

## GRATICCIO

Si fa riferimento al modello di telaio utilizzato nella prima esercitazione e del relativo dimensionamento di travi e pilastri in calcestruzzo armato.

### CALCOLO "N" PILASTRI SUPERIORI

#### CALCOLO DELL'AREA DI INFLUENZA DEL PILASTRO "1"

$$a = 4\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$b = 6\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = a \times b$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = 4\text{m} \times 6\text{m} = 24\text{m}^2$$

#### CALCOLO DEL PESO DELLE TRAVI PRESENTI NELL'AREA DI INFLUENZA

Calcolo dell'area della sezione della trave precedentemente dimensionata:

$$A_{\text{sez. trave}} = b_{\text{sez. trave}} \times h_{\text{sez. trave}}$$

$$b_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$h_{\text{sez. trave}} = 40\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$A_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm} \times 40\text{cm} = 1200\text{ cm}^2 = 0,12\text{m}^2$$

Individuazione del peso specifico del materiale della trave:

$$\gamma_{\text{mater. trave}} = 25\text{kN/m}^3 \text{ (calcestruzzo armato)}$$

Calcolo del carico a metro lineare esercitato dalle travi:

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = A_{\text{sez. Trave}} \times \gamma_{\text{mater. trave}}$$

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = 0,12\text{m}^2 \times 25\text{kN/m}^3 = 3\text{kN/m}$$

Calcolo del carico esercitato dalle travi nell'area di influenza del pilastro maggiormente sollecitato:

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times a \times \text{trave}_{\text{secondaria}} + 1,3 \times b \times \text{trave}_{\text{principale}}$$

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times 4\text{m} \times 3\text{kN/m} + 1,3 \times 6\text{m} \times 3\text{kN/m} = 39\text{kN}$$

#### CALCOLO DEL PESO DELLA PORZIONE DI SOLAIO PRESENTE NELL'AREA DI INFLUENZA

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times q_s + 1,5 \times q_p + 1,5 \times q_a) \times A_{\text{infl. pilastro}}$$

$$q_s = 3,058\text{kN/m}^2 \text{ (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$q_p = 2,84\text{kN/m}^2 \text{ (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$q_a = 2\text{kN/m}^2 \text{ (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times 3,058\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2,84\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2\text{kN/m}^2) \times 24\text{m}^2 = 269,6496\text{kN}$$

#### CALCOLO DELLO SFORZO NORMALE AGENTE SUL PILASTRO "1"

$$N = (q_{\text{travi}} + q_{\text{solaio}}) \times n^{\circ} \text{ piani}$$

$$n^{\circ} \text{ piani} = 2 \text{ (vedi sezione strutturale)}$$

$$N = (39\text{kN} + 269,6496\text{kN}) \times n^{\circ} \text{ piani} = 617,2992\text{Kn}$$

### CALCOLO DELL'AREA DI INFLUENZA DEL PILASTRO "2"

$$a = 2\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$b = 6\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = a \times b$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = 2\text{m} \times 6\text{m} = 12\text{m}^2$$

### CALCOLO DEL PESO DELLE TRAVI PRESENTI NELL'AREA DI INFLUENZA

Calcolo dell'area della sezione della trave precedentemente dimensionata:

$$A_{\text{sez. trave}} = b_{\text{sez. trave}} \times h_{\text{sez. trave}}$$

$$b_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$h_{\text{sez. trave}} = 40\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$A_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm} \times 40\text{cm} = 1200\text{ cm}^2 = 0,12\text{m}^2$$

Individuazione del peso specifico del materiale della trave:

$$\gamma_{\text{mater. trave}} = 25\text{kN/m}^3 \text{ (calcestruzzo armato)}$$

Calcolo del carico a metro lineare esercitato dalle travi:

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = A_{\text{sez. Trave}} \times \gamma_{\text{mater. trave}}$$

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = 0,12\text{m}^2 \times 25\text{kN/m}^3 = 3\text{kN/m}$$

