

# Lezione

Tecnica delle Costruzioni

# Azioni sulle costruzioni

## Classificazione

Un modello completo di una azione descrive diverse proprietà di una azione:

- intensità
- posizione
- direzione
- durata
- interazione tra le azioni e la risposta della struttura

# Azioni sulle costruzioni

## Classificazione

1. in base al modo di esplicitarsi
2. secondo la risposta strutturale
3. secondo la variazione della loro intensità nel tempo

# Azioni sulle costruzioni

1

## Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi

### a) *dirette*

forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili;

### b) *indirette*

spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincolo, ecc.

### c) *degrado*

- endogeno: alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale;
- esogeno: alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni.

# Azioni sulle costruzioni

2

## Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale

### a) *statiche*

azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;

### b) *pseudo statiche*

azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;

### c) *dinamiche*

azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

# Azioni sulle costruzioni

## Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo

### a) *permanenti* (G):

azioni che agiscono durante 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) ( G1 );
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali ( G2 );
- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- pretensione e precompressione ( P );
- ritiro e viscosità;
- spostamenti differenziali;

# Azioni sulle costruzioni

## Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo

b) *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;

# Azioni sulle costruzioni

Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo

c) *eccezionali* (A):

azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;

- incendi;
- esplosioni;
- urti ed impatti;

d) *sismiche* (E):

azioni derivanti dai terremoti.

# Caratterizzazione delle azioni

Valore caratteristico

Il più importante valore rappresentativo di un'azione F è il valore caratteristico.

In funzione dei dati disponibili e dell'esperienza, il valore caratteristico deve essere specificato nella normativa come :

- una media
- un valore superiore o inferiore
- un valore nominale  
(che non si riferisce ad alcuna distribuzione statistica).

# Caratterizzazione delle azioni permanenti

## Valore caratteristico

Se la variabilità di un'azione permanente è piccola, può essere usato un singolo valore caratteristico, preso come valore medio.

La variabilità può normalmente essere assunta come piccola se il coefficiente di variazione nel corso della di progetto non è maggiore di 0.05-0.10.

Se la variabilità di un'azione permanente non è piccola, devono essere usati due valori: un valore superiore ed un valore inferiore.

In questo caso devono essere usare i valori  $G_{k,inf}$  e  $G_{k,sup}$  corrispondenti ai frattili 0.05 e 0.95. Se si adotta una funzione densità di probabilità di tipo Gaussiano questi valori possono essere ricavati dalle relazioni

$$G_{k,inf} = \mu_G - 1.645 \sigma_G$$

$$G_{k,sup} = \mu_G + 1.645 \sigma_G$$

# Caratterizzazione dei pesi propri

Valore caratteristico

Si ritiene che la variabilità del peso proprio di edifici comuni rientri nell'intervallo di valori 0.05-0.10.

In tali situazioni per il peso proprio può essere usato un singolo valore assunto come il valore medio, calcolato sulla base delle misure nominali e del valore medio del peso specifico.

# Caratterizzazione delle azioni variabili

## Valore caratteristico

Quando è possibile un trattamento statistico, il valore caratteristico corrisponde ad un valore con una certa probabilità di essere maggiorato o minorato durante un periodo di tempo di riferimento.

Pertanto, il valore caratteristico di un'azione variabile dipende da:

- probabilità assegnata che tale valore sia minorato o maggiorato
- periodo di tempo di riferimento

La probabilità  $p$  che il valore caratteristico non sia ecceduto ed il periodo di riferimento  $\tau$  sono legati dalla relazione

