

Konstrukcje stalowe ze słupami dwugąłęziowymi z przewiązkami projektowane wg norm PN i EN

Dr inż. Elżbieta Grochowska, prof. dr hab. inż. Antoni Matysiak, Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

Obecnie obowiązujące przepisy pozwalają stosować polskie normy PN oraz normy europejskie EN. Należy jednak przy projektowaniu konkretnego obiektu całość opracować stosując polskie normy PN lub europejskie EN.

Dwugąłezowe słupy z przewiązkami lub z zakratowaniem są powszechnie stosowane w budowie hal o różnym przeznaczeniu, w budowie obiektów przemysłowych i innych rozwiązaniach konstrukcji.

Prawidłowo opracowana dokumentacja budowlano-konstrukcyjna, wykonana przy współpracy architekta i konstruktora umożliwia zrealizowanie obiektu mającego walory użyteczne i estetyczne, spełniającego warunki ekonomii i bezpieczeństwa.

Z osobistego doświadczenia wiemy, że zwłaszcza w obiektach halowych, gdy słupy wewnętrzne stanowią również element architektoniczny, architekt wymaga zaprojektowania słupa dwugąłezowego z przewiązkami.

Znane są autorom źle zaprojektowane konstrukcje z dwugąłezowymi słupami z przewiązkami, które należało wzmocnić, znana jest również tragiczna katastrofa budowlana, której jedną z przyczyn były błędnie zaprojektowane słupy z przewiązkami [1].

W minionym okresie, kiedy w kraju powszechnie stosowano prefabrykowane konstrukcje żelbetowe, dużą liczbę obiektów wykonano ze słupami z przewiązkami.

Obowiązujące normy projektowania konstrukcji stalowych [2] i [4] zawierają odmienne podejście do obliczania sił wewnętrznych obciążających poszczególne elementy słupa: gałęzie i przewiązki. Dwugąłezowy słup z przewiązkami w istocie jest wielopiętrowym układem ramowym o sztywnych węzłach, a siły wewnętrzne można obliczyć zgodnie z zasadami wytrzymałości materiałów i mechaniki budowli.

W artykule przedstawiono analizę nośności słupa hali, o określonych wymiarach i obciążeniu, wymienionymi trzema sposobami.

2. Siły wewnętrzne w elementach obiektu halowego

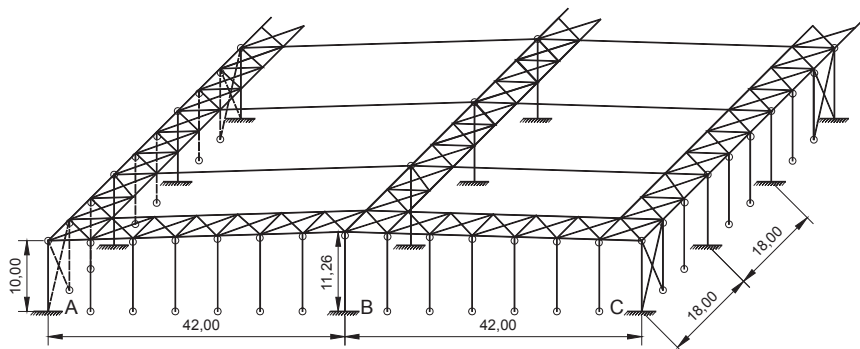
Analiza nośności, dotyczy słupa środkowego obiektu halowego pokazanego na rysunku 1. Analizowany słup jest obciążony reakcją pionową dźwigarów dachu i w wierzchołku słupa siłą poziomą wynikającą z oddziaływania elementów szkieletu konstrukcji odpowiednio obciążonych.

