VINCENZO CALVO

ESEMPI DI CALCOLO PER LO STRUTTURISTA

GEOTECNICA, MURATURA, LEGNO, ACCIAIO E CEMENTO ARMATO

CON SOFTWARE INCLUSO

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

SOFTWARE INCLUSO
CON SISTEMA G-CLOUD

GRAFILL

Vincenzo Calvo

ESEMPI DI CALCOLO PER LO STRUTTURISTA

Ed. I (09-2025)

ISBN 13 978-88-277-0511-7
EAN 9 788827 7 05117

Collana **MANUALI**

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

INTRODUZIONE ..... p. 7

1. CALCOLI DI INGEGNERIA GEOTECNICA ..... ″ 9

1.1. CEDIMENTI ..... ″ 11
1.1.1. Calcolo del cedimento di un terreno comprimibile ..... ″ 11
1.1.2. Calcolo del cedimento dello strato di argilla a seguito di emungimento di acqua ..... ″ 11
1.1.3. Calcolo del cedimento di consolidazione finale di un terreno su cui poggia un manufatto ..... ″ 13
1.1.4. Calcolo del cedimento di consolidazione nel tempo ..... ″ 14

1.2. CARICO LIMITE ..... ″ 16
1.2.1. Calcolo del carico limite della fondazione rettangolare ..... ″ 16
1.2.2. Calcolo del carico limite di una fondazione nastriforme ..... ″ 17
1.2.3. Determinare la larghezza della fondazione nastriforme ..... ″ 19
1.2.4. Determinare la larghezza della fondazione quadrata ..... ″ 20
1.2.5. Calcolo del carico limite della fondazione nastriforme e del carico eccentrico inclinato ..... ″ 21
1.2.6. Calcolo del carico limite della fondazione quadrata e terreno in pendenza ..... ″ 22

1.3. MURI E PARATIE ..... ″ 25
1.3.1. Determinare la spinta sul muro di sostegno ..... ″ 25
1.3.2. Determinare i diagrammi di spinta sul muro di sostegno ..... ″ 26

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

1.3.3. Verifica a ribaltamento, scorrimento e a carico limite di un muro di sostegno ..... p. 30
1.3.4. Determinare gli sforzi sui puntoni che sostengono le due paratie di una trincea ..... ″ 32
1.3.5. Progettare la paratia nell'ipotesi di paratia libera in testa e paratia con tirante in testa ..... ″ 33
1.3.6. Calcolare la spinta agente sulla paratia ..... ″ 34

1.4. STABILITÀ DEI PENDII ..... ″ 37
1.4.1. Valutare il fattore di sicurezza del pendio ..... ″ 37

2. COSTRUZIONI IN MURATURA PORTANTE ..... ″ 40
2.1. Verifica globale semplificata di una costruzione in muratura portante ..... ″ 40
2.2. Esempio numerico di verifica globale semplificata ..... ″ 41
2.3. Calcolo di una muratura soggetta a carico concentrato ..... ″ 44
2.4. Verifica di un architrave in acciaio su una parete in muratura ..... ″ 45
2.5. Calcolo di un balcone in pietra ..... ″ 50
2.6. Calcolo di un muro di sostegno ..... ″ 57

3. COSTRUZIONI IN LEGNO ..... ″ 64
3.1. Calcolo di un tetto in legno ..... ″ 66
3.2. Calcolo di una capriata in legno ..... ″ 77
3.3. Calcolo delle unioni nelle costruzioni in legno ..... ″ 100
3.3.1. Unione pannello-legno a singola sezione resistente ..... ″ 100
3.3.2. Unione pannello-legno a doppia sezione resistente ..... ″ 102
3.3.3. Unione legno-legno a singola sezione resistente ..... ″ 104
3.3.4. Unione legno-legno a doppia sezione resistente ..... ″ 105
3.3.5. Unione acciaio-legno a singola sezione resistente ..... ″ 107
3.3.6. Unione acciaio-legno a doppia sezione resistente ..... ″ 108
3.3.7. Unione capriata puntone-catena ..... ″ 109
3.3.8. Unione capriata puntone-monaco ..... ″ 110
3.3.9. Unione capriata puntone-saetta ..... ″ 112
3.3.10. Unione capriata puntone-saetta ..... ″ 113
3.4. Fasciatura passiva puntone-catena ..... ″ 115
3.5. Fasciatura attiva puntone-catena ..... ″ 117
3.6. Affiancamento della catena con tiranti metallici ..... ″ 119
3.7. Protesi in legno connessa con spinotti ..... ″ 120

