

Corso di laurea in Ingegneria civile strutturale e geotecnica

Tecnica delle costruzioni

modulo A

06 – Carichi unitari (escluso neve e vento)

Aurelio Gheresi

14/10/2020

Primo passo del progetto

valutazione dei carichi unitari

- Definizione dei carichi unitari (cioè per unità di superficie o di lunghezza)

Tipicamente si definiscono i **carichi per unità di superficie** per:

- Solaio

- Balcone

Nota: per balcone si intende uno spazio esterno di estensione limitata, delimitato da parapetto o balaustra; la definizione è relativa alla sua funzione (elemento esterno di affaccio) e non allo schema statico (anche se nella maggior parte dei casi è uno sbalzo)

- Scala

Nota: le diverse parti della scala (rampa, pianerottolo di arrivo, pianerottolo di riposo) hanno spesso carichi unitari diversi; per comodità si usa un valore unico, tipicamente quello della rampa o una media tra i valori delle diverse parti

Primo passo del progetto

valutazione dei carichi unitari

- Definizione dei carichi unitari (cioè per unità di superficie o di lunghezza)

Tipicamente si definiscono i **carichi per unità di superficie** per:

- Solaio
- Balcone
- Scala

Nei casi reali si possono distinguere più tipologie di solaio (ad esempio solaio del piano tipo, solaio di copertura, solaio del torrino scale)

Primo passo del progetto

valutazione dei carichi unitari

- Definizione dei carichi unitari (cioè per unità di superficie o di lunghezza)

Tipicamente si definiscono i **carichi per unità di lunghezza** per:

- Tramezzi

Nota: questo valore serve esclusivamente per definire il valore forfetario di incidenza tramezzi a metro quadro

- Tamponature

- Trave emergente

Nota: si suggerisce di calcolare il maggior peso della trave rispetto al solaio, cioè detrarre al peso proprio quello del peso di solaio che occupa la stessa larghezza in pianta, ma anche di tener conto del fatto che in genere vi sono fasce piene 10 cm a fianco della trave

- Trave a spessore

Nota: anche per questa si considera il maggior peso della trave rispetto al solaio

Primo passo del progetto

valutazione dei carichi unitari

- Definizione dei carichi unitari (cioè per unità di superficie o di lunghezza)

I valori caratteristici dei carichi sono distinti in:

- g_{1k} carico permanente, riferito a peso proprio struttura
Nota: si assimila a questo anche il peso di carichi permanenti non strutturali ben definiti in fase di progetto; questi dovrebbero essere indicati col simbolo g_{2k} , ma consiglio di usare g_{1k} per evitare confusione nella scelta dei coefficienti γ
- g_{2k} carico permanente riferito a elementi non strutturali
(in particolare, quelli non ben definiti in fase di progetto)
- q_k carico variabile
(definito dalla normativa, in funzione della destinazione d'uso)

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Soluzione più diffusa (da usare nel progetto):
 - Solaio con lamiera grecata e soletta di calcestruzzo
 - Eventualmente: solaio di copertura non praticabile con pannello di lamiera grecata, riempimento di isolante termico e impermeabilizzazione
- Carichi da valutare:
 - Peso proprio del solaio
(in questo caso lo si può lasciare per ultimo – spiegherò poi perché)
 - Peso degli altri carichi permanenti (è opportuno che siano ben definiti in fase di progetto)
 - Incidenza forfetaria tramezzi
 - Carichi variabili

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Altri carichi permanenti – piano tipo

Considerate – al di sopra del solaio:

- Massetto

- Se serve solo come base per il pavimento bastano 2-4 cm
Potete usare un massetto ordinario, 16-20 kN/m³
- Se dovete far passare tubi per impianto di riscaldamento
prevedete almeno 8 cm
È opportuno usare un massetto alleggerito, 6-8 kN/m³

- Pavimento

- Varia molto da pavimento in linoleum, parquet in legno,
piastrelle in ceramica, marmo di elevato spessore

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Altri carichi permanenti – piano tipo

Considerate – al di sotto del solaio:

- Intonaco

- Si usa nei solai in c.a., non in quelli con lamiera grecata
Spessore circa 15 mm, peso specifico circa 20 kN/m^3

- Controsoffitto

- Può essere utile in presenza di solai in lamiera grecata per non far vedere la lamiera
- Consente di far passare in maniera nascosta) tubazioni, impianti di condizionamento, ecc.