Do obliczenia zewnętrznych obciążeń konstrukcji przyjęto typowe rozwiązania i ciężary pokrycia obiektu, obciążenie śniegiem, parciem i ssaniem wiatru. Obciążenia te wynoszą:

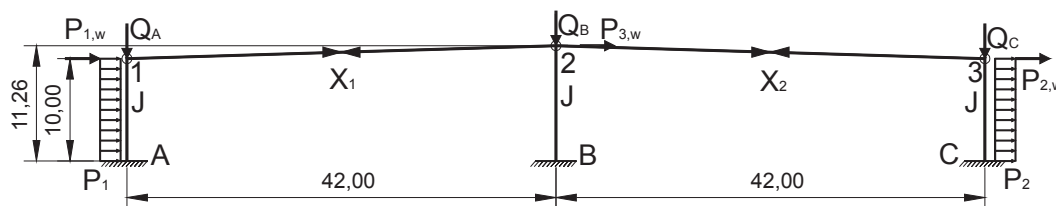
- obciążenie stałe i zmienne dachu $q = 2,20 \text{ kN/m}^2$
- parcie wiatru $p_1 = 0,318 \text{ kN/m}^2$
- ssanie wiatru $p_2 = 0,18 \text{ kN/m}^2$

Po wydzieleniu z nośnego szkieletu hali (rys. 1) jednego z środkowych układów poprzecznych otrzymano schemat i obciążenie pokazane na rysunku 2. Pokazany na tym rysunku układ prętów jest układem dwukrotnie statycznie niewyznaczalnym. Przyjęto jako niewiadome siły X_1 i X_2 działające na rygle dachowe, łączące słupy obiektu. Po wykonaniu wymaganych obliczeń otrzymano następujące wyniki.

Obciążenia środkowego słupa wynoszą:



Rys. 1. Elementy nośne szkieletu hali



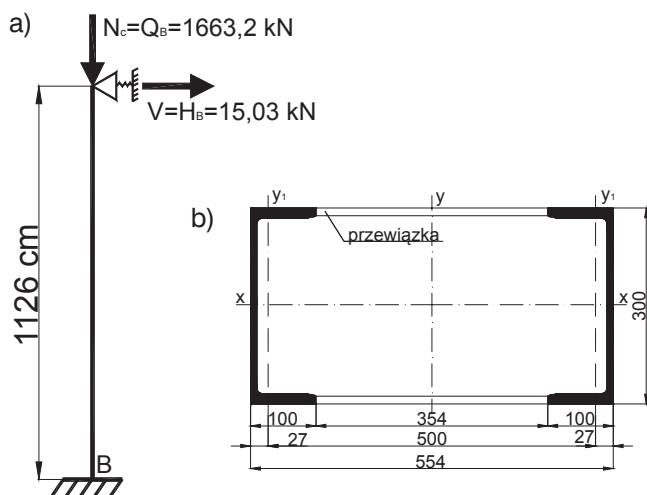
Rys. 2.
Schemat statyczny i obciążenie ramy

- pionowa osiowa siła słupa B wynosi:
 $Q_B = 2,20 \cdot 18,0 \cdot 42,0 = 1663,2 \text{ kN}$
- pozioma siła w wierzchołku słupa wynosi:
 $H_B = X_2 - X_1 + \frac{1}{3} (P_{1,w} + P_{2,w} + P_{3,w}) = 0,338 + 3,37 + \frac{1}{3} (19,08 + 10,80 + 4,08) = 15,03 \text{ kN}$

Zmiana temperatury w rozważanym obiekcie nie wpływa na wystąpienie sił obciążających słup środkowy. Zmiana temperatury o $\Delta t = \pm 20^\circ\text{C}$ zwiększy obciążenie słupa skrajnego. Siła obciążająca w wierzchołku słupa skrajnego, wywołana różnicą temperatury zwiększy się o około 10%.

3. Nośność słupa według PN-90/B-03200

Schemat i obciążenie oraz przekrój porzeczný słupa pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Słup 2C300: a) schemat i obciążenie, b) przekrój poprzeczny

Charakterystyki geometryczne przekroju słupa są następujące:

$$A = 2 \cdot 58,8 = 117,6 \text{ cm}^2, J_{y,1} = 495 \text{ cm}^4$$

$$W_{y,1} = 67,8 \text{ cm}^3, i_{y,1} = 2,9 \text{ cm}, J_{x,1} = 8030 \text{ cm}^4$$

$$W_{x,1} = 535 \text{ cm}^3, i_{x,1} = 11,37 \text{ cm}, J_y = 74490 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 2689,17 \text{ cm}^3, i_y = 25,17 \text{ cm}$$

