

Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Corso Integrato di Scienza e Tecnica delle Costruzioni

Modulo di **Tecnica delle Costruzioni**

A.A. 2025-2026
2° semestre

CFU 8

Docente

Marco Zucca

I CARICHI SULLE COSTRUZIONI



POLITECNICO
MILANO 1863
Scuola Master Fratelli Pesenti



Università degli Studi di Cagliari

DICAAR

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E ARCHITETTURA

LE AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Obiettivo: saper determinare i carichi agenti in una costruzione

Strumenti:

- **Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018, G.U. n. 42 del 20.02.2018**
- **Circolare Ministeriale del 21.01.2019, G.U. n. 5 del 11.02.2019**

Classificazione delle Azioni

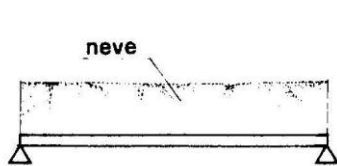
In funzione del modo di esplicarsi

- 1. Dirette:** forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili.
- 2. Indirette:** spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti vincolari, ecc.
- 3. Degrado:** alterazione naturale del materiale (endogeno), alterazione del materiale a causa di agenti esterni (esogeno).

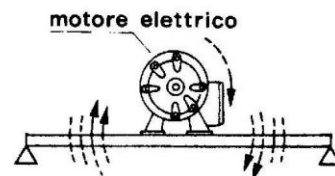
Classificazione delle Azioni

In funzione della risposta strutturale

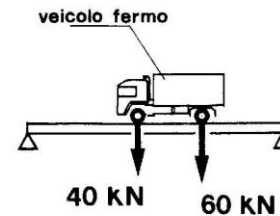
- 1. Statiche:** azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni.
- 2. Pseudo statiche:** azioni dinamiche rappresentabili mediante azioni statiche equivalenti,
- 3. Dinamiche:** azioni che causano significative accelerazioni della struttura.



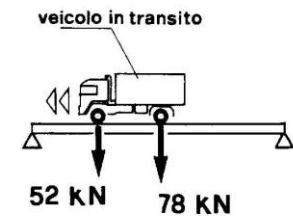
azione statica



azione dinamica



azione statica



azione dinamica

Classificazione delle Azioni

In funzione della loro intensità nel tempo

Permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo:

- 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) (G_1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G_2);
- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- pretensione e precompressione (P), ritiro e viscosità;
- spostamenti differenziali.

Classificazione delle Azioni

In funzione della loro intensità nel tempo

Variabili (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura.

Eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura (incendi, esplosioni, urti ed impatti).

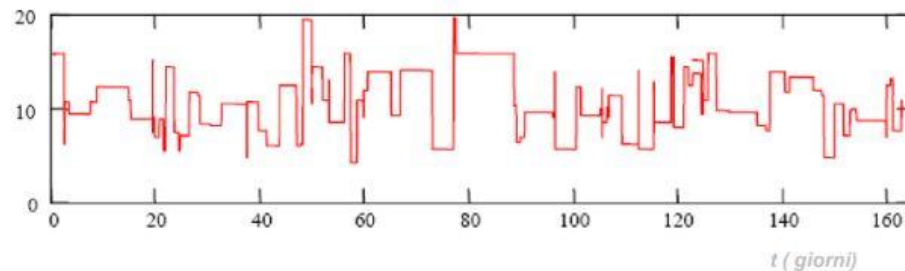
Sismiche (E): azioni derivanti dai terremoti.

Classificazione delle Azioni

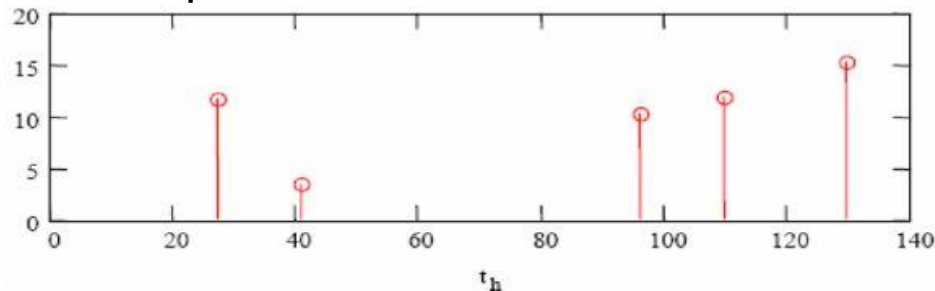
Azioni permanenti: peso proprio della struttura, sovraccarichi (pavimenti, tramezze, tamponamenti, impianti, ecc), dipendono dai pesi specifici dei materiali impiegati.



Azioni variabili: folla, arredi, neve, ecc.



Azioni accidentali: urti ed esplosioni.



Principali azioni sulle costruzioni

Opere civili ed industriali

- carichi permanenti strutturali
- carichi permanenti non strutturali
- carichi variabili (destinazione d'uso)
- azione del vento
- azione della neve
- azione sismica

Carichi permanenti

- Le azioni permanenti sono legate all'azione gravitazionale e sono determinate a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la costruzione.
- I pesi dell'unità di volume e i carichi pertinenti devono essere definiti a partire da fonti riconosciute (normativa o prontuari).

