

## Skatalogowane połączenia na kątowniki walcowanych belek dwuteowych Standardized joints with angle cleats in hot rolled I-beams

Roman Bijak

Katedra Mechaniki, Konstrukcji Metalowych i Metod Komputerowych,  
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Świętokrzyska  
Al. 100-lecia PP 7, 25-323 Kielce  
e-mail: r.bijak@wp.pl

### Streszczenie

W pracy omówiono skatalogowane połączenia na kątowniki wg wytycznych niemieckich [2] i brytyjskich [4]. Przedstawiono wzory na wymiarowanie tych połączeń. Rozpatrzono tylko te warunki, które decydują o nośności połączenia. W przypadku belek wykonanych z dwuteowników walcowanych z jednym szeregiem śrub jest to najczęściej docisk do ścianki środnika (Tabela 3). Szczegółowo opisano cechy tych połączeń: (1) przekroje kątowników, (2) zastosowane śruby oraz (3) rozmieszczenie łączników. Porównano nośności połączeń przyjętych wg obu katalogów.

### Abstract

In this paper discussed are the standardized joint with angle cleats according to British [4] and German [2] catalogues. Presented are the equations relevant for dimensioning of these joints. Considered are only the conditions, which are decisive to the load capacity of these joints. In case of hot rolled I-beams having one row of bolts it is usually bearing to the web of an I-beam (Table 3). Described are the detailed properties of these joints: (1) cross sections of angle cleats (2) the types of the bolts used (3) the placement of the bolts. Compared are the loads capacity of the joints according to both catalogues.

Słowa kluczowe: katalogowe połączenia na kątowniki, warunki nośności połączenia

Keywords: standardized joints with angle cleats, the load carrying capacity conditions

### 1. Wprowadzenie

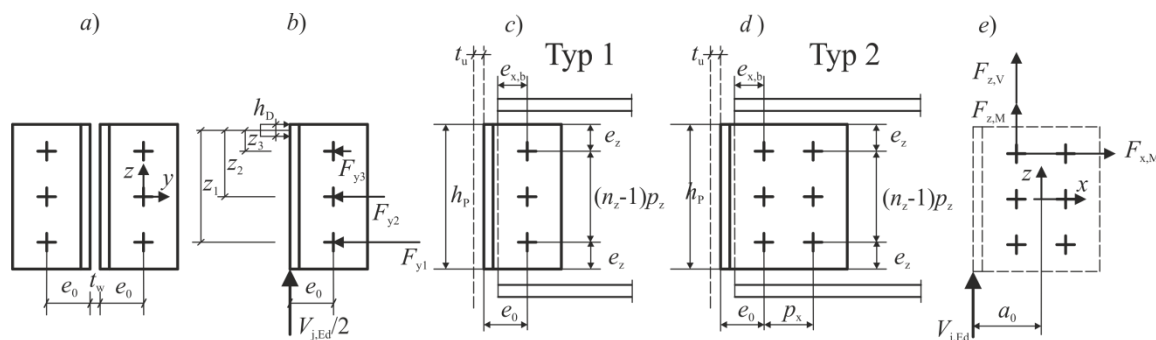
W katalogach połączeń belek walcowanych na kątowniki [2÷5], oprócz geometrii i nośności, jest podana forma zniszczenia. Wymiarowanie tych połączeń wymaga formalnie rozpatrzenia wielu warunków nośności. Jednak dla połączeń z jednym szeregiem śrub sprowadza się to w praktyce do sprawdzenia wzoru (1b). W przypadku dwóch szeregów śrub sprawdzamy dodatkowo warunek (4,5). Oszacowanie nośności różnych wariantów połączenia (Tabela 4) i jego wstępny dobór można więc wykonać bardzo szybko za pomocą prostego arkusza kalkulacyjnego.

