

11.4.1.1.1. Minimalne zbrojenie pionowe

Norma EC2 zaleca, aby minimalne pole sumarycznego zbrojenia pionowego $A_{s,vmin}$ wynosiło

$$A_{s,vmin} \geq 0,002A_c, \quad (11.21)$$

choć dopuszcza inne ustalenia krajowe. W normie [N11.9] – starszej wersji normy EC2 – była to wartość 2 razy większa.

Większego minimalnego zbrojenia pionowego, bo wynoszącego co najmniej $0,004A_c$, domaga się norma brytyjska [N11.8]. Bardziej liberalne są normy amerykańskie [N11.1] i [N11.2] określające minimalne zbrojenie pionowe w zależności od typu wkładek na $0,0012A_c$ lub $0,0015A_c$. Tę drugą wartość akceptuje także norma australijska [N11.4]. W przypadku siatek zbrojeniowych norma amerykańska za minimalne przyjmuje zbrojenie $0,0012A_c$.

Jedynie norma norweska [N11.10] uzależnia minimalną powierzchnię zbrojenia od cech materiałowych betonu i stali, wymagając, aby

$$A_{s,vmin} \gtrsim 0,3A_c f_{ctm}/f_{yk}. \quad (11.22)$$

Podobnie czyni projekt prEC2, wymagając przy ogólnych obciążeniach, aby

$$A_{s,vmin} \geq 0,25 A_c f_{ctm}/f_{yk} \quad (11.23)$$

oraz dopuszczając, w przypadku gdy mamy do czynienia ze ściskaniem ściany, względnie jej zginaniem z płaszczyzny

$$A_{s,vmin} \geq 0,001 A_c. \quad (11.24)$$

Według normy EC2(D) wymaga się ogólnie

$$A_{s,vmin} = 0,15 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0,0014A_c, \quad (11.25)$$

a w przypadku smukłych ścian, gdy $\lambda \geq \lambda_{lim}$ lub gdy $|N_{Ed}| \geq 0,3f_{cd}A_c$, wymaga się

$$A_{s,vmin} = 0,003A_c. \quad (11.26)$$

11.4.1.1.2. Maksymalne zbrojenie pionowe

Maksymalne pole przekroju sumarycznego zbrojenia pionowego, według normy EC2, jest pozostawione unormowaniom narodowym z zaleceniem jednak (przyjętym także przez Polskę), zgodnie także EC2(D) i normą brytyjską [N11.8], aby

$$A_{s,vmax} \leq 0,04A_c. \quad (11.27)$$

Zalecenia normy EC2 pozwalają przekroczyć to ograniczenie, jeżeli można wykazać, że nie zostanie zachwiana współpraca betonu i zbrojenia oraz możliwe jest osiągnięcie siły określonej dla granicznego stanu nośności. Dodatkowo, na obszarze zakładu dopuszcza się [EC2], aby

$$A_{s,vmax} \leq 0,08A_c. \quad (11.28)$$

11.4.1.1.3. Odstęp prętów pionowych

Zgodnie z dawną normą krajową [N11.7] odstęp prętów zbrojenia pionowego nie powinien być mniejszy niż 150 mm i większy niż 400 mm.

Norma EC2 (a także prEC2), aprobując to ostatnie zalecenie, wprowadziła dodatkowy wymóg, aby odstęp ten był nie większy niż 3-krotna grubość ściany (w dawnym projekcie [N11.9] nie większy niż 2-krotna grubość ściany i nie większy niż 300 mm). Inne normy narodowe dopuszczają odstęp: 300 mm [EC2(D)] [N11.10], 450 mm [N11.2] lub nawet 500 mm [N11.5].

Dawna norma polska [N11.7], nie precyzując granic powierzchni poprzecznej zbrojenia, wymagała jedynie, by zbrojenie to było wykonane z prętów o średnicy od 10 do 20 mm i aby stosowana stal miała klasę nie wyższą niż AIII (obecnie ograniczenie to dla stosowanych stali klasy C traci rację bytu).

11.4.1.2. Zbrojenie poziome

Poziome zbrojenie ścian zgodnie z normą EC2, a także z [N11.7] powinno być umieszczone po zewnętrznej stronie zbrojenia pionowego. Zbrojenie to powinno być ułożone równoległe do zewnętrznej powierzchni ściany, a także równoległe do jej swobodnej krawędzi.