§ 3.1.2. PESI PROPRI DEI MATERIALI STRUTTURALI



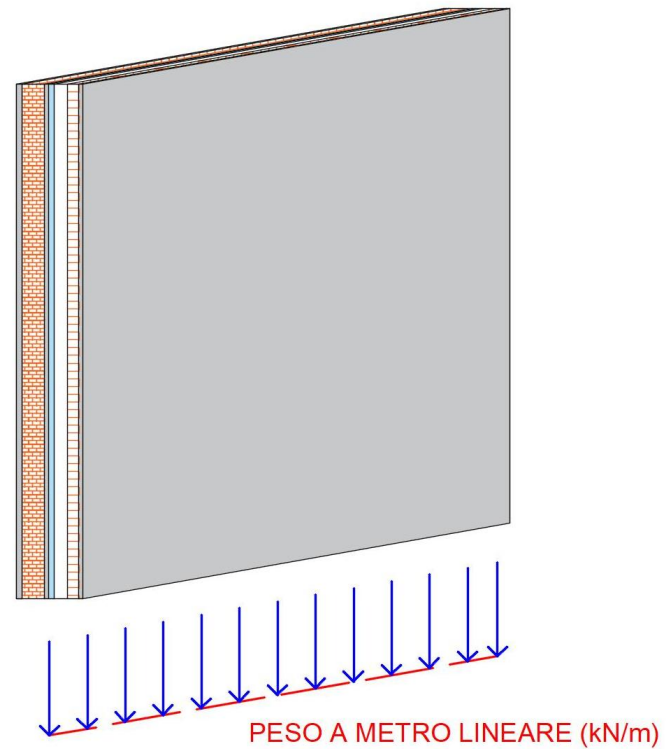
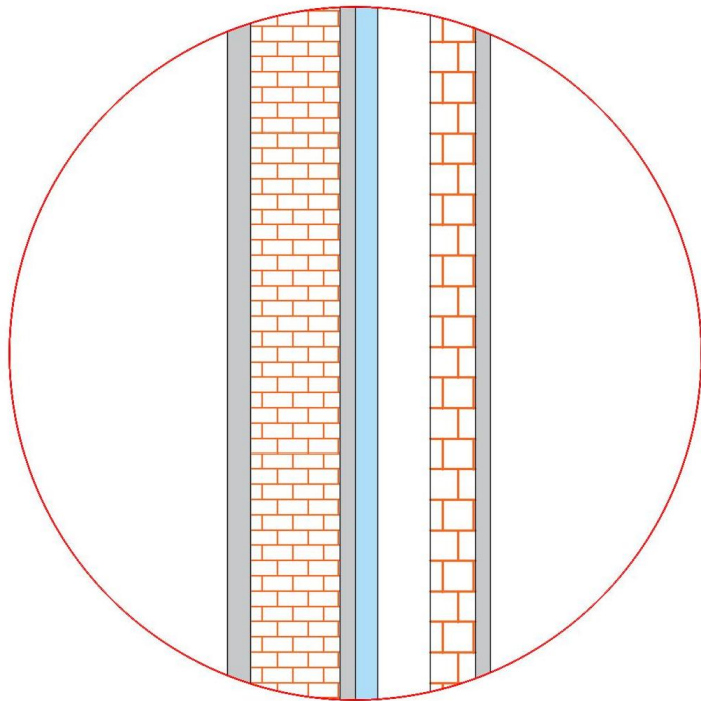
Tab. 3.1.I - Pesi dell'unità di volume dei principali materiali

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 + 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 + 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
Materiale lapideo	
Tufo vulcanico	17,0
Calcere compatto	26,0
Calcere tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
Legnami	
Conifere e pioppo	4,0 + 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 + 8,0
Sostanze varie	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0

Tabella estratta dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)

Carichi permanenti non strutturali

Peso Proprio **PARETE DI TAMPONAMENTO**



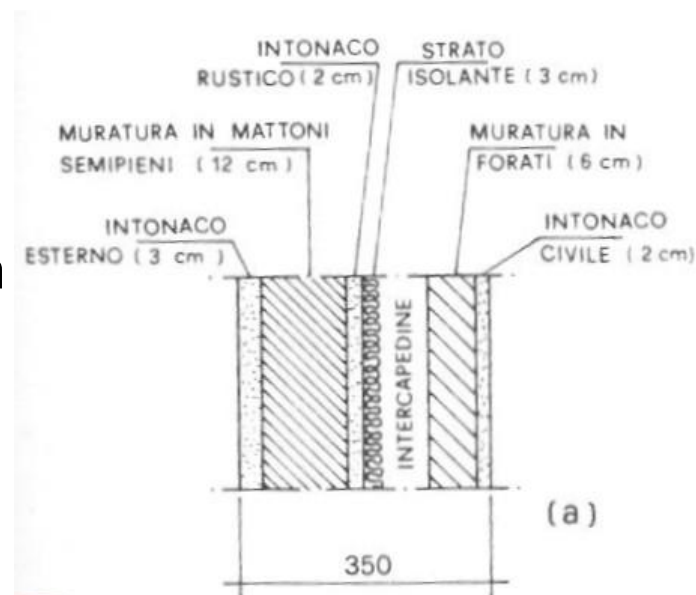
Carichi permanenti non strutturali

Caratteristiche geometriche **MURO DI TAMPONAMENTO**

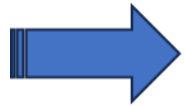
Spessore 35 cm
Altezza 282 cm

Elementi componenti e relativo spessore

- Intonaco esterno in malta cementizia 3 cm
- Muratura in mattoni semipieni 12 cm
- Intonaco rustico in malta cementizia 2 cm
- Strato di isolante 3 cm
- Intercapedine d'aria 7 cm
- Muratura in mattoni forati 6 cm
- Intonaco interno in malta cementizia 2 cm



Carichi permanenti non strutturali



Pesi unità di volumi dei materiali componenti

- Intonaco esterno in malta cementizia: **21 kN/m³**
- Muratura in mattoni semipieni: **16 kN/m³**
- Intonaco rustico in malta cementizia: **21 kN/m³**
- Strato di isolante: **1 kN/m³**
- Intercapedine d'aria: **0 kN/m³**
- Muratura in mattoni forati: **11 kN/m³**
- Intonaco interno in malta cementizia: **20 kN/m³**

Carichi permanenti non strutturali

Carico permanente non strutturale **MURO DI TAMPONAMENTO 11,30 kN/m**

- Intonaco esterno in malta cementizia
 $0,03 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 21 = 1,78 \text{ kN/m}$
- Muratura in mattoni semipieni
 $0,12 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 16 = 5,41 \text{ kN/m}$
- Intonaco rustico in malta cementizia
 $0,02 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 21 = 1,18 \text{ kN/m}$
- Strato di isolante
 $0,03 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 1 = 0,08 \text{ kN/m}$
- Intercapedine d'aria
 $0,07 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 0 = 0,00 \text{ kN/m}$
- Muratura in mattoni forati
 $0,06 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 11 = 1,86 \text{ kN/m}$
- Intonaco interno in malta cementizia
 $0,02 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 21 = 1,18 \text{ kN/m}$

Carichi permanenti non strutturali

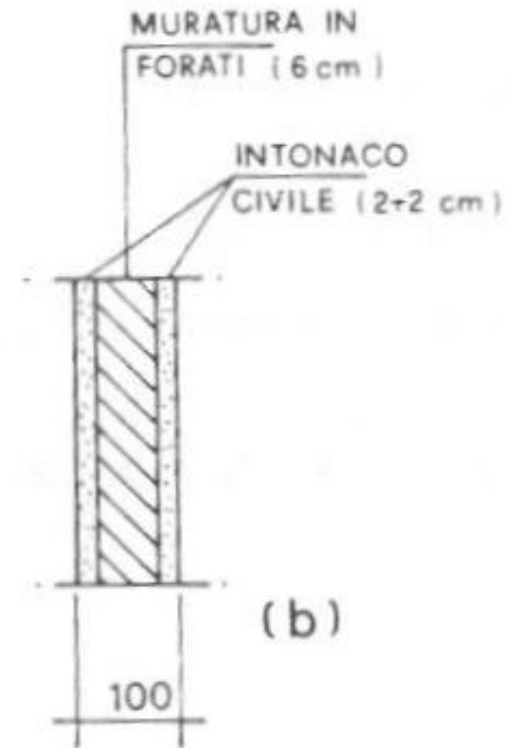
Peso Proprio **TRAMEZZO**

Caratteristiche geometriche TRAMEZZO

Spessore	10 cm
Altezza	282 cm

Elementi componenti e relativo spessore

- Intonaco interno in malta cementizia 2 cm
- Muratura in mattoni forati 6 cm
- Intonaco in malta cementizia 2 cm