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Altri carichi permanenti – piano tipo

Esempio:

- Massetto 4 cm	0.8 kN/m ²
- Pavimento in ceramica	0.4 kN/m ²
- Controsoffitto ed impianti	<u>0.5 kN/m²</u>
Totale	1.7 kN/m ²

Nota: questo è un mio esempio, per il vostro progetto fate i vostri calcoli;
guai a chi utilizza i miei valori senza motivazione

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Incidenza tramezzi
 - Poiché la posizione dei tramezzi può variare durante la vita dell'edificio, in genere si considera un valore forfaitario corrispondente al peso del tramezzo spalmato su una superficie comparabile all'interasse medio tra i tramezzi
 - La normativa fornisce indicazioni precise in funzione del peso a metro lineare del tramezzo

Esempio:

- Peso tramezzi 3.5 kN/m

Assumo un carico forfaitario:

- Incidenza tramezzi 2.4 kN/ m²

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Carico variabile:

Dipende dalla destinazione d'uso ed è fornito dalla normativa

Esempio:

- Destinazione d'uso: ufficio non aperto al pubblico
- Carico variabile di normativa 2.0 kN/ m^2

Riepilogo:

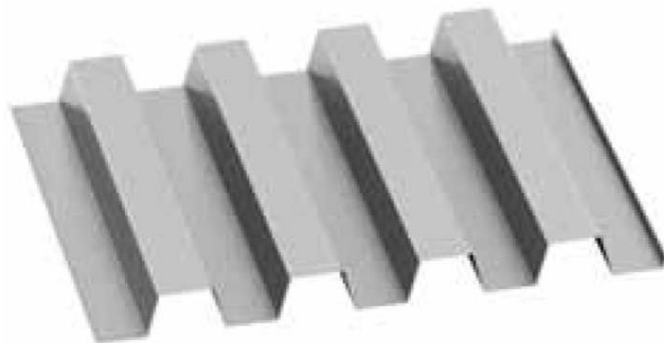
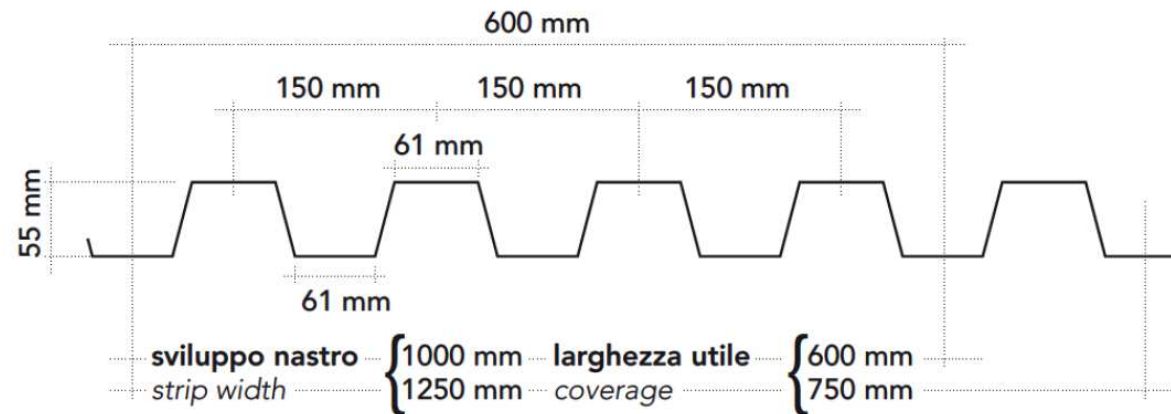
- Altri carichi permanenti 1.7 kN/ m^2
- Incidenza tramezzi 2.4 kN/ m^2
- Carico variabile di normativa 2.0 kN/ m^2

Nota: tutti questi sono valori caratteristici

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Come procedere?
 - Cercare nei siti di ditte produttrici informazioni sugli elementi disponibili

