	9,4	14,6	21	77,6	98,82	33.740	1.676	1.500	176,4	18,48	4,12
500	200	500	10,2	16,0	21	90,7	115,5	48.200	2.142	1.928	214,2	20,43	4,31
550	210	550	11,1	17,2	24	106	134,4	67.120	2.668	2.441	254,1	22,35	4,45
600	220	600	12,0	19,0	24	122	156,0	92.080	3.387	3.069	307,9	24,30	4,66

14.2. INP



Sigla INP	b mm	h mm	t_w mm	t_f mm	r mm	Peso kg/m	Area cm ²	I_y cm ⁴	I_z cm ⁴	W_y cm ³	W_z cm ³	i_y cm	i_z cm
80	42	80	3,9	5,9	3,9	5,94	7,57	77,7	6,28	19,4	2,99	3,20	0,91
100	50	100	4,5	6,8	4,5	8,34	10,6	170	12,1	34,1	4,86	4,00	1,07
120	58	120	5,1	7,7	5,1	11,1	14,2	328	21,5	54,7	7,41	4,81	1,23
140	66	140	5,7	8,6	5,7	14,3	18,3	573	35,2	81,9	10,7	5,61	1,40
160	74	160	6,3	9,5	6,3	17,9	22,8	935	54,7	117	14,8	6,40	1,55
180	82	180	6,9	10,4	6,9	21,9	27,9	1.450	81,3	161	19,8	7,20	1,71
200	90	200	7,5	11,3	7,5	26,2	33,4	2.140	117	214	26,0	8,00	1,87
220	98	220	8,1	12,2	8,1	31,1	39,5	3.060	162	278	33,1	8,80	2,02
240	106	240	8,7	13,1	8,7	36,2	46,1	4.250	221	354	41,7	9,59	2,20
260	113	260	9,4	14,1	9,4	41,9	53,3	5.740	288	442	51,0	10,40	2,32
280	119	280	10,1	15,2	10,1	47,9	61,0	7.590	364	542	61,2	11,10	2,45
300	125	300	10,8	16,2	10,8	54,2	69,0	9.800	451	653	72,2	11,9	2,56
320	131	320	11,5	17,3	11,5	61,0	77,7	12.510	555	782	84,7	12,7	2,67
340	137	340	12,2	18,3	12,2	68,0	86,7	15.700	674	923	98,4	13,5	2,80
360	143	360	13,0	19,5	13,0	76,1	97,0	19.610	818	1.090	114	14,2	2,90
380	149	380	13,7	20,5	13,7	84,0	107	24.010	975	1.260	131	15,0	3,02
400	155	400	14,4	21,6	14,4	92,4	118	29.210	1.160	1.460	149	15,7	3,13
450	170	450	16,2	24,3	16,2	115	147	45.850	1.730	2.040	203	17,7	3,43
500	185	500	18,0	27,0	18,0	141	179	68.740	2.480	2.750	268	19,6	3,72
550	200	550	19,0	30,0	19,0	166	212	99.180	3.480	3.610	349	21,6	4,02
600	215	600	21,6	32,4	21,6	199	254	138.800	4.679	4.626	435	23,4	4,29

Manuale tecnico e software (**CoAcc – Solai e Coperture in Acciaio agli Stati Limite**) per i professionisti che si occupano di costruzioni in acciaio, aggiornati alla normativa in vigore e, in particolare, alle NTC 2018 (di cui al D.M. 17 gennaio 2018) e alla Circolare applicativa n. 7 del 21 gennaio 2019.

Il testo approfondisce il tema dei solai realizzati con profilati metallici, il cui uso inizia con la rivoluzione industriale nella seconda metà dell'Ottocento, e tutt'oggi spesso utilizzati in edifici con struttura portante in acciaio o in vecchi edifici come opere di ristrutturazione. Proprio per questo motivo si esamina, nello specifico, il modo di intervenire nelle costruzioni esistenti, la cui sicurezza in Italia è un problema di fondamentale importanza sia per la vulnerabilità sismica che per il valore storico-architettonico-artistico-ambientale di gran parte del patrimonio edilizio esistente.

Articolato in quattordici capitoli, la prima parte del manuale è dedicata alle caratteristiche dell'acciaio, ovvero alla sua composizione chimica, ai prodotti siderurgici, alle prove che vengono effettuate per la caratterizzazione del materiale, ciò si è ritenuto doveroso perché una buona progettazione dipende anche dalla conoscenza del materiale. Sono riportati, inoltre, i sagomari dei profilati: IPE, HEA, HEB, HEM, tubi in acciaio a sezione quadrata e rettangolare, dai quali è possibile ricavare molteplici informazioni come: le dimensioni dei profili, il peso, i momenti di inerzia, i momenti resistenti e i raggi giratori di inerzia.

SOFTWARE INCLUSO

CoAcc – Solai e Coperture in Acciaio agli Stati Limite è il software per il calcolo e la verifica di solai in acciaio ad una campata, piani o inclinati, con il metodo degli Stati Limite Ultimi (SLU) e degli Stati Limite di Esercizio (SLE), ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 (*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni*) e della 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*).

CoAcc effettua le verifiche a flessione retta, a flessione deviata e a taglio per gli SLU e le verifiche di deformazione per effetto degli spostamenti verticali per gli SLE. Il software genera la relazione di calcolo e il computo dell'acciaio, ovvero il numero di profilati necessari per la realizzazione del solaio e il peso totale dell'acciaio in kg.

Il software è dotato di un apposito menu con le seguenti utilità: **Glossario** (termini più ricorrenti sull'argomento); **FAQ** (risposte alle domande più frequenti); **Test base / Test avanzato** (verifiche sulla conoscenza dell'argomento).

REQUISITI HARDWARE E SOFTWARE

Processore da 1.00 GHz; MS Windows Vista/7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore); 250 MB liberi sull'HDD; 1 GB di RAM; MS Word 2003-2007; Risoluzione monitor consigliata 1600x900; Accesso ad internet e browser web.

Vincenzo Calvo, Ingegnere edile, svolge principalmente attività di progettazione, calcolo strutturale, gestione di imprese edili, sicurezza nei luoghi di lavoro. Si occupa anche di pubblicazioni editoriali e di sviluppo di programmi tecnico-professionali sulla sicurezza e sul calcolo strutturale.

Elisabetta Scalora, Architetto, si occupa di calcolo di strutture in cemento armato, acciaio e legno, architettura degli interni, design e progettazione architettonica e strutturale. Ha al suo attivo diverse pubblicazioni editoriali e programmi tecnico-professionali sulla sicurezza e sul calcolo strutturale.



ISBN 13 978-88-277-0088-4



9 788827 700884 >

Euro 42,00