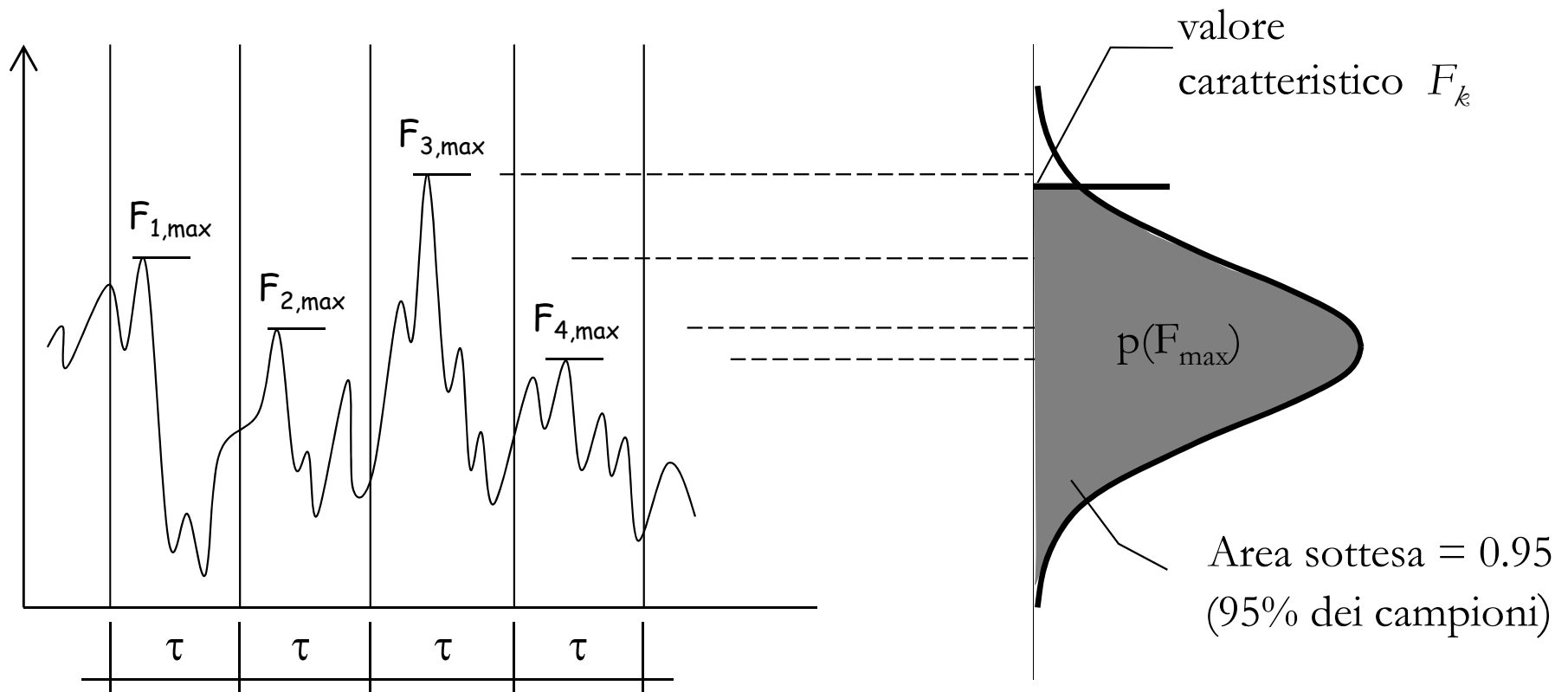
$$T = \frac{\tau}{\ln(1-p)}$$

dove  $T$  è il periodo di ritorno del valore corrispondente alla probabilità  $p$ .

# Caratterizzazione delle azioni variabili

## Valore caratteristico

Valore corrispondente ad un frattile pari al 95 % della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile



# Caratterizzazione delle azioni

Altri valori

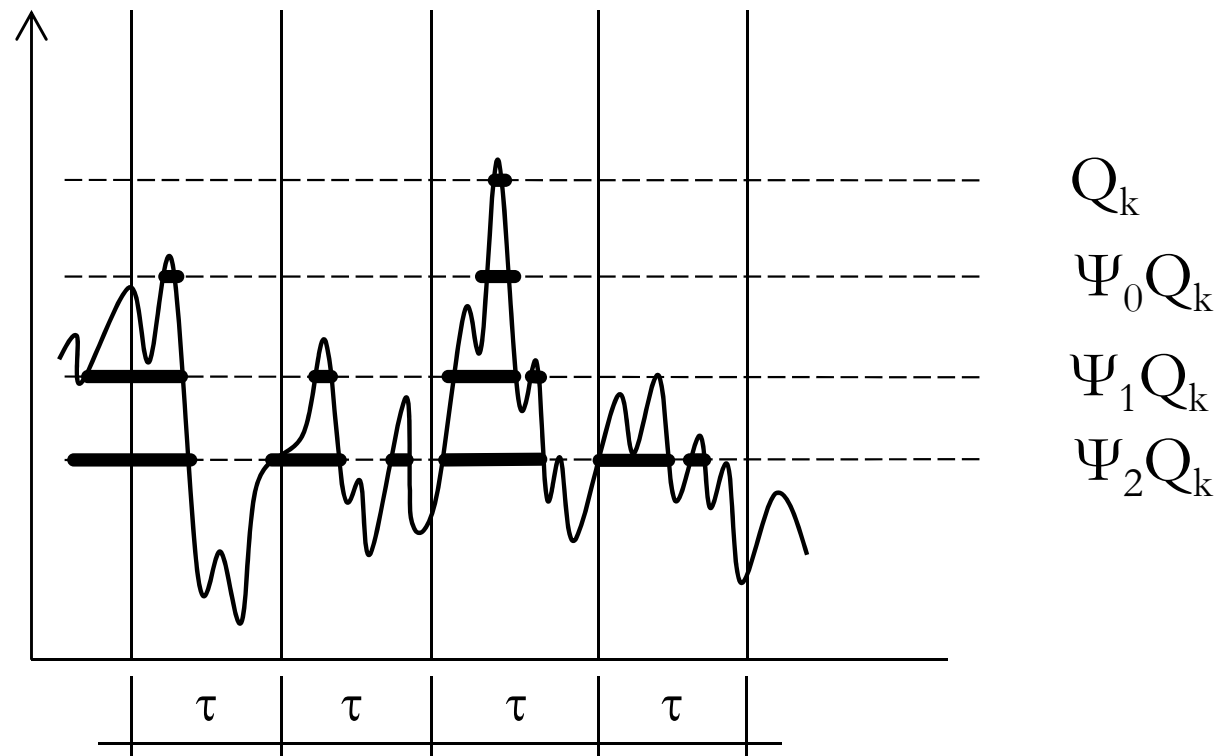
*Valori di azioni variabili corrispondenti a probabilità di superamento via via maggiori:*

- Valore raro ( o di combinazione)  $\longrightarrow \Psi_0 Q_{kj}$   
valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili
- Valore frequente  $\longrightarrow \Psi_1 Q_{kj}$
- Valore quasi permanente  $\longrightarrow \Psi_2 Q_{kj}$

# Caratterizzazione delle azioni variabili

Altri valori

Nel passaggio dal valore caratteristico al valore quasi permanente aumenta la durata del periodo di riferimento in cui tale valore della forza e' superato



# Coefficienti di combinazione

## Categoria/Azione variabile

|                                     |                                                            |     |     |     |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| 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 uso industr.    | 1.0 | 0.9 | 0.8 |
| Categoria F                         | Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ 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 |

