Esempio 1 – Nodo d'estremità con travi emergenti – confronto tra calcolo in CDA e CDB

Di seguito si mostra il calcolo dell'armatura del nodo di un pilastro di bordo di un edificio di 6 piani (Figura 1) progettato con gli spettri di Figura 2, in classe di duttilità media (CDB) e alta (CDA). Nel nodo convergono due travi nel piano x-z e una sola trave nel piano y-z (si veda Figura 3).

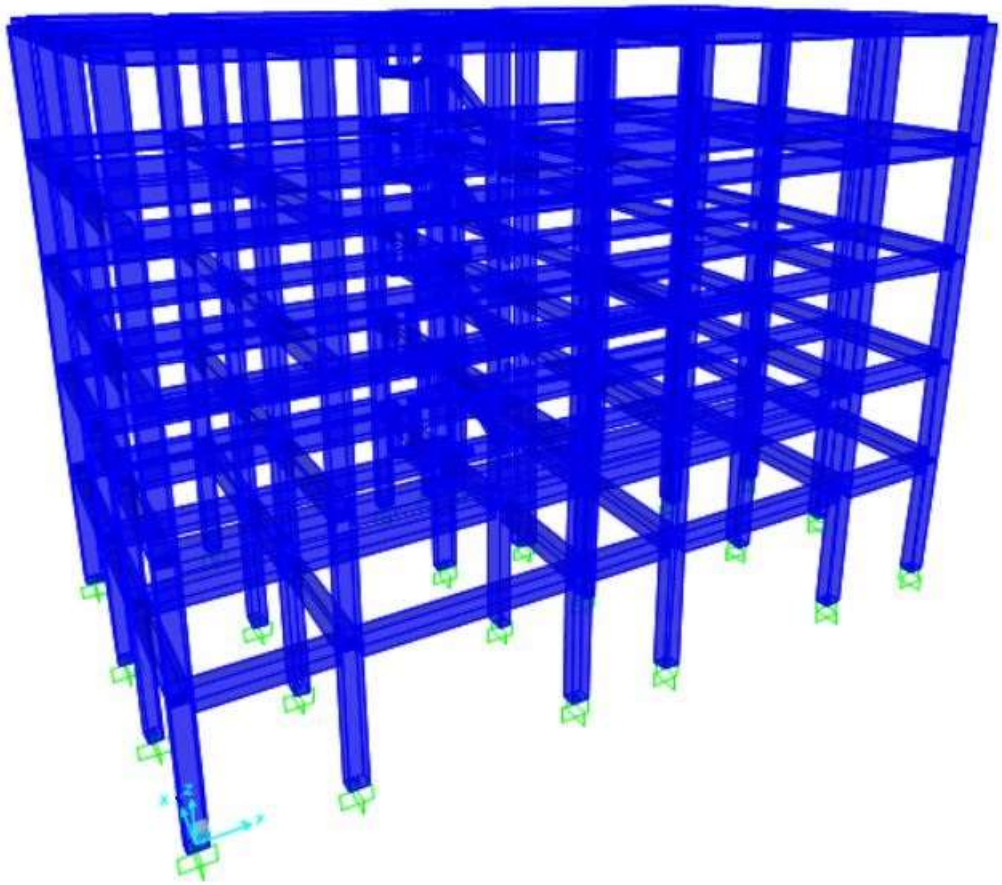


Figura 1 – Rappresentazione 3D del telaio.

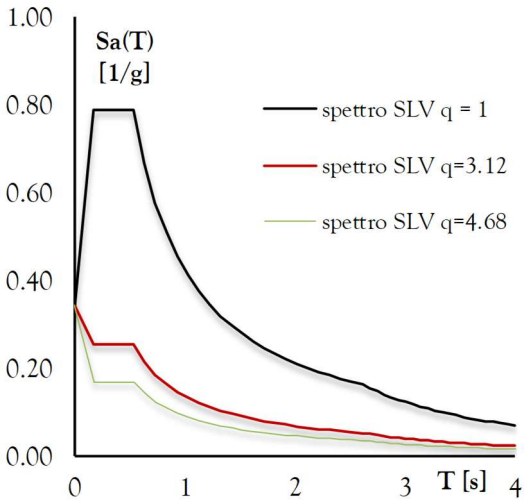
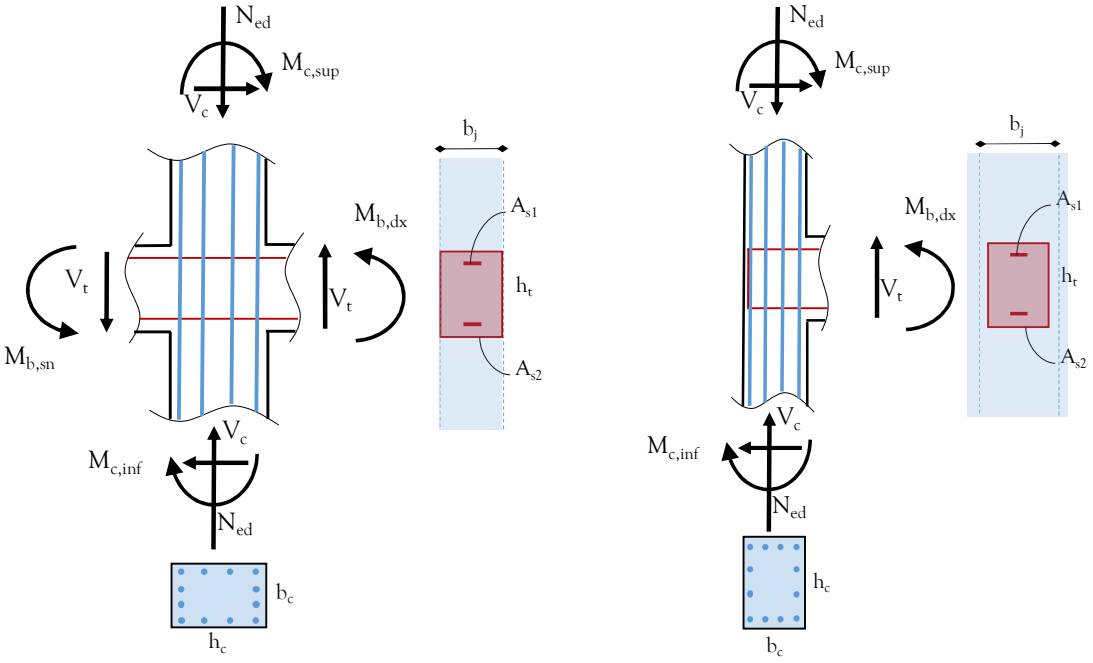


Figura 2 – Azione sismica.

Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020



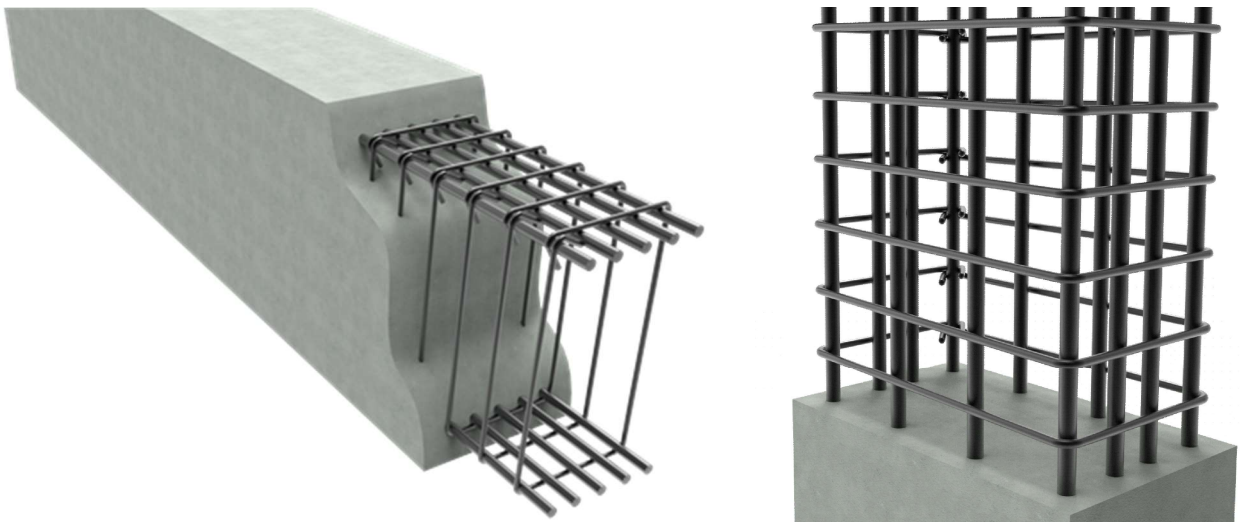
(piano x-z) (piano y-z)

Figura 3 – Rappresentazione schematica per il calcolo del nodo.

Nodo d'estremità con travi emergenti in CDB

Con riferimento al calcolo condotto in CDB, per il calcolo dell'armatura del nodo la condizione più gravosa è quella in cui c'è il minimo sforzo normale, mentre per la verifica a compressione del nodo la condizione più gravosa è quella con il massimo sforzo normale. Si assume che per tali condizioni sia $N_{Ed,1}$ = 130 kN e $N_{Ed,2}$ = 750 kN, rispettivamente, e che sul pilastro agisca uno sforzo di taglio V_c=100 kN.

Le travi hanno larghezza 35 cm e altezza 55 cm e sono armate con 5φ16 inferiormente e superiormente (A_{s1}=A_{s2}=1005mm^2) con copriferro in asse di 4cm. Il pilastro ha dimensioni 35 cm × 70 cm con il lato lungo nel piano x-z ed è armato con 12φ20 disposti simmetricamente (4 ferri su ciascun lato) con copriferro 4 cm. L'acciaio ha resistenza di calcolo f_{yd}=391 MPa. Per calcestruzzo di classe C25/30, la resistenza a compressione del calcestruzzo è f_{cd} = 14.11 MPa mentre quella a trazione è f_{ctd} = 1.20 MPa. Figura 4 mostra una rappresentazione tridimensionale di trave e pilastro.



Trave Pilastro

Figura 4 – Rappresentazione 3D degli elementi strutturali (da calcolo in CDB).

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

Verifica del nodo nel piano x-z

Sulla base della geometria di travi e pilastri, le dimensioni del nodo sono per il calcolo nel piano x-z sono: h_{jw}=47 cm, b_j=35 cm h_{jc}=62 cm, $A_{jc}=b_j \cdot h_{jc}$=2170 cm^2.

L'azione sul nodo può essere calcolata mediante la (1) in ipotesi di formazione delle cerniere plastiche all'estremità di entrambe le travi che convergono nel nodo nel piano:

$$V_{jbd} = 1.1 \cdot \left(A_{s1} + A_{s2}\right) f_{yd} - V_c = 1.1 \cdot 2010 \text{ mm}^2 \cdot 391 \text{ MPa} - 100 \text{ kN} = 764 \text{ kN} \qquad (1)$$

La verifica a trazione del nodo, che serve per dimensionare l'armatura trasversale nello stesso, può essere condotta con due approcci.

Utilizzando un approccio di verifica tensionale, condotto con riferimento ad uno sforzo normale $N_{Ed,1}$ = 130kN, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area

$$A_{sw} = \left(\frac{\tau_m^2}{\sigma_m + f_{ctd}} - f_{ctd}\right) \cdot b_j \cdot \frac{h_{jw}}{f_{yd}} = \left(\frac{3.52^2}{0.53 + 1.20} - 1.20\right) \cdot 350 \cdot \frac{470}{391} = 2506 \text{ mm}^2 \qquad (2)$$

Utilizzando un modello che tiene conto della formazione di un meccanismo resistente con puntone compresso e traliccio teso-compresso, con ν_d=0.04 riferito all'intera sezione del pilastro, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area:

$$A_{sw} = V_{jbd} \cdot \frac{1 - 0.8\upsilon}{f_{yd}} = 764\ 000 \text{ N} \cdot \frac{1 - 0.8 \cdot 0.04}{391 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1896 \text{ mm}^2 \qquad (3)$$

Si sceglie il valore minore che corrisponde a 9 staffe φ 10 a 3 braccia in circa 45cm cioè φ10/5cm a tre braccia.

La verifica a compressione viene condotta per uno sforzo normale $N_{Ed,2}$ = 750kN, che è la condizione più gravosa per il calcestruzzo compresso, con f_{cd} = 14.11MPa, η = 0.54 e ν_d = 0.22 si ha:

$$V_{jbd} = 764kN < b_j \cdot h_{jc} \cdot \eta f_{cd} \sqrt{1 - \left(\nu_d / \eta\right)} = 350 \text{ mm} \cdot 620 \text{ mm} \cdot 5.85 \text{ MPa} = 1269 \text{ kN} \qquad (4)$$

e quindi la verifica è soddisfatta.

