

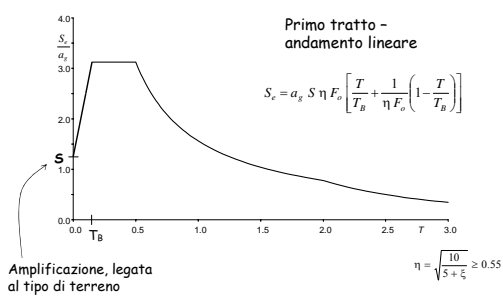
Corso di aggiornamento  
Norme Tecniche per le Costruzioni

## Modulo 1 Sicurezza Strutturale ed Azioni

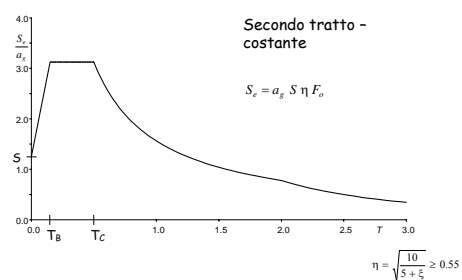
Ordine degli Ingegneri, Catania  
15 ottobre 2008  
Melina Bosco

dove eravamo rimasti...

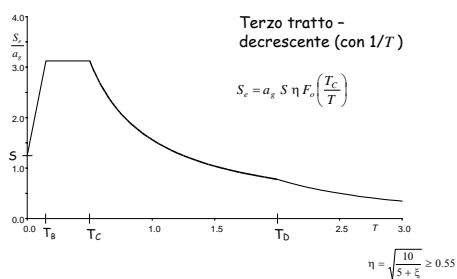
### Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



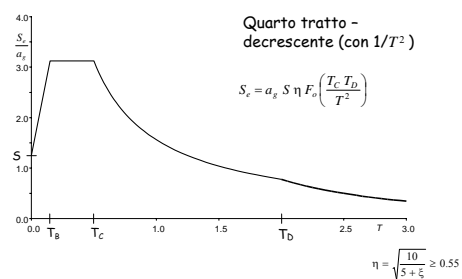
### Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



### Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



### Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali



## Spettri di risposta elastica di normativa accelerazioni orizzontali

Individuare i parametri base:

$$a_g, F_o, T_c^*$$

che dipendono dal periodo di ritorno  $T_r$  e dalle caratteristiche del terreno

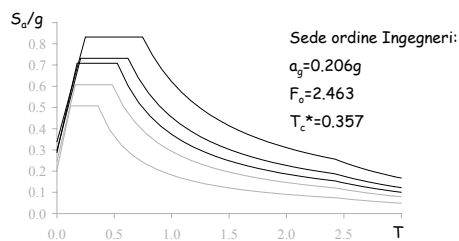
Descrivere lo spettro mediante:

- $a_g$  accelerazione del terreno (su roccia)
- $F_o$  amplificazione nel tratto costante
- $S$  amplificazione dovuta al tipo di terreno
- $T_B, T_C, T_D$  periodi che separano i diversi tratti
- $\xi$  smorzamento della struttura

## Comportamento dinamico oltre il limite elastico

schemi a un grado di libertà

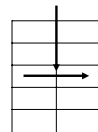
È possibile progettare le strutture  
in modo che rimangano in campo elastico?



È possibile progettare le strutture  
in modo che rimangano in campo elastico?

Azioni orizzontali comparabili  
con le azioni verticali

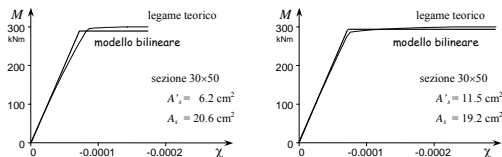
Le sollecitazioni provocate  
dalle azioni orizzontali sono  
molto forti



Non è economicamente conveniente progettare la  
struttura in modo che rimanga in campo elastico

## Comportamento oltre il limite elastico

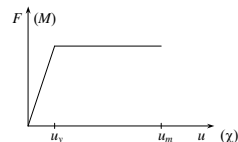
Occorre tener conto del comportamento non lineare  
delle singole sezioni



Il comportamento reale viene in genere  
rappresentato con un modello più semplice, bilineare  
(elastico-perfettamente plastico)

## Comportamento oltre il limite elastico

Legame elastico-perfettamente plastico

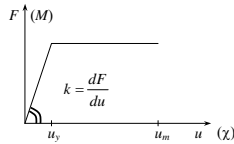


È caratterizzato da tre  
parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

## Comportamento oltre il limite elastico

Legame elastico-perfettamente plastico



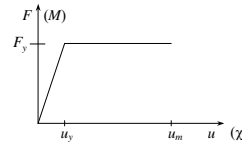
È caratterizzato da tre parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

Rigidezza = inclinazione del diagramma

## Comportamento oltre il limite elastico

Legame elastico-perfettamente plastico



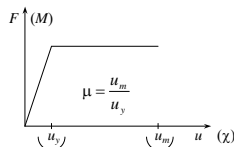
È caratterizzato da tre parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

