

Relacja moment – obrót w warunkach pożaru dla stalowego węzła rygiel – słup o znanej podatności

Mariusz Maślak¹, Małgorzata Snela²

¹ Katedra Konstrukcji Metalowych, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska, e-mail: mmaslak@pk.edu.pl

² Katedra Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, e-mail: m.snela@pollub.pl

Streszczenie: Zaprezentowano uproszczony sposób tworzenia krzywych moment – obrót charakteryzujących podatność stalowego rygiel – słup w pożarze rozwiniętym. Kształt poszukiwanej krzywej zmienia się z narastaniem temperatury elementów tworzących węzeł. Krzywą odniesienia jest analogiczna relacja określona w podstawowej sytuacji projektowej, przy pomocy klasycznej metody składnikowej. W pracy proponuje się zastąpienie tej relacji alternatywnymi formułami wynikającymi z zastosowania modelu Richarda – Abbotta lub z wykorzystania podejścia rekomendowanego w PN-EN 1993-1-8. W celu transformacji do warunków pożaru formułę początkową aproksymuje się łamaną, którą następnie przekształca się do postaci wynikowej, zależnej od założonej temperatury elementów stalowych. Dokonuje się tego stosując współczynniki $k_{y,\Theta}$ i $k_{E,\Theta}$ będące miarą względnej redukcji odpowiednio granicy plastyczności i modułu sprężystości podłużnej stali. W efekcie otrzymuje się pęk charakterystyk opisujących podatność badanego węzła, z których każda odpowiada innej założonej temperaturze materiału.

Słowa kluczowe: pożar, temperatura, podatność, obrót, węzeł, rygiel, słup.

1. Wprowadzenie

W klasycznych rozważaniach dotyczących szacowania odporności ogniowej stalowych ustrojów ramowych z reguły pomija się efekt malejącej z rosnącą temperaturą elementów sztywności węzłów. W pożarze rozwiniętym węzły, które dla podstawowej sytuacji projektowej były kształtowane jako nominalnie sztywne na skutek intensywnego nagrzewania stają się węzłami coraz bardziej podatnymi, co w znaczący sposób wpływa nie tylko na redystrybucję sił wewnętrznych ale również na efektywną stateczność konstrukcji nośnej. Oczywiście węzły modelowane jako w pełni przegubowe pozostają węzłami przegubowymi przez cały czas pożaru. Pewną próbę ilościowego oszacowania tego efektu pod kątem oceny jego wpływu na miarodajną temperaturę krytyczną ustroju, która może być traktowana jako obiektywna miara bezpieczeństwa w przypadku analizy odporności ogniowej konstrukcji stalowych, podjęli autorzy niniejszego opracowania w pracach [1,2]. Wykazano tam, że jego zupełne pominięcie w rozważaniach prowadzi do niebezpiecznych przeszacowań realnego poziomu bezpieczeństwa. Uwzględnienie zmieniającej się w czasie pożaru podatności węzła wymaga jednak skojarzenia charakteryzującej tę podatność relacji moment – obrót z temperaturą wchodzących w jego skład elementów stalowych. Poszukuje się zatem opracowanego dla danego węzła pęku miarodajnych charakterystyk, z których każda odpowiada innej założonej temperaturze stali. Z uwagi na to, że pojedyncza charakterystyka tego typu przypisana jest do jednoznacznie określonej stałej wartości temperatury otrzymane relacje moment – obrót nazywa się relacjami izotermicznymi. Będą one najbardziej wiarygodne jeśli zostaną wyznaczone doświadczalnie. Jak dotąd eksperymenty na tym polu, raportowane w literaturze przedmiotu [3, 4] i przeprowadzane w pełnej skali, są jeszcze bardzo nieliczne i ograniczone do wybranych typów węzłów. Dlatego tak ważne wydaje się opracowanie algorytmu postępowania pozwalającego na wyznaczenie poszukiwanych charakterystyk na podstawie znanej a priori analogicznej charakterystyki opisującej zachowanie się badanego węzła w podstawowej sytuacji

obliczeniowej, bez uwzględniania wpływów termicznych. Parametry tej charakterystyki wyznacza się z reguły w oparciu o algorytm klasycznej metody składnikowej. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie kolejnych kroków prowadzących do uzyskania poszukiwanych krzywych.