Verifica del nodo nel piano y-z

Sulla base della geometria di travi e pilastri, le dimensioni del nodo sono per il calcolo nel piano y-z sono: h_{jw}=47cm, b_j= 52.5 cm, h_{jc}= 27 cm, $A_{jc} = b_j \cdot h_{jc}$ = 1417cm^2.

L'azione sul nodo è data dalla (5)

$$V_{jbd} = 1.3 \cdot A_{s2} f_{yd} - V_c = 1.1 \cdot 1005 \text{ mm}^2 \cdot 391 \text{ MPa} - 100 \text{ kN} = 332 \text{ kN} \qquad (5)$$

La verifica a trazione del nodo, che serve per dimensionare l'armatura trasversale nello stesso, può essere condotta con due approcci.

Utilizzando un approccio di verifica tensionale, condotto con riferimento ad uno sforzo normale $N_{Ed,1}$ = 130kN, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area

$$A_{sw} = \left(\frac{\tau_m^2}{\sigma_m + f_{ctd}} - f_{ctd}\right) \cdot b_j \cdot \frac{h_{jw}}{f_{yd}} = \left(\frac{2.34^2}{0.53 + 1.19} - 1.19\right) \cdot 525 \cdot \frac{470}{391} = 1258 \text{ mm}^2 \qquad (6)$$

D'altra parte, utilizzando un modello che tiene conto della formazione di un meccanismo resistente con puntone compresso e traliccio teso-compresso, coerente con quanto assunto nell'altra direzione, con ν_d = 0.04 riferito all'intera sezione del pilastro, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area:

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

$$A_{sw} = V_{jbd} \cdot \frac{1-0.8\upsilon}{f_{yd}} = 332\ 000\ \text{N} \cdot \frac{1-0.8 \cdot 0.04}{391 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 823\ \text{mm}^2 \tag{7}$$

Tale valore è minore del valore calcolato in precedenza e corrispondente a 6 staffe φ10 a 2 braccia in circa 40 cm cioè φ10/7cm a due braccia.

Tuttavia, considerando il passo calcolato nel piano x-z si assume 9 staffe φ10/5cm a due braccia

Per quanto riguarda la verifica a compressione, con f_{cd}= 14.11 MPa, η = 0.43, essendo ν_d= 0.22 si ha:

$$V_{jbd} = 309\ \text{kN} \leq b_j \cdot h_{jc} \cdot \eta f_{cd} \sqrt{1-\left(\nu_d/\eta\right)} = 525\ \text{mm} \cdot 270\ \text{mm} \cdot 4.25\ \text{MPa} = 602\ \text{kN} \tag{8}$$

ossia che la verifica è soddisfatta.

La Figura 5 mostra il layout finale del nodo con staffe φ10/5cm con aggiunta di tiranti dello stesso diametro e allo stesso passo, nel piano x-z.

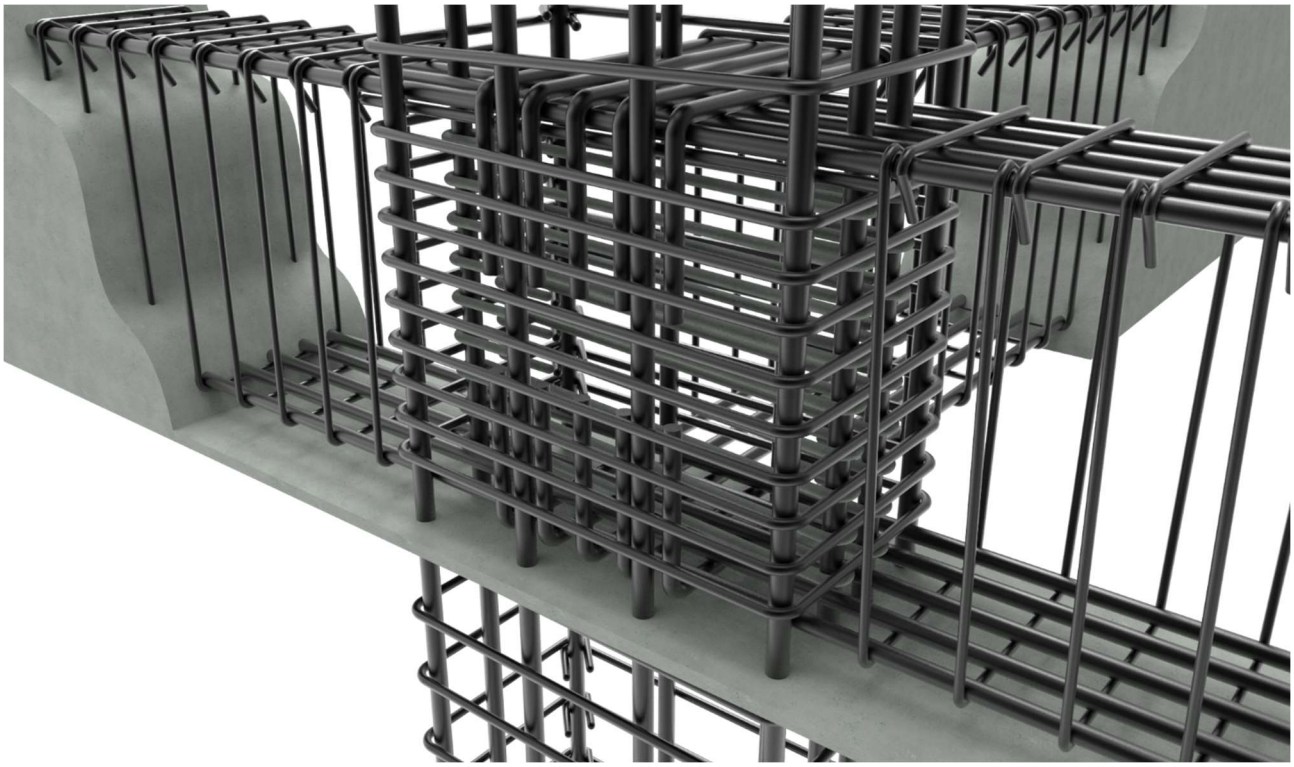


Figura 5 - Layout del nodo (calcolo in CDB).