Resistenza = soglia di plasticizzazione

## Comportamento oltre il limite elastico

Legame elastico-perfettamente plastico



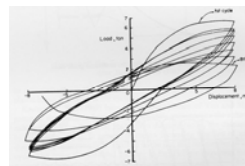
È caratterizzato da tre parametri fondamentali:

- Rigidezza
- Resistenza
- Duttilità

Duttilità = capacità di deformarsi plasticamente

## Comportamento oltre il limite elastico

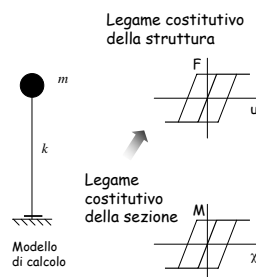
Per una valutazione della risposta sismica, occorre anche tener conto del comportamento ciclico, con i possibili degradi di rigidezza e resistenza



## Risposta sismica di un oscillatore semplice elasto-plastico



Foto

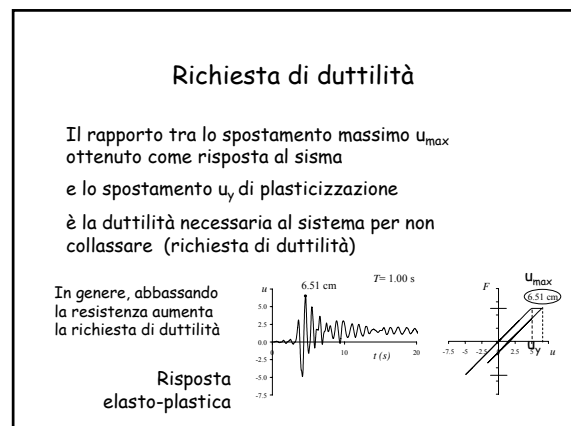
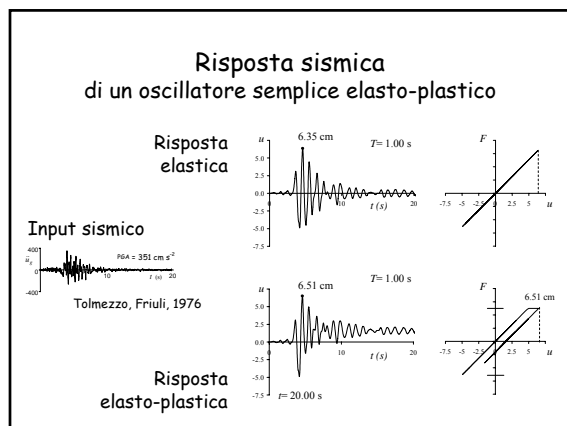
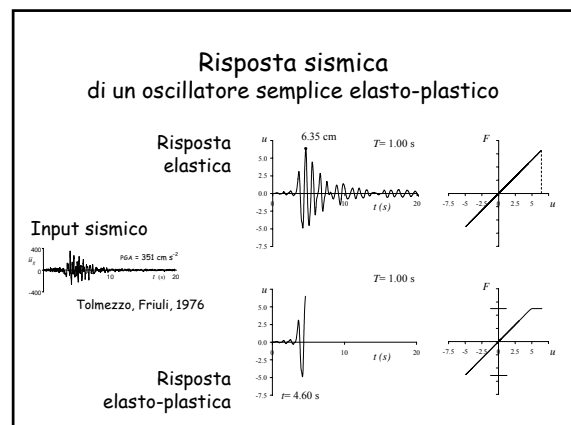
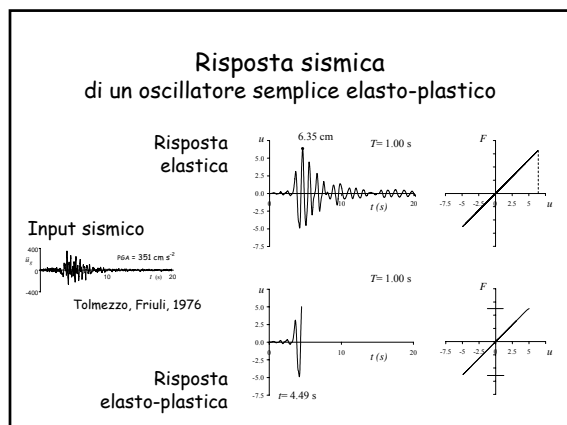
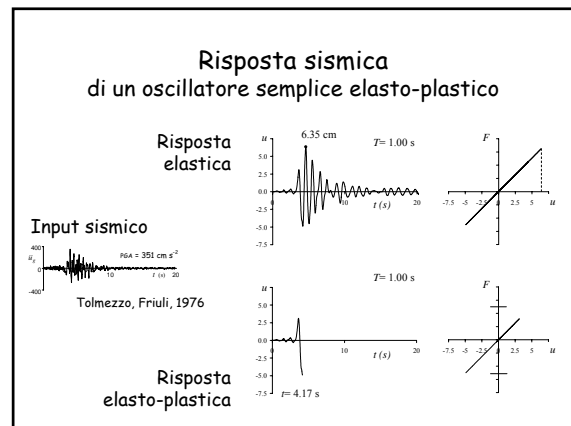
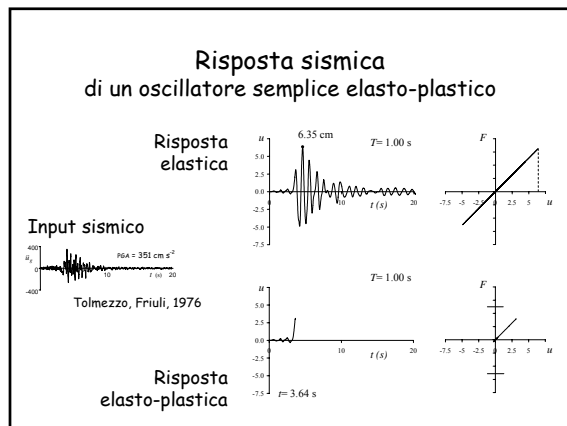


