



MANUEL SCIURTI

PROGETTARE STRUTTURE IN ACCIAIO IN ZONA SISMICA

GUIDA E FOGLI EXCEL PER IL CALCOLO
DELLA CLASSE DI DUTTILITÀ, DELLO SPETTRO ELASTICO
E L'ANALISI STATICA LINEARE DI UN EDIFICIO



 **PRONTO
GRAFILL** 

Clicca e richiedi di essere contattato
per **informazioni** e **promozioni**



WEBAPP INCLUSA
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO



Manuel Sciurti

PROGETTARE STRUTTURE IN ACCIAIO IN ZONA SISMICA

Ed. I (11-2024)

ISBN 13 978-88-277-0472-1

EAN 9 788827 704721

Collana **COME FARE PER**

DISCLAIMER

Le informazioni contenute in questo libro sono a scopo informativo e non fanno riferimento alla particolare situazione di un individuo o di una persona giuridica.

Non costituiscono oggetto di consulenza. Questi contenuti non possono sostituire la consulenza individuale da esperti in singoli casi concreti.

Nessuno dovrebbe agire sulla base di queste informazioni senza un'adeguata consulenza professionale e senza un esame approfondito della situazione.

L'Autore non si assume alcuna responsabilità per le decisioni prese da parte del lettore sulla base delle informazioni fornite in questo libro.



**Licenza d'uso da leggere attentamente
prima di attivare la WebApp o il Software incluso**

Usa un QR Code Reader
oppure collegati al link <https://grafill.it/licenza>

Per assistenza tecnica sui prodotti Grafill aprire un ticket su <https://www.supporto.grafill.it>

L'assistenza è gratuita per 365 giorni dall'acquisto ed è limitata all'installazione e all'avvio del prodotto, a condizione che la configurazione hardware dell'utente rispetti i requisiti richiesti.

© **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 6823069



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare presso **Tipografia Publistampa S.n.c. - Palermo**

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

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.



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	p.	7
1.1. Contesto normativo e criteri di progettazione antisismica	"	8
2. FONDAMENTI DELLA PROGETTAZIONE SISMICA	"	10
2.1. Normative tecniche per la progettazione in zona sismica	"	10
2.2. Definizione dell'azione sismica	"	12
2.3. Progettazione antisismica di strutture in acciaio	"	15
2.3.1. Classe di duttilità delle sezioni in acciaio	"	16
2.3.2. Esercizio - Determinare la classe di duttilità di un profilo HEA 120, soggetto a compressione, con acciaio S 275.....	"	17
2.3.3. Esercizio - Determinare la classe di duttilità di un profilo HEA 100, soggetto a flessione, con acciaio S 235.....	"	18
2.3.4. Verifica a trazione	"	19
2.3.5. Verifica a compressione.....	"	19
2.3.6. Verifica a flessione monoassiale retta	"	20
2.3.7. Verifica a taglio	"	21
2.3.8. Pressoflessione biassiale.....	"	22
2.3.9. Verifica di stabilità delle aste compresse	"	23
2.3.10. Stati limite di esercizio	"	24
3. PROPRIETÀ DELL'ACCIAIO	"	26
3.1. Proprietà chimiche e fisiche dell'acciaio	"	26
3.2. Proprietà meccaniche dell'acciaio	"	27
3.3. Proprietà geometriche.....	"	28
3.4. Comportamento dell'acciaio in zona sismica.....	"	29
4. ANALISI SISMICA DELLE STRUTTURE	"	30
4.1. Analisi statica lineare.....	"	30