4. COSTRUZIONI IN ACCIAIO ..... ″ 122
4.1. Verifica di stabilità asta compressa in acciaio ..... ″ 124
4.2. Verifica saldature tubi rettangolari ..... ″ 125

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

4.3. Verifica saldature trave IPE 120 ..... p. 126
4.4. Verifica saldature trave HE 120 ..... ″ 127
4.5. Verifica di un giunto bullonato colonna-colonna ..... ″ 128
4.6. Verifica di un giunto bullonato trave-colonna ..... ″ 132
4.7. Verifica di un giunto di base ..... ″ 139

5. COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO ..... ″ 142
5.1. Verifica dei limiti di armatura longitudinale e trasversale di una trave in elevazione ..... ″ 143
5.2. Verifica dei limiti geometrici di un pilastro ..... ″ 145
5.3. Verifica dei limiti geometrici di una trave in elevazione ..... ″ 146
5.4. Verifica a compressione sezione rettangolare in c.a. ..... ″ 147
5.5. Verifica a trazione sezione rettangolare in c.a. ..... ″ 148
5.6. Calcolo di gradini a sbalzo ..... ″ 149
5.7. Calcolo di una scala a soletta rampante ..... ″ 151
5.8. Calcolo di un balcone in c.a. ..... ″ 154

6. IL SOFTWARE ECS ..... ″ 158
6.1. Requisiti hardware e software ..... ″ 158
6.2. Installazione e attivazione ..... ″ 159

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

INTRODUZIONE

Il presente volume si configura come una raccolta di esempi pratici di calcoli di ingegneria, utile ai professionisti che si occupano di calcolo strutturale.

Le normative nazionali utilizzate nel presente testo sono le Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 (nel seguito anche NTC 2018), recante «*Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*», che è stato pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018 – S.O. n. 8, in vigore dal 22 marzo 2018 (30 giorni dopo la pubblicazione). Le NTC 2018 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.

Per le **costruzioni in legno**, le NTC 2018 non sono sufficienti per la progettazione e pertanto è consentito l'utilizzo di normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel capitolo 12 delle NTC 2018:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss.mm.ii.;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

Possono essere utilizzati anche altri codici internazionali, purché sia dimostrato che garantiscano livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle NTC 2018.

Il volume è suddiviso in sei capitoli:

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

- Il primo capitolo riporta esempi pratici di calcoli di ingegneria geotecnica: calcoli sui cedimenti, sul carico limite delle fondazioni, muri, paratie e stabilità dei pendii.
- Il secondo capitolo tratta le costruzioni in muratura portante: verifica globale semplificata di una costruzione in muratura portante, esempio numerico di verifica globale semplificata, calcolo di una muratura soggetta a carico concentrato, verifica di un architrave in acciaio su una parete in muratura, calcolo di un balcone in pietra, calcolo di un muro di sostegno.
- Il terzo capitolo tratta le costruzioni in legno: calcolo di un tetto in legno, calcolo di una capriata in legno, calcolo delle unioni nelle costruzioni in legno, calcolo dei consolidamenti delle capriate in legno.
- Il quarto tratta le costruzioni in acciaio: verifica di stabilità asta compressa in acciaio, verifica delle saldature nei tubi quadrati in acciaio, verifiche delle unioni nelle aste in acciaio.
- Il quinto capitolo tratta le costruzioni in cemento armato: verifica dei limiti di armatura e geometrici, verifica a compressione sezione rettangolare in c.a., verifica a trazione sezione rettangolare in c.a., calcolo di gradini a sbalzo, calcolo di una scala a soletta rampante, calcolo di un balcone in c.a.
- Il sesto capitolo costituisce il manuale operativo del software allegato al volume, che consente l'elaborazione rapida dei calcoli relativi alla maggior parte degli esempi pratici trattati nel testo. L'applicazione è articolata in cinque sezioni tematiche: Geotecnica, Muratura, Legno, Acciaio e Cemento armato.