Carichi permanenti non strutturali

Carico permanente non strutturale

TRAMEZZO 4,22 kN/m

- Intonaco in malta cementizia

$$0,02 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 21 = 1,18 \text{ kN/m}$$

- Muratura in mattoni forati

$$0,06 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 11 = 1,86 \text{ kN/m}$$

- Intonaco in malta cementizia

$$0,02 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 21 = 1,18 \text{ kN/m}$$

Carichi permanenti non strutturali

Carico permanente non strutturale **TRAMEZZO DI SEPARAZIONE 6,16 kN/m**

- Intonaco esterno in malta cementizia
 $0,02 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 21 = 1,18 \text{ kN/m}$
- Muratura in mattoni forati
 $0,08 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 11 = 1,86 \text{ kN/m}$
- Strato di isolante
 $0,03 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 1 = 0,08 \text{ kN/m}$
- Intercapedine d'aria
 $0,07 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 0 = 0,00 \text{ kN/m}$
- Muratura in mattoni forati
 $0,06 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 11 = 1,86 \text{ kN/m}$
- Intonaco interno in malta cementizia
 $0,02 \cdot 2,82 \cdot 1 \cdot 21 = 1,18 \text{ kN/m}$

Carichi permanenti non strutturali

3.1.3.1 Elementi divisori interni

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisori interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k} delle partizioni nel modo seguente:

- per elementi divisori con $G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$.

Elementi divisori interni con peso proprio maggiore devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio.

Carichi variabili

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	

Tabella estratta dalle
NTC 2018

Carichi variabili

3.1.4.2 SOVRACCARICHI VERTICALI CONCENTRATI

I sovraccarichi verticali concentrati Q_k riportati nella Tab. 3.1.II formano oggetto di verifiche locali distinte e non si applicano contemporaneamente ai carichi verticali ripartiti utilizzati nelle verifiche dell'edificio nel suo insieme; essi devono essere applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento; in assenza di precise indicazioni può essere considerata una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse, i parcheggi e le aree di transito (categorie F e G). Per le costruzioni di categoria F, i carichi si applicano su due impronte di 100 x 100 mm, distanti assialmente 1,80 m. Per le costruzioni di categoria G, i carichi si applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente 1,80 m.

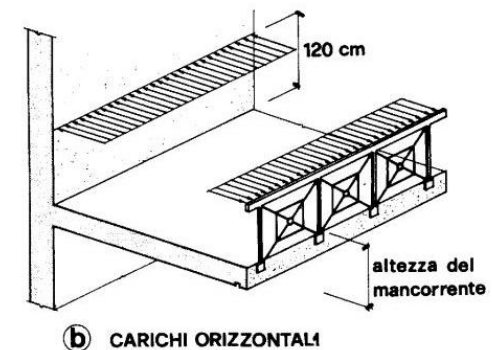
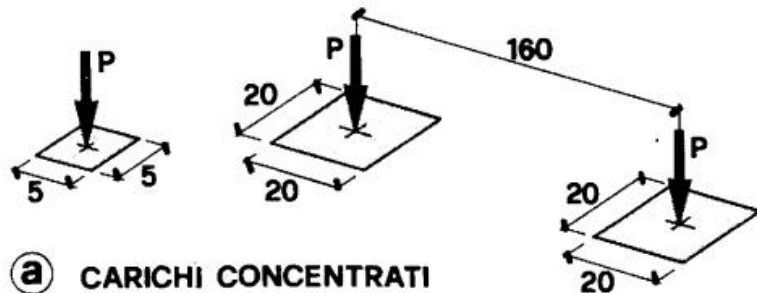
3.1.4.3 SOVRACCARICHI ORIZZONTALI LINEARI

I sovraccarichi orizzontali lineari H_k riportati nella Tab. 3.1.II devono essere utilizzati per verifiche locali e non si combinano con i carichi utilizzati nelle verifiche dell'edificio nel suo insieme.

I sovraccarichi orizzontali lineari devono essere applicati alle pareti alla quota di 1,20 m dal rispettivo piano di calpestio; devono essere applicati ai parapetti o ai mancorrenti alla quota del bordo superiore.

Le verifiche locali riguardano, in relazione alle condizioni d'uso, gli elementi verticali bidimensionali quali i tramezzi, le pareti, i tamponamenti esterni, comunque realizzati, con l'esclusione dei divisori mobili (che comunque devono garantire sufficiente stabilità in esercizio).

Il soddisfacimento di questa prescrizione può essere documentato anche per via sperimentale, e comunque mettendo in conto i vincoli che il manufatto possiede e tutte le risorse che il tipo costruttivo consente.



Carichi variabili

3.1.4.1 SOVRACCARICHI VERTICALI UNIFORMEMENTE DISTRIBUITI

Analogamente ai carichi permanenti non strutturali definiti al § 3.1.3 ed in linea di massima, in presenza di orizzontamenti anche con orditura unidirezionale ma con capacità di ripartizione trasversale, i sovraccarichi potranno assumersi, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti. In caso contrario, occorre valutarne le effettive distribuzioni.

Per le categorie d'uso A, B, C, D, H e I, i sovraccarichi verticali distribuiti che agiscono su un singolo elemento strutturale facente parte di un orizzontamento (ad esempio una trave), possono essere ridotti in base all'estensione dell'area di influenza A [m²] di competenza dell'elemento stesso. Il coefficiente riduttivo α_A è dato da

$$\alpha_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{10}{A} \leq 1,0 \quad [3.1.1]$$

essendo ψ_0 il coefficiente di combinazione (Tab. 2.5.I). Per le categorie C e D, α_A non può essere minore di 0,6.

Analogamente, per le sole categorie d'uso da A a D, le componenti di sollecitazione indotte dai sovraccarichi agenti su membrature verticali, tra i quali pilastri o setti, facenti parte di edifici multipiano con più di 2 piani, possono essere ridotti in funzione del numero di piani caricati n, essendo il coefficiente riduttivo α_n dato da

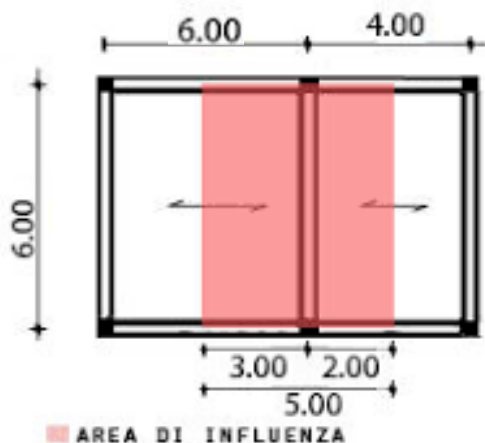
$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2)\psi_0}{n} . \quad [3.1.2]$$

I due coefficienti riduttivi α_A e α_n non possono essere combinati.

DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE α_A per elementi facenti parte di un orizzontamento.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6



$$\alpha_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{10}{A}$$

$\alpha_A > 0.6$ per Cat. C e D

A = area di influenza in $m^2 = 30 m^2$

Nel caso di ambiente ad uso residenziale cat. A, $\psi_0 = 0.7$

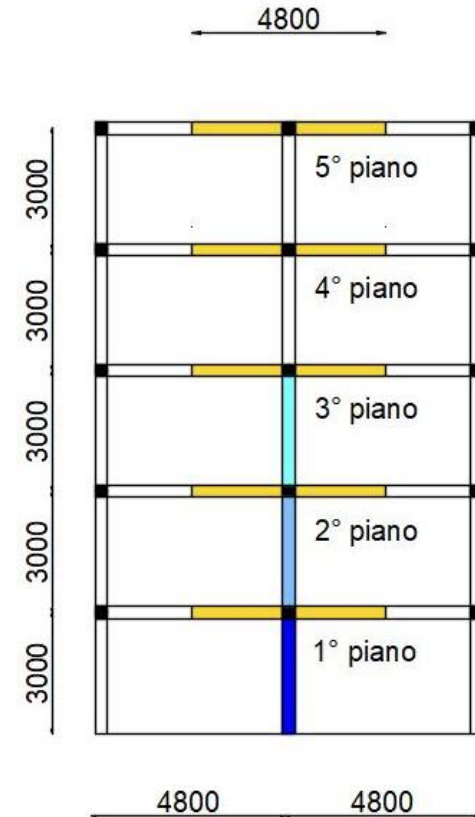
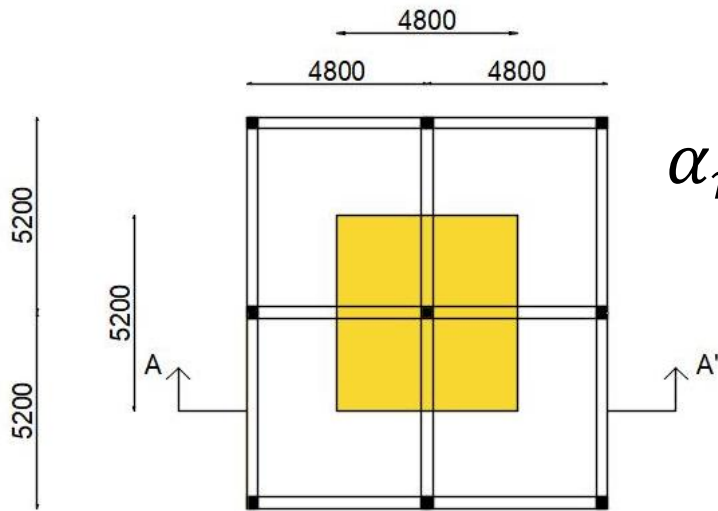
$$\alpha_A = \frac{5}{7}0.7 + \frac{10}{30} = 0.83$$

DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE α_n per membrature verticali (setti e pilastri).

Edificio > 2 piani

$$\alpha_n = \frac{2 + (n-2)\psi_0}{n}$$

$$\psi_0 = 0.7$$



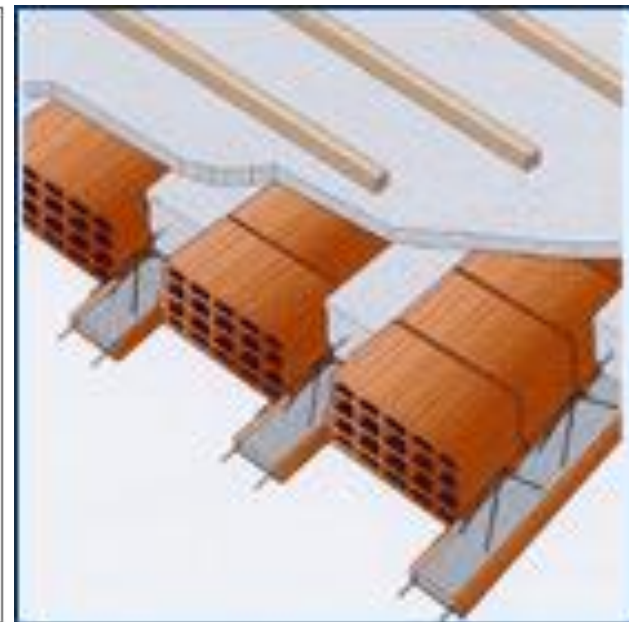
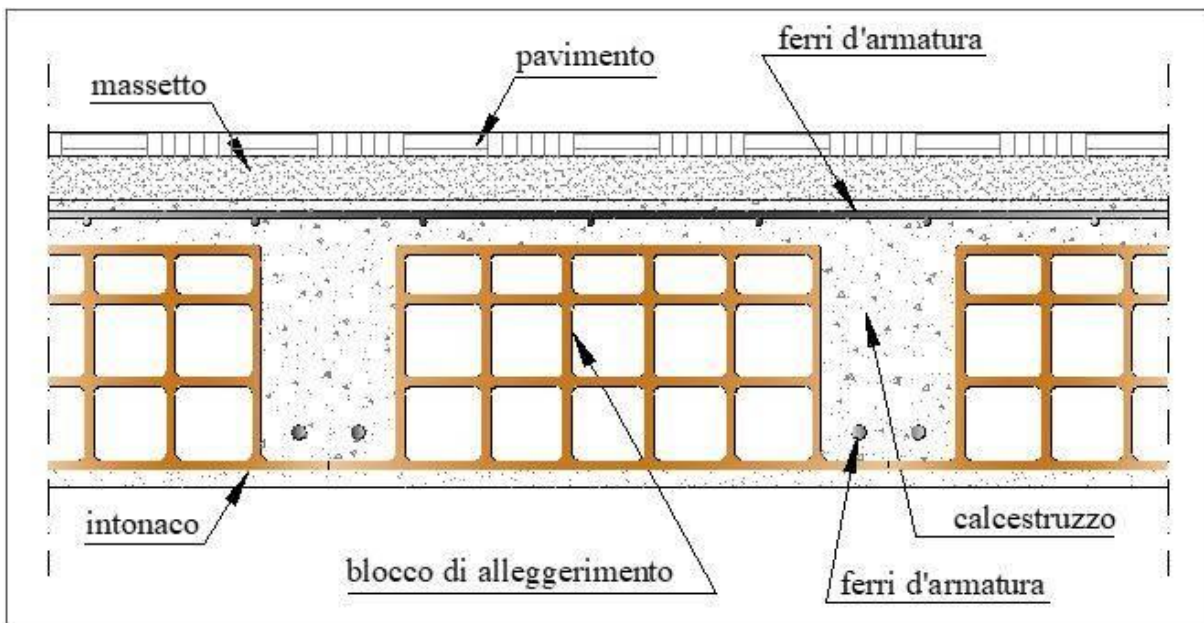
pilastro		α_n
5° piano	-	1.0
4° piano	-	1.0
3° piano	$[2 + (3-2) 0,7]/3$	0.9
2° piano	$[2 + (4-2) 0,7]/4$	0.85
1° piano	$[2 + (5-2) 0,7]/5$	0.82