Nodo d'estremità con travi emergenti in CDA

Con riferimento al calcolo condotto in CDA, per il calcolo dell'armatura del nodo la condizione più gravosa è quella in cui c'è il minimo sforzo normale, mentre per la verifica a compressione del nodo la condizione più gravosa è quella con il massimo sforzo normale. Si assume che per tali condizioni sia $N_{Ed,1}$ = 230 kN e $N_{Ed,2}$ = 650 kN, rispettivamente, e si ipotizza che dal calcolo si abbia sul pilastro uno sforzo di taglio V_c= 100 kN.

Le travi hanno la stessa dimensione del caso precedente ma sono armate con 5φ14 inferiormente e superiormente (A_{s1}=A_{s2}= 770 mm^2) con copriferro in asse di 4 cm. Il pilastro ha dimensioni 35cm × 70cm con il lato lungo nel piano x-z ed è armato con 12φ20 disposti simmetricamente (4 ferri su ciascun lato) con copriferro 4 cm. L'acciaio ha resistenza di calcolo f_{yd}=391 MPa. Per calcestruzzo di classe C25/30, la resistenza a compressione del calcestruzzo è f_{cd} = 14.11 MPa mentre quella a trazione è f_{ctd} = 1.19 MPa. Figura 6 mostra una rappresentazione tridimensionale di trave e pilastro.

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

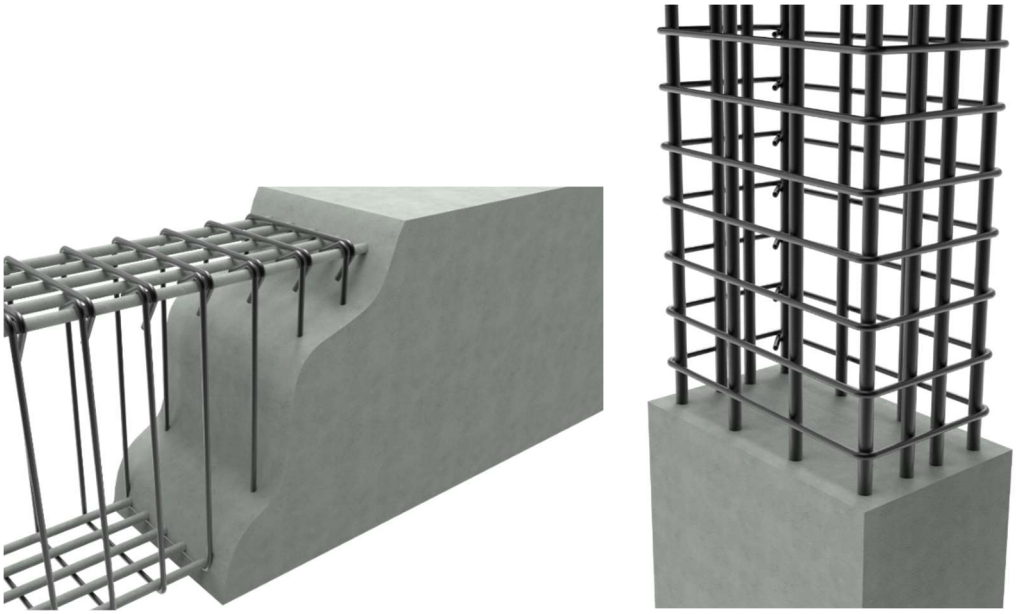


Figura 6 – Rappresentazione 3D degli elementi strutturali (calcolo in CDA).

Verifica del nodo nel piano x-z

Sulla base della geometria di travi e pilastri, le dimensioni del nodo sono per il calcolo nel piano x-z sono: h_{jw}= 47 cm, b_j= 35 cm h_{jc}= 62 cm, $A_{jc}=b_j \cdot h_{jc}$ = 2170 cm^2.

L'azione sul nodo può essere calcolata mediante la (1) in ipotesi di formazione delle cerniere plastiche all'estremità di entrambe le travi che convergono nel nodo nel piano:

$$V_{jbd} = 1.2 \cdot \left(A_{s1} + A_{s2}\right) f_{yd} - V_c = 1.2 \cdot 1540 \text{ mm}^2 \cdot 391 \text{ MPa} - 100 \text{ kN} = 623 \text{ kN} \qquad (1)$$

La verifica a trazione del nodo, che serve per dimensionare l'armatura trasversale nello stesso, può essere condotta con due approcci.

Utilizzando un approccio di verifica tensionale, condotto con riferimento ad uno sforzo normale $N_{Ed,1}$ = 230 kN, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area

$$A_{sw} = \left(\frac{\tau_m^2}{\sigma_m + f_{ctd}} - f_{ctd}\right) \cdot b_j \cdot \frac{h_{jw}}{f_{yd}} = \left(\frac{2.87^2}{0.94 + 1.19} - 1.19\right) \cdot 350 \cdot \frac{470}{391} = 1125 \text{ mm}^2 \qquad (2)$$

che corrispondono a 5 staffe φ 10 a 3 braccia in circa 45 cm cioè φ10/12 cm a tre braccia.

Utilizzando invece un modello che tiene conto della formazione di un meccanismo resistente con puntone compresso e traliccio teso-compresso, con ν_d= 0.07 riferito all'intera sezione del pilastro, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area:

$$A_{sw} = V_{jbd} \cdot \frac{1 - 0.8\upsilon}{f_{yd}} = 623000 \text{ N} \cdot \frac{1 - 0.8 \cdot 0.04}{391 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1504 \text{ mm}^2 \qquad (3)$$

che è maggiore del valore calcolato in precedenza, quindi non viene considerato.

La verifica a compressione viene condotta per uno sforzo normale $N_{Ed,2}$ = 650 kN, che è la condizione più gravosa per il calcestruzzo compresso, con f_{cd}=14.11 MPa, η = 0.54 e ν_d= 0.19 si ha:

$$V_{jbd} = 623 \text{ kN} < b_j \cdot h_{jc} \cdot \eta f_{cd} \sqrt{1 - \left(\nu_d / \eta\right)} = 350 \text{ mm} \cdot 620 \text{ mm} \cdot 6.18 \text{ MPa} = 1342 \text{ kN} \qquad (4)$$

e quindi che la verifica è soddisfatta.

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

Verifica del nodo nel piano y-z

Sulla base della geometria di travi e pilastri, le dimensioni del nodo sono per il calcolo nel piano y-z sono: h_{jw}= 47 cm, b_j= 52.5 cm, h_{jc} = 27 cm, $A_{jc} = b_j \cdot h_{jc}$ = 1417 cm^2.