Wzory i tabele przedstawione w dalszej części opracowania zawierają oznaczenia przedstawione na Rys. 1. Składowe siły działające na skrajną śrubę łączącą kątownik ze środnikiem belki są przedstawione schematycznie na Rys.1d.

### 1. Introduction

In standardized joint with angle cleats [2÷5] besides their geometry and loads capacity given are destruction form. Formally, dimensioning of these joints requires consideration many different conditions of load carrying capacity. However, for the joints with one row of bolts, it is reduced in practice to checking of the equations (1b). In case of two rows of bolts it is necessary to additionally check (4,5). Thus estimation of load capacity of different joint connections (Table 4) and its preliminary selection can be rapidly done with the simple calculation sheet.

Equations and tables presented in the following part of this paper are related to notation shown in Fig. 1. Components of the forces, acting on the terminal bolt, joining the angle cleat and the web are presented in simplified form in Fig. 1d.



Rys. 1. Połączenie na kątowniki a) b) śruby łączące kątownik z elementem podpierającym belkę, c) d) e) śruby łączące kątownik ze środnikiem belki

Fig. 1. Joints with angle cleats: a) b) bolts connecting the angle cleat to element supporting the I-beam; c) d) e) bolts connecting the angle cleat to the web of the I-beam

Wzory (1ab) otrzymano przez uproszczenie zależności przedstawionych w pracy [3]. W przypadku wzoru (1a) wypadkową siłę działającą w skrajnej śrubie w środku belki (Rys.1d) porównujemy z nośnością na ścinanie pojedynczej śruby  $2F_{v,Rd}$ . ( $F_{v,Rd}$  – nośność na ścinanie w jednej płaszczyźnie [6]). Z warunku na docisk śruby do środka belki otrzymujemy natomiast wzór (1b):

$$V_{Rd,1} = \frac{2nF_{v,Rd}}{\sqrt{\mu_x^2 + \mu_z^2}} \quad (\text{BT s B}), \quad V_{Rd,2} = \frac{n}{\sqrt{\left(\frac{\mu_x}{F_{b,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{\mu_z}{F_{b,Rd,z}}\right)^2}} \quad (\text{B b}). \quad (1ab)$$

W przypadku pojedynczego szeregu śrub (Typ 1) podstawiamy  $n=n_z, p_x=0$ , natomiast dla podwójnego szeregu (Typ 2)  $n=2n_z$  ( $n_z$  – liczba śrub w szeregu). Pozostałe parametry wyznaczamy ze wzorów (2abc):

$$\mu_x = \frac{(n_z - 1)p_z}{2I_0} a_0, \quad \mu_z = 1 + \frac{p_x}{2I_0} a_0, \quad I_0 = \frac{1}{12} (n_z^2 - 1) \cdot p_z^2 + \frac{1}{4} p_x^2 \quad (2abc)$$

We wzorze (1b) rozróżniamy nośność śruby na docisk do środka belki na kierunku osi  $x$  (wz. 3a) oraz  $z$  (wz. 3b):

$$F_{b,Rd,x} = k_{1,z} \alpha_{b,x} d t_w f_u / \gamma_{M2}, \quad F_{b,Rd,z} = k_{1,x} \alpha_{b,z} d t_w f_u / \gamma_{M2} \quad (3ab)$$

gdzie:  $\alpha_{b,x}, k_{1,z}, \alpha_{b,z}, k_{1,x}$  wyznaczamy wg [6].