2. Relacja moment – obrót w podstawowej sytuacji obliczeniowej

Zastosowanie podejścia opartego na metodzie składnikowej pozwala na oszacowanie początkowej sztywności $S_{1,20}$ oraz skojarzonego z tą sztywnością granicznego obrotu węzła $\phi_{1,20}^y$ z zależności (dolny indeks 20 należy wiązać z temperaturą elementów łączonych w rozpatrywanym węźle na poziomie $20^{\circ}C$, co w założeniu autorów odpowiada temperaturze pokojowej):

$$S_{1,20} = S_{1,ini} = \frac{E_{20}z^2}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}} \quad \phi_{1,20}^y = \frac{M_{1,20}^y}{S_{1,20}} \quad (1)$$

w których E_{20} jest modułem sprężystości podłużnej stali, natomiast z ramieniem efektywnego momentu zginającego węzeł. Moment $M_{1,20}^y$ jest przy tym granicznym momentem plastycznym wyznaczonym dla sztywności $S_{1,20}$. Współczynniki k_i są tu miarą podatności i -tego składnika węzła, w tym w szczególności: ścinanego średnika słupa, ściskanych – średnika słupa, pasa i średnika rygla, zginanego pasa słupa i blachy czołowej rygla, rozciąganych – średnika słupa, średnika rygla i śrub w połączeniu doczołowym rygla ze słupem. Podatność poszczególnych składników modelują zastępcze sprężyny, których wynikowy rozstaw determinuje wielkość z . Sztywność początkowa nie wystarcza jednak do pełnego opisu zachowania się węzła pod obciążeniem. Pożądane jest utworzenie charakterystyki odtwarzającej potencjalne sprężysto – plastyczne zachowanie węzła. Przyjmuje się wtedy, że zmiana kąta nachylenia tej charakterystyki względem osi poziomej na wykresie moment – obrót następuje każdorazowo po osiągnięciu granicy plastyczności w kolejnej sprężynie modelującej wpływ kolejnego składnika węzła. W efekcie następujących po sobie uplastycznień, po uplastycznieniu $s+1$ składnika węzła, zachodzi (Rys. 1):

$$\phi_{s,20}^y = \frac{M_{s,20}^y}{S_{s,20}} \quad \text{oraz} \quad \bar{\phi}_{s+1,20}^y = \phi_{s+1,20}^y - \phi_{s,20}^y \quad (2)$$

co daje:

$$\bar{S}_{s+1,20} = \frac{M_{s+1,20}^y - M_{s,20}^y}{\bar{\phi}_{s+1,20}^y} \Rightarrow \bar{\phi}_{s+1,20}^y = \frac{M_{s+1,20}^y - M_{s,20}^y}{\bar{S}_{s+1,20}} \quad (3)$$

a zatem:

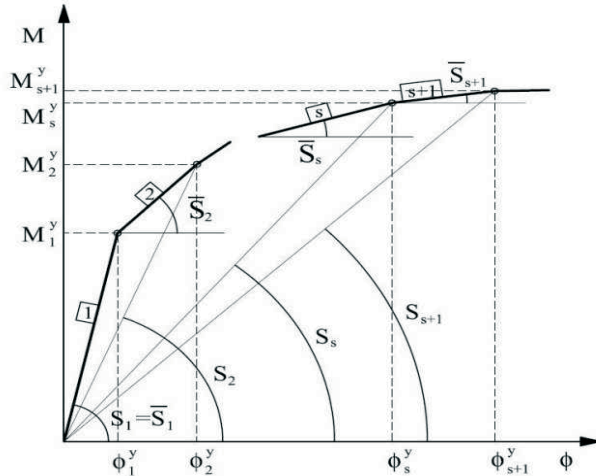
$$S_{s+1,20} = \frac{M_{s+1,20}^y}{\phi_{s+1,20}^y} = \frac{M_{s+1,20}^y}{\phi_{s,20}^y + \bar{\phi}_{s+1,20}^y} \quad (4)$$