Ing. Vincenzo Calvo

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

CALCOLI DI INGEGNERIA GEOTECNICA

Il presente capitolo riguarda gli aspetti geotecnici della progettazione e della esecuzione di opere e interventi che interagiscono con il terreno e, in particolare, tratta di esempi pratici di calcoli di ingegneria geotecnica relativi a:

- Cedimenti dei terreni;
- Carico limite;
- Muri e paratie;
- Stabilità dei pendii.

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica devono essere esposti in una specifica relazione geologica.

Le analisi di progetto devono essere basate su modelli geotecnici dedotti da specifiche indagini e prove che il progettista deve definire in base alle scelte tipologiche dell'opera o dell'intervento e alle previste modalità esecutive.

Le scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, unitamente ai calcoli per il dimensionamento geotecnico delle opere e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive, devono essere illustrati in una specifica relazione geotecnica.

Gli esempi di calcolo riportati a seguire sono:

1.1. CEDIMENTI

- **1.1.1.** Calcolo del cedimento di un terreno comprimibile
- **1.1.2.** Calcolo del cedimento dello strato di argilla a seguito di emungimento di acqua
- **1.1.3.** Calcolo del cedimento di consolidazione finale di un terreno su cui poggia un manufatto
- **1.3.4.** Calcolo del cedimento di consolidazione nel tempo

1.2. CARICO LIMITE

- **1.2.1.** Calcolo del carico limite della fondazione rettangolare
- **1.2.2.** Calcolo del carico limite della fondazione nastriforme
- **1.2.3.** Determinare la larghezza della fondazione nastriforme

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

1.1. CEDIMENTI

1.1.1. Calcolo del cedimento di un terreno comprimibile

Su uno strato di terreno comprimibile spesso 10 m (H_0 = 10 m) viene realizzato un rilevato. L'indice dei vuoti passa da e_0 = 1,0 a e_0 = 0,8. Calcolare il cedimento prodotto.

RISOLUZIONE

In questo caso il cedimento s del terreno sarà dato dalla seguente equazione:

$$s = \frac{\Delta e}{1+e} H_0 = \frac{1{,}0-0{,}8}{1+1{,}0} 10 \text{ m} = 1{,}0 \text{ m}$$

Questa espressione ha un certo limite, infatti il cedimento è calcolato indipendentemente dalla conoscenza della tensione applicata sul piano di posa.

1.1.2. Calcolo del cedimento dello strato di argilla a seguito di emungimento di acqua

In riferimento alla stratigrafia di figura 1.1, calcolare il cedimento dello strato di argilla N.C. per un carico q infinitamente esteso, suddividendo l'argilla in almeno due strati. Ripetere il calcolo considerando OCR = 3.

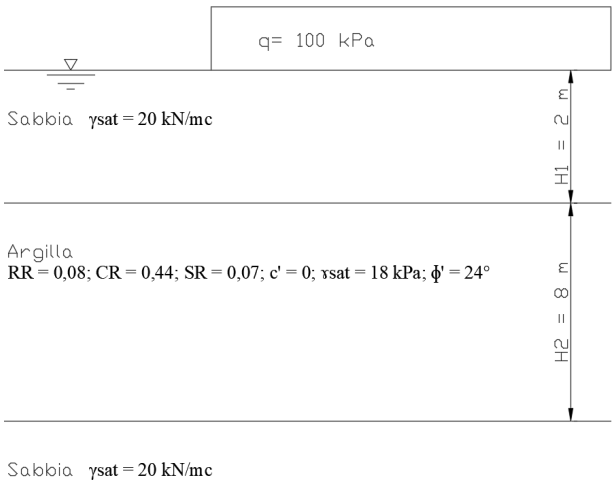


Figura 1.1

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

1.2. CARICO LIMITE

1.2.1. Calcolo del carico limite della fondazione rettangolare

Calcoliamo il carico limite di una fondazione rettangolare lunga L: il terreno è costituito da due strati di argilla e la falda coincide con il piano di campagna.