## Risposta sismica di un oscillatore semplice elasto-plastico

L'equazione del moto è formalmente la stessa, ma la rigidezza non è più una costante

$$m \ddot{u} + c \dot{u} + k(u) u = -m \ddot{u}_g$$

La risoluzione avviene per via numerica, in maniera analoga a quanto si fa per un oscillatore semplice elastico (ma con qualche complicazione in più)

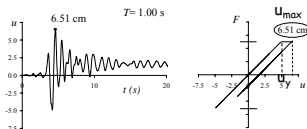
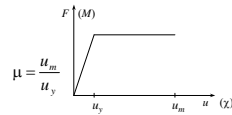


### Progettazione di strutture elasto-plastiche

È possibile progettare la struttura con una forza ridotta, accettando la sua plasticizzazione, purché la duttilità disponibile

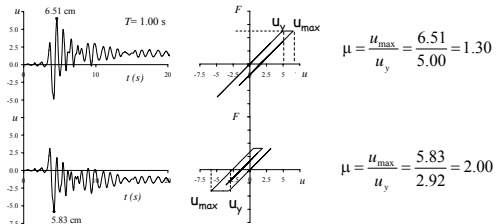
sia maggiore di quella richiesta

$\mu = \frac{u_{max}}{u_y}$   
Risposta elasto-plastica



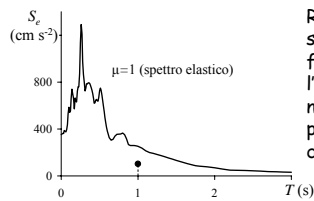
### Progettazione di strutture elasto-plastiche

La resistenza può essere ridotta tanto da far coincidere la duttilità disponibile con quella richiesta  
Esempio : duttilità disponibile = 2



### Progettazione di strutture elasto-plastiche

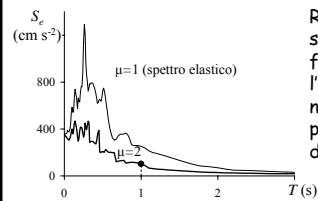
La resistenza può essere ridotta tanto da far coincidere la duttilità disponibile con quella richiesta



Ricordando che  $F = m a$ , si può diagrammare in funzione del periodo l'accelerazione da usare nel progetto, per assegnati valori della duttilità  $\mu$

### Progettazione di strutture elasto-plastiche

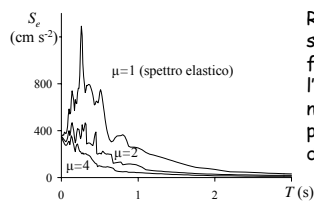
La resistenza può essere ridotta tanto da far coincidere la duttilità disponibile con quella richiesta



Ricordando che  $F = m a$ , si può diagrammare in funzione del periodo l'accelerazione da usare nel progetto, per assegnati valori della duttilità  $\mu$

### Progettazione di strutture elasto-plastiche

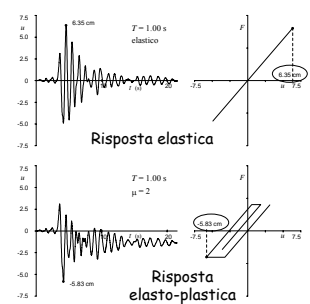
La resistenza può essere ridotta tanto da far coincidere la duttilità disponibile con quella richiesta



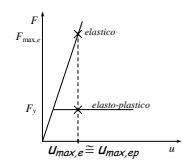
Spettro di risposta a duttilità assegnata

Ricordando che  $F = m a$ , si può diagrammare in funzione del periodo l'accelerazione da usare nel progetto, per assegnati valori della duttilità  $\mu$