W rezultacie, przy $s = 1, \dots, n$, formuły (1) przekształcają się do postaci:

$$\bar{S}_{s+1} = \frac{E_{20}z^2}{\left(\sum_{i=1}^s \frac{1}{k_i^{pl}} + \sum_{i=s+1}^n \frac{1}{k_i^{el}} \right)} \quad (5)$$

$$\bar{\phi}_{s+1,20}^y = \frac{(M_{s+1,20}^y - M_{s,20}^y)}{E_{20}z^2} \left(\sum_{i=1}^s \frac{1}{k_i^{pl}} + \sum_{i=s+1}^n \frac{1}{k_i^{el}} \right) \quad (6)$$

Zręby takiego rekurencyjnego podejścia podano w pracach [5, 6].



Rys. 1. Zależność moment – obrót określona dla węzła w podstawowej sytuacji obliczeniowej.

3. Transformacja zależności moment – obrót do wyjątkowej sytuacji obliczeniowej pożaru rozwiniętego

W pożarze rozwiniętym na skutek ekspozycji ogniowej redukcji ulega zarówno granica plastyczności stali jak i określony dla tego materiału moduł sprężystości podłużnej. Stopień tej redukcji wyrażają współczynniki zaczerpnięte z normy PN-EN 1993-1-2 [7], odpowiednio $k_{y,\Theta}$ i $k_{E,\Theta}$. Uogólnienie podejścia opisanego zależnościami (1) do (6) daje zatem:

$$S_{1,\Theta} = \frac{k_{E,\Theta} E_{20} z^2}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}} = k_{E,\Theta} S_{1,20} \quad \text{czyli również} \quad S_{s,\Theta} = k_{E,\Theta} S_{s,20} \quad (7)$$

Ponadto, jeśli siła w pojedynczej zastępczej sprężynie wynosi $F_{i,\Theta}$, a po sprowadzeniu całego złożonego układu sprężyn do pary sił, ściskającej i rozciągającej, wartość ta zamienia się na $F_{r,\Theta}$, to zachodzi:

$$M_{\Theta} = F_{r,\Theta} z = k_{y,\Theta} M_{20} \quad \text{oraz} \quad F_{i,\Theta}^y = k_{y,\Theta} F_{i,20}^y \quad (8)$$

a zatem także:

$$M_{s,\Theta}^y = k_{y,\Theta} M_{s,20}^y \quad (9)$$

Stąd:

$$\phi_{1,\Theta}^y = \frac{M_{1,\Theta}^y}{S_{1,\Theta}} = \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \phi_{1,20}^y \quad \text{i} \quad \phi_{s,\Theta}^y = \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \phi_{s,20}^y \quad \text{więc} \quad \bar{\phi}_{s+1,\Theta}^y = \phi_{s+1,\Theta}^y - \phi_{s,\Theta}^y \quad (10)$$

W konsekwencji:

$$\bar{S}_{s+1,\Theta} = \frac{M_{s+1,\Theta}^y - M_{s,\Theta}^y}{\bar{\phi}_{s+1,\Theta}^y} \Rightarrow \bar{\phi}_{s+1,\Theta}^y = \frac{M_{s+1,\Theta}^y - M_{s,\Theta}^y}{\bar{S}_{s+1,\Theta}} \quad (11)$$

$$S_{s+1,\Theta} = \frac{M_{s+1,\Theta}^y}{\phi_{s+1,\Theta}^y} = \frac{k_{y,\Theta} M_{s+1,20}^y}{\phi_{s,\Theta}^y + \bar{\phi}_{s+1,\Theta}^y} \quad \text{oraz} \quad S_{s+1,\Theta} = k_{E,\Theta} S_{s+1,20} \quad (12)$$