4.2.	Analisi statica non lineare	p.	32
4.3.	Analisi dinamica lineare	"	33
4.4.	Analisi dinamica non lineare	"	34
5.	PROGETTAZIONE DEI COLLEGAMENTI STRUTTURALI	"	35
5.1.	Bullonature.....	"	35
5.1.1.	Verifica a trazione	"	36
5.1.2.	Verifica a taglio	"	37
5.1.3.	Criteri geometrici	"	38
5.2.	Saldature.....	"	39
6.	ANALISI DI VULNERABILITÀ DI STRUTTURE IN ACCIAIO	"	42
6.1.	Analisi di strutture in acciaio in zona sismica	"	43
6.1.1.	Analisi della documentazione progettuale.....	"	43
6.1.2.	Analisi dell'esistente	"	44
6.2.	Soluzioni progettuali per mitigare il rischio sismico	"	45
6.2.1.	Introduzione di piastre di rinforzo	"	46
6.2.2.	Introduzione di controventi.....	"	48
6.3.	Analisi post sismica e valutazione di vulnerabilità.....	"	49
6.3.1.	Vulnerabilità dei collegamenti in acciaio	"	49
6.3.2.	Vulnerabilità degli elementi strutturali in acciaio	"	50
7.	ESEMPI DI CALCOLO SVILUPPATI CON IL PROGRAMMA "CALCOLO DUTTILITÀ ACCIAIO PROFESSIONAL"	"	51
7.1.	CALCOLO DELLA CLASSE DI DUTTILITÀ DI UNA SEZIONE IN ACCIAIO	"	52
7.1.1.	Determinare la classe di duttilità di una sezione HEA 800 soggetta a compressione, avente acciaio S 235.....	"	52
7.1.2.	Determinare la classe di duttilità di una sezione HEB 600 soggetta a compressione, avente acciaio S 275.....	"	54
7.1.3.	Determinare la classe di duttilità di una sezione HEM 1000 soggetta a compressione, avente acciaio S 355.....	"	56
7.1.4.	Determinare la classe di duttilità di una sezione IPE 270, soggetta a flessione, avente acciaio S 235.....	"	58
7.1.5.	Determinare la classe di duttilità di una sezione HEA 280 soggetta a flessione, avente acciaio S 275.....	"	60

7.1.6.	Determinare la classe di duttilità di una sezione HEA 140 soggetta flessione, avente acciaio S 355.....	p.	62
7.1.7.	Determinare la classe di duttilità di una sezione L 100x100x10 soggetta a compressione, avente acciaio S 235	"	64
7.1.8.	Determinare la classe di duttilità di una sezione L 80x80x8 soggetta a compressione, avente acciaio S 275.....	"	66
7.1.9.	Determinare la classe di duttilità di una sezione L 30x60x5 soggetta a compressione, avente acciaio S 355.....	"	68
7.1.10.	Determinare la classe di duttilità di una sezione CHS 42,4x4 soggetta a compressione, avente acciaio S 235.....	"	70
7.1.11.	Determinare la classe di duttilità di una sezione CHS 406,4x10 soggetta a compressione, avente acciaio S 275	"	71
7.1.12.	Determinare la classe di duttilità di una sezione CHS 508,0x16 soggetta a compressione, avente acciaio S 355	"	72
7.2.	ANALISI STATICA LINEARE E DETERMINAZIONE SPETTRO ELASTICO	"	73
7.3.	COME SI RICAVA IL GRAFICO DELLO SPETTRO ELASTICO	"	76
8.	CALCOLO E VERIFICA DI UN TELAIO IN ACCIAIO, IN CLASSE DI DUTTILITÀ CD "B", CON IL PROGRAMMA "ANALISI STATICA LINEARE PROFESSIONAL"	"	140
8.1.	I materiali impiegati.....	"	141
8.2.	Analisi dei carichi di copertura piana.....	"	141
8.3.	Analisi dei carichi del solaio di interpiano.....	"	142
8.4.	Fattorizzazione dei carichi e combinazioni.....	"	142
8.5.	Predimensionamento della trave A-B-C	"	143
8.6.	Predimensionamento pilastro B	"	145
8.7.	Analisi statica della trave interpiano	"	147
8.8.	Analisi statica della pilastrata	"	154
8.9.	Determinazione delle masse	"	157
8.10.	Definizione dello spettro di risposta	"	158
8.11.	Valutazione degli effetti torsionali	"	162
8.12.	Applicazioni delle azioni sismiche sulla struttura.....	"	164

8.13.	Verifica della trave	p.	171
8.14.	Verifica del pilastro.....	"	172
9.	CONTENUTI DELLA WEBAPP INCLUSA	"	173
9.1.	Requisiti hardware e software	"	173
9.2.	Attivazione della WebApp	"	173
	BIBLIOGRAFIA	"	174

INTRODUZIONE

L'acciaio è uno dei materiali da costruzione che sta trovando sempre più spazio nel mondo dell'edilizia. Infatti, il suo utilizzo nella realizzazione di nuove costruzioni è passato dal 18% del 2005 al 33% del 2015, secondo dei recenti studi statistici¹.