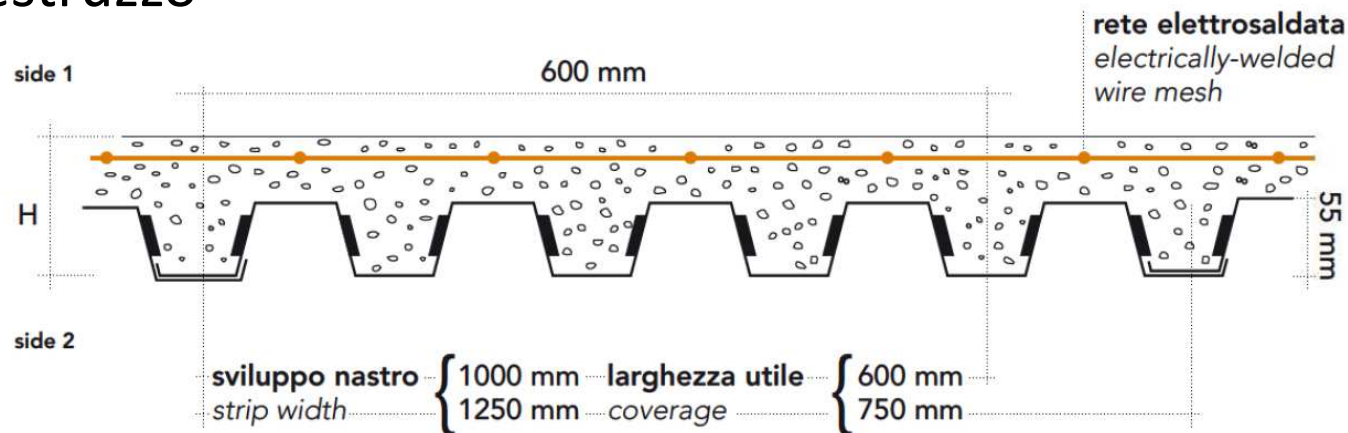


Caratteristiche del profilo Section properties			
Spessore Thickness	Peso Weight	Peso Weight	
		1000	1250
mm	kg/m ²	kg/m	
0,6	7,85	4,71	5,89
0,7	9,16	5,50	6,87
0,8	10,47	6,28	7,85
1,0	13,08	7,85	9,82
1,2	15,70	9,42	11,78

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Come procedere?
 - Si trovano anche informazioni relative all'insieme lamiera più calcestruzzo



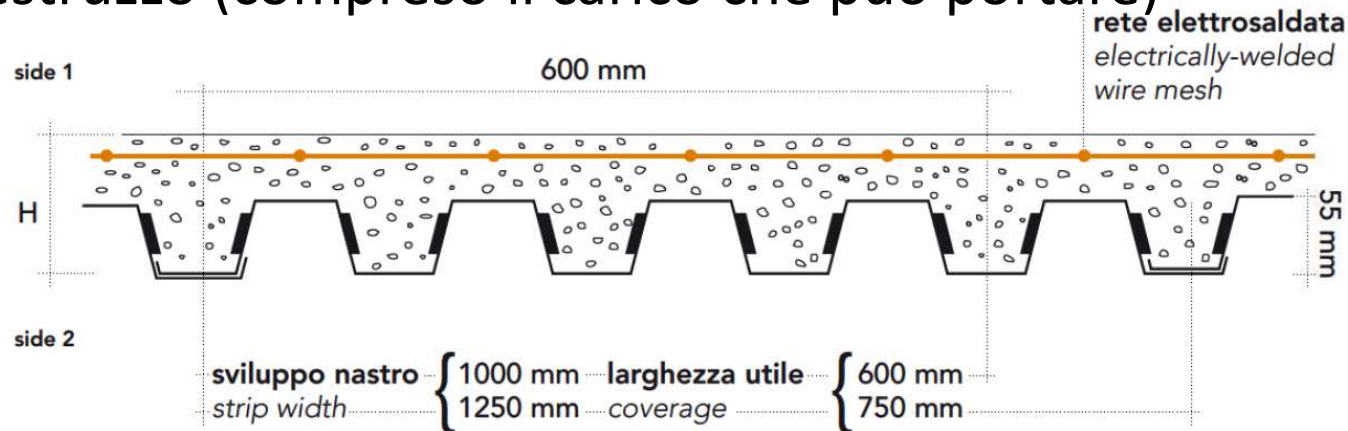
Il peso del calcestruzzo si valuta a partire dall'area nella sezione, ricordando che il peso specifico del c.a. è 25 kN/m^3

Caratteristiche del profilo Section properties			
Spessore Thickness	Peso Weight	Peso Weight	
		1000	1250
mm	kg/m ²	kg/m	
0,6	7,85	4,71	5,89
0,7	9,16	5,50	6,87
0,8	10,47	6,28	7,85
1,0	13,08	7,85	9,82
1,2	15,70	9,42	11,78