Rozstaw osiowy przekładek słupa $l_1 = 160 \text{ cm}$

Moment zginający u podstawy słupa wynosi:
 $M_B = 15,03 \cdot 11,26 = 169,24 \text{ kNm}$

Obciążenie gałęzi słupa u podstawy:

$$N_{c,1} = \frac{1663,2}{2} + \frac{169,24}{0,5} = 831,6 + 338,5 = 1170,1 \text{ kN}$$

Smukłość gałęzi

$$\lambda_v = \frac{160}{2,9} = 55,2, \bar{\lambda}_v = \frac{55,2}{84} = 0,655, \varphi_v = 0,921$$

Nośność pojedynczej gałęzi:

$$\frac{N_{c,1}}{\varphi_v \cdot N_{Rc,1}} = \frac{1170,1}{0,921 \cdot 58,8 \cdot 21,5} = 1,005 \approx 1,0$$

Stateczność słupa względem osi y-y:

$$\lambda_y = \frac{1,4 \cdot 1126}{25,1} = 62,8, \bar{\lambda}_y = \frac{62,8}{84} = 0,748, \varphi_y = 0,841$$

$$\lambda_m = \sqrt{62,8^2 + 55,2^2} = 83,6, \bar{\lambda}_m = \frac{83,6}{84} = 0,995, \varphi = 0,648$$

$$\frac{N_c}{\varphi_y \cdot N_{Rc}} = \frac{1663,2}{0,648 \cdot 2 \cdot 58,8 \cdot 21,5} = 1,015 > 1,0 (+1,5\%)$$

Stateczność słupa względem osi x-x:

$$\lambda_x = \frac{0,7 \cdot 1126}{11,37} = 69,3, \bar{\lambda}_x = \frac{69,3}{84} = 0,825, \varphi_x = 0,681$$

$$\frac{N_c}{\varphi_x \cdot N_{Rc}} = \frac{1663,2}{0,681 \cdot 2 \cdot 58,8 \cdot 21,5} = 0,966 < 1,0$$

Obciążenie przekładki:

$$Q_1 = 1,2 \cdot V = 1,2 \cdot 15,03 = 18,0 \text{ kN},$$

lecz nie mniej niż

$$Q_1 = 0,012 \cdot 2 \cdot 58,8 \cdot 21,5 = 30,34 \text{ kN} > 18,0 \text{ kN}$$

Ścinanie i zginanie przekładki:

$$V_Q = \frac{30,34 \cdot 160}{2 \cdot 50} = 48,54 \text{ kN}$$

$$M_Q = \frac{30,34 \cdot 160}{2 \cdot 2} = 12,14 \text{ kNm}$$

Przekładki są połączone spoiną czołową z gałęziami słupa. W miejscu połączenia siła tnąca i moment zginający wynoszą:

$$V_{sp} = V_Q \cdot \frac{300}{500} = 48,54 \cdot \frac{3}{5} = 29,12 \text{ kN}$$

$$M_{sp} = M_Q \cdot \frac{300}{500} = 12,14 \cdot \frac{3}{5} = 7,28 \text{ kNm}$$

Zastosowana przewiązka ma przekrój $\square 160 \times 10$ mm
Wskaźnik wytrzymałości przewiązki wynosi:

$$W_{prz} = \frac{1,0 \cdot 16^2}{6} = 42,67 \text{ cm}^3$$

Naprężenia w spoinach:

$$\sigma = \frac{728}{42,67} = 17,06 \text{ kN/cm}^2 = 170,6 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{29,12}{1,0 \cdot 16} = 1,82 \text{ kN/cm}^2 = 18,2 \text{ MPa}$$