Dati:

- L = 4 m; (lunghezza fondazione);
- B = 3 m (larghezza fondazione);
- D = 1,0 m (profondità piano di posa);
- terreno ai lati del piano di posa:
  - C_{u1} = 20 kPa;
  - c'_1 = 4 kPa;
  - φ'_1 = 22°;
  - γ_{sat} = 21 kN/m³;
- terreno sotto al piano di posa:
  - C_{u2} = 50 kPa;
  - c'_2 = 10 kPa;
  - φ'_2 = 21°;
  - γ_{sat} = 18 kN/m³.

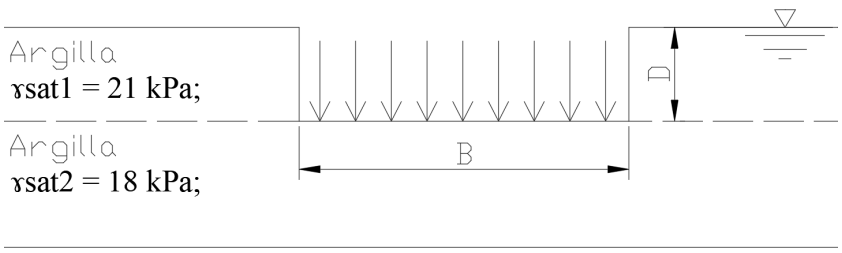


Figura 1.5

RISOLUZIONE

Sarà necessario calcolare il carico limite in condizioni drenate e in condizioni non drenate, il valore da tenere in considerazione sarà quello più piccolo.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

1.3. MURI E PARATIE

1.3.1. Determinare la spinta sul muro di sostegno

Calcolare la spinta sul muro di figura 1.13 dal relativo diagramma.

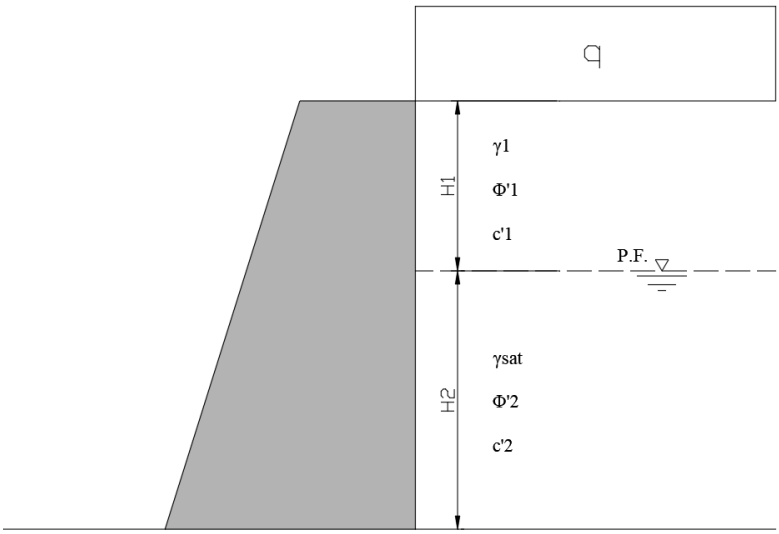


Figura 1.13

Dati:

- $q = 10$ kPa;
- $H1 = 2$ m;
- $H2 = 3$ m;
- parametri terreno:
  - $C'1 = 3$ kPa; $\gamma_1 = 18$ kN/m^3; $\Phi'_1 = 28°$;
  - $C'2 = 0$ kPa; $\gamma_{sat} = 24$ kN/m^3; $\Phi'_2 = 24°$.

RISOLUZIONE

$$K_{a1} = \frac{1 - sen\ \Phi 1'}{1 + sen\ \Phi 1'} = tg^2\left(45° - \frac{\Phi 1'}{2}\right) = 0{,}36$$

$$K_{a2} = \frac{1 - sen\ \Phi 2'}{1 + sen\ \Phi 2'} = tg^2\left(45° - \frac{\Phi 2'}{2}\right) = 0{,}42$$

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

1.4. STABILITÀ DEI PENDII

1.4.1. Valutare il fattore di sicurezza del pendio

Valutare il fattore di sicurezza del pendio rappresentato il figura, costituito da argilla Satura, nell'ipotesi di superficie di rottura piana lungo AP. Si dispone dei risultati delle prove triassiali UU:

	σ_3 (kPa)	σ_1 (kPa) Valori a rottura
Provino 1	50	209
Provino 2	150	310
Provino 3	250	411