Czyli:

$$\bar{S}_{s+1,\Theta} = \frac{k_{E,\Theta} E_{20} z^2}{\left(\sum_{i=1}^s \frac{1}{k_i^{pl}} + \sum_{i=s+1}^n \frac{1}{k_i^{el}} \right)} = k_{E,\Theta} \bar{S}_{s+1,20} \quad (13)$$

$$\bar{\phi}_{s+1,\Theta}^y = \frac{k_{y,\Theta} (M_{s+1,20}^y - M_{s,20}^y)}{k_{E,\Theta} E_{20} z^2} \left(\sum_{i=1}^s \frac{1}{k_i^{pl}} + \sum_{i=s+1}^n \frac{1}{k_i^{el}} \right) \quad (14)$$

Jak widać, zmiana sztywności węzła w warunkach pożaru jest proporcjonalna do stopnia redukcji modułu sprężystości podłużnej stali. Z drugiej strony przenoszony moment zginający maleje proporcjonalnie do redukcji granicy plastyczności materiału. W efekcie powyższych zależności obrót w węzle zależy od wzajemnego stosunku obu wyżej wymienionych współczynników redukcyjnych.

4. Relacja pomiędzy siłą i przemieszczeniem w pożarze

Ustalenie parametrów opisujących podatność pojedynczego składnika węzła w warunkach pożaru, czyli równocześnie parametrów zastępczej sprężyny modelującej jego oddziaływanie w globalnym bilansie oddziaływań, musi uwzględniać sprężysto – plastyczny charakter pracy. Z tego względu dla i -tego składnika węzła zakłada się dwuliniową zależność siła – przemieszczenie (Rys. 2). Pozwala to rozróżnić sztywność:

$$K_{i,\Theta}^{el} = k_{E,\Theta} K_{i,20}^{el} \quad (15)$$

adekwatną do pracy w zakresie sprężystym, gdy $F^* < F_{i,\Theta}^y$, oraz sztywność:

$$K_{i,\Theta}^{pl} = k_{E,\Theta} K_{i,20}^{pl} \quad (16)$$

stosowaną do opisu odpowiedzi sprężyny w zakresie pozasprężystym, gdy $F^{**} \geq F_{i,\Theta}^y$. W pierwszym przypadku zachodzi:

$$\Delta_{i,\Theta}(F^*) = \Delta_{i,\Theta}^* = \frac{F^*}{K_{i,\Theta}^{el}} = \frac{F^*}{k_{E,\Theta} K_{i,20}^{el}} = \frac{1}{k_{E,\Theta}} \Delta_{i,20}(F^*) \quad (17)$$

przy czym:

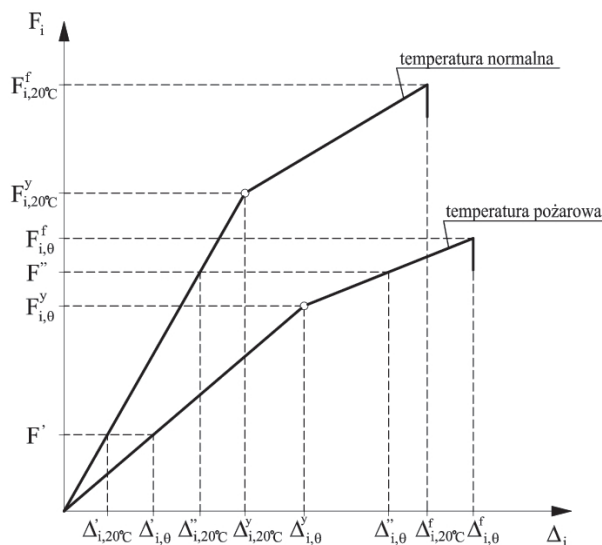
$$\Delta_{i,\Theta}^y = \frac{F_{i,\Theta}^y}{K_{i,\Theta}^{el}} = \frac{k_{y,\Theta}}{k_{E,\Theta}} \Delta_{i,20}^y \quad (18)$$