L'azione sul nodo è data dall'armatura della trave che converge in esso.

$$V_{jbd} = 1.2 \cdot A_{s2} f_{yd} - V_c = 1.2 \cdot 770\ \text{mm}^2 \cdot 391\ \text{MPa} - 100\ \text{kN} = 261\ \text{kN} \tag{5}$$

Utilizzando un approccio di verifica tensionale, condotto con riferimento ad uno sforzo normale $N_{Ed,1}$ = 230 kN, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area

$$A_{sw} = \left(\frac{\tau_m^2}{\sigma_m + f_{ctd}} - f_{ctd} \right) \cdot b_j \cdot \frac{h_{jw}}{f_{yd}} = \left(\frac{1.84^2}{0.94 + 1.19} - 1.19 \right) \cdot 525 \cdot \frac{470}{391} = 252\ \text{mm}^2 \tag{6}$$

che corrispondono a 2 staffe φ10 a 2 braccia in circa 40 cm cioè φ10/40cm a due braccia.

Utilizzando un modello che tiene conto della formazione di un meccanismo resistente con puntone compresso e traliccio teso-compresso, con ν_d = 0.07 riferito all'intera sezione del pilastro, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area:

$$A_{sw} = V_{jbd} \cdot \frac{1 - 0.8\upsilon}{f_{yd}} = 261\ 000\text{N} \cdot \frac{1 - 0.8 \cdot 0.07}{391 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 627\text{mm}^2 \tag{7}$$

che è maggiore del valore calcolato in precedenza, quindi non viene considerato.

Tuttavia, considerando il passo calcolato nel piano x-z, si assume 5 staffe φ10/12cm a due braccia. Per quanto riguarda la verifica a compressione, con f_{cd}= 16.46 MPa, η = 0.43, essendo ν_d = 0.19 si ha:

$$V_{jbd} = 261\ \text{kN} \leq b_j \cdot h_{jc} \cdot \eta f_{cd} \sqrt{1 - \left(\nu_d / \eta \right)} = 525\ \text{mm} \cdot 270\ \text{mm} \cdot 4.61\ \text{MPa} = 653\ \text{kN} \tag{8}$$

ossia che la verifica è soddisfatta.

La Figura 7 mostra il layout finale del nodo con cinque staffe φ10/12cm con aggiunta di tiranti dello stesso diametro e allo stesso passo, nel piano x-z

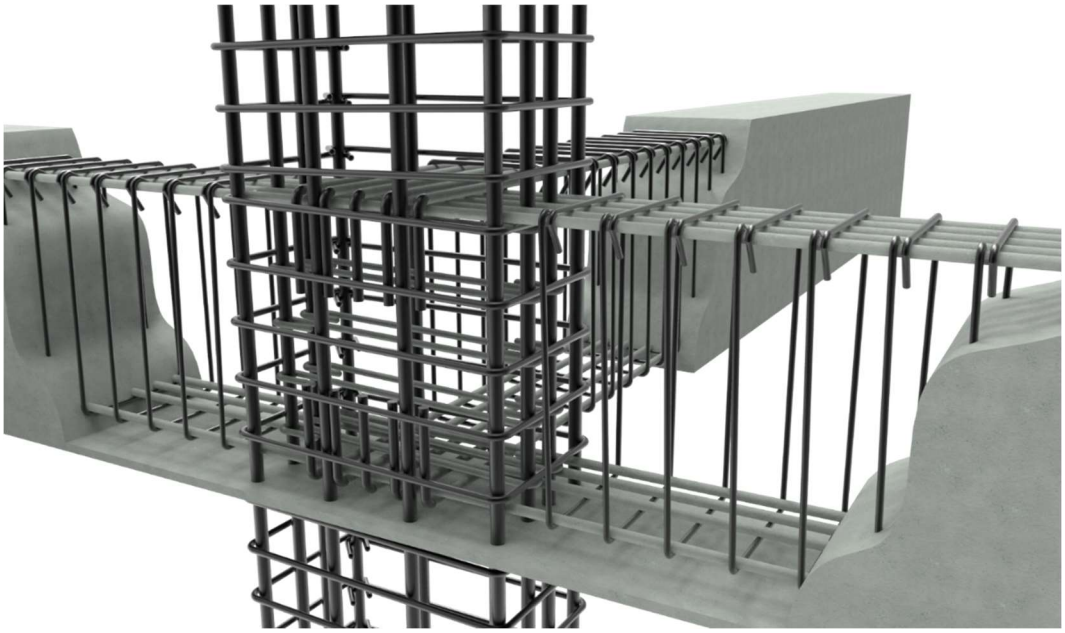


Figura 7 - Layout del nodo (calcolo in CDA).

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

Di seguito si mostra il calcolo dell'armatura del nodo di un pilastro interno di un edificio di 6 piani, in cui convergono due travi a spessore nel piano x-z e due travi emergenti nel piano y-z (Figura 1). Per il calcolo dell'armatura la condizione più gravosa è quella in cui c'è il minimo sforzo normale, mentre per la verifica a compressione del nodo la condizione più gravosa è quella con il massimo sforzo normale. Si assume che per tali condizioni sia N_{Ed} = 600 kN e N_{Ed} = 1000 kN, rispettivamente, e si ipotizza che dal calcolo si abbia sul pilastro uno sforzo di taglio V_c=100 kN.

Le travi a spessore hanno larghezza 70 cm e altezza 25 cm e sono armate con 6φ16 inferiormente e superiormente (A_{s1}=A_{s2}=1206 mm²). Le travi emergenti hanno larghezza 30 cm e altezza 55 cm e sono armate con 5φ16 inferiormente e superiormente (A_{s1}=A_{s2}= 1005 mm²) con copriferro in asse di 4 cm. Il pilastro ha dimensioni 70 cm × 30 cm ed è armato con 12φ16 disposti simmetricamente (4 ferri su ciascun lato) con copriferro 4 cm.