W przypadku dwóch szeregów śrub (Typ2), śrub kl.4.6 i stali S355, czasem decyduje nośność na ścinanie śrub w miejscu połączenia z elementem podpierającym (Rys. 1b) [3,5]:

$$V_{Rd,3} = \frac{2F_{v,Rd}}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_z}\right)^2 + \left(\frac{e_0 z_1}{\sum z_i^2}\right)^2}} \quad (\text{BT s C}), \quad (4)$$

Wysokość strefy docisku  $h_D$  (Rys.1b) wyznaczamy iteracyjnie z warunku (5c):

$$b_D = \begin{cases} 2t + 0,59r - \Delta & \text{dla } n_z = 1 \\ 1,58t + 0,42r - \Delta & \text{dla } n_z > 1 \end{cases}, \quad F_D = \frac{V_{Rd,3}}{2} e_0 \sum \frac{z_i}{z_i^2}, \quad \sigma_D = \frac{F_D}{b_D h_D} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}, \quad (5abc)$$

gdzie:  $t, r$  – grubość i promień wyokrąglenia kątownika,  $\Delta$  – odsunięcie belki,  $z_i$  wg Rys.1b.

Sprawdzamy też nośność na docisk śruby do kątownika w licu elementu podpierającego:

$$V_{Rd,4} = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_z F_{b,Rd,z}}\right)^2 + \left(\frac{1}{F_{b,Rd,y}} \frac{e_0 z_1}{\sum z_i^2}\right)^2}} \quad (\text{BT s B}), \quad (6)$$

gdzie:  $F_{b,Rd,x}, F_{b,Rd,z}$  wyznaczamy wg [6] analogicznie jak (3ab). Obok wzorów (1ab,4,6) podano w nawiasach oznaczenie formy zniszczenia połączenia wg [2].

## 2. Porównanie niemieckich i brytyjskich katalogów połączeń na kątowniki

W niemieckich katalogach połączeń [2,3] występują śruby M16, M20 i M24. klasy 4.6 i 10.9. Dla każdego rodzaju śruby mamy inny kątownik i geometrię złącza, co przedstawiono w Tabelach 1,2. Połączenia te są stosowane do belek wykonanych

The equations (1ab) are derived by reduction of equations presented in [3]. In (1a) equation the resultant force acting at terminal bolt in a web of an I-beam (Fig. 1d) is compared against load at the wall of the single bolt  $2F_{v,Rd}$ . ( $F_{v,Rd}$  – shear resistance on one plane of the bolt [6]). Using the condition for the bearing capacity at the web of an I-beam, we'll get the equation (1b):

In case of single row of bolts (Type 1) we substitute  $n=n_z, p_x=0$ . In case of double row of bolts (Type 2) we substitute  $n=2n_z$  ( $n_z$  – the number of bolts in the row). The remaining parameters are derived from equations (2abc):

In equation (1b) we differentiate the bearing capacity of the bolt along the axes:  $x$  (eq. 3a) and  $z$  (eq. 3b):

where:  $\alpha_{b,x}, k_{1,z}, \alpha_{b,z}, k_{1,x}$  calculate according to [6].

In case of two rows of bolts (Type 2) we additionally check the shear capacity of the bolt at the place of coupling to supporting element (Fig. 1b) [3, 5]:

The height of compression zone  $h_D$  (Fig.1b) is determine with iteration and fulfilling condition (5c):

where:  $t, r$  – thickness and fillet radius of angle cleats,  $\Delta$  – beam gap,  $z_i$  according to Fig.1b.

Using the condition for the bearing capacity at the angle cleats at face of supporting element, we'll get the equation:

where:  $F_{b,Rd,x}, F_{b,Rd,z}$  we determine according to [6] as in eqn. (3ab). Next to equations (1ab,4,6) the simplified ways of distruction at the joints are given in brackets, according to [2].

## 2. Comparison of german and british catalogues for the angle cleat joints

In German catalogues of joints [2,3] given are M16, M 20 and M 24 bolts and class of 4.6 and 10.9. For each type of bolt we have different angle cleat and different geometry of the joint. This is presented in Tables 1, 2. These joints are used for beams

ze stali S235 i S355. W niemieckich katalogach nie występuje stal S275.

W katalogach brytyjskich stosowana jest stal S275 i S355, natomiast nie występuje z kolei stal S235. Ponadto przekroje dwuteowników brytyjskich różnią się wymiarami od profili niemieckich (IPE, HEA, HEB).