w drugim natomiast:

$$\Delta_{i,\Theta}(F^{**}) = \Delta_{i,\Theta}^{**} = \Delta_{i,\Theta}^y + \frac{1}{k_{E,\Theta}} \frac{F^{**} - F_{i,\Theta}^y}{K_{i,20}^{pl}} = \Delta_{i,\Theta}^y + \frac{1}{k_{E,\Theta}} \frac{\Delta_{i,20}^f - \Delta_{i,20}^y}{F_{i,20}^f - F_{i,20}^y} (F^{**} - F_{i,\Theta}^y) \quad (19)$$

Łatwo zauważyć, że przyrost przemieszczenia pod zadaną siłą jest w warunkach pożaru odwrotnie proporcjonalny do stopnia redukcji modułu sprężystości podłużnej. Trzeba również zwrócić uwagę na to, że zmianie ulega granica definiująca sprężysty zakres

pracy badanego składnika węzła. Zależy ona bowiem od wzajemnego stosunku obydwu zdefiniowanych wcześniej współczynników redukcyjnych. Górny indeks f w zależności (19) należy kojarzyć ze zniszczeniem elementu (failure).



Rys. 2 Zależność siła – przemieszczenie w podstawowej sytuacji projektowej i w warunkach pożaru.

5. Wykorzystanie zastępczych nieliniowych charakterystyk moment - obrót

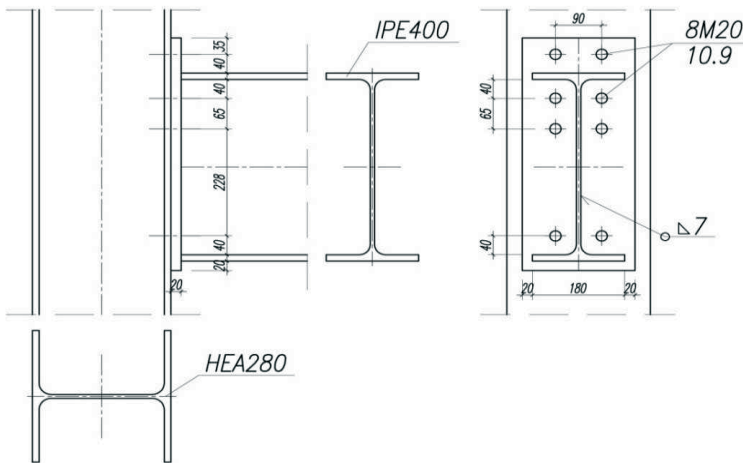
W zaprezentowanym powyżej podejściu punktem wyjścia do tworzenia charakterystyk moment – obrót specyfikowanych dla sytuacji pożaru była analogiczna charakterystyka opracowana dla tego samego węzła przy założeniu podstawowej sytuacji obliczeniowej. Ta charakterystyka odniesienia miała kształt łamanej, w której skokowe zmiany kąta nachylenia do osi poziomej wykresu moment – obrót wynikały z kolejno następującego uplastyczniania kolejnych składników węzła. Taki tok obliczeń, postulujący szczegółową obserwację zachowania się poszczególnych składników węzła przy narastającej temperaturze łączonych elementów, pod kątem badania czy pracują nadal w zakresie sprężystym, wydaje się żmudny i pracochłonny. Z tego względu autorzy niniejszej pracy sugerują posłużenie się na tym polu inną krzywą odniesienia, wynikającą z zastosowania odpowiedniego modelu formalnego, opisującego w sposób uproszczony zachowanie się węzła pod obciążeniem. Spośród wielu dostępnych do szczegółowej analizy wybrano klasyczny model Richarda – Abbotta, dla którego zależność moment – obrót opisana jest formułą [8]:

$$\phi = \frac{M}{S_{j,ini} \left[1 - \left(\frac{M}{M_{j,R}} \right)^c \right]^{1/c}} \quad (20)$$

gdzie: $c = 1,216$ gdy $\log(\phi) \leq -2,81$ i $c = 1,73 \log(\phi) + 6,077$ gdy $\log(\phi) > -2,81$. Wielkość $M_{j,R}$ jest miarą nośności węzła natomiast \bar{M} działającym na ten węzeł momentem zginającym. W celach porównawczych, zastosowano podejście normowe, postulowane w przepisach PN-EN 1993-1-8 [9], dla którego zachodzi:

$$S_j = \frac{Ez^2}{\mu \sum_{i=1}^n k_i} \quad (21)$$

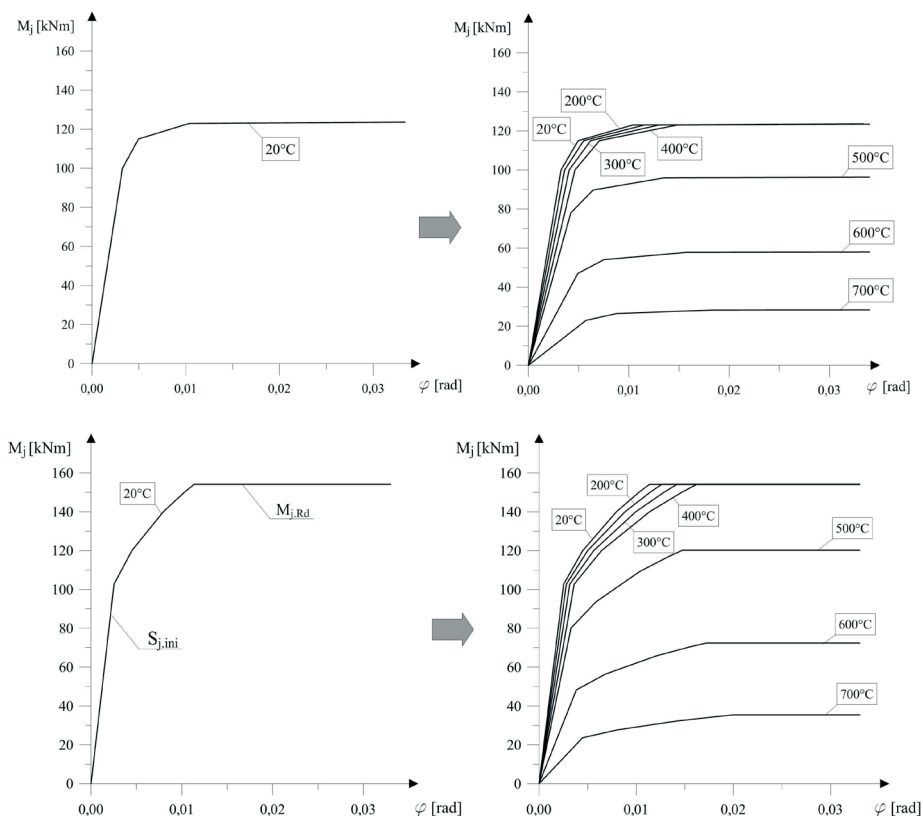
przy czym w przypadku węzła na śruby, z blachą czołową, który rozpatruje się w przykładzie prezentowanym poniżej mamy: $\mu = 1,0$ gdy $M_{j,Ed} \leq \frac{2}{3}M_{j,Rd}$ oraz $\mu = \left(\frac{1,5M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} \right)^{2,7}$ gdy $\frac{2}{3}M_{j,Rd} < M_{j,Ed} \leq M_{j,Rd}$. Symbole $M_{j,Ed}$ i $M_{j,Rd}$ oznaczają wartości obliczeniowe odpowiednio momentu zginającego węzeł i nośności węzła.