### Progettazione di strutture elasto-plastiche



Le analisi numeriche mostrano che lo spostamento di schemi elastici ed elasto-plastici è più o meno lo stesso



### Progettazione di strutture elasto-plastiche

La forza di progetto può essere ottenuta dividendo

$F_d$

la forza necessaria per mantenere la struttura in campo elastico

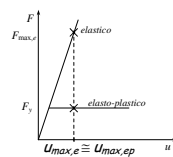
$F_{max,e}$

per la duttilità

$\mu$

$$F_d = F_y = \frac{F_{max,e}}{\mu}$$

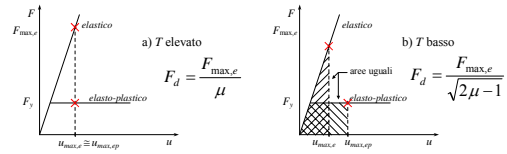
Le analisi numeriche mostrano che lo spostamento di schemi elastici ed elasto-plastici è più o meno lo stesso



### Progettazione di strutture elasto-plastiche

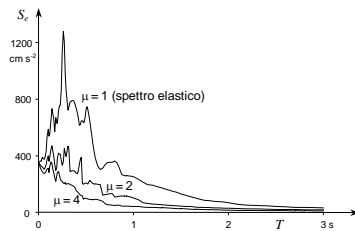
Il principio di uguaglianza di spostamenti vale solo per strutture con periodo medio-alto

Per strutture con periodo basso si può pensare ad una uguaglianza in termini energetici



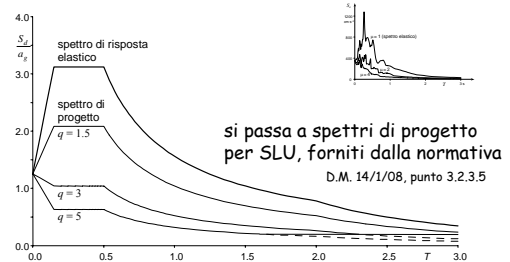
### Spettri di progetto di normativa

Dagli spettri di risposta a duttilità assegnata



### Spettri di progetto di normativa

Dagli spettri di risposta a duttilità assegnata

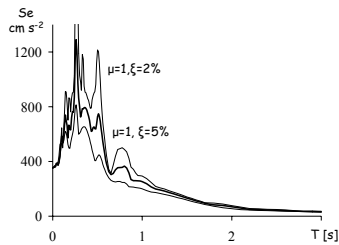


### Progetto a duttilità assegnata

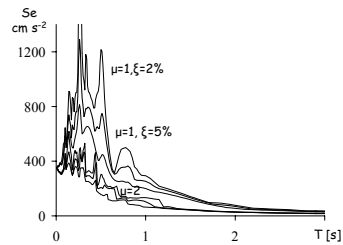
- Nota la duttilità, si può ricavare l'accelerazione (e quindi le forze) di progetto dagli spettri di risposta a duttilità assegnata.
- Risolvendo lo schema strutturale soggetto a queste forze (con analisi lineare) si verificano le sezioni.
- Se la struttura sopporta queste azioni ed ha la duttilità prevista, può sopportare (in campo inelastico) il terremoto.

### Spettri di progetto per SLV NTC 08 (D.M. 14/1/2008)

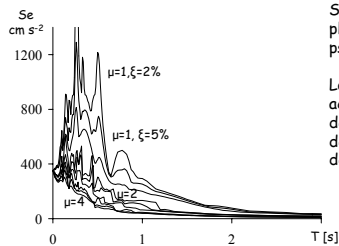
### Effetti relativi Smorzamento e duttilità



### Effetti relativi Smorzamento e duttilità



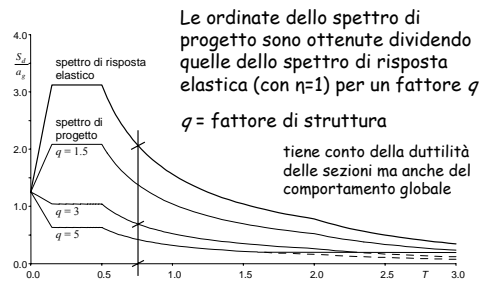
### Effetti relativi Smorzamento e duttilità



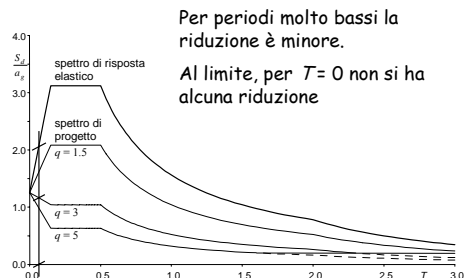
Sia lo smorzamento che le plasticizzazioni riducono la pseudo-accelerazione

La riduzione della pseudo-accelerazione per effetto dello smorzamento decresce al crescere della deformazione inelastica