Najważniejszą różnicą jest jednak uproszczenie geometrii połączenia. W brytyjskim katalogu połączeń występuje tylko jeden typ śruby: M20 kl.8.8 z pełnym gwintem. Do połączeń Typu 1 stosowany jest kątownik L90x10, natomiast Typu 2: kątownik L150x90x10.

Wysokość kątownika nie może być mniejsza od 0,6 wysokości dwuteownika. Odległości otworów między sobą i od krawędzi kątownika przedstawiono w Tabeli 3.

made of steel S235 and S355. There is no steel S275 in German catalogues.

In British catalogues given are steel S275 and S355, however there is no steel S235. Moreover, the cross-sections of British I-beams differ in the size from the German profile (IPE, HEA, HEB).

The most significant is however the simplification of the joints geometry. In British catalogue of joints given is only one type of bolt: M20, class 8.8 with full thread. For the joints of Type 1 angle cleat L90x10 is used, and for Type 2 used is the angle cleat L150x90x10.

The depth of an angle cleat can't be smaller than 0,6 of an I-beam depth. The mutual spacing of the holes and the distances from the edges of an angle cleat are presented in Table 3.

Tabela 1. Skatalogowane połączenia na kątowniki dla śrub klasy 4.6 wg wytycznych niemieckich [2]

Table 1. Standardized joints with angle cleats with bolts of class 4.6 according to German catalogue [2]

Typ 1						Typ 2					
śruby kl.4.6						śruby kl.4.6					
Śruba/Oznaczenie	Kątownik	$e_z$	$p_z$	$e_0$	$p_x$	Śruba/Oznaczenie	Kątownik	$e_z$	$p_z$	$e_0$	$p_x$
M16 IW 16 1 $n_z$ ( $n_z=2÷3$ )	L90x9	35	50	50	–	M16 IW 16 2 $n_z$ ( $n_z=1÷3$ )	L150x75x9	jak dla Typ 1		60	
M20 IW 20 1 $n_z$ ( $n_z=2÷4$ )	L100x10	40	70	60	–	M20 IW 20 2 $n_z$ ( $n_z=1÷4$ )	L180x90x10	jak dla Typ 1		70	
M20 IW 24 1 $n_z$ ( $n_z=2÷5$ )	L120x12	50	80	70	–	M20 IW 24 2 $n_z$ ( $n_z=1÷5$ )	L200x100x12	jak dla Typ 1		80	

Tabela 2. Skatalogowane połączenia na kątowniki dla śrub klasy 10.9 wg wytycznych niemieckich [2]

Table 2. Standardized joints with angle cleats with bolts of class 10.9 according to German catalogue [2]

Typ 1						Typ 2					
śruby kl.10.9						śruby kl.10.9					
Śruba/Oznaczenie	Kątownik	$e_z$	$p_z$	$e_0$	$p_x$	Śruba/Oznaczenie	Kątownik	$e_z$	$p_z$	$e_0$	$p_x$
M16 IWH 16 12	L90x9	50	100	50	–	M16 IWH 16 21	L150x75x9	jak dla Typ 1		60	
M20 IWH 20 1 $n_z$ ( $n_z=2÷3$ )	L100x12	60	120	60	–	M20 IWH 20 21	L180x90x12	jak dla Typ 1		70	
M24 IWH 24 1 $n_z$ ( $n_z=2÷3$ )	L120x12	75	150	70	–	M24 IWH 24 21	L200x100x12	jak dla Typ 1		80	

Tabela 3. Skatalogowane połączenia na kątowniki dla śrub klasy 8.8 wg wytycznych niemieckich [2]

Table 3. Standardized joints with angle cleats with bolts of class 8.8 according to British catalogue [2]