Rys. 3 Charakterystyka węzła rygiel – słup, dla którego specyfikowano zależności moment – obrót kojarzone z narastającą temperaturą elementów.

Proponuje się wyznaczenie sztywności początkowej węzła w podstawowej sytuacji obliczeniowej poprzez analizę możliwych mechanizmów zniszczenia, zgodnie z kanonami klasycznej metody składnikowej. W punkcie, w którym na wykresie moment – obrót prosta wyznaczona przez tę sztywność przetnie krzywą odniesienia dokonuje się korekty sztywności zmieniając kąt nachylenia tworzonej łamanej. Po tej zmianie da ona następny punkt przecięcia, co wymusi kolejną korektę sztywności. W ten sposób, sterując przyrostami obrotu węzła, w kolejnych krokach dokonuje się odpowiedniej korekty jego sztywności, tak aby utworzona łamana aproksymowała od dołu początkową krzywą moment – obrót wyznaczoną z przyjętego a priori modelu formalnego. Łamana ta jest w konsekwencji traktowana jako łamana odniesienia, prezentowana wcześniej na Rys. 1 niniejszej pracy, może więc być transformowana na przypadek pożaru rozwiniętego, tak jak to opisano w rozdziale 3. Dalszy tok postępowania jest analogiczny do tego, który został przedstawiony powyżej.

Proponowany algorytm obliczeniowy został zweryfikowany na przykładzie węzła prezentowanego na Rys. 3. Na Rys. 4 w górnej parze pokazano charakterystyki uzyskane dla poszczególnych wartości temperatury elementów stalowych przy założeniu modelu Richarda – Abbotta, w dolnej parze natomiast analogiczne charakterystyki wynikające z wykorzystania podejścia rekomendowanego w przepisach PN-EN 1993-1-8.



Rys. 4 Charakterystyki moment – obrót uzyskane dla warunków pożaru przy założeniu jako krzywej odniesienia relacji wynikającej z zastosowania modelu Richarda – Abbotta (u góry) i podejścia rekomendowanego w przepisach PN-EN 1993-1-8 (na dole). Z lewej – krzywa odniesienia, z prawej - uzyskane charakterystyki podatności węzła.

6. Uwagi końcowe

Jak widać zastosowanie podejścia proponowanego przez autorów i wykorzystanie jako krzywych odniesienia uproszczonych charakterystyk moment – obrót wynikających z przyjęcia do analizy odpowiedniego modelu formalnego pozwala na skuteczne wyprowadzenie analogicznych relacji kojarzonych z wyjątkową sytuacją obliczeniową pożaru rozwiniętego. Wiarygodność tak otrzymanych zależności jest w oczywisty sposób warunkowana wiarygodnością charakterystyki wybranej do opisu zachowania się węzła w podstawowej sytuacji obliczeniowej. Zwróćmy uwagę na istotne różnice ilościowe pomiędzy charakterystykami pokazanymi na Rys. 4. W obydwu przypadkach widać jednak, że podatność węzła narasta w małym stopniu przy temperaturze elementów nie przekraczającej 400°C . W takiej temperaturze maleje co prawda moduł sprężystości podłużnej stali, nie zaznacza się jednak jeszcze żadna redukcja jej granicy plastyczności. W temperaturze wyższej, gdy stal ulega już znacznemu osłabieniu, przyrost podatności węzła jest wyraźnie szybszy. Porównanie krzywych otrzymanych dla sytuacji pożaru z początkową krzywą odniesienia pozwala na ocenę istotności wpływu zmiany sztywności węzła, na ogół pomijanego w rozważaniach, na wynikowe oszacowanie odporności ogniowej ramy. Trzeba jednak wyraźnie zaznaczyć, że proponowana metodyka obliczeń jest jedynie podejściem uproszczonym. Na obecnym etapie badań można już bowiem pokusić się o odpowiednie uogólnienie klasycznej metody składnikowej, w którym poszczególne potencjalne schematy zniszczenia będą rozpatrywane z uwzględnieniem