L'aumento del suo utilizzo, nell'ambito dell'edilizia ad uso civile ed industriale, ha portato numerosi progettisti ad interfacciarsi con le norme tecniche nazionali ed internazionali che ne disciplinano l'impiego e la messa in opera. Per facilitare questo compito e per comprendere come progettare correttamente un edificio in acciaio è nata quest'opera.

Il libro vuole quindi essere un'utile guida per progettare adeguatamente un edificio in acciaio in zona sismica. Infatti, sono stati introdotti i criteri generali di progettazione antisismica, andando ad elencare i requisiti di base che deve possedere un edificio per avere un buon comportamento in caso di terremoto. Per poi passare ad analizzare dettagliatamente l'acciaio come materiale da costruzione, studiando le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche. Successivamente, vi è un compendio delle normative tecniche attualmente in vigore, come le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, acronimo NTC 2018, e la relativa circolare del 2019, approfondendo le verifiche e i requisiti progettuali richiesti per ciascun elemento strutturale. Un'attenzione particolare è stata data alla progettazione di collegamenti tra elementi strutturali in acciaio, come bullonatore e saldature, per favorire un corretto trasferimento degli sforzi.

Al fine di studiare il comportamento delle strutture in caso di terremoto, sono state introdotte diverse tipologie di analisi, ovvero:

- analisi statica lineare;
- analisi statica non lineare;
- analisi dinamica lineare;
- analisi dinamica non lineare.

Le analisi dinamiche, a differenza di quelle statiche, considerano la variabile tempo, fornendo quindi una maggiore quantità di informazioni, ma risultando essere più complesse. Le analisi lineari prendono in considerazione, per esempio, la linearità del materiale, viceversa le analisi non lineari considerano la non linearità geometrica e del materiale.

Un capitolo è dedicato ai programmi gestiti dalla WebApp inclusa, spiegando, nel dettaglio, il loro utilizzo.

¹ Fondazione promozione acciaio.

FONDAMENTI DELLA PROGETTAZIONE SISMICA

In questo capitolo si introducono tutte le nozioni fondamentali per progettare correttamente un edificio in condizioni sismiche. Infatti, prendendo in riferimento le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, si introducono tutte le formule necessarie per una corretta progettazione in zona sismica, andando a definire l'azione sollecitante, le caratteristiche del materiale e i criteri normativi.

2.1. Normative tecniche per la progettazione in zona sismica

Attualmente, le regole che disciplinano la progettazione antisismica sono contenute nelle Norme tecniche per le costruzioni del 2018 (NTC 2018). In particolare, il capitolo 2 delle NTC 2018 che introduce il concetto di vita nominale di progetto, acronimo V_N .

La vita nominale di progetto è il tempo di mantenimento dei livelli prestazionali di una costruzione, a patto che si esegua la manutenzione ordinaria.

Tabella 2.1. Vita Nominale (Fonte NTC 2018)

Tipo di costruzione	Vita nominale (anni)
Costruzioni temporanee	10
Costruzione con livelli di prestazione ordinari	50
Costruzione con livelli di prestazione elevati	100

Determinata la vita nominale di una costruzione, si può passare a studiare la vita di riferimento che tiene conto dell'esposizione di un edificio mediante una classe d'uso, ovvero del suo grado di affollamento.

Le classi d'uso attualmente disciplinate sono quattro, ovvero:

- Classe d'uso 1 – Edifici con presenza occasionale di persone;
- Classe d'uso 2 – Edifici suscettibili ad affollamenti;
- Classe d'uso 3 – Edifici suscettibili ad affollamenti significativi;
- Classe d'uso 4 – Edifici pubblici o strategici importanti.

Di conseguenza si ha che:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

PROPRIETÀ DELL'ACCIAIO

In questo capitolo verranno descritte tutte le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche dell'acciaio utilizzato nell'ambito dell'edilizia. In particolare, verranno spiegate tutte quelle proprietà maggiormente apprezzate nel mondo delle costruzioni, permettendo di progettare in maniera autonoma qualsiasi edificio in acciaio.

3.1. Proprietà chimiche e fisiche dell'acciaio

L'acciaio, utilizzato nell'ambito strutturale, è una lega metallica composta da ferro e carbonio, con tracce di silicio e manganese.

Attualmente, esistono diverse categorie di acciaio, classificate in base al contenuto di carbonio, ovvero acciaio extra-dolce, dolce, semiduro, duro ed extra-duro.