Dawna polska norma [N11.7] wymagała, aby średnica zbrojenia poziomego była nie mniejsza niż 0,4 średnicy zbrojenia pionowego, a ponadto, aby [N11.6], [N11.7] średnica ta nie była mniejsza niż 6 mm. Zgodnie z dawniejszymi zaleceniami normy EC2 ([N11.9]) średnica zbrojenia poziomego nie powinna być mniejsza niż 0,25 średnicy prętów pionowych. Zalecenie to podtrzymuje EC2(D). Obecna wersja normy EC2 nie wypowiada się na ten temat.

11.4.1.2.1. Minimalne zbrojenie poziome

Całkowite pole przekroju zbrojenia poziomego według EC2 (a także prEC2) nie powinno być mniejsze niż $A_{s,hmin}$ i sugeruje się, aby wartość ta wynosiła co najmniej 25% (w starszej wersji EC2 ([N11.9]) – 50%) zbrojenia pionowego ($A_{s,hmin} \geq 0,25A_{s,vmin}$) i nie mniej niż $0,001A_c$. Według normy EC2(D) dopuszcza się, aby $A_{s,hmin} \geq 0,20A_{s,vmin}$, ale w przypadku smukłych ścian, gdy $\lambda \geq \lambda_{lim}$ lub gdy $|N_{Ed}| \geq 0,3f_{cd}A_c$, wymaga się, aby $A_{s,hmin} \geq 0,50A_{s,vmin}$.

Ponadto według projektu normy prEC2 wymaga się

$$A_{s,hmin} \geq 0,25A_c f_{ctm} / f_{yk} \quad (11.29)$$

Według normy amerykańskiej [N11.2] poziome zbrojenie nie powinno być mniejsze, w zależności od typu wkładek, niż $0,002A_c$ lub $0,0025A_c$. Tę ostatnią wartość podaje także norma australijska [N11.4], przy czym dopuszcza jej redukcję do $0,0015A_c$, a nawet do zera, gdy zbrojenie to nie ma przeciwdziałać skurczowi i wpływom temperatury. W przypadku stali o niskiej wytrzymałości w nor-

mie brytyjskiej [N11.8] zaleca się, aby poziome zbrojenie ze stali o $f_{yk} = 250$ MPa nie było mniejsze niż $0,003A_c$, a w przypadku stali o $f_{yk} = 450$ MPa nie mniejsze niż $0,0025A_c$. Norma [N11.4] dopuszcza, aby w przypadku ścian grubszych niż 500 mm minimalne zbrojenie przy każdej powierzchni było określane jak dla ściany o grubości wynoszącej 250 mm.

W normie norweskiej [N11.10] uzależniono minimalną powierzchnię zbrojenia od usytuowania ścian i cech wytrzymałościowych betonu i stali.

I tak dla ścian wewnętrznych i ścian zewnętrznych izolowanych od zewnątrz wymaga się, aby

$$A_{s,h \min} \gtrsim 0,3A_c f_{cm}/f_{yk}, \quad (11.30)$$

a dla ścian zewnętrznych

$$A_{s,h \min} \gtrsim 0,6A_c f_{cm}/f_{yk}. \quad (11.31)$$

Te same przepisy wskazują, że jeżeli występuje silne ograniczenie rozwarcia rys, to należy podwoić powyższe wartości. Dopuszcza się jednocześnie zmniejszenie podanych wartości, jeżeli ściana ma swobodę odkształceń wzdłuż długości, a także w przypadku, gdy można obliczeniowo uzasadnić, że przyjęte zbrojenie jest w stanie przenieść siły spowodowane obciążeniami, skurczem i zmianami temperatur, nie prowadząc do powstania rys o nieakceptowanej szerokości rozwarcia.

Dla siatek zbrojeniowych norma [N11.2] wymaga zbrojenia poziomego nie mniejszego niż $0,002A_c$.

11.4.1.2.2. Odstęp prętów poziomych

Według normy EC2 (a także prEC2) wymaga się, aby pionowy odstęp między poziomymi prętami nie był większy niż 400 mm (w starszej wersji EC2 [N11.9], a także w normie norweskiej [N11.10] – 300 mm). Rozstaw w pionie zbrojenia poziomego według EC2(D) nie powinien być większy niż 350 mm, a według [N11.7] większy niż 1/3 m.