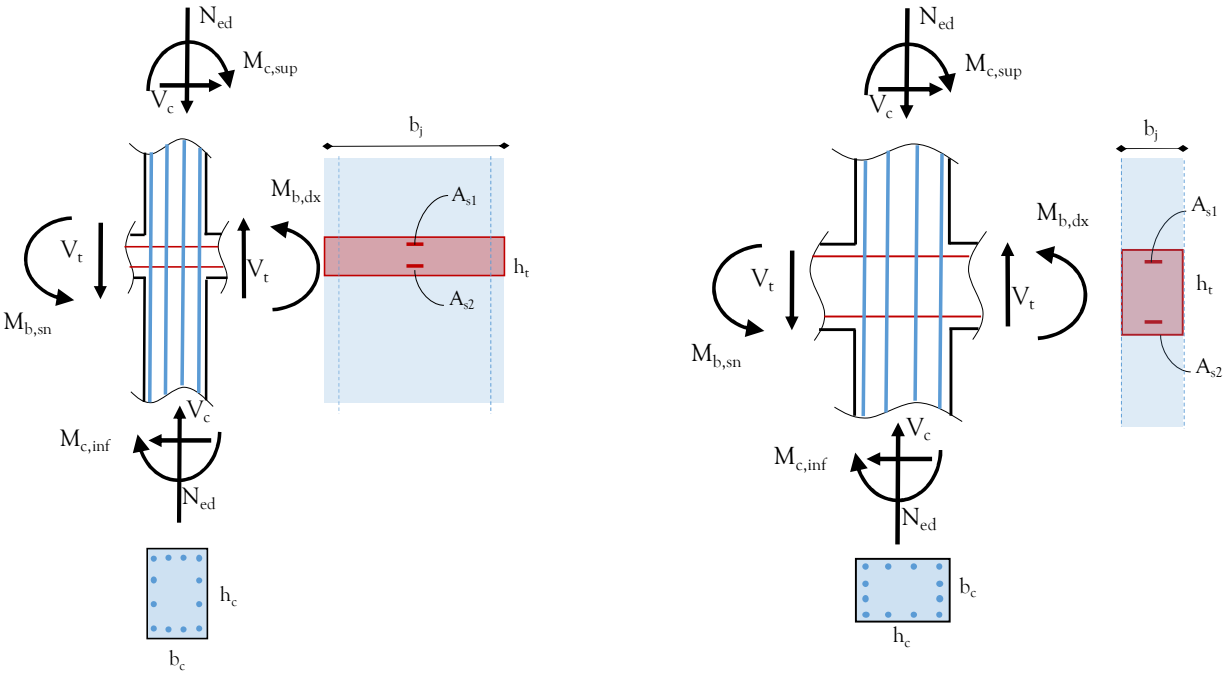


Figura 1 – Rappresentazione schematica per il calcolo del nodo.

Verifica del nodo nel piano x-z

Sulla base della geometria definita, si ha h_{jw}=17 cm, b_j=70 cm e h_{jc}=22 cm, A_{jc}=b_j·h_{jc}=1540 cm². Per calcestruzzo di classe C25/30, la resistenza a compressione del calcestruzzo è f_{cd} = 14.11MPa mentre quella a trazione è f_{ctd} = 1.19 MPa.

L'azione sul nodo si può calcolare mediante la (1) in ipotesi di formazione delle cerniere plastiche all'estremità delle travi che convergono nel nodo:

$$V_{jbd} = 1.1 \cdot \left(A_{s1} + A_{s2}\right) f_{yd} - V_c = 1.1 \cdot 2412 \text{ mm}^2 \cdot 391 \text{ MPa} - 100 \text{ kN} = 938 \text{ kN} \qquad (1)$$

In questa tipologia di nodo con travi a spessore, caratterizzata da dimensioni abbastanza esigue, la verifica di compressione è molto onerosa. In questo caso, con f_{cd}= 14.11 MPa, η = 0.54 e ν_d= 0.34 si ha:

$$V_{jbd} = 938 \text{ kN} > b_j \cdot h_{jc} \cdot \eta f_{cd} \sqrt{1 - \left(\nu_d / \eta\right)} = 700 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm} \cdot 4.63 \text{ MPa} = 714 \text{ kN} \qquad (2)$$

ossia che la verifica non è soddisfatta.

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

Tuttavia, considerando che $\nu_d = 0.34$ è un valore abbastanza elevato anche con riferimento alla duttilità del pilastro, si aumenta la dimensione del pilastro da 30 × 70 a 35 × 70 e si assume una trave più larga (85 cm) considerando la compatibilità con le dimensioni efficaci massime del nodo.

Quindi si ha $h_{jw} = 17$ cm, $b_j = 85$ cm e $h_{jc} = 27$ cm, $A_{jc} = b_j \cdot h_{jc} = 2295$ cm^2. La Figura 2 mostra una rappresentazione tridimensionale di trave e pilastro nella nuova configurazione