Współczynniki spoin $\alpha_{\perp} = 0,85$, $a_{\parallel} = 0,6$

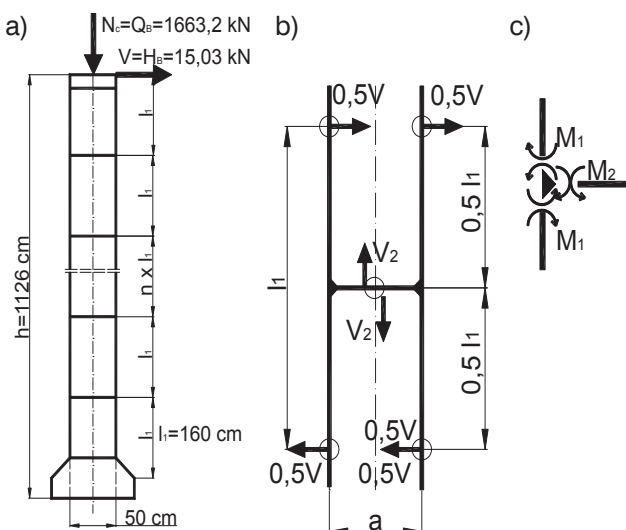
$$\sqrt{\left(\frac{170,6}{0,85}\right)^2 + \left(\frac{18,2}{0,6}\right)^2} = 203 \text{ MPa} < f_d = 215 \text{ MPa}$$

4. Nośność dwugałęziowego słupa z przewiązkami jako układu ramowego

Słup z przewiązkami, jak pokazano na rysunku 4a, jest w istocie układem ramowym wielopiętrowym. Siły wewnętrzne w prętach słupa (gałęziach i przewiązkach) ustalamy zgodnie z zasadami wytrzymałości materiałów i mechaniki budowli [3]. Układy ramowe z prętami łączonymi pod kątem prostym, z węzłami sztywnymi i obciążone poziomymi siłami zewnętrznymi charakteryzują się tym, że w połowie długości prętów moment zginający w przybliżeniu równa się zero.

Siła osiowa ściskająca słup i siła poprzeczna są pokazane na rysunku 4a i wynoszą:

$$N = 1663,2 \text{ kN}, V = 15,03 \text{ kN}.$$



Rys. 4. Obciążenie, osie gałęzi i przewiązek słupa: a) schemat całego słupa, b) schemat obliczeniowy, c) momenty zginające w przekrojach prętów przy węźle

Moment zginający u podstawy słupa wynosi:
 $M_B = 15,03 \cdot 11,26 = 169,24 \text{ kNm}$

Siła osiowa i siła poprzeczna obciążająca jedną gałąź słupa:

$$N_1 = \frac{1663,2}{2} + \frac{169,24}{0,5} = 831,6 + 338,5 = 1170,1 \text{ kN}$$

$$V_1 = 0,5V = 0,5 \cdot 15,03 = 7,51 \text{ kN}$$

Moment zginający gałąź słupa wyznaczamy z zależności:
 $M_1 = V_1 \cdot 0,5l_1 = 7,51 \cdot 0,5 \cdot 1,6 = 6,01 \text{ kNm}$

Moment zginający dwie przewiązki wynosi:
 $M_2 = 2M_1 = 12,02 \text{ kNm}$ (rys. 4c)

Moment zginający jedną przewiązkę wyznacza się z zależności:

$$1/2 M_2 = M_1 = 6,01 \text{ kNm}$$

Siła ścinająca dwie przewiązki wynika z następującego warunku: $V_2 = V_1 \cdot 0,5a$, zatem

$$V_2 = V_1 \frac{l_1}{0,5a} = 7,51 \cdot \frac{1,6}{0,5 \cdot 0,5} = 48,10 \text{ kN}$$