specyfikacji warunków pożarowych. Szczegółowe omówienie tej tematyki to jednak zadanie na osobne opracowanie, znacznie bardziej obszerne i złożone.

Literatura

- 1 Maślak M., Snela M. Temperatura krytyczna ramy stalowej z malejącą w pożarze sztywnością węzłów, *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej*, Nr 283, 2012, Seria Budownictwo i Inżynieria Środowiska, zeszyt 59 (3/12/II), str. 241-248.
- 2 Maślak M., Snela M. Influence of increasing joint flexibility on critical temperature of steel frame in fire, *Zbirenik Naukowych Prac Ukrainського Інституту Сталевих Конструкцій імені В. М. Шимановського*, Wipusk 9/2012, Wydawnictwo "Stal", Kijów, Ukraina, str. 204-217.
- 3 Al-Jabri K.S., Davison J.B., Burgess I.W. Performance of beam-to-column joints in fire – a review. *Fire Safety Journal*, 43, 2008.
- 4 Maślak M., Litwin – Snela M. Podatność stalowego węzła belka – słup w temperaturze pożarowej, *Inżynieria i Budownictwo*, 8/2010, str. 441-445.
- 5 Simões da Silva L., Giraõ Coelho A. A ductility model for steel connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 57, (2001), 45-70.
- 6 Simões da Silva L., Santiago A., Vila Real P. A component model for the behavior of steel joints at elevated temperatures. *Journal of Constructional Steel Research*, 57, (2001), 1169-1195
- 7 PN-EN 1993-1-2 Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-2. Reguły ogólne – Obliczanie konstrukcji na wypadek pożaru.
- 8 Bródka J., Kozłowski A. (red.). Projektowanie i obliczanie połączeń i węzłów konstrukcji stalowych, tom 1, Polskie Wydawnictwa Techniczne, Rzeszów, 2009.
- 9 PN-EN 1993-1-8 Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 1-8. Projektowanie węzłów.

Moment – rotation dependence under fire conditions for steel beam-to-column joint with known flexibility

Mariusz Maślak¹, Małgorzata Snela²

¹ *Department of Building Materials and Structures, Faculty of Civil Engineering, Cracow University of Technology, e-mail: mmaslak@pk.edu.pl*

² *Department of Building Structures, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Lublin University of Technology, e-mail: ma.snela@gmail.com*

Abstract: Simplified methodology helpful in a reliable specification of moment - rotation dependences characterizing the steel beam-to-column joint flexibility under fully developed fire conditions is presented and discussed in detail. The shape of identified dependences changes with the temperature increase of the members connected in the considered joint. The analogous relation, known a priori and determined for examined joint being under persistent design situation, is adopted as the reference dependence specified on the basis of the classical component approach. In the presented paper the alternative calculation technique, recommended by the authors in this field, deals with the replacement of such reference relation by another one resulted from the use of Richard – Abbott formal model. Furthermore, the additional approach, taken from the standard PN-EN 1993-1-8, is examined for comparative purposes. To transform such input dependence, related to the room member temperature, into the case of fully developed fire scenario it is firstly approximated by suitable segmental curve and afterwards the relative reduction ratios referring to the steel elasticity modulus as well as to the steel yield point, the joint is made of, are taken into consideration. As a result, a number of the requested relations is obtained, differentiated dependently on the assumed member temperature.

Keywords: fire, temperature, flexibility, rotation, joint, beam, column.