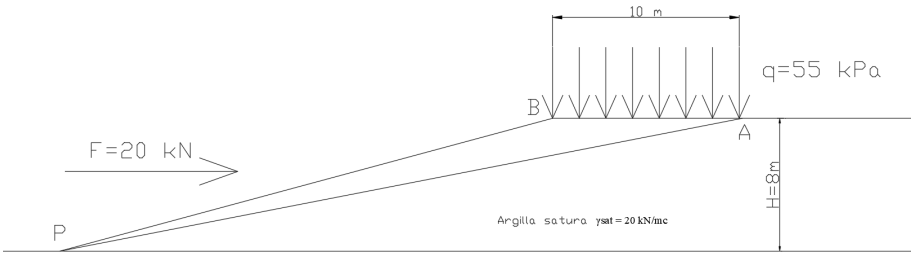


Figura 1.26

RISOLUZIONE

In condizioni non drenate $c = Cu$, $U = 0$, $\Phi' = 0°$.

1) $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 79{,}5$ kPa

2) $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 80$ kPa

3) $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 80{,}5$ kPa

$Cu = 80$ kPa.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

COSTRUZIONI IN MURATURA PORTANTE

Le costruzioni in muratura sono edifici con struttura portante verticale realizzata mediante sistemi murari capaci di sopportare azioni sia verticali che orizzontali. Tali sistemi sono collegati tra loro da strutture d'impalcato, orizzontali ai vari piani e, eventualmente, inclinate in copertura, oltre che da opere di fondazione.

La realizzazione delle costruzioni in muratura deve avvenire nel rispetto di quanto previsto dalle NTC 2018, in particolare ai paragrafi 4.5 e 11.10. L'osservanza di tali prescrizioni consente di classificare queste costruzioni come moderatamente dissipative, rientranti nella classe di duttilità CD"B". In particolare, i paragrafi citati definiscono le caratteristiche fisiche, meccaniche e geometriche degli elementi resistenti naturali e artificiali, nonché i relativi controlli di produzione e accettazione in cantiere.

2.1. Verifica globale semplificata di una costruzione in muratura portante

La verifica globale semplificata si può utilizzare soltanto per piccoli edifici ricadenti in zona sismica 4 e inoltre devono essere soddisfatte alcune condizioni:

1) i muri portanti dalla fondazione alla sommità non devono avere interruzioni;
2) l'interpiano i deve essere < 3,5 m dove i va dal piano di pavimento inferiore all'estradosso del solaio superiore;
3) il numero dei piani dell'edificio deve essere < 3 per murature armate < 4;
4) il rapporto fra i lati che contengono l'edificio deve essere ≥ 1/3 cioè $L_{min}/L_{max} \geq 1/3$;
5) la snellezza $\lambda = \rho\frac{h}{t} \leq 12$, dove: h è l'altezza del muro, t lo spessore e ρ il fattore laterale di vincolo che dipende a sua volta dal rapporto h/a dove a è la lunghezza del muro.

Tabella 2.1. *Fattore laterale di vincolo (fonte: Tab. IV.5.4 – NTC 2018)*

h/a	ρ
$h/a \leq 0{,}5$	1
$0{,}5 < h/a \leq 1{,}0$	$3/2 - h/a$
$1{,}0 < h/a$	$1/[1+(h/a)^2]$

Se un muto trasversale ha aperture, si ritiene convenzionalmente che la sua funzione di irrigidimento possa essere espletate quando lo stipite delle aperture disti dalla superficie del muro irrigidito almeno 1/5 dell'altezza del uro stesso; in caso contrario si assume $\rho = 1$.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

COSTRUZIONI IN LEGNO

Per legno da costruzione o legno strutturale si intende il legno utilizzato per la costruzione di edifici o parti di essi. I requisiti principali che un legname deve avere per essere impiegato nelle costruzioni sono:

- adeguate caratteristiche di resistenza meccanica alle varie sollecitazioni;
- dimensioni e forma adatte all'impiego previsto;
- assenza di difetti che possano pregiudicare la resistenza meccanica;
- durabilità elevata nel tempo.