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Come procedere?
 - Si trovano anche informazioni relative all'insieme lamiera più calcestruzzo (compreso il carico che può portare)




H=11 cm																
▲▲ 1 campata 1 span																
Spessore Thickness	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m ² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m ²)															
mm	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00
	Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors															
0,7	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.28	2.06	1.88	1.63	1.45	1.26	1.06
0,8	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.43	2.19	2.01	1.75	1.56	1.36	1.15
1,0	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.71	2.47	2.27	1.98	1.78	1.56	1.32
1,2	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.64	2.44	2.13	1.92	1.68	1.43

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Nota: ci sono più tabelle, in funzione dello schema

H=10 cm																	 1 campata 1 span	
Spessore Thickness		Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m²)																
mm		1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00	
	Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors																	
0,7		2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.37	2.22	2.09	1.89	1.73	1.50	1.34	1.17	0.98	
0,8		2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55	2.52	2.36	2.23	2.02	1.86	1.61	1.44	1.26	1.06	
1,0		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.63	2.49	2.26	2.09	1.82	1.64	1.44	1.22	
1,2		2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.82	2.67	2.43	2.24	1.97	1.77	1.55	1.32	

H=10 cm																	▲ ▲ ▲ 2 campate 2 spans		
Spessore Thickness		Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m²)																	
mm		1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00		
		Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors																	
0,7		2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.61	2.46	2.34	2.23	2.13	1.97	1.85	1.65	1.51	1.33	1.00		
0,8		3.05	3.05	3.05	3.01	2.79	2.61	2.46	2.34	2.23	2.13	1.97	1.85	1.65	1.51	1.35	1.10		
1,0		3.40	3.40	3.30	3.01	2.79	2.61	2.46	2.34	2.23	2.13	1.97	1.85	1.65	1.51	1.35	1.17		
1,2		3.60	3.60	3.30	3.02	2.79	2.61	2.46	2.34	2.23	2.13	1.97	1.85	1.65	1.51	1.35	1.17		

H=10 cm																	▲ ▲ ▲ ▲ N campate N spans				
Spessore Thickness		Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m²)																			
mm	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00					
	Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors																				
0,7	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.73	1.54	1.34	1.02					
0,8	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.78	1.63	1.44	1.14					
1,0	3.20	3.20	3.20	3.20	3.01	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.78	1.63	1.45	1.24					
1,2	3.40	3.40	3.40	3.25	3.01	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.78	1.63	1.45	1.26					

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Nota: ... ma anche per differenti altezze

H=10 cm ▲ ▲ ▲ ▲ N campate N spans																
Spessore Thickness	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m ² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m ²)															
mm	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00
	Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors															
0,7	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.73	1.54	1.34	1.02
0,8	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.78	1.63	1.44	1.14
1,0	3.20	3.20	3.20	3.20	3.01	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.78	1.63	1.45	1.24
1,2	3.40	3.40	3.40	3.25	3.01	2.82	2.65	2.52	2.40	2.30	2.13	1.99	1.78	1.63	1.45	1.26

H=11 cm ▲ ▲ ▲ ▲ N campate N spans																
Spessore Thickness	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m ² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m ²)															
mm	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00
	Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors															
0,7	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.88	1.67	1.45	1.12
0,8	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.84	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.90	1.74	1.56	1.24
1,0	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.01	2.84	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.90	1.74	1.56	1.35
1,2	3.35	3.35	3.35	3.35	3.22	3.01	2.84	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.90	1.74	1.56	1.35

H=12 cm ▲ ▲ ▲ ▲ N campate N spans																
Spessore Thickness	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m ² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m ²)															
mm	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00
	Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors															
0,7	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.61	2.42	2.26	2.02	1.80	1.56	1.20
0,8	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	2.86	2.73	2.61	2.42	2.26	2.02	1.84	1.65	1.34
1,0	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.01	2.86	2.73	2.61	2.42	2.26	2.02	1.84	1.65	1.43
1,2	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.20	3.01	2.86	2.73	2.61	2.42	2.26	2.02	1.84	1.65	1.43

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- In funzione del carico portato (precedentemente calcolato) posso valutare quale interasse massimo è accettabile e quale altezza di solaio e spessore di lamiera utilizzare

Esempio: carico massimo (valore caratteristico) = $1.7+2.4+2.0 = 6.1 \text{ kN/m}^2$