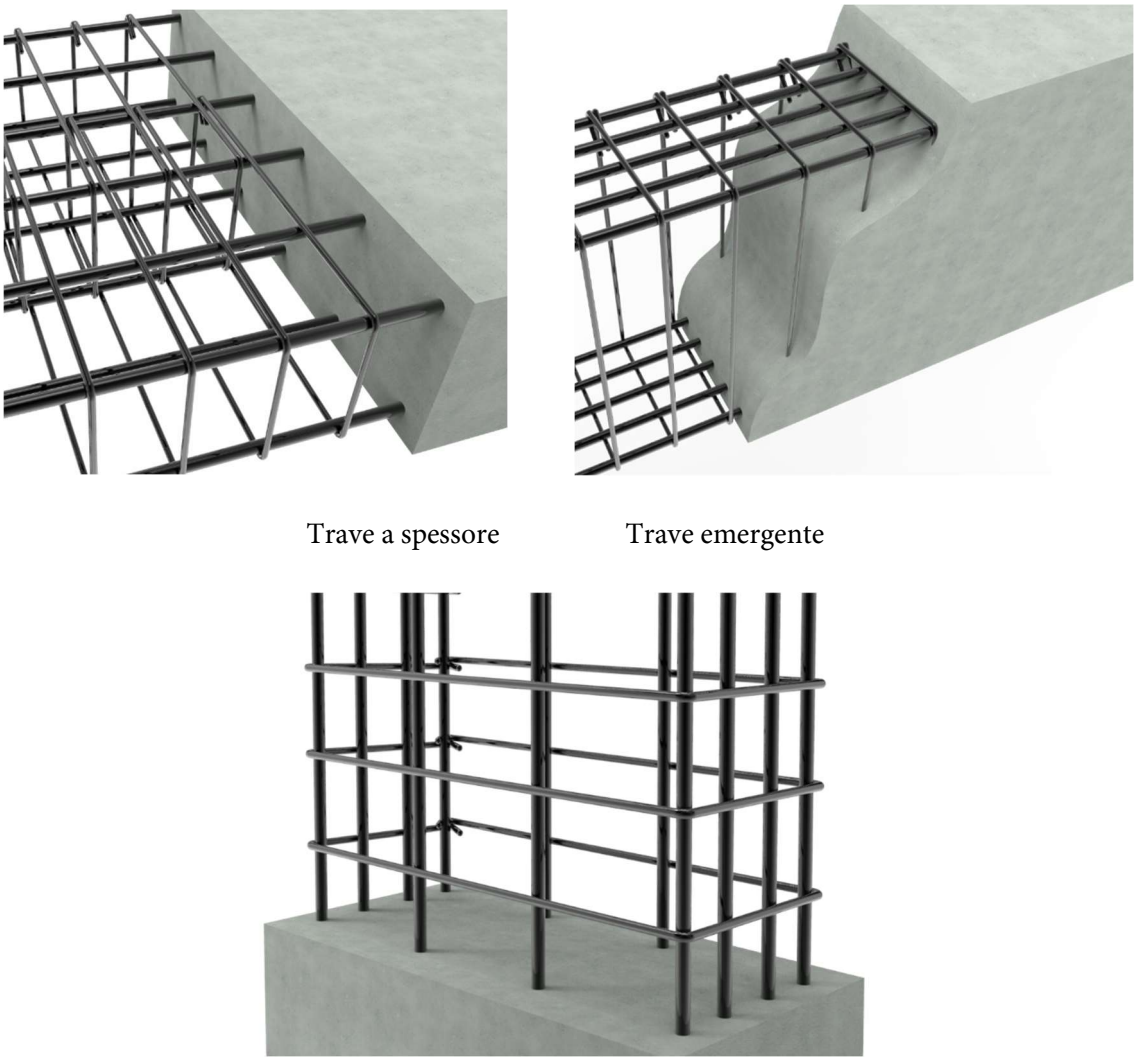


Figura 2 – Rappresentazione 3D degli elementi strutturali.

Ripetendo la verifica a compressione del nodo con $f_{cd} = 14.11$ MPa, $\eta = 0.54$ e $\nu_d = 0.29$ si ha

$$V_{jbd} = 938 \text{ kN} < b_j \cdot h_{jc} \cdot \eta f_{cd} \sqrt{1-\left(\nu_d/\eta\right)} = 850 \text{ mm} \cdot 270 \text{ mm} \cdot 5.22 \text{ MPa} = 1199 \text{ kN} \tag{3}$$

E quindi si riesce a soddisfare la verifica a compressione del nodo nella condizione più gravosa.

A questo punto si può condurre la verifica a trazione del nodo, che serve per dimensionare l'armatura trasversale nello stesso e che può essere condotta con due approcci.

Utilizzando un approccio di verifica tensionale, con riferimento ad uno sforzo normale $N_{Ed,1} = 600$ kN, il calcolo mostra che è necessario inserire un'armatura trasversale di area

$$A_{sw} = \left(\tau_m^2/\left(\sigma_m + f_{ctd}\right) - f_{ctd}\right) \cdot b_j \cdot h_{jw}/f_{yd} = \left(\frac{4.09^2}{2.45+1.19} - 1.19\right) \cdot 850 \cdot \frac{170}{391} = 1258 \text{ mm}^2 \tag{4}$$

che corrisponde a 4 staffe φ10 a 4 braccia in circa 15cm cioè φ10/5cm a quattro braccia.

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

Utilizzando un modello che tiene conto della formazione di un meccanismo resistente con puntone compresso e traliccio teso-compresso, con $\nu_d = 0.14$ riferito all'intera sezione del pilastro si ottiene:

$$A_{sw} = V_{jbd} \cdot \frac{1-0.8\upsilon}{f_{yd}} = 938000\ \text{N} \cdot \frac{1-0.8 \cdot 0.14}{391 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 2122\ \text{mm}^2 \tag{5}$$

evidentemente più alta di quella ottenuta in precedenza.

Allo scopo di ridurre il numero di staffe per una realizzazione più semplice dell'armatura del nodo, si procede con il ricalcolo del nodo nell'ipotesi di usare un calcestruzzo di resistenza maggiore, classe C35/45. L'incremento di rigidezza della struttura che può leggermente modificare le sollecitazioni è trascurato, per semplicità. La resistenza a compressione del calcestruzzo è f_{cd} = 21.16 MPa mentre quella a trazione è f_{ctd} = 1.56MPa.

Utilizzando un approccio di verifica tensionale, con riferimento ad uno sforzo normale $N_{Ed,1}$ = 600kN, il calcolo mostra che è necessario inserire un'armatura trasversale di area

$$A_{sw} = \left(\frac{\tau_m^2}{\sigma_m + f_{ctd}} - f_{ctd} \right) \cdot b_j \cdot \frac{h_{jw}}{f_{yd}} = \left(\frac{4.07^2}{2.45+1.56} - 1.56 \right) \cdot 850 \cdot \frac{170}{391} = 950\ \text{mm}^2 \tag{6}$$

che corrisponde a 3 staffe φ10 a 4 braccia in circa 15cm cioè φ10/7cm a quattro braccia.

Verifica del nodo nel piano y-z

Sulla base della geometria individuata, si ha h_{jw}=47 cm, b_j=35 cm h_{jc}=62 cm, $A_{jc}=b_j \cdot h_{jc}$=2170 cm^2.

L'azione sul nodo nel piano y-z può essere calcolata mediante la (7) in ipotesi di formazione delle cerniere plastiche all'estremità di entrambe le travi che convergono nel nodo:

$$V_{jbd} = 1.1 \cdot \left(A_{s1} + A_{s2} \right) f_{yd} - V_c = 1.1 \cdot 2010\ \text{mm}^2 \cdot 391\ \text{MPa} - 100\ \text{kN} = 764\ \text{kN} \tag{7}$$

La verifica a trazione del nodo, che serve per dimensionare l'armatura trasversale nello stesso, può essere condotta con due approcci.

Utilizzando un approccio di verifica tensionale, condotto con riferimento ad uno sforzo normale $N_{Ed,1}$ = 600kN, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area

$$A_{sw} = \left(\frac{\tau_m^2}{\sigma_m + f_{ctd}} - f_{ctd} \right) \cdot b_j \cdot \frac{h_{jw}}{f_{yd}} = \left(\frac{3.53^2}{2.45+1.56} - 1.56 \right) \cdot 350 \cdot \frac{470}{391} = 940\ \text{mm}^2 \tag{8}$$

che corrispondono a 6 staffe φ10 a 2 braccia in circa 45cm cioè φ10/7cm a due braccia oppure 3 staffe φ10 a 2 braccia da posizionare nella parte "a spessore" (circa 15cm) cioè φ10/7e 5 staffe φ8 a 2 braccia nella parte "emergente" (circa 30cm) cioè φ8/7.