Gli elementi in legno lavorano bene a compressione, trazione e flessione, e pertanto il legno, come materiale da costruzione, può essere assimilato all'acciaio anche perché le unioni di legno o di acciaio sono spesso confrontabili tra loro. Ciò nonostante il dimensionamento delle strutture in legno è un po' più complesso rispetto a quello di strutture realizzate con altri materiali.

Il legno massiccio in passato era largamente utilizzato in edilizia, attualmente viene spesso adoperato negli interventi di recupero. Per legno massiccio strutturale si intendono i prodotti di legno (segati) per uso strutturale ricavati dal legno tondo, mediante taglio parallelo all'asse del tronco; caratteristica del legno massiccio è la sua struttura che ha subito poche lavorazioni, ovvero segagione e stagionatura.

Con il legno massiccio strutturale si ottengono listelli, tavole, tavoloni e legname squadrato, in base alle dimensioni e al rapporto tra altezza e spessore delle sezioni. Le NTC 2018 (paragrafo 11.7.2) lo definiscono come prodotto naturale classificato in base alla resistenza, elemento per elemento, secondo normative specifiche. La classificazione, fondata su criteri normativi, garantisce prestazioni meccaniche minime senza necessità di prove aggiuntive, assegnando a ciascun elemento un profilo resistente in funzione di specie legnosa e provenienza. La classe di resistenza, determinata secondo norme UNI (EN 338, EN 1912 per legno estero; UNI 11035 per legno italiano), è attribuita solo se i valori caratteristici del legno (resistenza, modulo elastico e massa volumica) rispettano i limiti richiesti.

In generale è possibile definire il profilo resistente di un elemento strutturale anche sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali, in conformità a quanto disposto nella UNI EN 384:2005. Le prove sperimentali per la determinazione di, resistenza a flessione e modulo elastico devono essere eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà presumibilmente soggetto nella struttura.

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

COSTRUZIONI IN ACCIAIO

L'acciaio è una lega di ferro e carbonio con un tenore di carbonio inferiore all'1,7%, oltre il quale si parla di ghisa. In base al contenuto di carbonio, gli acciai si classificano in diverse tipologie:

- 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 influisce sulle proprietà dell'acciaio: valori elevati aumentano la resistenza ma riducono duttilità e saldabilità. Per questo, negli acciai da costruzione e da carpenteria, il contenuto di carbonio è mantenuto basso (0,1%-0,3%). Altri elementi, come manganese, silicio, cromo e nichel, vengono aggiunti per migliorarne le caratteristiche meccaniche, la saldabilità e la resistenza alla corrosione. I prodotti in acciaio per costruzioni si ottengono tramite laminazione a caldo (rapporto temperatura/fusione > 0,6) o sagomatura a freddo (rapporto < 0,3).

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 ed UNI EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} delle tabelle seguenti.

Tabella 4.1. *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/mm²]	f_{yk} [N/mm²]	f_{yk} [N/mm²]	f_{yk} [N/mm²]
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

[segue]

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO

Il *cemento armato* è composto da calcestruzzo e barre d'acciaio, materiali con proprietà complementari: il calcestruzzo resiste alla compressione, l'acciaio alla trazione. La resistenza del calcestruzzo, secondo le NTC 2018 (§ 4.1), è identificata da una classe che indica le resistenze caratteristiche a compressione cilindrica e cubica, espresse in MPa.

La relazione che lega la resistenza cilindrica a quella cubica è fornita dall'espressione:

$$R_{ck} = f_{ck} \cdot 0{,}83$$

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale si può fare utile riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN 206-1:2006 e nella UNI 11104:2004.

Sulla base della denominazione normalizzata vengono definite le classi di resistenza nella Tab. 4.1.I delle NTC 2018.

Le classi si di resistenza si indicano con la sigla Cx/y, dove x ed y sono due numeri che indicano rispettivamente la resistenza cilindrica f_{ck} e la corrispondente resistenza cubica R_{ck}, ad esempio C25/30 indica un calcestruzzo con $f_{ck} = 25$ N/mm^2 e $R_{ck} = 30$ N/mm^2.

Tabella 5.1. *Classi di resistenza (Tab. 4.1.I, NTC 2018)*

CLASSE DI RESISTENZA
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C30/37
C 35/45
C45/55
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85

[segue]

PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

IL SOFTWARE ECS

Il software **ECS**, disponibile con la **WebApp inclusa**, consente l'elaborazione rapida dei calcoli relativi agli esempi pratici trattati nel testo.