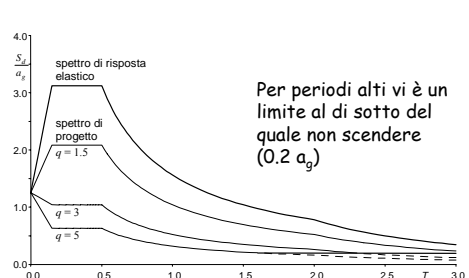
### Spettri di progetto di normativa



### Spettri di progetto di normativa

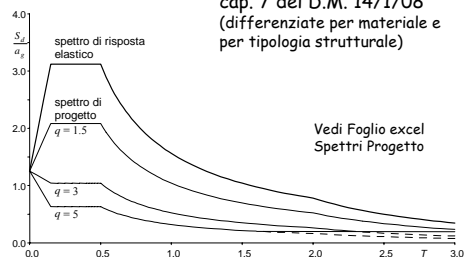


### Spettri di progetto di normativa



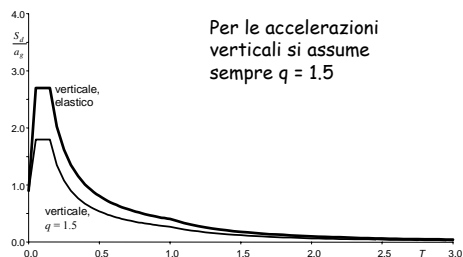
## Spettri di progetto di normativa accelerazioni orizzontali

Il valore del fattore di struttura  $q$  è definito nel cap. 7 del D.M. 14/1/08 (differenziate per materiale e per tipologia strutturale)



## Spettri di progetto di normativa accelerazioni verticali

Per le accelerazioni verticali si assume sempre  $q = 1.5$



## Esempio



Dati:  
 $L = 10 \text{ m}$   
 $m = 250 \text{ t}$   
 $E = 28500 \text{ MPa}$   
Sezione  $60\text{cm} \times 60\text{cm}$   
Suolo A  
 $q = 2.0$

$$K = \frac{3EI}{L^3} = 923.4 \text{ kN/m}$$

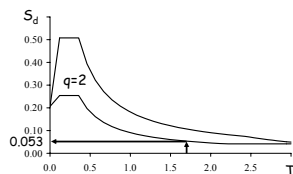
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} = 1.70 \text{ s}$$

$$F = mS_y = 250 \times 0.053 \times g = 130.57 \text{ kN}$$

$$M = F \times L = 1305.7 \text{ kNm}$$

$$N = m \times g = 2452 \text{ kN}$$

Sezione  $60 \times 60$  armata con  $7\Phi 24$  per lato ha un:  $M_{Rd} = 1200 \text{ kNm}$



## Esempio



Dati:  
 $L = 10 \text{ m}$   
 $m = 250 \text{ t}$   
 $E = 28500 \text{ MPa}$   
Sezione  $70\text{cm} \times 70\text{cm}$   
Suolo A  
 $q = 2.0$

$$K = \frac{3EI}{L^3} = 1710.7 \text{ kN/m}$$

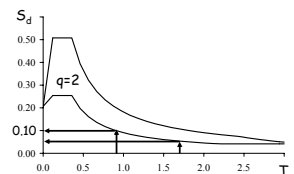
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} = 0.92 \text{ s}$$

$$F = mS_y = 250 \times 0.10 \times g = 245.25 \text{ kN}$$

$$M = F \times L = 2452.5 \text{ kNm}$$

$$N = m \times g = 2452 \text{ kN}$$

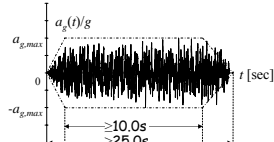
Sezione  $70 \times 70$  armata con  $8\Phi 24$  per lato ha un:  $M_{Rd} = 1700 \text{ kNm}$



## Impiego di accelerogrammi

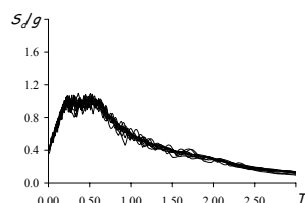
Gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di accelerogrammi, o artificiali o simulati o naturali.

Accelerogrammi artificiali



## Impiego di accelerogrammi accelerogrammi artificiali

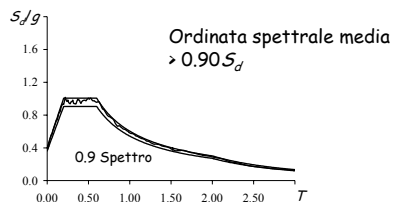
Gli accelerogrammi artificiali devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione.





### Impiego di accelerogrammi accelerogrammi artificiali

Gli accelerogrammi artificiali devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione.