Carichi permanenti strutturali

Peso proprio

SOLAIO LATEROCEMENTIZIO

Altezza 20 + 4 cm



- Soletta collaborante in cemento armato: altezza 4 cm
- Nervature in cemento armato: base 8 cm; altezza 20 cm
- Pignate: base 42 cm; altezza 20 cm; profondità 25 cm

Carichi permanenti strutturali

Peso proprio

SOLAIO LATEROCEMENTIZIO

Altezza 20 + 4 cm

- Si tratta di una struttura **piana** e pertanto si valuta il peso di **1 m²**
- In 1 m² si trovano **2 nervature** e **8 pignatte**
- Soletta collaborante: $0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 25 = 1 \text{ kN}$
- Nervature: $2 \cdot 0,08 \cdot 0,20 \cdot 1 \cdot 25 = 0,8 \text{ kN}$
- Pignatte: $8 \cdot 0,096 = 0,8 \text{ kN}$



peso totale: 2,60 kN/m²

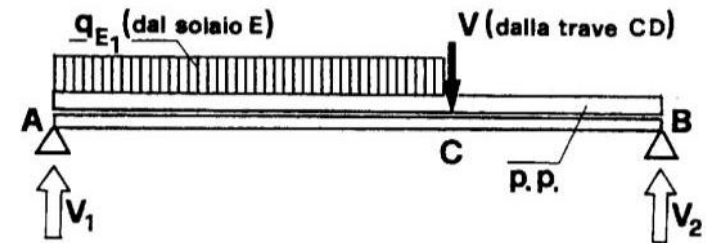
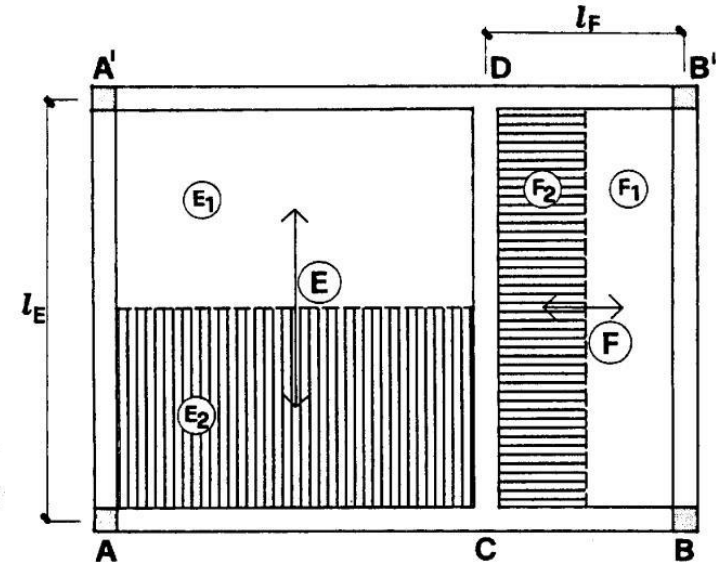
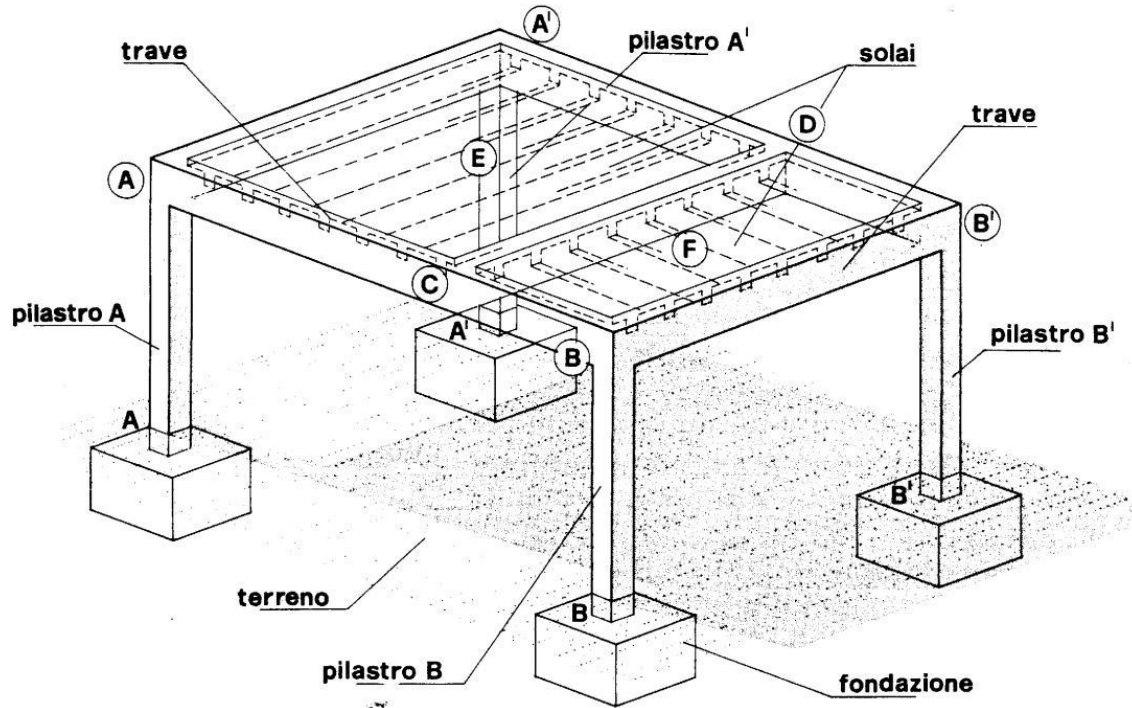
Analisi dei carichi

SOLAIO DI INTERPIANO

- Si tratta di un solaio di interpiano di un edificio per civile abitazione, i tramezzi, distribuiti con regolarità in pianta, sono in mattoni forati e con spessore 10 cm. E' presente una pavimentazione in piastrelle in monocottura e l'intonaco all'intradosso.
- Peso proprio solaio (G_{1k}): 2.60 kN/m²
- Intonaco di intradosso (G_{2k}): 0.42 kN/m²
- Pavimentazione e sottofondo (G_{2k}): 1.66 kN/m²
- Tramezzi (G_{2k}): 2.00 kN/m²
- Carichi variabili cat. A (Q_{1k}): 2.00 kN/m²

$$G_{1k} = 2,60 \text{ kN/m}^2 \quad G_{2k} = 4,08 \text{ kN/m}^2 \quad Q_{1k} = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

Orditura dei solai



Combinazione delle azioni

Ad ogni **azione permanente** con ridotta variabilità si attribuisce un **unico valore caratteristico** G_k .