L'applicazione è articolata in cinque sezioni tematiche:

- Geotecnica;
- Muratura;
- Legno;
- Acciaio;
- Cemento armato.

Unitamente al software **ECS**, la **WebApp inclusa** gestisce lo **Speciale progettazione strutturale**, una banca dati di normativa e giurisprudenza sempre aggiornata, a cura della redazione di www.lavoripubblici.it.

6.1. 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;
- Il software **ECS** richiede:
  - Processore 1.00 GHz;
  - Microsoft Windows XP (per gli utenti Microsoft Windows Vista o successivi è necessario possedere i privilegi di amministratore);
  - 10 Mb liberi sull'HD;
  - 16 Mb di RAM;
  - Monitor 1600×900 (risoluzione consigliata).

N.B. Per gli utenti Microsoft Windows Vista o successivi, è necessario attivare i privilegi di amministratore.
Aprire la cartella in cui si è installato ECS, cliccare con il tasto destro del mouse sul file *ECS.exe* e selezionare proprietà, nella scheda compatibilità selezionare "*Esegui il programma in modalità compatibilità per: Windows XP (Service pack 2)*" ed infine inserire il check su: "*Esegui il programma come amministratore*".

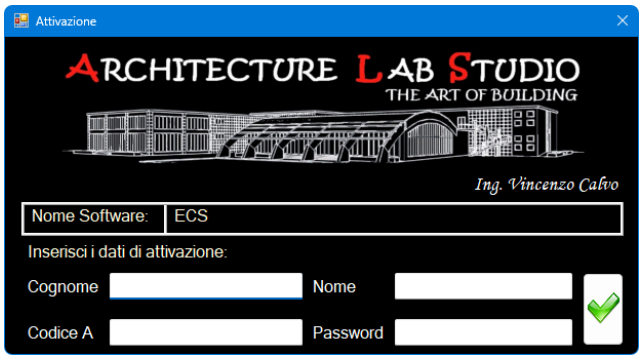
PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

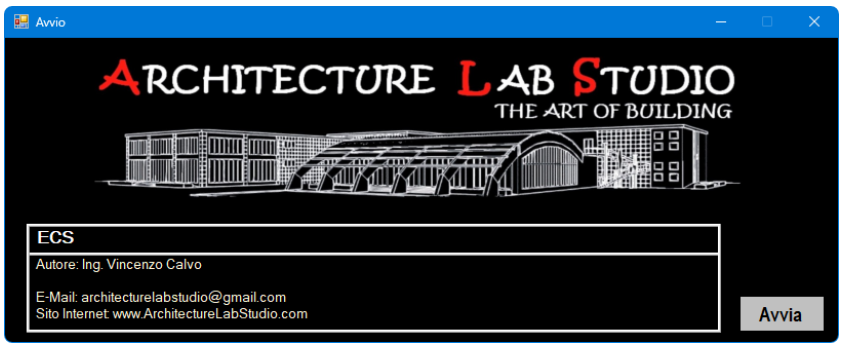
6.2. Installazione e attivazione

– Collegarsi al seguente web link:

https://www.grafill.it/pass/0511_7.php

– Inserire i codici **[A]** e **[B]** presenti nell'ultima pagina del libro e cliccare **[Continua]**;
– Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su **www.grafill.it**;
– Cliccare sul pulsante **[Gcloud]**;
– Cliccare sul pulsante **[WebApp]** a fianco del prodotto acquistato;
– Fare il *login* usando le stesse credenziali di accesso al **Profilo utente Grafill**;
– Accedere alla WebApp cliccando la copertina esposta sullo scaffale **Le mie App**.
– Per installare ed attivare il software **ECS**:
  - Cliccare sul pulsante **[Software]** della WebApp: si aprirà una scheda che riporta descrizione e caratteristiche del software, i **codici di attivazione** ed il pulsante **[Scarica Software]**;
  - Cliccare sul pulsante **[Scarica Software]** per avviare il download;
  - Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0512-4.exe**;
  - Procedere con l'inserimento dei codici e avviare il software:





PRONTO GRAFILL CLICCA per maggiori informazioni ... e per te uno SCONTO SPECIALE

PRONTO
GRAFILL