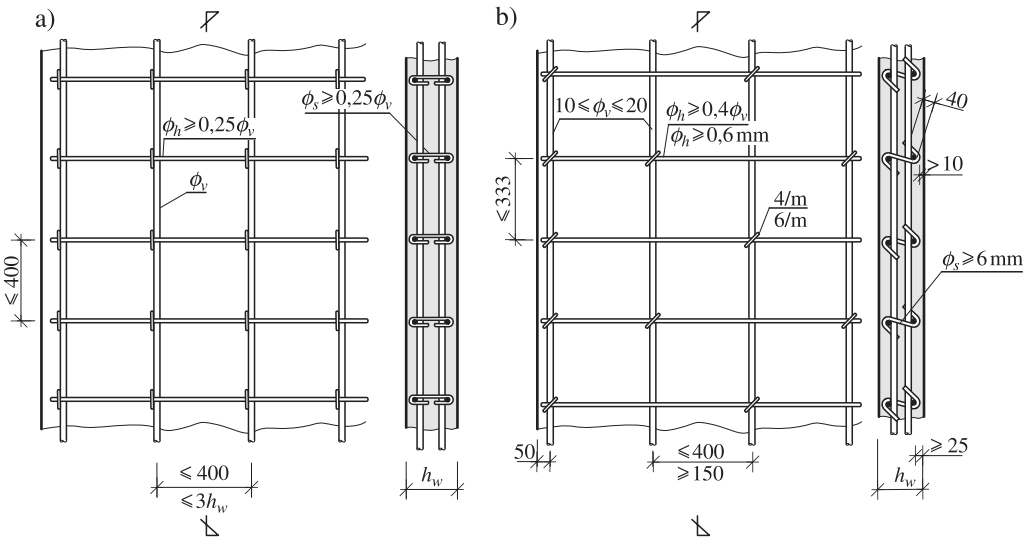
11.4.1.3. Zbrojenie poprzeczne

W normie EC2 żąda się, aby w przypadku silnego zbrojenia pionowego ściany, gdy pole przekroju prętów zbrojenia pionowego $A_{s,max} \geq 0,02A_c$, pręty zbrojenia pionowego były objęte strzemionami w sposób właściwy dla słupów. Możemy sobie wyobrazić, że mamy do czynienia jak gdyby z szeregiem przystających słupów o szerokości h nie większej niż cztery grubości b ($h \leq 4b$). W tej samej sytuacji norma brytyjska [N11.8] wymaga, aby średnica tych strzemion była nie mniejsza niż 0,25 średnicy wkładek pionowych i 6 mm oraz aby strzemiona te były rozstawione nie rzadziej niż co 2 grubości ściany w poziomie i pionie.

W zakresie rozmieszczania zbrojenia poprzecznego wymagania dawnej normy polskiej [N11.7] były rozbudowane. Wymagano tam, aby liczba łączników wynosiła:

- 4 szt./m², gdy powierzchnia zbrojenia pionowego $A_{s,v} \leq 0,0015A_c$,
- 6 szt./m², gdy powierzchnia zbrojenia pionowego $A_{s,v} > 0,0015A_c$.

W przypadku gdy zbrojenie pionowe stanowią pręty o średnicy większej niż 12 mm, liczbę łączników można było zmniejszyć do 2. Wymagano, aby łączniki wykonywane były z prętów o średnicy 6 mm w kształcie haków lub aby były zgrzewane do siatek. Wzdłuż pionowych nieusztywnionych krawędzi ściany łączniki powinny być łączyć wszystkie pręty poziome (rys. 11.8).



Rys. 11.8. Zbrojenie ścian monolitycznych: a) według EC2, b) według BN-79/8812-02 [N11.7]

Jeżeli zbrojenie nośne umieszczone jest przy zewnętrznej powierzchni ściany, wymaga się w [EC2] (a także w prEC2), aby liczba łączników była nie mniejsza niż 4/m² ściany. Ta sama norma dopuszcza pominięcie łączników poprzecznych, gdy zbrojenie wykonane jest z siatek, z prętów o średnicy $\phi \leq 16$ mm oraz gdy otulenie tych wkładek wynosi co najmniej 2ϕ . Zwolnienie od konieczności zbrojenia poprzecznego umożliwi także norma amerykańska [N11.2] w przypadku gdy zbrojenie pionowe ma przekrój mniejszy niż $0,01A_c$ lub gdy zbrojenie to nie jest wymagane ze względu na ścisnienie.

Wymagania odnośnie do sposobów zbrojenia ścian monolitycznych według norm EC2 i [N11.7] podano na rysunku 11.8.

Łączniki poprzeczne wiążą siatki wzajemnie i zabezpieczają je od przemieszczenia na zewnątrz. Niezależnie konieczne są, jak to przedstawiono wcześniej na rysunku 2.38 (rozd. 2, tom I) łączniki dystansowe zabezpieczające siatki przed możliwością przemieszczenia do środka.