# **Esempi di azioni permanenti e variabili da carichi verticali**

# Azioni sulle costruzioni

## Pesi dell'unità di volume dei principali materiali strutturali

| MATERIALI                                                | kN/m <sup>3</sup> | MATERIALI                                                                                                                                                                                         | kN/m <sup>3</sup> |
|----------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><u>Calcestruzzi cementizi e malte</u></b>             |                   | <b><u>Materiale lapideo</u></b>                                                                                                                                                                   |                   |
| Calcestruzzo ordinario                                   | 24,0              | Tufo vulcanico                                                                                                                                                                                    | 17,0              |
| Calcestruzzo armato (e/o precompresso)                   | 25,0              | Calcere compatto                                                                                                                                                                                  | 26,0              |
| Calcestruzzi "leggeri":<br>da determinarsi caso per caso | 14,0 ÷ 20,0       | Calcere tenero                                                                                                                                                                                    | 22,0              |
| Calcestruzzi "pesanti":<br>da determinarsi caso per caso | 28,0 ÷ 50,0       | Gesso                                                                                                                                                                                             | 13,0              |
| Malta di calce                                           | 18,0              | Granito                                                                                                                                                                                           | 27,0              |
| Malta di cemento                                         | 21,0              | Laterizio (pieno)                                                                                                                                                                                 | 18,0              |
| Calce in polvere                                         | 10,0              | <b><u>Legnami</u></b>                                                                                                                                                                             |                   |
| Cemento in polvere                                       | 14,0              | Conifere e pioppo                                                                                                                                                                                 | 4,0 ÷ 6,0         |
| Sabbia                                                   | 17,0              | Latifoglie (escluso pioppo)                                                                                                                                                                       | 6,0 ÷ 8,0         |
| <b><u>Metalli e leghe</u></b>                            |                   | <b><u>Sostanze varie</u></b>                                                                                                                                                                      |                   |
| Acciaio                                                  | 78,5              | Carta                                                                                                                                                                                             | 10,0              |
| Ghisa                                                    | 72,5              | Vetro                                                                                                                                                                                             | 25,0              |
| Alluminio                                                | 27,0              | Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici. |                   |

# Azioni sulle costruzioni

## Carichi permanenti non strutturali

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisorii 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 divisorii con | $G_{2k} \leq 1,00 \text{ kN/m}$        | $g_{2k} = 0,40 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisorii con | $1,00 < G_{2k} \leq 2,00 \text{ kN/m}$ | $g_{2k} = 0,80 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisorii con | $2,00 < G_{2k} \leq 3,00 \text{ kN/m}$ | $g_{2k} = 1,20 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisorii con | $3,00 < G_{2k} \leq 4,00 \text{ kN/m}$ | $g_{2k} = 1,60 \text{ kN/m}^2$ |
| - per elementi divisorii con | $4,00 < G_{2k} \leq 5,00 \text{ kN/m}$ | $g_{2k} = 2,00 \text{ kN/m}^2$ |