Calcolo del carico esercitato dalle travi nell'area di influenza del pilastro maggiormente sollecitato:

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times a \times \text{trave}_{\text{secondaria}} + 1,3 \times b \times \text{trave}_{\text{principale}}$$

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times 2\text{m} \times 3\text{kN/m} + 1,3 \times 6\text{m} \times 3\text{kN/m} = 31,2\text{kN}$$

### CALCOLO DEL PESO DELLA PORZIONE DI SOLAIO PRESENTE NELL'AREA DI INFLUENZA

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times q_s + 1,5 \times q_p + 1,5 \times q_a) \times A_{\text{infl. pilastro}}$$

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times 3,058\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2,84\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2\text{kN/m}^2) \times 12\text{m}^2 = 134,82\text{kN}$$

### CALCOLO DELLO SFORZO NORMALE AGENTE SUL PILASTRO "2"

$$N = (q_{\text{travi}} + q_{\text{solaio}}) \times n^{\circ} \text{ piani}$$

$$n^{\circ} \text{ piani} = 2 \text{ (vedi sezione strutturale)}$$

$$N = (31,2\text{kN} + 134,82\text{kN}) \times n^{\circ} \text{ piani} = 332,04\text{kN}$$

### CALCOLO DELL'AREA DI INFLUENZA DEL PILASTRO "3"

$$a = 4\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$b = 3\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = a \times b$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = 4\text{m} \times 3\text{m} = 12\text{m}^2$$

## CALCOLO DEL PESO DELLE TRAVI PRESENTI NELL'AREA DI INFLUENZA

Calcolo dell'area della sezione della trave precedentemente dimensionata:

$$A_{\text{sez. trave}} = b_{\text{sez. trave}} \times h_{\text{sez. trave}}$$

$$b_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$h_{\text{sez. trave}} = 40\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$A_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm} \times 40\text{cm} = 1200 \text{ cm}^2 = 0,12\text{m}^2$$

Individuazione del peso specifico del materiale della trave:

$$\gamma_{\text{mater. trave}} = 25\text{kN/m}^3 \text{ (calcestruzzo armato)}$$

Calcolo del carico a metro lineare esercitato dalle travi:

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = A_{\text{sez. Trave}} \times \gamma_{\text{mater. trave}}$$

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = 0,12\text{m}^2 \times 25\text{kN/m}^3 = 3\text{kN/m}$$

Calcolo del carico esercitato dalle travi nell'area di influenza del pilastro maggiormente sollecitato:

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times a \times \text{trave}_{\text{secondaria}} + 1,3 \times b \times \text{trave}_{\text{principale}}$$

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times 4\text{m} \times 3\text{kN/m} + 1,3 \times 3\text{m} \times 3\text{kN/m} = 27,3\text{kN}$$

## CALCOLO DEL PESO DELLA PORZIONE DI SOLAIO PRESENTE NELL'AREA DI INFLUENZA

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times q_s + 1,5 \times q_p + 1,5 \times q_a) \times A_{\text{infl. pilastro}}$$

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times 3,058\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2,84\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2\text{kN/m}^2) \times 12\text{m}^2 = 134,82\text{kN}$$

## CALCOLO DELLO SFORZO NORMALE AGENTE SUL PILASTRO

$$N = (q_{\text{travi}} + q_{\text{solaio}}) \times n^{\circ} \text{ piani}$$

$$n^{\circ} \text{ piani} = 2 \text{ (vedi sezione strutturale)}$$

$$N = (27,3\text{kN} + 134,82\text{kN}) \times n^{\circ} \text{ piani} = 324,24\text{kN}$$