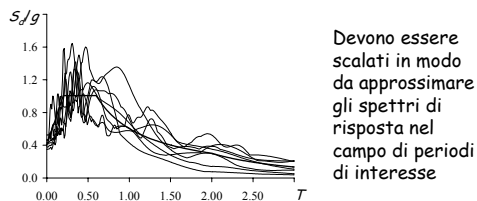
### Impiego di accelerogrammi accelerogrammi generati

Sono generati mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione

Le ipotesi relative alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e del mezzo di propagazione devono essere debitamente giustificate

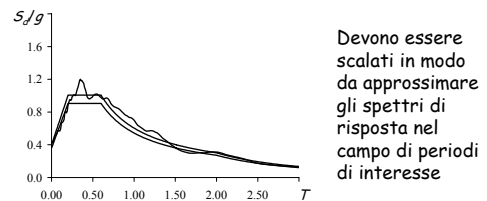
### Impiego di accelerogrammi accelerogrammi registrati

Devono essere rappresentativi della sismicità del sito, delle caratteristiche della sorgente, della magnitudo, della distanza dalla sorgente e della massima accelerazione orizzontale attesa



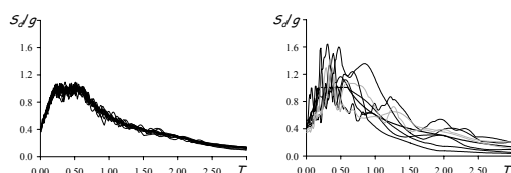
### Impiego di accelerogrammi accelerogrammi registrati

Devono essere rappresentativi della sismicità del sito, delle caratteristiche della sorgente, della magnitudo, della distanza dalla sorgente e della massima accelerazione orizzontale attesa



### Impiego di accelerogrammi quali accelerogrammi usare?

Il dibattito è ancora aperto



FINE

## Modulo 1 Sicurezza Strutturale ed Azioni

Ordine degli Ingegneri, Catania  
15 ottobre 2008  
Melina Bosco

1

### Azioni sulle costruzioni

#### Classificazione

- in base al modo di esplicarsi
- secondo la risposta strutturale
- secondo la variazione della loro intensità nel tempo

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.1

2

### Azioni sulle costruzioni

#### 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.

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.1.1

3

### Azioni sulle costruzioni

#### 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.

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.1.2

4

### 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;

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.1.3

5

### 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;

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.1.3

6

## 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.

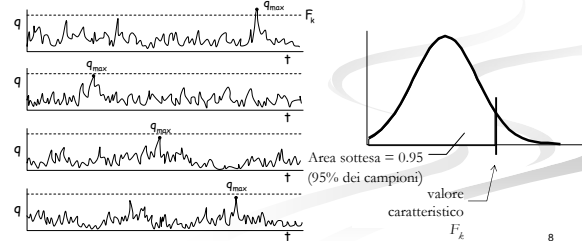
Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.1.3

7

## Caratterizzazione delle azioni elementari

### Valore Caratteristico delle azioni ( $G_{1k}$ , $G_{2k}$ , $Q_k$ , $A_k$ ):

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



8

## Caratterizzazione delle azioni elementari

### Valori di azioni variabili corrispondenti a probabilità di superamento via via maggiori.

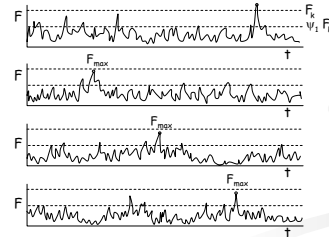
- Valore raro (o di combinazione)  $\Psi_0 Q_{kj}$   
valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili
- Valore frequente  $\Psi_1 Q_{kj}$
- Valore quasi permanente  $\Psi_2 Q_{kj}$

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.2

9

## Caratterizzazione delle azioni elementari

### Valore frequente



È il frattile 95% della distribuzione temporale in un periodo di riferimento

Cioè è superato solo nel 5% del periodo di riferimento

$\Psi_1$  dipende dal tipo di carico

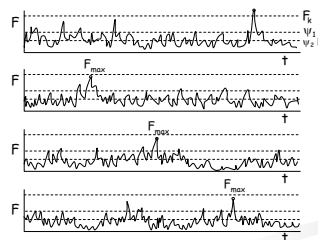
$\Psi_1 = 0.5$  carico variabile per abitazione  
 $0.2$  per vento

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.2

10

## Caratterizzazione delle azioni elementari

### Valore quasi permanente



È la media della distribuzione temporale in un periodo di riferimento

$\Psi_2$  dipende dal tipo di carico

$\Psi_2 = 0.3$  c. var. per abitazione  
 $0$  per vento

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.2

11

## Coefficienti di combinazione

### Categoria/Azione variabile

$\Psi_0$   $\Psi_1$   $\Psi_2$

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

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.3

12

## Combinazione delle azioni Stati Limite Ultimi

1

### Combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

			EQU	A1 STR	A2 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

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.6.1

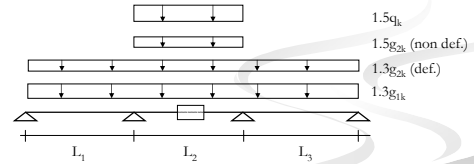
13

## Combinazione delle azioni Stati Limite Ultimi

1

### Combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{k3} + \dots$$



Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.6.1

14

## Combinazione delle azioni Stati Limite di Esercizio

2

### Combinazione caratteristica rara

generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02}Q_{k2} + \psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