Ogni **azione variabile** ha **quattro valori rappresentativi**. Il **principale** valore rappresentativo di un'azione variabile è il suo **valore caratteristico** Q_k .

Per la maggior parte delle **azioni variabili climatiche** così come per i **carichi di esercizio** sui solai degli edifici, il **valore caratteristico è quello che ha una probabilità di superamento pari a 0,02 in un anno**, equivalente ad un periodo di ritorno $T = 1/0,02 = 50$ anni.

Gli altri valori rappresentativi, in ordine decrescente, sono i seguenti:

- Il valore di combinazione, $\psi_0 Q_k$: il coefficiente ψ_0 , denominato coefficiente di combinazione, fissa il livello di intensità di un'azione variabile quando essa è presa in conto, nel calcolo, contemporaneamente ad un'altra azione variabile, detta dominante, che viene invece considerata con il suo valore caratteristico.
- Il valore frequente, $\psi_1 Q_k$.
- Il valore quasi permanente, $\psi_2 Q_k$.

Combinazione delle azioni

Il valore frequente e quello quasi permanente dei carichi sui solai degli edifici corrispondono ad una percentuale di superamento rispettivamente del 5% e del 50% della media della distribuzione temporale dell'intensità, ossia nel corso della vita utile della struttura (durata di riferimento 50 anni) possono essere raggiunti e/o superati per un periodo di tempo di pari rispettivamente a 2,5 anni ed a 25 anni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- ✓ **Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$
- ✓ **Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:
$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$
- ✓ **Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$
- ✓ **Combinazione quasi permanente** (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$
- ✓ **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):
$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$
- ✓ **Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):
$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Combinazione delle azioni

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (fatica, ecc.).

Tabella 2.5.1 . Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Azioni nelle verifiche agli SL

Stati Limite Ultimi

Notazione	Definizione
EQU	perdita dell'equilibrio statico della struttura o di una qualsiasi sua parte considerata come corpo rigido quando: <ul style="list-style-type: none">• piccole variazioni nell'intensità o nella distribuzione spaziale delle azioni provocate da una sola sorgente sono significative (es. variazioni del peso proprio, vedere Esempio 1.1)• le resistenze dei materiali da costruzione non sono determinanti
STR	collasso interno o deformazione eccessiva della struttura o degli elementi strutturali, incluse le fondazioni, i pali, i muri di contenimento, ecc., quando il collasso è governato dalla resistenza dei materiali da costruzione della struttura
GEO	collasso o deformazione eccessiva del terreno quando le resistenze del terreno o della roccia sono determinanti nel garantire la resistenza
FAT	collasso per fatica della struttura o degli elementi strutturali <i>(questo tipo di stato limite non viene contemplato nel D.M.)</i>

Azioni nelle verifiche agli SL

In generale, per gli stati limite ultimi, i valori dei coefficienti parziali sono suddivisi in tre insiemi (A, A1, A2) che sono riuniti nel seguente prospetto

Azioni	Azioni Permanenti strutturali G_1 Coefficiente γ_{G1}		Azioni Permanenti non strutturali G_2 Coefficiente γ_{G2}		Azione variabile dominante $Q_{k,1}$ (Nota 1)	Azioni variabili non dominanti $Q_{k,i}$ (Nota 1)
	sfavorevole	favorevole	sfavorevole	favorevole		
Insieme A	1,1	0,9	1,5	0,0	1,5	$\Psi_{0,i} \cdot 1,5$
Insieme A1	1,3	1,0	1,5	0,0	1,5	$\Psi_{0,i} \cdot 1,5$
Insieme A2	1,0	1,0	1,3	0,0	1,3	$\Psi_{0,i} \cdot 1,3$

Nota 1: il coefficiente parziale delle azioni variabili ove favorevoli è da assumersi pari a 0
Nota 2: nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Stato limite	Insieme dei coefficienti da utilizzare
EQU – Equilibrio statico	Insieme A
STR - Resistenza delle strutture degli edifici non soggette ad azioni geotecniche	Insieme A1
STR – Resistenza delle strutture soggette alle azioni geotecniche (fondazioni, pali, muri di contenimento, ecc.)	Approccio 1: Si effettuano due calcoli separati con tutte le azioni utilizzando l'Insieme A1 e l'Insieme A2 (generalmente il dimensionamento delle fondazioni è governato da A2 e la resistenza strutturale da A1)
GEO – Rottura o deformazione eccessiva del terreno	Approccio 2: Insieme A1 per tutte le azioni

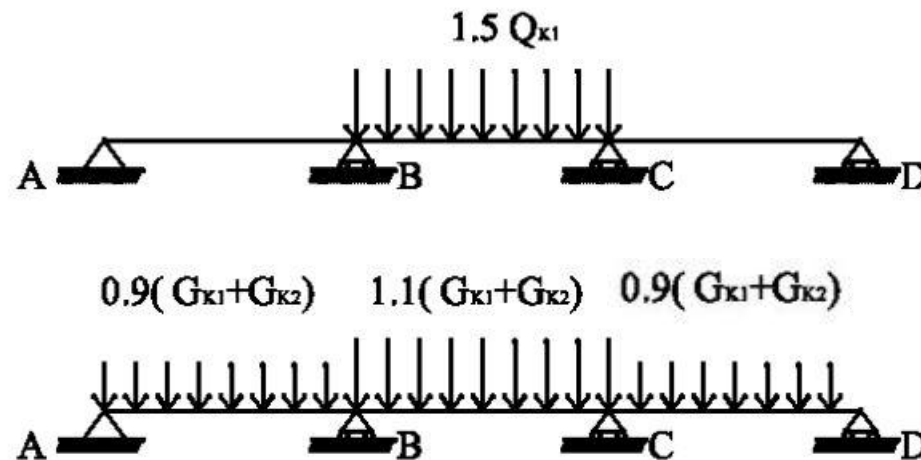
Azioni nelle verifiche agli SL

Esempio 1.1. Combinazione delle azioni agli SLU di una trave continua.

Si considera una trave continua su quattro appoggi soggetta ai seguenti carichi: Peso Proprio G_{k1} , Sovraccarico permanente portato G_{k2} , Sovraccarico di esercizio Q_{k1} .