Nośność ściskanej i zginanej gałęzi słupa wyznacza się wzorem:

$$\frac{N_c}{\varphi_x \cdot N_{Rc}} + \frac{\beta M_{\max}}{\varphi_L M_R} \leq 1,0 - \Delta$$

gdzie: $\Delta = 1,25 \varphi \lambda^{-2} \frac{\beta M_{\max}}{M_R} \frac{N}{N_{Rc}} \leq 0,1$

$$N_{Rc,1} = 58,8 \cdot 21,5 = 1264,2 \text{ kN}$$

$$M_{Rc,1} = 67,8 \cdot 21,5 = 1457,7 \text{ kNcm} = 14,577 \text{ kNm}$$

Według punktu 3:

$$\bar{\lambda}_v = \frac{55,2}{84} = 0,655, \quad \varphi_v = 0,921$$

$$\Delta = 1,25 \cdot 0,921 \cdot 0,655^2 \cdot \frac{0,4 \cdot 6,01}{14,577} \cdot \frac{1170,1}{1264,2} = 0,075 < 0,1$$

$$\frac{1170,1}{0,921 \cdot 1264,2} + \frac{0,4 \cdot 6,01}{14,577} = 1,005 + 0,165 = 1,17 > 1,0 - 0,075 = 0,925$$

Nośność gałęzi słupa w przekroju przywęzłowym, w którym nie wystąpi wybočenje ściskanego pręta:

$$\frac{N_c}{N_{Rc}} + \frac{M}{M_R} \leq 1,0$$

$$\frac{1170,1}{1264,2} + \frac{6,01}{14,577} = 0,925 + 0,412 = 1,338 > 1,0$$

Procentowy wpływ zginania gałęzi wynosi:

$$\frac{0,412}{1,338} \cdot 100 = 30,8\%$$

Przewiązki wykonane z \square 160x10 mm są przyspawane spoiną czołową do gałęzi słupa.

Naprężenia w spoinach wynoszą:

$$\sigma = \frac{601}{42,67} = 14,07 \text{ kN/cm}^2 = 140,7 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{48,1}{1,0 \cdot 16} = 3,01 \text{ kN/cm}^2 = 30,1 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{140,7}{0,85}\right)^2 + \left(\frac{30,06}{0,6}\right)^2} = 173,0 \text{ MPa} < f_d = 215 \text{ MPa}$$

5. Nośność słupa wg EN 1993-1-1

Słup z przewiązkami zgodnie z EN jest elementem złożonym o pasach równoległych. Tego typu elementy są traktowane, jako słupy ze wstępną imperfekcją wynoszącą:

$$e_o = \frac{L}{500} = \frac{1126}{500} = 2,25 \text{ cm}$$

Siłę w pasie oblicza się na podstawie siły podłużnej N_{Ed} oraz momentu przęsłowego M_{Ed} w elemencie złożonym. W przypadku dwóch jednakowych pasów siłę obliczeniową $N_{ch,Ed}$ wyznacza się ze wzoru:

$$N_{ch,Ed} = 0,5N_{Ed} + \frac{M_{Ed} \cdot h_o \cdot A_{ch}}{2J_{eff}}$$

gdzie:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed} \cdot e_o + M_{Ed}^I}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} - \frac{N_{Ed}}{S_v}}, \quad N_{cr} = \frac{\pi^2 E J_{eff}}{L^2}$$

Siłę poprzeczną w elemencie złożonym wyznacza się wzorem:

$$V_{Ed} = \pi \frac{M_{Ed}}{L}$$

Pasy i przewiązki wymiaruje się na siły i momenty obliczone dla poszczególnych przedziałów, jak pokazano na rysunku 4b.

Sztynność postaciową oblicza się wzorem:

$$S_v = \frac{24 E J_{ch}}{a^2 \left[1 + \frac{2 J_{ch} h_o}{n J_b a} \right]} \leq \frac{2 \pi^2 E J_{ch}}{a^2}$$

Zastępczy moment bezwładności słupa wyznacza się wzorem:

$$J_{eff} = 0,5 h_o^2 A_{ch} + 2 \mu J_{ch}$$

gdzie: n, J_b – liczba płaszczyzn i moment bezwładności przewiązki.