3

### Combinazione frequente

generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \psi_{23}Q_{k3} + \dots$$

4

### Combinazione quasi permanente

impiegata per gli effetti a lungo termine

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.3

15

## Combinazione delle azioni

5

### Combinazione sismica

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

Nel DM 96

T.A.:  $\alpha + \alpha_p$  (sollecitazioni dovute al sisma + sollecitazioni dovute agli altri carichi agenti contemporaneamente escluso il vento)

S.L.U.:  $1.5 \alpha + \alpha_p$  (1.5 sollecitazioni dovute al sisma + sollecitazioni dovute agli altri carichi agenti nella combinazione:  
 $\gamma_G G_k + \gamma_P P_k + \gamma_Q [Q_{1k} + \sum \psi_{0i} Q_{ik}]$ )

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.3

16

## Combinazione delle azioni

6

### Combinazione eccezionale

impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi alle azioni eccezionali di progetto A<sub>d</sub>

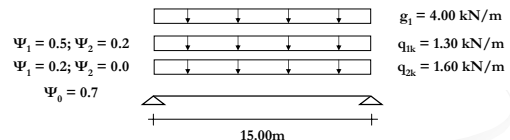
$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{22}Q_{k2} + \psi_{23}Q_{k3} + \dots$$

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 2.5.3

17

## Combinazione delle azioni

### Esempio



$$(SLU) \quad \gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

$$q = 1.3 \times 4.00 + 1.5 \times (1.30 + 1.60 \times 0.7) = 8.83 \text{ kN/m}$$

$$q = 1.3 \times 4.00 + 1.5 \times (1.30 \times 0.7 + 1.60) = 8.965 \text{ kN/m}$$

$$\text{Comb. caratteristica rara} \quad G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02}Q_{k2} + \psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

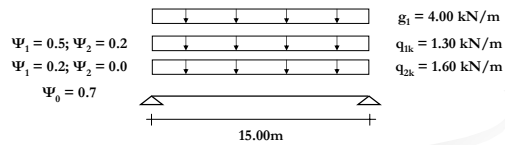
$$q = 4.00 + (1.30 + 1.60 \times 0.7) = 6.42 \text{ kN/m}$$

$$q = 4.00 + (1.30 \times 0.7 + 1.60) = 6.51 \text{ kN/m}$$

18

## Combinazione delle azioni

### Esempio



**Combinazione Frequente**  $G_1 + G_2 + P + \Psi_{11}Q_{k1} + \Psi_{21}Q_{k2} + \Psi_{23}Q_{k3} + \dots$

$$q = 4.00 + (1.30 \times 0.5 + 1.60 \times 0.0) = 4.65 \text{ kN/m}$$

$$q = 4.00 + (1.30 \times 0.2 + 1.60 \times 0.2) = 4.58 \text{ kN/m}$$

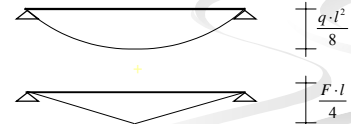
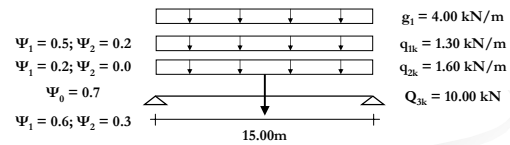
**Combinazione Quasi Permanente**  $G_1 + G_2 + P + \Psi_{11}Q_{k1} + \Psi_{21}Q_{k2} + \dots$

$$q = 4.00 + (1.30 \times 0.2 + 1.60 \times 0.0) = 4.26 \text{ kN/m}$$

19

## Combinazione delle azioni

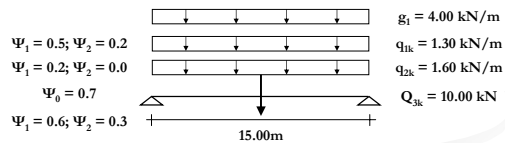
### Esempio



20

## Combinazione delle azioni

### Esempio



**Combinazione Fondamentale (Stato Limite Ultimo)**

$$q = 1.3 \times 4.00 + 1.5 \times (1.30 \times 0.7 + 1.60) = 8.965 \text{ kN/m} \quad (q_{2k} \text{ principale})$$

$$F = 1.5 \times 10.0 \times 0.7 = 10.5 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 8.965 \times 15^2 / 8 + 10.5 \times 15 / 4 = 252.14 + 39.38 = 291.52 \text{ kNm}$$

$$q = 1.3 \times 4.00 + 1.5 \times (1.30 \times 0.7 + 1.60 \times 0.7) = 8.245 \text{ kN/m} \quad (Q_{3k} \text{ principale})$$