Tabella 3.1. *Tipologie di acciaio* (Fonte NTC 2018)

Tipo di acciaio	Percentuale di carbonio (%)
Extra-dolce	Dal 0,10 al 0,15%
Dolce	Dal 0,15 al 0,30%
Semiduro	Dal 0,30 al 0,45%
Duro	Dal 0,45 al 0,65%
Extra-duro	Oltre il 0,65%

È bene notare che, al crescere della percentuale di carbonio, aumenta la durezza del materiale, mentre si riduce la tenacità. Dove per durezza si intende la capacità del materiale di resistere alla scalfittura, mentre per tenacità è resistenza agli urti. Inoltre, la presenza di carbonio influisce sulla saldabilità, in quanto percentuali elevate possono ridurre la saldabilità del materiale. Per saldabilità si intende la proprietà di un metallo di essere lavorato mediante saldatura, ovvero la possibilità di collegare due pezzi saldandoli tra di loro. Un'altra caratteristica, tipica dell'acciaio, è la malleabilità, ovvero la capacità di essere lavorato tramite il laminatoio, per la produzione di lamine.

Esistono anche degli acciai aventi caratteristiche meccaniche migliorate, chiamati acciai speciali, i quali hanno una percentuale di fosforo e zolfo al di sotto dello 0,035%. Questa tipologia di acciai viene impiegata maggiormente per applicazioni di tipo meccanico.

ANALISI SISMICA DELLE STRUTTURE

In questo capitolo si andranno ad introdurre i vari concetti di analisi sismica delle strutture, al fine di valutare al meglio il comportamento delle costruzioni in caso di terremoto. In particolare, si affronteranno l'analisi statica lineare, l'analisi statica non lineare (chiamata anche pushover), l'analisi dinamica lineare e l'analisi dinamica non lineare.

Le analisi lineari, sono quelle che considerano un comportamento lineare del materiale, mentre le analisi non lineari prendono in considerazione la non linearità geometrica e del materiale. Le analisi statiche, a differenza di quelle dinamiche, non considerano la variabile tempo.

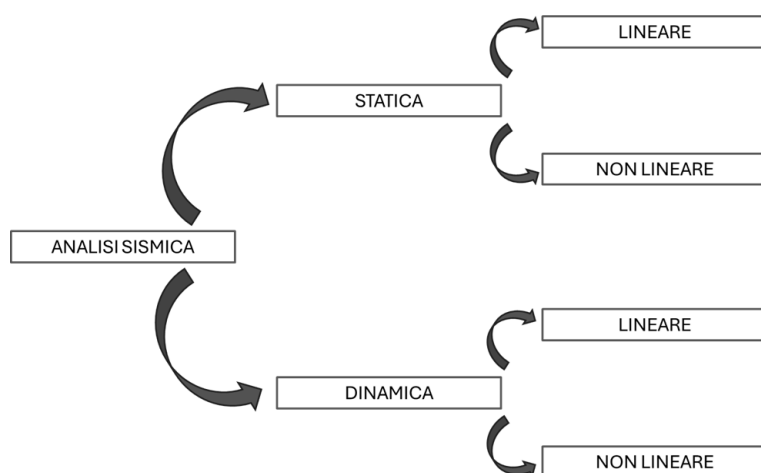


Figura 4.1. Diverse tipologie di analisi

4.1. Analisi statica lineare

L'analisi statica lineare è una tipologia di analisi che simula il comportamento di un sisma applicando delle forze statiche orizzontali distribuite su tutta l'altezza dell'edificio oggetto di studio. Quest'analisi può essere applicata sia per le strutture con un comportamento dissipativo e sia per le strutture con un comportamento non dissipativo.

L'analisi statica lineare può essere applicata a patto che vi siano le seguenti condizioni:

PROGETTAZIONE DEI COLLEGAMENTI STRUTTURALI

I collegamenti tra i vari elementi in acciaio risultano essere dei punti particolarmente critici in fase di progettazione, in quanto rappresentano delle zone in cui avviene l'unione tra due o più elementi diversi.

Nell'acciaio esistono due tipologie di collegamento:

- saldature;
- bullonature.

Ciascuna tipologia presenta le proprie caratteristiche e modalità di esecuzione, ma, a fini meccanici, possono ricadere in queste due macrocategorie:

- collegamenti a parziale ripristino di resistenza;
- collegamenti a completo ripristino di resistenza.

I collegamenti a parziale ripristino di resistenza sono in grado di trasmettere le sollecitazioni di progetto.