Wskaźnik efektywności wynosi: $\mu = 1$, $h_o = 50 \text{ cm}$, $a = 160 \text{ cm}$ – wartości wymiarów jak wg PN oraz wg punktu 3 i 4, rysunek 3.

$$J_b = \frac{1,0 \cdot 16^3}{12} = 341,3 \text{ cm}^4, \quad W_b = \frac{1,0 \cdot 16^2}{6} = 42,67 \text{ cm}^3$$

$$J_{eff} = 0,5 \cdot 50^2 \cdot 58,8 + 2 \cdot 1,0 \cdot 495 = 74490 \text{ cm}^4$$

$$S_v = \frac{24 \cdot 21000 \cdot 495}{160^2 \left[1 + \frac{2 \cdot 495 \cdot 50}{2 \cdot 341,3 \cdot 160} \right]} =$$

$$= 6706,00 \text{ kN} < \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 21000 \cdot 495}{160^2} = 8015,2 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = N_c = 1663,2 \text{ kN (por. rys. 3a)}$$

$$N_{Ed} \cdot e_o = 1663,2 \cdot 2,25 = 3742,2 \text{ kNcm} = 37,42 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}^I = 15,03 \cdot 11,26 = 169,24 \text{ kNm (por. rys. 3a)}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 74490}{1126^2} = 12177,0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \frac{37,42 + 169,24}{1 - \frac{1663,2}{12177} - \frac{1663,2}{6706,00}} = \frac{205,76}{0,618} = 332,94 \text{ kNm}$$

$$N_{ch,Ed} = 0,5 \cdot 1663,2 + \frac{33294 \cdot 50 \cdot 58,8}{2 \cdot 74490} =$$

$$= 831,6 + 657,0 = 1488,63 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności prętów skratowania i przewiązek przy zginaniu i ścinaniu przeprowadza się dla skrajnych przedziałów uwzględniając siłę poprzeczną w elemencie złożonym:

$$V_{Ed} = \pi \frac{33294}{1126} = 92,9 \text{ kN}$$

Pasy i przewiązki oraz ich złącza z pasem wymiaruje się na siły i momenty obliczone dla poszczególnych przedziałów, jak pokazano na rysunku 6.11 w [4]. Wykorzystując ten rysunek normy, siły przekrojowe M i V gałęzi (pasów) i przewiązek obliczamy następująco:

- Gałęzie słupa (pasy):

$$V_{Ed,g} = \frac{1}{2} V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 92,9 = 46,45 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,g} = \frac{V_{Ed}}{2} \cdot \frac{a}{2} = \frac{92,9}{2} \cdot \frac{1,6}{2} = 37,16 \text{ kNm}$$

- Przewiązki:

$$V_{Ed,p} = V_{Ed} \frac{a}{h_o} = 92,9 \cdot \frac{1,6}{0,5} = 297,28 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,p} = V_{Ed} \cdot \frac{a}{2} = 92,9 \cdot \frac{1,6}{2} = 74,32 \text{ kNm}$$

- Obciążenie jednej przewiązki:

$$V_{Ed,1,p} = 0,5 \cdot 297,28 = 148,64 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1,p} = 0,5 \cdot 74,32 = 37,16 \text{ kNm}$$

Nośność gałęzi słupa

$$N_{ch,Ed} = 1488,63 \text{ kN}, M_{ch,Ed} = M_{Ed,g} = 37,16 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 495}{160^2} = 4007,60 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{58,8 \cdot 23,5}{4007,60}} = 0,587 \rightarrow \chi_y = 0,843$$

$$N_{Rk,y1} = 58,8 \cdot 23,5 = 1381,8 \text{ kN}$$

$$M_{Rk,y1} = 67,8 \cdot 23,5 = 1595,3 \text{ kNcm} = 15,93 \text{ kNm}$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4\psi = 0,6$$

$$k_{yy} = C_{my} \left[1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right] < C_{my} \left[1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} \right]$$

$$k_{yy} = 0,6 \left[1 + 0,6 \cdot 0,587 \frac{1395,7}{0,843 \cdot 1381,8} \right] = 0,85$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{1488,63}{0,843 \cdot 1381,8} + 0,85 \frac{37,16}{1,0 \cdot 15,92} = 1,28 + 1,98 = 3,26 > 1,0$$

Nośność przewiązek

$$V_{Ed,1p} = 0,5 \cdot 297,28 = 148,64 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,1p} = 0,5 \cdot 74,32 = 37,16 \text{ kNm}$$

Nośność plastyczna przy ścinaniu:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{Mo}} = \frac{1,0 \cdot 16,0 \cdot 23,5}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 217,08 \text{ kN}$$

Sprawdzenie warunku przy ścinaniu:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{148,64}{217,08} = 0,69 < 1,0$$

Gdy $2V_{Ed} < V_{pl,Rd}$ wpływ ścinania na nośność przy zginaniu można pominąć.