EQU – Equilibrio statico

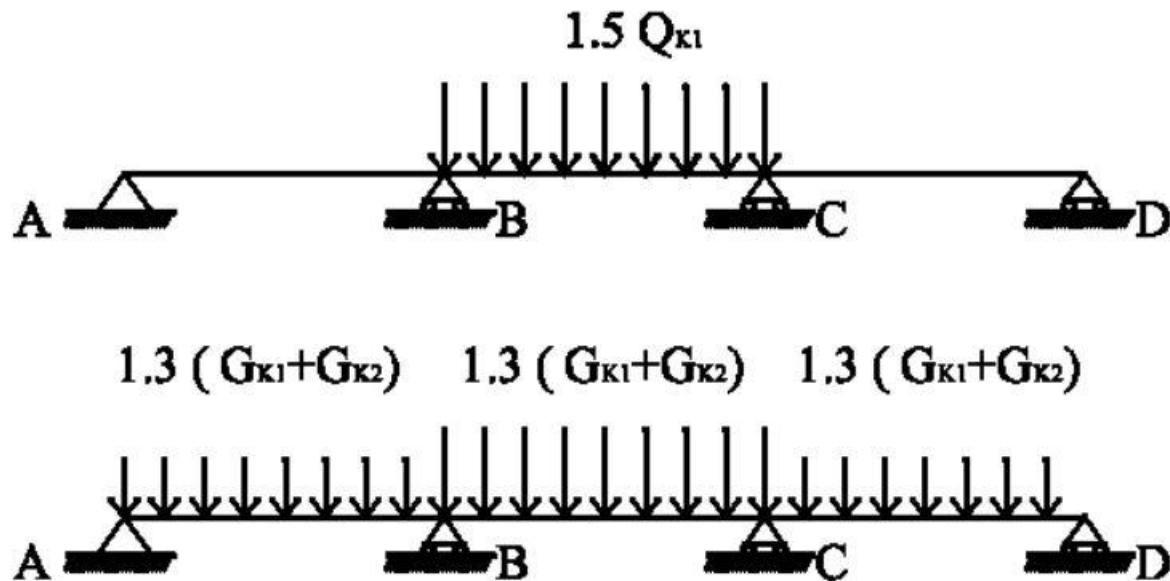
Per verificare i dispositivi antisollevamento degli appoggi di estremità, i coefficienti da adottare sono quelli dell'insieme A, come indicato in figura.



Azioni nelle verifiche agli SL

STR – Verifica a flessione in campata (Insieme A1)

Per la verifica a flessione nella sezione di mezzeria della campata centrale, il coefficiente parziale da considerare per i carichi permanenti è lo stesso in tutte le campate.



Azioni nelle verifiche agli SL

Esempio 1.2. Combinazione delle azioni agli SLU di una tettoia.

Si considera una tettoia soggetta ai seguenti carichi: Peso Proprio G_{k1} , Sovraccarico permanente portato G_{k2} , Sovraccarico di esercizio Q_{k1} .

EQU – Equilibrio statico (Insieme A)

Per la verifica al ribaltamento, i coefficienti da adottare sono quelli dell'insieme A.

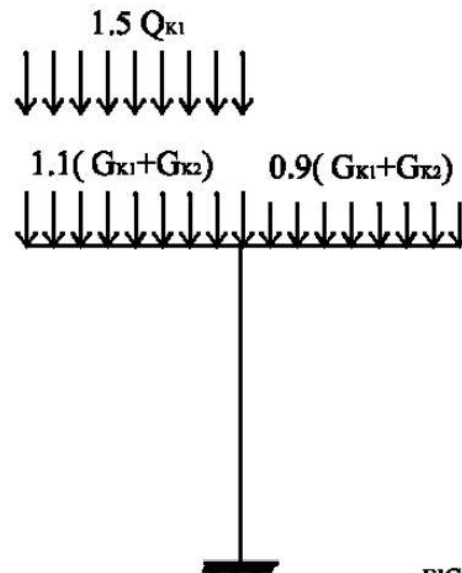


FIG.1.7

Azioni nelle verifiche agli SL

STR – Verifica di resistenza del pilastro (Insieme A1)

Per la verifica a compressione ed a pressoflessione del pilastro, il coefficiente parziale da considerare per i carichi permanenti è lo stesso per tutte le campate. Il sovraccarico variabile nel primo caso è distribuito su tutta la tettoia per massimizzare lo sforzo normale, mentre nel secondo è applicato solo su metà tettoia per la verifica a pressoflessione.

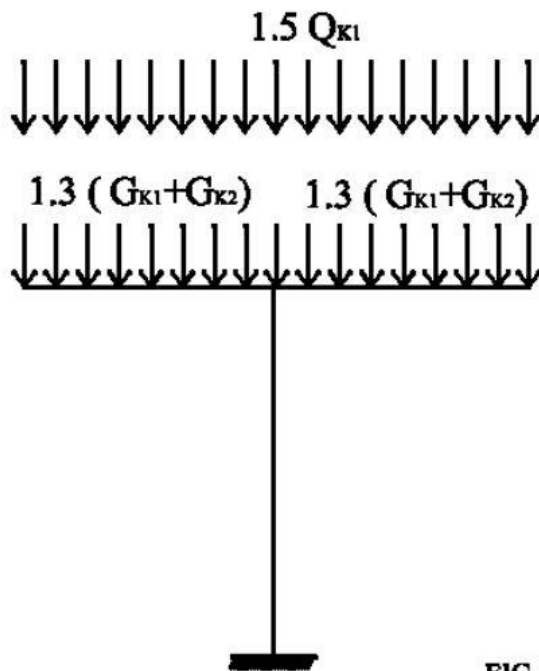


FIG.1.8

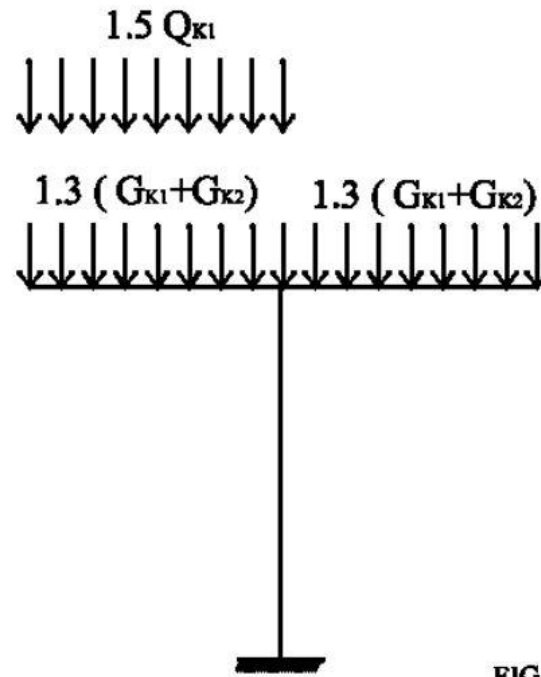


FIG.1.9

Azioni nelle verifiche agli SL

Esempio 1.3. Combinazione delle azioni agli SLU di un edificio intelaiato in c.a. per civile abitazione

Si considera l'edificio soggetto ai seguenti carichi:

• Peso Proprio + permanente portato	G_k	
• Sovraccarico di esercizio	$Q_{k,es}$	(valore caratteristico)
•	$\psi_0 \cdot Q_{k,es} = 0,7 Q_{k,es}$	(valore di combinazione)
• Neve sulla copertura	$Q_{k,n}$	(valore caratteristico)
	$\psi_0 \cdot Q_{k,n} = 0,5 Q_{k,n}$	(valore di combinazione)
• Vento	$F_{k,w}$	(valore caratteristico)
	$\psi_0 \cdot F_{k,w} = 0,6 F_{k,w}$	(valore di combinazione)

I valori dei coefficienti parziali sono quelli della tabella 2.5.1.