Typ 1						Typ 2					
śruby M20 kl.8.8						śruby M20 kl.8.8					
Śruba/Oznaczenie	Kątownik	$e_z$	$p_z$	$e_0$	$p_x$	Śruba/Oznaczenie	Kątownik	$e_z$	$p_z$	$e_0$	$p_x$
M20 BS 20 1 $n_z$	L90x10	40	70	50	–	M20 BS 20 2 $n_z$	L150x90x10	jak dla Typ 1		50	

**3. Przykład liczbowy**

W Tabeli 4 przedstawiono nośności i formy zniszczenia połączenia na kątowniki belki wykonanej z IPE300. Parametry połączenia dobrano za pomocą wytycznych niemieckich [2] (patrz Tablica 1,2) i angielskich [4] (Tablica 3).

**3. Numerical example**

In Table 4 presented are the load capacity and the types of destruction of the joints for the I-beam made from IPE 300. Joint’s parameters are selected according to German [2] (Table 1,2) and English [4] (Table 3) catalogues.

Tabela 4. Przykładowe połączenie na kątowniki belki IPE 300 wykonanej ze stali S235 i S355 wg [2,4]

Table 4. Examples of joint for angle cleats for the IPE300 made from steel S235 and S355, according to [2, 4]

Opis połączenie					S235	S275			
Profil	Typ	Śruba	$n_z$	Kod	$V_{j,Rd}$	Opis	$V_{j,Rd}$	Opis	
IPE 300	1	M 16	10.9	2	IWH 16 12	97,4	B b	110,9	B b
			4.6	3	IW 16 13	89,4	B b	101,8	B b
	2	M 20	10.9	2	IWH 20 12	123,5	B b	140,7	B b
			4.6	3	IW 20 13	146,2	B b	166,6	B b
			8.8	2	BS 20 12	76,8	B b	87,5	B b
			8.8	3	BS 20 13	126,9	B b	144,5	B b
			4.6	3	IW 16 23	131,3	B b	149,6	B b
			8.8	3	BS 20 23	150,7	B b	171,7	B b

**4. Uwagi końcowe**

Zasada maksymalnego uproszczenia geometrii połączenia wg podejścia brytyjskiego, pozwala na zmniejszenie ryzyka popełniania błędów podczas montażu konstrukcji.

Modyfikacja wytycznych brytyjskich mogłaby dotyczyć profili wysokości mniejszej od 200 mm (wg [4] należałoby stosować połączenie z jedną śrubą M20 w szeregu). Lepszym rozwiązaniem wydaje się wówczas zastosowanie w szeregu dwóch śrub M16 kl.8.8 ( $e_z=35, p_z=50, e_0=40, p_x=40$ )

**4. Final comments**

The principle of maximal simplicity in joint geometry, according to British way. This in consequence will eliminate the errors during framing

Eventually modification in British approach would refer to sections of the depth smaller than 200 mm. In this case it is to use the joint with only one bolt M20 in a row. Maybe the better approach might be then to use the two M16 bolt of 8.8 class ( $e_z=35, p_z=50, e_0=40, p_x=40$ ).

**Literatura •References**

[1] PN-EN 1993-1-8:2006. Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-8: Projektowanie węzłów.  
 [2] Weynand K., Oerder S.,(2013),TypisierteAnschlüsseimStahlhochbaunach DIN EN 1993-1-8, StahlbauVerlags- und Service GmbH, Düsseldorf, Germany.  
 [3] Sedlacek G., Weynand K., Oerder S., Hüller V., (2000), TypisierteAnschlüsseimStahlhochbau DSTV, Band 1, Stahlbau – Verlags- gesellschaft, Germany.  
 [4] Joints in Steel Construction – Simple Connections P212, (2002),The Steel ConstructionInstitute and The British Constructional Association Ltd.  
 [5] Konstrukcje stalowe pod redakcją A. Kozłowskiego, cz.2 Stropy i pomosty, Oficyna Politechniki Rzeszowskiej, wydanie II, Rzeszów 2012.  
 [6] PN-EN 1993-1-8:2006. Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-8: Projektowanie węzłów.