W rozpatrywanym przypadku gdy:

$2 \cdot 148,64 = 297,28 \text{ kN} > 217,08 \text{ kN}$ – należy wziąć pod uwagę wpływ siły poprzecznej na nośność przy zginaniu.

$$\rho = \left[\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1,0 \right]^2 = \left[\frac{2 \cdot 148,64}{217,08} - 1,0 \right]^2 = 0,14$$

$$(1 - \rho) f_y = 202,9 \text{ MPa}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{Mo}}, W_{pl} = \frac{1,0 \cdot 16,0^2}{4} = 64,0 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = 64,0 \cdot 20,29 = 1298,56 \text{ kNcm} = 12,98 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{37,16}{12,98} = 2,86 > 1,0$$

6. Analiza wyników określonych nośności słupów z przewiązkami trzema różnymi sposobami

Do analizy przyjęto słup będący elementem szkieletu hali pokazanej na rysunku 1. Analizowano wewnętrzny słup obciążony siłą osiową i siłą poziomą (poprzeczną) przyłożonymi w wierzchołku słupa. Wymiary hali i obciążenie dotyczą obiektów w rzeczywistości stosowanych w budownictwie. Schemat i obciążenie oraz wymiary słupa pokazano na rysunku 3.

Obliczono nośności słupa zgodnie z warunkami normy [2] rozdział 4.6. Wyniki obliczeń wykazały, że warunki normy praktycznie zostały spełnione (różnica wynosi 1,5%). Wzory normy, dotyczące nośności przewiązki, zawierają wpływ zginania przewiązki, a pomijają wpływ zginania gałęzi. Z tego względu nie ma równowagi w przekrojach przywęzłowych przewiązki i gałęzi [3]. Słup dwugałęziowy potraktowany jak jednonawowa wielopiętrowa rama, obciążona siłą pionową i siłą poziomą uzupełnia tę nieściśłość. Nośność gałęzi liczona z uwzględnieniem wybooczenia, jest mniejsza o 17% od wymaganej. W przekrojach przywęzłowych, gdzie nie występuje wybooczenie, a występuje największa wartość momentu zginającego gałąź słupa, nośność jest mniejsza od wymaganej o 34%. Zatem słup traktowany jak układ ramowy, nie ma wystarczającej nośności.

Przedstawiono również obliczenia nośności słupa o wymiarach i obciążeniu jak poprzednio, zgodnie z zasadami i warunkami normy europejskiej [4]. Okazało się, że nośność gałęzi słupa i przewiązek jest drastycznie zaniżona. Nośność gałęzi jest zaniżona o 226%, a nośność przewiązek o 186%.

7. Podsumowanie

1. Słupy z przewiązkami najlepiej projektować jak układy ramowe wielopiętrowe obciążone siłą osiową i siłami poziomymi. Projektując takie słupy na podstawie polskiej normy [2] powinno się uwzględnić zginanie gałęzi.
2. Nie zaleca się projektować słupów z przewiązkami według obecnej normy europejskiej [4].
3. Słupy wielogałęziowe z przewiązkami należy projektować zwłaszcza tam, gdzie ważne są walory architektoniczne słupa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Biegus A., Rykaluk K., Katastrofa hali Międzynarodowych Targów Katowickich w Chorzowie. Inżynieria i Budownictwo nr 4/2006
- [2] PN-90/B-03200. Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [3] Matysiak A., Budownictwo stalowe cz. II, belki, kratownice, słupy. Wyd. Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze, 1987 r.
- [4] Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla budynków. PN-EN 1993-1-1: 2005 + AC: 2006