STR – Combinazioni fondamentali per la verifica della sovrastruttura (Insieme A1)

Azione dominante: neve (c) $1,3 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,n} + 0,7 \cdot Q_{k,es} + 0,6 \cdot F_{k,w})$

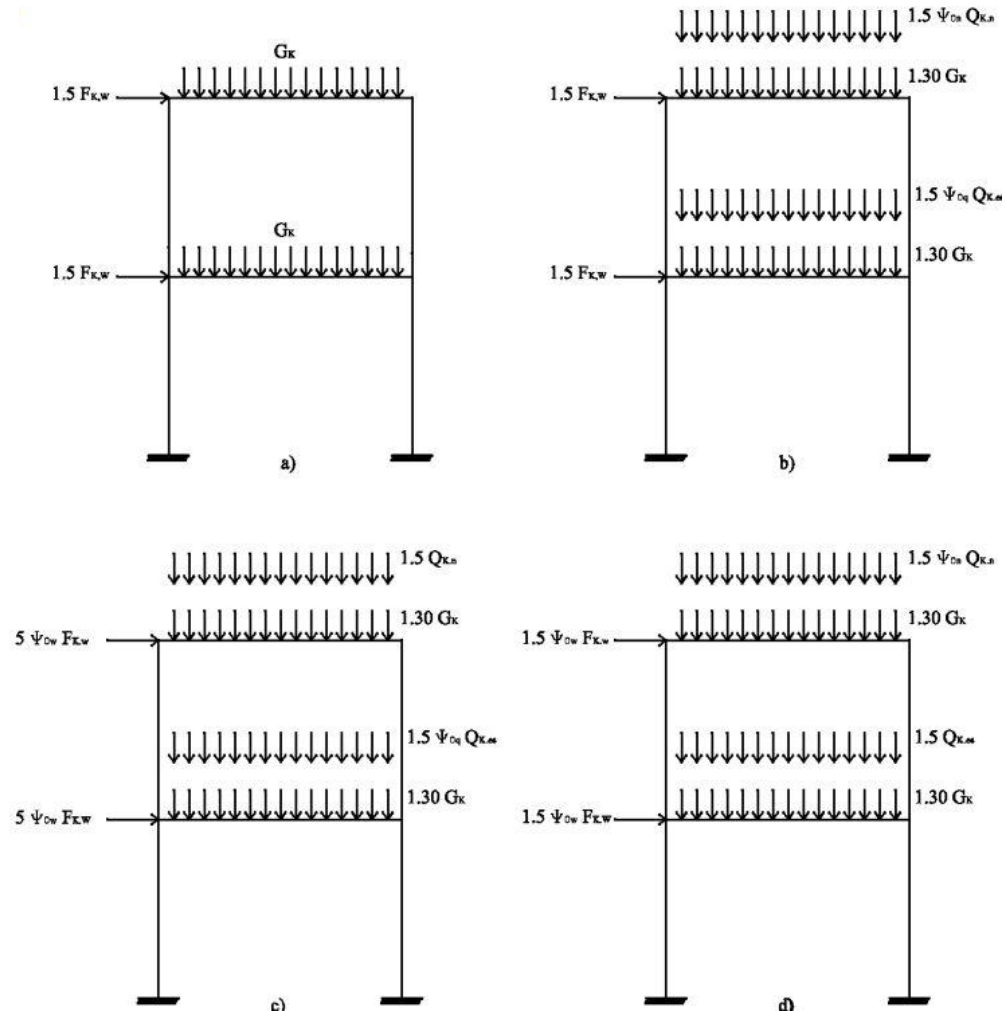
Azione dominante: carico di esercizio (d) $1,3 \cdot G_k + 1,5 \cdot (Q_{k,es} + 0,5 \cdot Q_{k,n} + 0,6 \cdot F_{k,w})$

Azione dominante: vento (carichi verticali sfavorevoli) (b) $1,3 \cdot G_k + 1,5 \cdot (F_{k,w} + 0,5 \cdot Q_{k,n} + 0,7 \cdot Q_{k,es})$

Azione dominante: vento (carichi verticali favorevoli) (a) $1,3 \cdot G_k + 1,5 \cdot F_{k,w}$

Azioni nelle verifiche agli SLU

Esempio 1.3. Combinazione delle azioni agli SLU di un edificio intelaiato in c.a. per civile abitazione



Azioni nelle verifiche agli SL

Esempio 1.3. Combinazione delle azioni agli SLU di un edificio intelaiato in c.a. per civile abitazione

STR/GEO – Combinazioni fondamentali per la verifica delle fondazioni e della resistenza del terreno

Approccio 1: Si applicano in calcoli separati i valori di progetto dell'insieme A1 e dell'insieme A2 alle azioni geotecniche e a tutte le altre azioni dalla o sulla struttura. Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Cap. 6 del D.M.

Generalmente l'insieme A1 fornisce i valori più gravosi per le verifiche degli elementi strutturali delle fondazioni, mentre l'insieme A2 fornisce i valori più gravosi per le verifiche geotecniche.

STR – verifica degli elementi strutturali di fondazione (Insieme A1)

Si utilizzano le stesse combinazioni viste precedentemente.

GEO – verifiche geotecniche (Insieme A2) (vedi figura pag. successiva)

Azione dominante: neve (c) $1,0 \cdot G_k + 1,3 \cdot (Q_{k,n} + 0,7 \cdot Q_{k,es} + 0,6 \cdot F_{k,w})$

Azione dominante: carico di esercizio (d) $1,0 \cdot G_k + 1,3 \cdot (Q_{k,es} + 0,5 \cdot Q_{k,en} + 0,6 \cdot F_{k,w})$

Azione dominante: vento (*carichi verticali sfavorevoli*) (b) $1,0 \cdot G_k + 1,3 \cdot (F_{k,w} + 0,5 \cdot Q_{k,en} + 0,7 \cdot Q_{k,es})$

Azione dominante: vento (*carichi verticali favorevoli*) (a) $1,0 \cdot G_k + 1,3 \cdot F_{k,w}$

Approccio 2: Si applica una sola combinazione di carico (insieme A1) sia per le verifiche alle azioni geotecniche che per a tutte le altre azioni dalla o sulla struttura.

Azioni nelle verifiche agli SL