Utilizzando invece un modello che tiene conto della formazione di un meccanismo resistente con puntone compresso e traliccio teso-compresso, con ν_d=0.12 riferito all'intera sezione del pilastro, il calcolo indica che è necessario inserire nel nodo un'armatura trasversale di area:

$$A_{sw} = V_{jbd} \cdot \frac{1-0.8\upsilon}{f_{yd}} = 764000\text{N} \cdot \frac{1-0.8 \cdot 0.12}{391 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1766\ \text{mm}^2 \tag{9}$$

evidentemente più alta di quella ottenuta in precedenza.

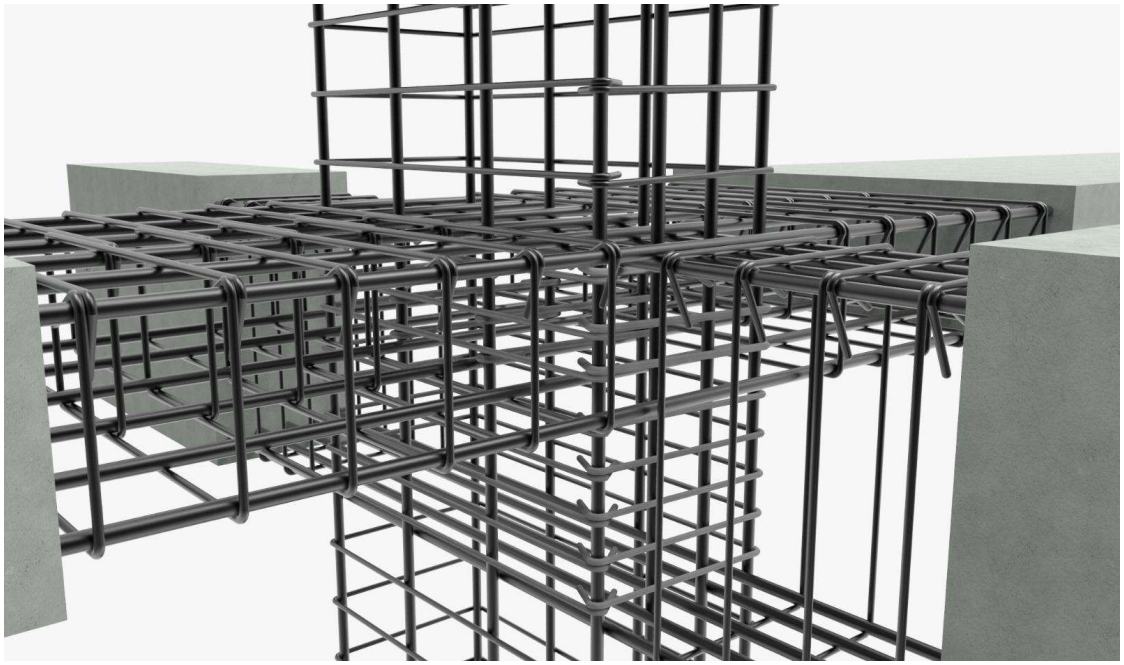
La verifica a compressione viene condotta per uno sforzo normale $N_{Ed,2}$ = 1000 kN, che è la condizione più gravosa per il calcestruzzo compresso, con f_{cd}=21.16 MPa, η=0.52 e ν_d = 0.19 si ha:

$$V_{jbd} = 765\ \text{kN} < b_j \cdot h_{wc} \cdot \eta f_{cd} \sqrt{1 - \left(\nu_d / \eta \right)} = 350\ \text{mm} \cdot 620\ \text{mm} \cdot 16.71\ \text{MPa} = 3627\ \text{kN} \tag{10}$$

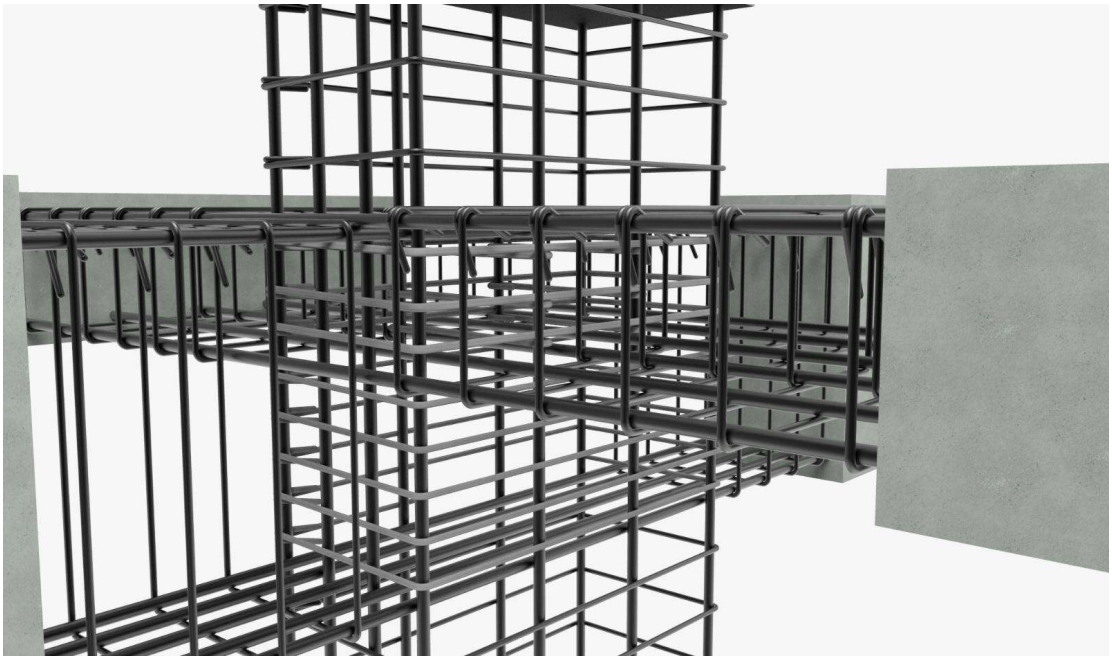
e quindi che la verifica è soddisfatta.

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020

La Figura 3 mostra il layout finale del nodo con 3 staffe φ10/7cm a due braccia nella parte “a spessore” e 5 staffe φ8/7cm a due braccia (nel piano x-z). Nella parte a spessore ad ogni staffa φ10 corrisponde una coppia di legature φ10.



(a)



(b)

Figura 3 - Layout del nodo: (a) vista complessiva, (b) dettaglio della parte “emergente”.

 Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2020