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

# Azioni sulle costruzioni

## Carichi permanenti non strutturali

### Esempio elementi divisori interni

Mattoni Forati

$$0.08\text{m} \times 3.0\text{m} \times 6.0 \text{ kN/m}^3$$

Intonaco

$$0.02\text{m} \times 3.0\text{m} \times 18.0 \text{ kN/m}^3$$

---

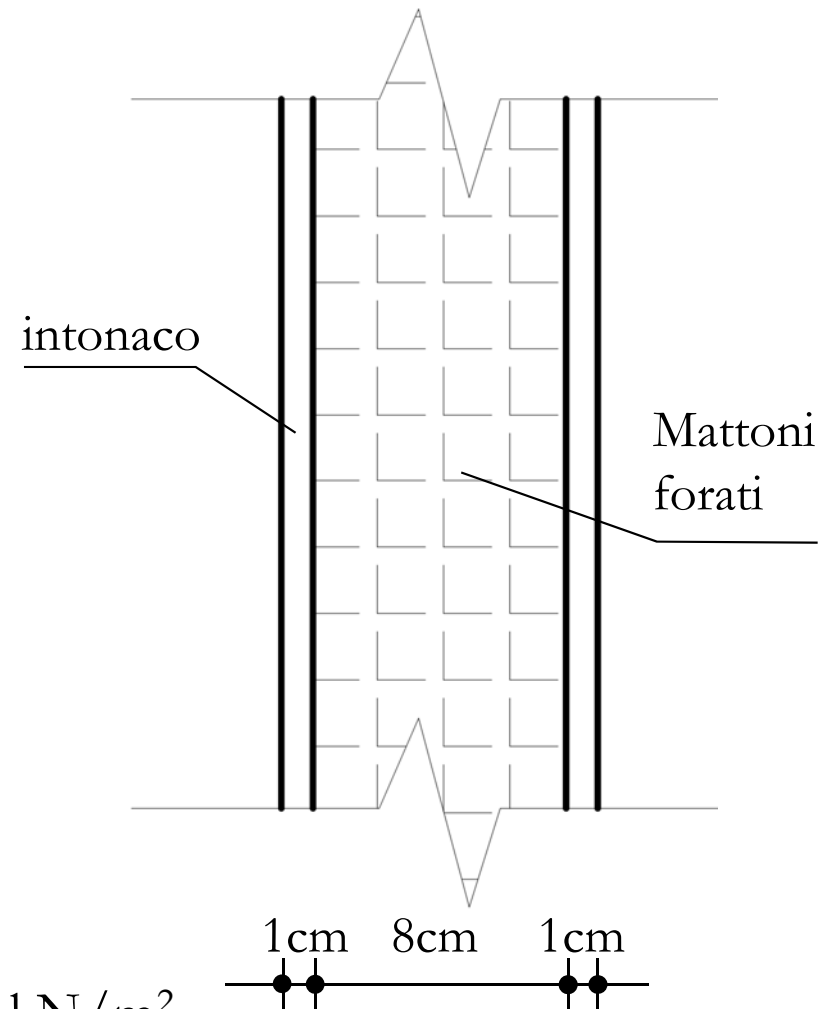
Totale

$$G_{2k} = 2.52 \text{ kN/m}$$

per elementi divisori con

$$2.00 < G_{2k} \leq 3.00 \text{ kN/m}$$

$$g_{2k} = 1.20 \text{ kN/m}^2$$



# Azioni sulle costruzioni

## Carichi permanenti non strutturali

### Esempio elementi divisori interni

Mattoni Forati

$$0.08\text{m} \times 3.0\text{m} \times 6.0 \text{ kN/m}^3$$

Intonaco

$$0.04\text{m} \times 3.0\text{m} \times 18.0 \text{ kN/m}^3$$

---

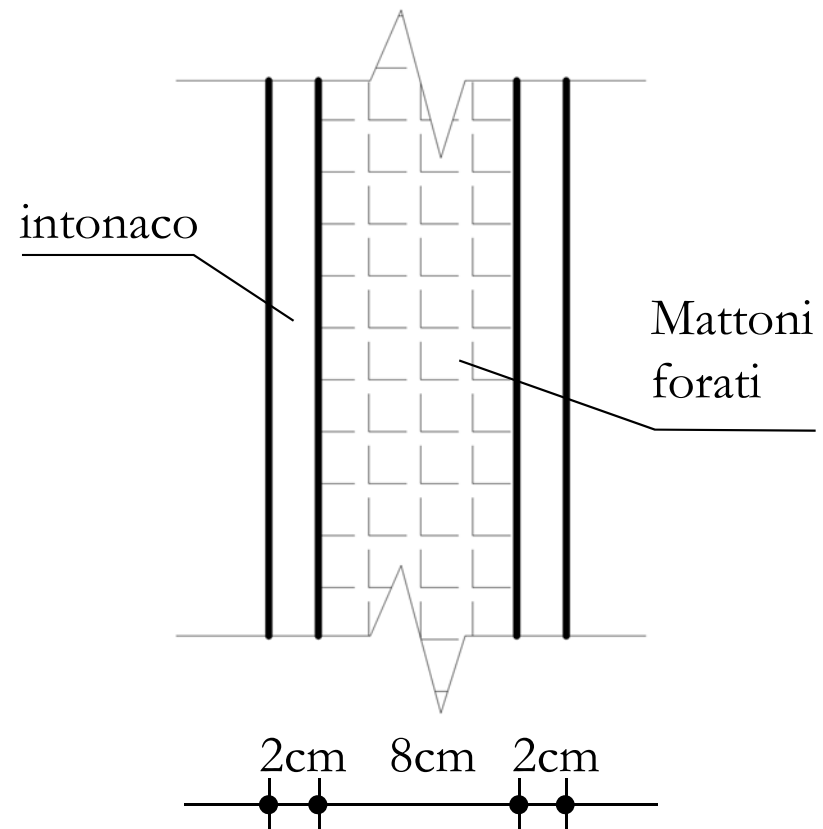
Totale

$$G_{2k} = 3.6 \text{ kN/m}$$

per elementi divisori con

$$3.00 < G_{2k} \leq 4.00 \text{ kN/m}$$

$$g_{2k} = 1.60 \text{ kN/m}^2$$



# Azioni sulle costruzioni

## Carichi permanenti non strutturali

### Esempio tompagno

Mattoni Forati Esterni

$$0.12\text{m} \times 3.0\text{m} \times 6.0 \text{ kN/m}^3$$

Mattoni Forati Interni

$$0.08\text{m} \times 3.0\text{m} \times 6.0 \text{ kN/m}^3$$

Intonaco (esterno + interno)

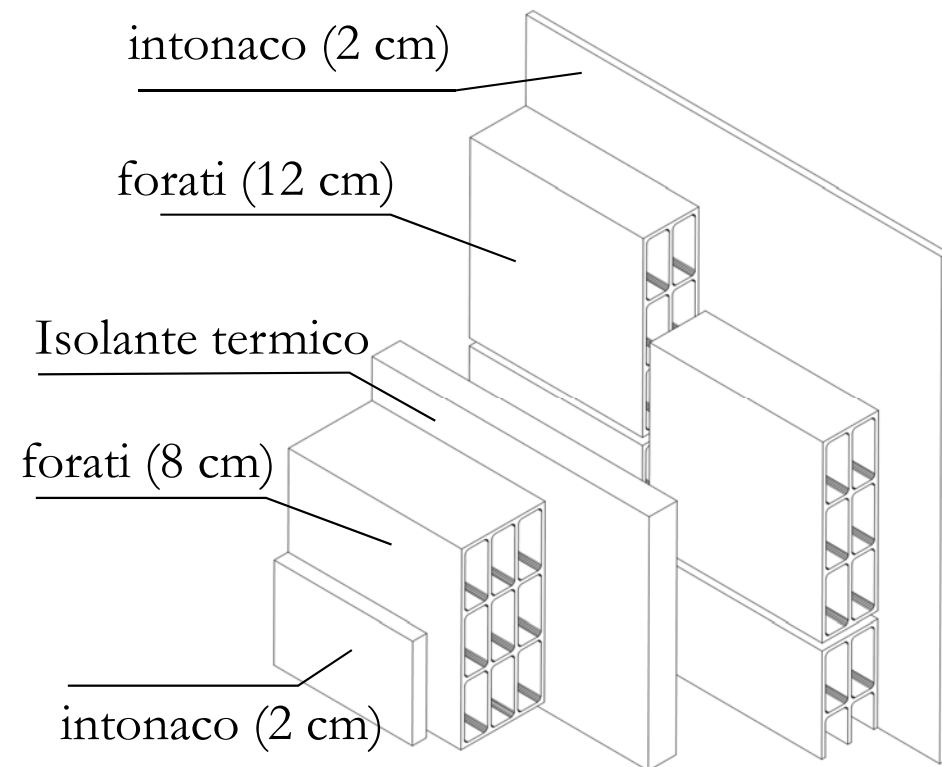
$$0.04\text{m} \times 3.0\text{m} \times 18.0 \text{ kN/m}^3$$

Isolante termico, barriera al vapore

---

Totale

$$G_{2k} = 5.76 \text{ kN/m}$$



Considerare il carico  
nella sua effettiva posizione

# Azioni sulle costruzioni

Carichi variabili

Carichi orizzontali lineari

Carichi verticali concentrati

Carichi verticali uniformemente ripartiti

| Cat. | Ambienti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k$<br>[kN]        | $H_k$<br>[kN/m]      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| A    | <b>Ambienti ad uso residenziale.</b><br>Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2.00                          | 2.00                 | 1.00                 |
| B    | <b>Uffici</b><br>Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico<br>Cat. B2 Uffici aperti al pubblico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2.00<br>3.00                  | 2.00<br>2.00         | 1.00<br>1.00         |
| C    | <b>Ambienti suscettibili di affollamento</b><br>Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole<br>Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi<br>Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport etc. | 3.00<br>4.00<br>5.00          | 2.00<br>4.00<br>5.00 | 1.00<br>2.00<br>3.00 |