I collegamenti a completo ripristino di resistenza sono in grado di trasmettere le sollecitazioni ultime fornite dall'elemento meno resistente del collegamento.

In questo capitolo si andranno ad approfondire queste due metodologie, con richiami normativi ed esempi pratici.

5.1. Bullonature

Le bullonature sono dei collegamenti in acciaio costituiti principalmente da bulloni. I bulloni, a loro volta, sono costituiti da viti e da dadi.

Le viti hanno una testa esagonale e un gambo filettato, mentre i bulloni hanno una forma prettamente esagonale.

Vi sono poi le rondelle, ovvero delle piastre poste tra il bullone e la superficie dell'elemento da collegare, al fine di distribuire meglio la tensione.

Infine, vi è il controdado, ovvero un elemento metallico, usato per evitare lo sfilamento del dado in caso di vibrazioni.

La bullonatura avviene eseguendo le seguenti fasi:

- **Foratura:** negli elementi da collegare vengono realizzati dei fori con un diametro un po' superiore a quello strettamente necessario.
- **Accostamento elementi:** gli elementi, da collegare, vengono accostati, al fine di facilitare il processo.

ANALISI DI VULNERABILITÀ DI STRUTTURE IN ACCIAIO

Nella valutazione di sicurezza di una struttura esistente in acciaio, bisogna tenere in considerazione diversi parametri come, per esempio, la vulnerabilità, che è la propensione di una struttura a subire dei danni a seguito di un evento sismico.

L'analisi di vulnerabilità di un edificio in acciaio richiede lo studio dei seguenti parametri:

- età della costruzione;
- tipologia di materiale impiegato;
- tipologia di fondazione adottata;
- presenza di lesioni e danni alla struttura;
- tipologia di collegamenti utilizzati;
- qualità dei dettagli costruttivi.

L'età della costruzione può fornire degli utilizzi in merito allo stato di salute di una costruzione esistente. Partendo dalla data di costruzione, è possibile risalire alle normative tecniche che ne hanno disciplinato l'utilizzo. Inoltre, è possibile ricavare le conoscenze tecniche e tecnologiche impiegate per la sua realizzazione.

Un altro parametro di interesse è la tipologia di materiale impiegato. Infatti, la scoperta della tipologia di acciaio utilizzata può fornire delle utili informazioni in merito alle capacità meccaniche della struttura.

Per quanto riguarda l'interazione struttura-terreno, è di fondamentale importanza trovare la tipologia di fondazione impiegata. Le fondazioni si suddividono in due grandi categorie, ovvero le fondazioni superficiali e le fondazioni profonde. Le fondazioni superficiali vengono impiegate quando il terreno con buone condizioni meccaniche si trova a profondità relativamente basse, dell'ordine di pochi metri. In questa categoria ricadono i plinti, le travi rovesce e le platee. Le fondazioni profonde si impiegano quando il terreno di buone caratteristiche meccaniche si trova a profondità elevate oppure non è presente. In questa tipologia di fondazioni si trovano le palificate con pali infissi e trivellati.

Un parametro da valutare, in fase di sopralluogo, per l'analisi di vulnerabilità di un'opera esistente, è la presenza di danni o lesioni alla struttura; deformazioni eccessive o veri e propri danneggiamenti possono ridurre le capacità meccaniche della struttura portante.

Per quanto concerne la qualità dei collegamenti, occorre studiare la loro natura, ovvero se sono saldati o bullonati, e, successivamente, la qualità di realizzazione.

Infine, si studiano i dettagli costruttivi, come per esempio la tipologia di controventamenti utilizzati.

ESEMPI DI CALCOLO SVILUPPATI CON IL PROGRAMMA "CALCOLO DUTTILITÀ ACCIAIO PROFESSIONAL"

Questo capitolo riporta i seguenti esempi di calcolo sviluppati con il programma "Calcolo Duttilità Acciaio Professional" disponibile nella WebApp allegata al libro:

- **CALCOLO DELLA CLASSE DI DUTTILITÀ
DI UNA SEZIONE IN ACCIAIO** p. 52
- **ANALISI STATICA LINEARE
E DETERMINAZIONE SPETTRO ELASTICO** p. 73
- **COME SI RICAVA IL GRAFICO DELLO SPETTRO ELASTICO** p. 76

7.1. CALCOLO DELLA CLASSE DI DUTTILITÀ DI UNA SEZIONE IN ACCIAIO

7.1.1. *Determinare la classe di duttilità di una sezione HEA 800 soggetta a compressione, avente acciaio S 235*