## CALCOLO DELL'AREA DI INFLUENZA DEL PILASTRO "4"

$$a = 2\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$b = 3\text{m (vedi pianta strutturale)}$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = a \times b$$

$$A_{\text{infl. pilastro}} = 2\text{m} \times 3\text{m} = 6\text{m}^2$$

## CALCOLO DEL PESO DELLE TRAVI PRESENTI NELL'AREA DI INFLUENZA

Calcolo dell'area della sezione della trave precedentemente dimensionata:

$$A_{\text{sez. trave}} = b_{\text{sez. trave}} \times h_{\text{sez. trave}}$$

$$b_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$h_{\text{sez. trave}} = 40\text{cm (vedi "dimensionamento travi")}$$

$$A_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm} \times 40\text{cm} = 1200 \text{ cm}^2 = 0,12\text{m}^2$$

Individuazione del peso specifico del materiale della trave:

$$\gamma_{\text{mater. trave}} = 25\text{kN/m}^3 \text{ (calcestruzzo armato)}$$

Calcolo del carico a metro lineare esercitato delle travi:

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = A_{\text{sez. Trave}} \times \gamma_{\text{mater. trave}}$$

$$\text{trave}_{\text{principale}} = \text{trave}_{\text{secondaria}} = 0,12\text{m}^2 \times 25\text{kN/m}^3 = 3\text{kN/m}$$

Calcolo del carico esercitato dalle travi nell'area di influenza del pilastro maggiormente sollecitato:

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times a \times \text{trave}_{\text{secondaria}} + 1,3 \times b \times \text{trave}_{\text{principale}}$$

$$q_{\text{travi}} = 1,3 \times 2\text{m} \times 3\text{kN/m} + 1,3 \times 3\text{m} \times 3\text{kN/m} = 19,5\text{kN}$$

#### CALCOLO DEL PESO DELLA PORZIONE DI SOLAIO PRESENTE NELL'AREA DI INFLUENZA

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times q_s + 1,5 \times q_p + 1,5 \times q_a) \times A_{\text{infl. pilastro}}$$

$$q_{\text{solaio}} = (1,3 \times 3,058\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2,84\text{kN/m}^2 + 1,5 \times 2\text{kN/m}^2) \times 24\text{m}^2 = 67,41\text{kN}$$

#### CALCOLO DELLO SFORZO NORMALE AGENTE SUL PILASTRO

$$N = (q_{\text{travi}} + q_{\text{solaio}}) \times n^{\circ} \text{ piani}$$

$$n^{\circ} \text{ piani} = 2 \text{ (vedi sezione strutturale)}$$

$$N = (19,5\text{kN} + 67,41\text{kN}) \times n^{\circ} \text{ piani} = 173,82\text{Kn}$$

**Il pilastro "1" trasmette al graticcio una forza concentrata pari a 617kN.**

**I pilastri "2" trasmettono al graticcio una forza concentrata pari a 332kN.**

**I pilastri "3" trasmettono al graticcio una forza concentrata pari a 324kN.**

**I pilastri "4" trasmettono al graticcio una forza concentrata pari a 174kN.**

#### PESO SOLAIO GRATICCIO

Si ipotizza:

$$q_u = 10\text{kN/m}^2$$

#### CALCOLO MOMENTI MASSIMO GRATICCIO

Si utilizzano i carichi individuati per l'analisi del graticcio scelto in Sap2000.

Una volta importata la griglia 8m x 12m in formato .dxf, si pongono i vincoli nei nodi corrispondenti ai pilastri inferiori. Ci si assicura quindi che ogni tratto della griglia corrisponda ad una singola trave (comando "break at intersection").

Si ipotizza per le travi in calcestruzzo armato classe C35/45 che compongono il graticcio una sezione rettangolare di 30cm x 50 cm.

Segue la definizione dei carichi relativi ai pilastri del telaio superiore, agenti nei relativi nodi, e quella di  $q_u$ , che corrisponde a 5kN/m sulle travi centrali e a 2,5kN/m su quelle di bordo.

Si può quindi lanciare l'analisi di Sap2000, considerando tutti i carichi inseriti.

Secondo i risultati dell'analisi:

$$M_{\max} = 304,2572 \text{ kNm}$$

### DIMENSIONAMENTO TRAVE GRATICCIO

Conoscendo il momento massimo, è possibile dimensionare la trave utilizzando il medesimo procedimento della prima esercitazione e il relativo file .xls.