# Azioni sulle costruzioni

Carichi variabili

Carichi orizzontali lineari

Carichi verticali concentrati

Carichi verticali uniformemente ripartiti

| Cat. | Ambienti                                                                                                                                                                 | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k$<br>[kN]  | $H_k$<br>[kN/m] |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|
| D    | <b>Ambienti ad uso commerciale.</b>                                                                                                                                      |                               |                |                 |
|      | Cat. D1 Negozi<br>Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini<br>librerie...                                                                                   | 4.00<br>5.00                  | 4.00<br>5.00   | 2.00<br>2.00    |
| E    | <b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b>                                                                                                    |                               |                |                 |
|      | Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi,<br>laboratori manifatturieri<br>Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso<br>per caso                    | $\geq 6.00$<br>---            | 6.00<br>---    | 1.00*<br>---    |
| F-G  | <b>Rimesse e parcheggi.</b>                                                                                                                                              |                               |                |                 |
|      | Cat. F Rimesse e parcheggi automezzi di peso a pieno<br>Cat. G Rimesse e parcheggi per automezzi di peso a<br>pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso | 2.50<br>---                   | 2*10.00<br>--- | 1.00**<br>---   |

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

# Azioni sulle costruzioni

Carichi variabili

Carichi orizzontali lineari

Carichi verticali concentrati

Carichi verticali uniformemente ripartiti

| Cat. | Ambienti                                                                             | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ]     | $Q_k$<br>[kN] | $H_k$<br>[kN/m] |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------|
| H    | <b>Coperture e sottotetti</b>                                                        |                                   |               |                 |
|      | Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione                     | 0.50                              | 1.20          | 1.00            |
|      | Cat. H2 Coperture praticabili                                                        | Secondo categoria di appartenenza |               |                 |
|      | Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri)<br>da valutarsi caso per caso |                                   |               |                 |
|      |                                                                                      | ----                              | ----          | ----            |

# Combinazioni di azioni

# Combinazione delle azioni

1

## **Combinazione fondamentale**

generalmente impiegata per gli stati limite ultimi

2

## **Combinazione caratteristica rara**

generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili

3

## **Combinazione frequente**

generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili

4

## **Combinazione quasi permanente**

impiegata per gli effetti a lungo termine

# Combinazione delle azioni

5

## **Combinazione sismica**

impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

# Combinazione delle azioni

6

## **Combinazione eccezionale**

impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi  
alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$

# Coefficienti parziali delle azioni

|                                                                                                                                                                  |             |               | EQU  | A1<br>STR | A2<br>GEO |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|------|-----------|-----------|
| Carichi permanenti                                                                                                                                               | favorevoli  | $\gamma_{G1}$ | 0.90 | 1.00      | 1.00      |
|                                                                                                                                                                  | sfavorevoli |               | 1.10 | 1.30      | 1.00      |
| Carichi permanenti non strutturali*                                                                                                                              | favorevoli  | $\gamma_{G2}$ | 0.00 | 0.00      | 0.00      |
|                                                                                                                                                                  | sfavorevoli |               | 1.50 | 1.50      | 1.30      |
| Carichi variabili                                                                                                                                                | favorevoli  | $\gamma_Q$    | 0.00 | 0.00      | 0.00      |
|                                                                                                                                                                  | sfavorevoli |               | 1.50 | 1.50      | 1.30      |
| * Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti |             |               |      |           |           |

Stato limite di equilibrio come corpo rigido

EQU

Stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione

STR

Lo stato limite di resistenza del terreno

GEO

**FINE**