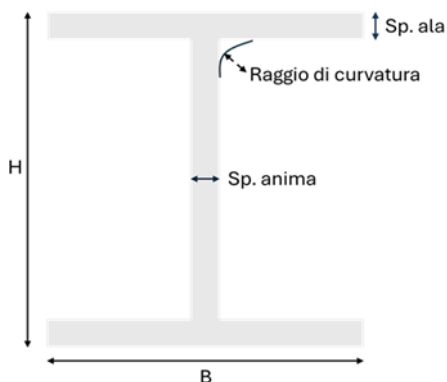


Figura 7.1. Sezione trasversale

		S 235	
OUTPUT	CLASSE PROFILO		4
	CLASSE ALA		1
	CLASSE ANIMA		4
	Ala (c/t)		4,02
	Anima (c/t)		44,93
	c ala=		112,5 mm
	c anima=		674 mm
INPUT	Spessore ala=		28 mm
	Altezza profilo=		790 mm
	Raggio di curvatura=		30 mm
	Spessore anima=		15 mm
	Larghezza profilo=		300 mm

Figura 7.2. Dati input e output del programma

Esercizio

Determinare la classe di duttilità di un profilo HEA 800, soggetto a compressione, con acciaio S 235.

Caratteristiche geometriche:

$$H = 790 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$Sp. \text{ anima} = 15,0 \text{ mm}$$

7.2. ANALISI STATICA LINEARE E DETERMINAZIONE SPETTRO ELASTICO

Determinare lo spettro elastico dell'edificio che presenta le seguenti caratteristiche:

- a_g (SLV) = 0,211 g;
- F_0 (SLV) = 2,411;
- $T_C^* = 0,302$;
- categoria sottosuolo C;
- categoria topografica T1;
- classe di duttilità CD "B";
- struttura a telaio in acciaio e tamponature, regolare in altezza e in pianta.

Tabella 7.1. *Peso orizzontamenti*

Solaio	Peso (kN)
Copertura	1700 kN
Secondo piano	2300 kN
Primo piano	2300 kN
TOTALE	1700 kN + 2300 kN + 2300 kN = 6300 kN

Tabella 7.2. *Quote orizzontamenti*

Solaio	Altezza (m)
Copertura	9
Secondo piano	6
Primo piano	3

Determinazione del coefficiente del sottosuolo:

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$S_T = 1,0$$

$$S_S = 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g}$$

$$S_S = 1,70 - 0,60 \cdot 2,411 \cdot \frac{0,211 \text{ g}}{g} = 1,39$$

$$S = 1,0 \cdot 1,395 = 1,395$$

Determinazione T_C :

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$C_C = 1,05 \cdot (0,302)^{0,33} = 1,56$$

$$T_C = 1,56 \cdot 0,302 = 0,471 \text{ s}$$

7.3. COME SI RICAVA IL GRAFICO DELLO SPETTRO ELASTICO

Per la determinazione del grafico dello spettro elastico, si sono utilizzate le seguenti formule, come da tabella 7.3:

Tabella 7.3. *Spettro di risposta elastico* (Fonte NTC 2018)

Intervallo	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali $S_g(T)$
$0 \leq T < T_B$	$a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
$T_B \leq T < T_C$	$a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$
$T_C \leq T < T_D$	$a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T}$
$T_D \leq T$	$a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$

Utilizzando come dati di partenza i seguenti:

$$a_g = 0,211 \text{ g}$$

$$S = 1,395$$

$$F_0 = 2,411$$

$$\eta = 0,5$$

$$T_B = 0,157 \text{ s}$$

$$T_C = 0,471 \text{ s}$$

$$T_D = 2,444 \text{ s}$$

I risultati, così ottenuti, mettono in relazione il tempo con lo spettro di risposta. Graficamente si ottiene quanto segue:

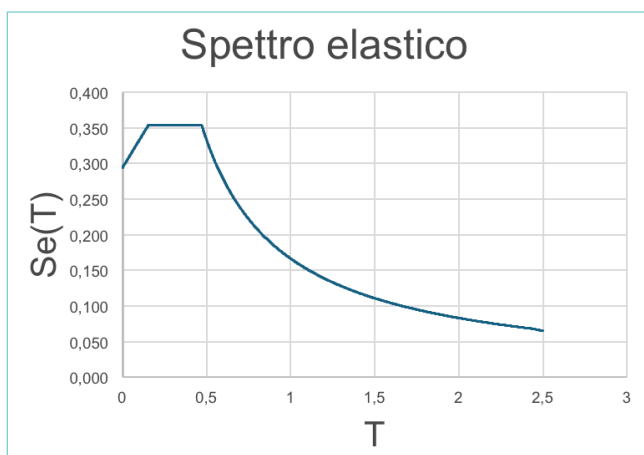


Figura 7.26. *Spettro elastico*

CALCOLO E VERIFICA DI UN TELAIO IN ACCIAIO, IN CLASSE DI DUTTILITÀ CD "B", CON IL PROGRAMMA "ANALISI STATICA LINEARE PROFESSIONAL"

Dimensionare e verificare il seguente telaio in acciaio, in classe di duttilità CD "B".

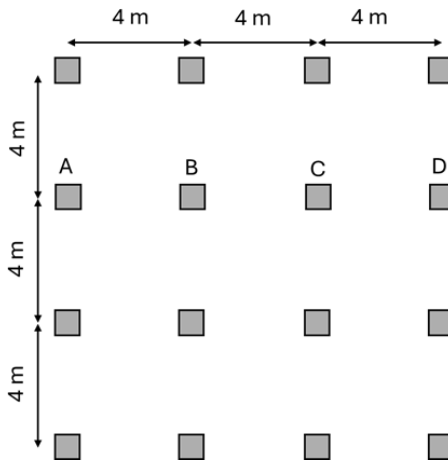


Figura 8.1. Pianta pilastri edificio in acciaio

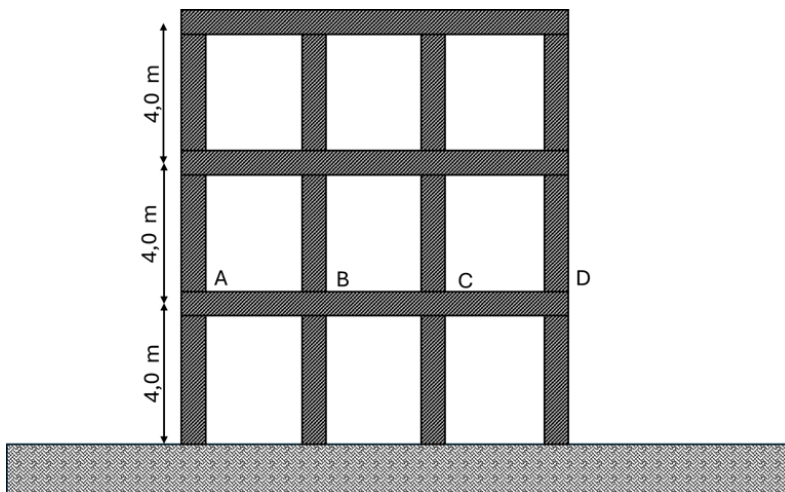


Figura 8.2. Sezione verticale

CONTENUTI DELLA WEBAPP INCLUSA

La **WebApp inclusa** gestisce le seguenti utilità:

- **Programma "Calcolo Duttilità Acciaio Professional"** (in MS Excel) che consente di determinare la classe di duttilità delle principali sezioni in acciaio.
- **Programma "Analisi Statica Lineare Professional"** (in MS Excel) che consente di determinare lo spettro elastico e di eseguire l'analisi statica lineare di un edificio.
- **Speciale "Progettazione Strutturale"**: banca dati di normativa e giurisprudenza sempre aggiornata e consultabile attraverso un motore di ricerca.

9.1. Requisiti hardware e software

- Dispositivi con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android;
- Accesso ad internet e browser web con Javascript attivo;
- Software per gestire documenti PDF e Office.

9.2. Attivazione della WebApp

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0472_1.php

- 2) Inserire i codici **[A]** e **[B]** riportati nell'ultima pagina del libro e cliccare **[Continua]**;
- 3) Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su www.grafill.it;
- 4) Cliccare sul pulsante **[G-CLOUD]**;
- 5) Cliccare sul pulsante **[Vai alla WebApp]** a fianco del prodotto acquistato;
- 6) Fare il *login* usando le stesse credenziali di accesso al **Profilo utente Grafill**;
- 7) Accedere alla WebApp cliccando sulla copertina del libro acquistato presente nello scaffale **Le mie App**.