**Le travi del graticcio avranno dunque una sezione di dimensioni 30cm x 45cm.**

Il peso proprio della trave non viene considerato, poiché già imposto durante l'analisi su Sap2000, attraverso il comando "*self weight multiplier*".

$$M_{\max} = q_u \times l^2 / 8$$

$l$  : 6m (*vedi pianta strutturale*)

$$M_{\max} = [44,9416 \text{ kN/m} \times (6\text{m})^2] / 8 = 202,2372 \text{ kNm}$$

**CALCOLO DELLA TENSIONE DI PROGETTO (CALCESTRUZZO E ARMATURA)**

$$f_{yd} = f_{yk} / 1,15$$

$$f_{yk} = 450\text{N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 450\text{N/mm}^2 / 1,15 = 391,3043\text{N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 0,85 \times f_{yk} / 1,5$$

$$f_{ck} = 60\text{N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 0,85 \times 450\text{N/mm}^2 / 1,5 = 34\text{N/mm}^2$$

### CALCOLO DELL'ALTEZZA DELLA SEZIONE DELLA TRAVE

$$h_{\text{min sez. trave}} = h_u + \delta$$

Calcolo dell'altezza utile:

$$h_u = r \times (M_{\text{max}} / (f_{cd} \times b_{\text{sez. trave}}))^{1/2}$$

$$r = (2 / (\beta \times (1 - \beta / 3)))^{1/2}$$

$$\beta = f_{cd} / (f_{cd} + f_{yd} / 15)$$

$$\beta = 34\text{N/mm}^2 / (34\text{N/mm}^2 + 391,3043\text{N/mm}^2 / 15) = 0,565847$$

$$r = (2 / (0,565847 \times (1 - 0,565847 / 3)))^{1/2} = 2,087143$$

$$b_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm (scelta progettuale)}$$

$$h_u = 2,087143 \times (202,2372 \text{ kNm} \times 1000 / (34\text{N/mm}^2 \times 30\text{cm}))^{1/2} = 29,38886\text{cm}$$

Calcolo dell'altezza minima della sezione della trave:

$$\delta : 5\text{cm (dimensione standard copriferro)}$$

$$h_{\text{min sez. trave}} = 29,38886\text{cm} + 5\text{cm} = 34,38886\text{cm}$$

$$h_{\text{sez. trave}} = 40\text{cm}$$

Definita l'altezza minima si possono dunque conoscere le dimensioni della sezione rettangolare della trave in calcestruzzo armato, rispettivamente 30cm e 40cm.

### ANALISI DEI CARICHI CON PESO PROPRIO DELLA TRAVE

$$\text{trave}_{\text{principale}} = A_{\text{sez. trave}} \times \gamma_{\text{mater. trave}}$$

$$A_{\text{sez. trave}} = b_{\text{sez. trave}} \times h_{\text{sez. trave}}$$

$$A_{\text{sez. trave}} = 30\text{cm} \times 40\text{cm} = 1200\text{cm}^2 = 0,12\text{m}^2$$

$$\text{trave}_{\text{principale}} = 0,12\text{m}^2 \times 25\text{kN/m}^3 = 3\text{kN/m}$$

$$q_{s \text{ def.}} = q_s + \text{trave}_{\text{principale}}$$

$$q_{s \text{ def.}} = 3,058\text{kN/m} + 3\text{kN/m} = 6,058\text{kN/m}$$

### VERIFICA CON PESO PROPRIO

L'intero procedimento viene ripetuto considerando il nuovo carico strutturale individuato.

$$h_{\text{min sez. trave def.}} = 34,11029\text{cm} + 5\text{cm} = 39,11029\text{cm}$$

$$h_{\text{sez. trave}} = 40\text{cm}$$

L'altezza della sezione della trave precedentemente individuata risulta adeguata anche considerando il peso proprio della trave stessa. La trave avrà quindi una sezione di 30cm x 40cm.