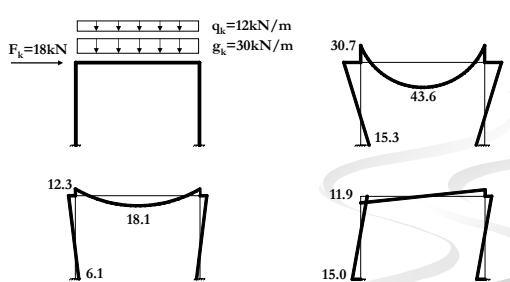
$$F = 1.5 \times 10.0 = 15.0 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = 8.245 \times 15^2 / 8 + 15.0 \times 15 / 4 = 231.89 + 56.25 = 288.14 \text{ kNm}$$

21

## Combinazione delle azioni

### Esempio



22

## Azioni permanenti e variabili da carichi verticali

23

## 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>Calcestruzzi cementizi e malte</b>		<b>Materiale lapideo</b>	
Calcestruzzo ordinario	24,0	Tufo vulcanico	17,0
Calcestruzzo armato (cio precompresso)	25,0	Calcare compatto	26,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 - 20,0	Calcare tenero	22,0
Calcestruzzi "pesanti": 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>Legnami</b>	
Cemento in polvere	14,0	Conifere e pioppo	4,0 - 6,0
Sabbia	17,0	Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 - 8,0
<b>Metalli e leghe</b>		<b>Sostanze varie</b>	
Acciaio	78,5	Carta	10,0
Ghisa	72,5	Vetro	25,0
Alluminio	27,0		

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - tab. 3.1.I

24

## Azioni sulle costruzioni

### Generalità

La "robustezza" dell'opera deve essere verificata imponendo azioni nominali convenzionali, in aggiunta alle altre azioni esplicite (non sismiche e da vento), applicate secondo due direzioni orizzontali ortogonali e consistenti in una frazione dei carichi pari all'1% al fine di verificare il comportamento complessivo

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 3.1.1

25

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi permanenti non strutturali

Il peso proprio di elementi divisorii interni può essere ragguagliato ad un carico permanente uniformemente distribuito  $g_{2k}$ , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico.

- 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	$4.00 < G_{2k} \leq 5.00 \text{ kN/m}$	$g_{2k} = 2.00 \text{ kN/m}^2$
- per elementi divisorii con	$G_{2k} > 5.00 \text{ kN/m}$	effettivo posizionamento

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - punto 3.1.3.1

26

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi permanenti non strutturali

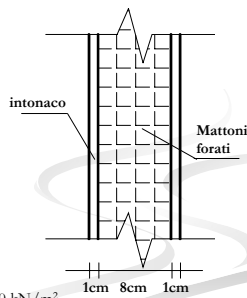
#### Esempio elementi divisorii interni

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 divisorii con  
 $2.00 < G_{2k} \leq 3.00 \text{ kN/m}$   $g_{2k} = 1.20 \text{ kN/m}^2$



27

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi permanenti non strutturali

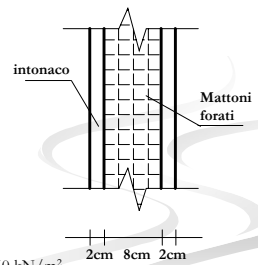
#### Esempio elementi divisorii interni

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

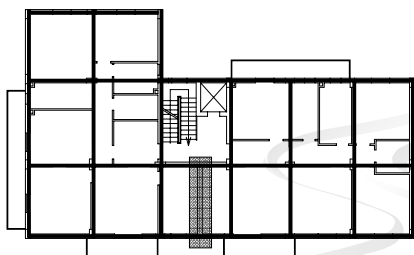
per elementi divisorii con  
 $3.00 < G_{2k} \leq 4.00 \text{ kN/m}$   $g_{2k} = 1.60 \text{ kN/m}^2$



28

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi permanenti non strutturali



29

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi permanenti non strutturali

#### Esempio tompagno

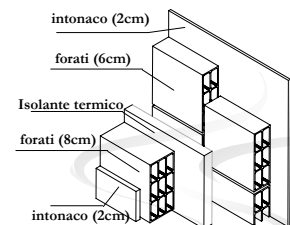
Mattoni Forati Esterni  
 $0.12\text{m} \times 3.0\text{m} \times 6.0 \text{ kN/m}^3$

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

30

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi variabili

Cat.	Ambienti	Carichi orizzontali lineari		
		$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> 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>Uffici</b> Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2.00 3.00	2.00 2.00	1.00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3.00	2.00	1.00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4.00	4.00	2.00
	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.	5.00	5.00	3.00

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - Tab. 3.1.II

31

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi variabili

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

\* 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

32

## Azioni sulle costruzioni

### Carichi variabili

Cat.	Ambienti	Carichi orizzontali lineari		
		$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [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) da valutarsi caso per caso	-----	-----	-----

Norme tecniche per le costruzioni 14 gennaio 2008 - Tab. 3.1.II

33

FINE

34