H=11 cm											▲ ▲ ▲ ▲ N campate N spans						
Spessore Thickness	Sovraccarico di esercizio utile uniformemente distribuito kN/m² - Useful working overload, uniformly distributed (kN/m²)																
mm	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00	15,00	20,00	
	Luce massima in m per solai - Maximum span in m for floors																
0,7	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.88	1.67	1.45	1.12	
0,8	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.84	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.90	1.74	1.56	1.24	
1,0	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.01	2.84	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.90	1.74	1.56	1.35	
1,2	3.35	3.35	3.35	3.35	3.22	3.01	2.84	2.69	2.57	2.46	2.28	2.13	1.90	1.74	1.56	1.35	

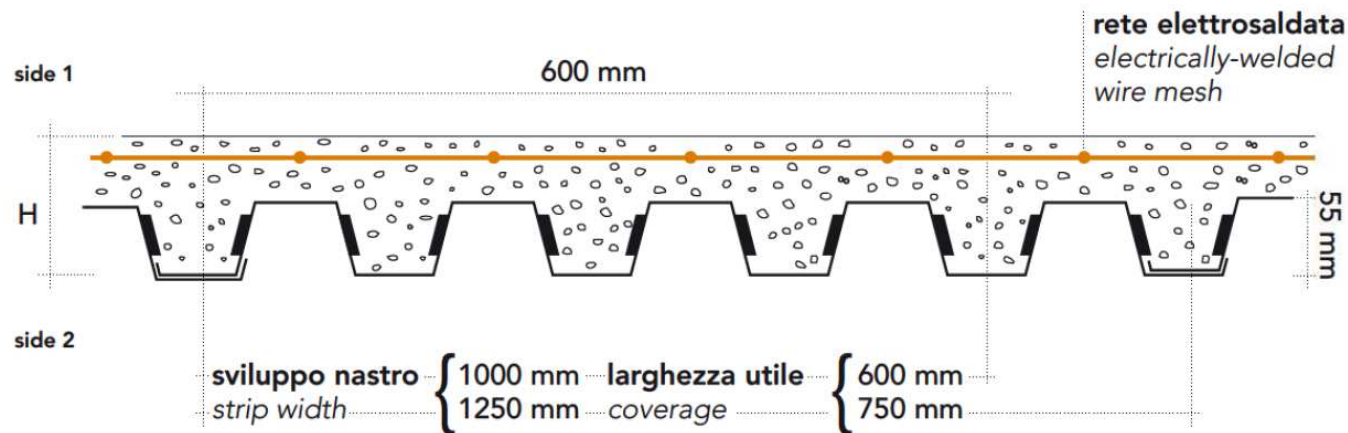
L'interasse non deve superare 2.40 m (indipendentemente dalla lamiera)

Ma ovviamente se cambio tabella questo limite cambia

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Una volta scelto il solaio ne valuto il peso proprio
 - Esempio solaio H=11 cm, spessore lamiera 0.8 mm



- Calcestruzzo

$$h_{\text{media}} = 11 - 5.5/2 = 8.25 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 1 \times 1 \times 0.0825 \times 25 = 2.06 \text{ kN/m}^2$$
- Acciaio

$$\text{peso} = 0.0628/0.6 = 0.10 \text{ kN/m}^2$$

Caratteristiche del profilo Section properties			
Spessore Thickness	Peso Weight	Peso Weight	
		1000	1250
mm	kg/m ²	kg/m	
0,6	7,85	4,71	5,89
0,7	9,16	5,50	6,87
0,8	10,47	6,28	7,85
1,0	13,08	7,85	9,82
1,2	15,70	9,42	11,78

Carichi unitari

solaio (per edificio in acciaio)

- Esempio - riepilogo

- Peso proprio $g_{1k} = 2.16 \text{ kN/m}^2$
- Altri carichi permanenti $g_{1k} = 1.70 \text{ kN/m}^2$
- Incidenza tramezzi $g_{2k} = 2.40 \text{ kN/m}^2$
- Carico variabile di normativa $q_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$

Nota: molto spesso arrotondo questi valori usando una sola cifra decimale (la precisione è sufficiente)

Carichi unitari

solaio di copertura (per l'edificio da progettare)

- Consiglio di considerarlo praticabile, ma potete anche considerarlo non praticabile (specie se il carico da neve è molto elevato)
- Il solaio in lamiera grecata deve essere lo stesso del piano tipo
- In copertura non c'è incidenza tramezzi e massetto e pavimento possono essere diversi dal piano tipo
 - Non c'è il problema di impianti nel pavimento, ma deve essere garantita la pendenza per deflusso acque piovane; questo può essere fatto con il massetto (che potrebbe per questo avere uno spessore medio maggiore) ma anche realizzando le travi in modo da dare già la pendenza
- Occorre tener conto del carico da neve (ne parlerò in una successiva lezione)

Carichi unitari

balconi e scale (per l'edificio da progettare)

- Nell'edificio in acciaio da progettare non sono previsti balconi
- Nell'edificio da progettare ci sono sicuramente le scale (e gli ascensori) ma per semplificarvi il progetto si scelto di non calcolarne espressamente i carichi (nel totale non vi sono grosse differenze)
 - Dedicherò comunque qualche lezione alle scale

Carichi unitari

tramezzi e tamponature (per l'edificio da progettare)

- Il peso proprio (a metro lineare) dei tramezzi è stato fornito tra i dati di progetto e deve essere utilizzato per valutare l'incidenza forfetaria a metro quadro di solaio, come indicato in precedenza
- Il peso proprio (a metro lineare) delle tamponature è stato fornito tra i dati di progetto; ho previsto una differenziazione tra
 - Tamponature perimetrali, disposte lungo tutto il contorno dell'edificio
 - Tamponature interne di divisione tra appartamenti (che ho immaginato un po' più leggere
Ho previsto che queste debbano essere disposte lungo le linee che collegano i pilastri (anche se non è fornito l'architettonico)

Carichi unitari minimi e massimi

(per l'edificio da progettare)

- Poiché tutte le travi sono schemi isostatici la condizione con carico minimo è sempre meno gravosa; quindi non calcolerò il carico minimo
- Il carico massimo si valuta a partire dai valori caratteristici
 - $(g+q)_{\max} = 1.3 g_{1k} + 1.5 g_{2k} + 1.5 q_k$
 - Per il solaio del piano tipo:
 $(g+q)_{\max} = 1.3 \times (2.16 + 1.7) + 1.5 \times 2.4 + 1.5 \times 2.0 = 11.62 \text{ kN/m}^2$
- Si deve prevedere l'effetto combinato di carichi verticali e vento; oltre ai valori massimi si deve considerare il valore di combinazione (da accoppiare al vento massimo)
 - $(g+q)_{\max, \text{comb}} = 1.3 g_{1k} + 1.5 g_{2k} + 1.5 \psi_0 q_k$
 - Per il solaio del piano tipo:
 $(g+q)_{\max} = 1.3 \times (2.16 + 1.7) + 1.5 \times 2.4 + 1.5 \times 0.7 \times 2.0 = 10.72 \text{ kN/m}^2$

Carichi unitari

riepilogo complessivo

- È opportuno riepilogare tutti i valori dei carichi unitari base e dei massimi in una tabella, da tenere sempre presente durante il progetto
- A titolo di esempio:

				Riepilogo complessivo					
Solaio piano tipo				valori caratteristici:			gk + qk	gd + qd	gd + ψ_0 qd
greca h =		mm	g1k	peso proprio		kN/m ²			kN/m ²
soletta h =		mm	g1k	pavimento, massetto, ecc.		kN/m ²	ben definito in fase di progetto		↑ con il carico variabile secondario
lamiera t =		mm	g2k	incidenza tramezzi		kN/m ²	forfetario		
			qk	carico variabile		kN/m ²			
Solaio di copertura				valori caratteristici:			gk + qk	gd + qd	gd + ψ_0 qd
greca h =		mm	g1k	peso proprio		kN/m ²			kN/m ²
soletta h =		mm	g1k	pavimento, massetto, ecc.		kN/m ²	con un carico variabile secondario ↑		↑ con tutti i carichi variabili secondarii
lamiera t =		mm	qk	carico variabile, persone		kN/m ²			
			qs,k	carico variabile, neve		kN/m ²	inserire carico da neve nel foglio "Neve"		
Tramezzi				valori caratteristici:					
per definire incidenza tramezzi			g1k	peso proprio		kN/m			
Tamponature perimetrali				valori caratteristici:			gk	gd	
			g1k	peso proprio		kN/m			kN/m
Tamponature interne				valori caratteristici:			gk	gd	
			g1k	peso proprio		kN/m			kN/m