

PORÓWNANIE REDUKCJI NOŚNOŚCI PRZEKROJÓW STALOWYCH I ŻELBETOWYCH W WARUNKACH POŻARU

Michał MATHEJA
Politechnika Śląska, Gliwice

1. Wprowadzenie

Mimo rozwoju technik zabezpieczających budowlę przed wybuchem pożarów, zarówno na etapie ich projektowania, jak i użytkowania liczyć się trzeba z ryzykiem ich wystąpienia. Niekontrolowany charakter procesu rozprzestrzeniania się ognia sprawia, że można jedynie szacować bezpieczny czas użytkowania konstrukcji. Natomiast bez względu na stopień precyzji opisu samego pożaru, możliwe jest porównanie odporności elementów wykonanych z różnych materiałów konstrukcyjnych.

Powszechna jest opinia o dużej wrażliwości na wysoką temperaturę konstrukcji metalowych oraz o znacznym bezpieczeństwie zapewnianym przez konstrukcje żelbetowe. Opinia ta nie jest pozbawiona podstaw – łatwych do udowodnienia zarówno w oparciu o rozważania teoretyczne, jak i o dokumentację przeciwpożarową. W przypadku niektórych typów budowli szczególnie zagrożonych wybuchem pożaru – np. wielopoziomowych parkingów samochodowych – mimo niedogodności związanych z dużymi wymiarami przekrojów żelbetowych elementów konstrukcyjnych, do niedawna wykluczano w zasadzie możliwość stosowania konstrukcji metalowych [1].

Rozwój technologii zabezpieczeń elementów stalowych przed szybkim nagrzewaniem sprawia, że zwiększa się ich odporność na działanie pożaru. Jednocześnie pamiętać należy o możliwych uszkodzeniach – przede wszystkim w obszarze otuliny zbrojenia – elementów żelbetowych. Dlatego istotne jest pytanie nie tylko o jakościowe, ale i ilościowe porównanie odporności pożarowej obu tych materiałów. Celem prezentowanego opracowania jest porównanie redukcji nośności przekrojów elementów zginanych – stalowych i żelbetowych.

2. Konstrukcje stalowe w warunkach pożaru

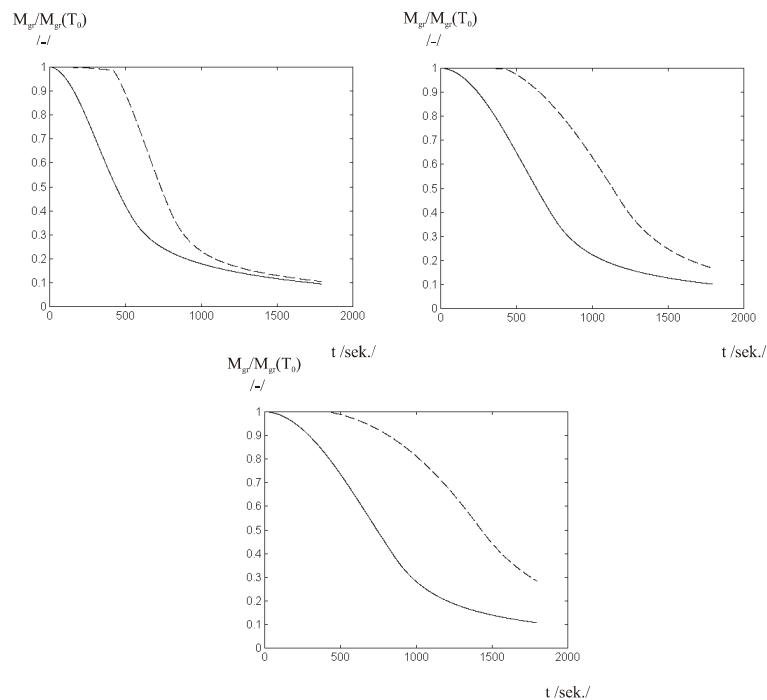
Niewielkie rozmiary przekrojów stalowych oraz ich duża pojemność cieplna powodują szybkie nagrzewanie się elementów, zwłaszcza w przypadku braku lub – spowodowanego np. wybuchem – zniszczenia izolacji termicznej. Rosnąca temperatura zmienia właściwości fizyczne materiału, redukuje granicę plastyczności i moduł Younga [2]. Wobec niewielkiego dla typowych przekrojów cienkościennych zakresu rezerwy plastycznej prowadzi to w silnie wyczerpanych elementach konstrukcyjnych do ujawnienia się właściwości plastycznych, powstania dodatkowych przegubów plastycznych, redystrybucji

naprężeń i sił wewnętrznych oraz rozwoju deformacji. W wysokich zakresach temperatury dochodzi ponadto do pełzania materiału.

W niniejszym opracowaniu – w nawiązaniu do postawionego we wstępie pytania – ograniczono się do analizy zmiany nośności granicznej przekrojów. Przyjęto sprężysto-plastyczny model materiału (bez wzmocnienia). Obliczenia termiczne stanowią podstawę do wyznaczenia pola temperatury, a relacja pomiędzy granicą plastyczności a temperaturą pozwala poszczególnym warstwom przekroju przyporządkować maksymalne możliwe naprężenia. W takim przypadku graniczną wartość momentu zginającego obliczyć można z warunku równowagi bryły naprężeń w przegubie plastycznym.

3. Konstrukcje żelbetowe w warunkach pożaru

Masywne wymiary przekrojów żelbetowych, właściwości termiczne betonu oraz rola otuliny, która stanowi izolację termiczną zbrojenia powodują, że nieuszkodzone przekroje żelbetowe w niewielkim stopniu tracą nośność nawet w warunkach wysokich temperatur.



Rys. 1 Redukcja nośności przekrojów stalowych (linia ciągła) i żelbetowych (linia przerywana). Trzy przypadki: I 120, I 300 i I 500 oraz odpowiadające im nośnością początkową przekroje żelbetowe o typowych rozmiarach.

Fig. 1 Decrease of load capacity of steel (continous line) and concrete (dashed line) cross-sections. Three cases: steel cross-sections I 120, I 300, I 500 and coresponding with them in initial capacity load concrete cross-sections.

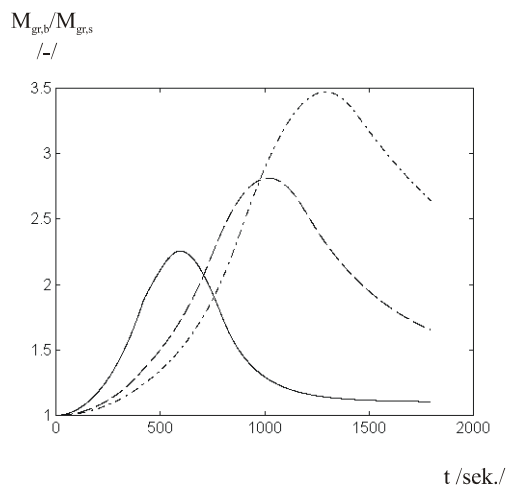
Ryzyko związane jest natomiast z możliwością powstania charakterystycznych dla elementów żelbetowych uszkodzeń. Przyczyną jest struktura samego betonu oraz

zróznicowane właściwości fizyczne betonu i stali. Wśród typowych uszkodzeń wymienić można: wykruszanie kruszywa, odpryski naroży, utratę przyczepności zbrojenia [3]. Największe niebezpieczeństwo z punktu widzenia analizowanego problemu związane jest jednak z odpryskami eksplozywnymi. Przyczyną jest tu mechanizm spowodowany dwoma jednocześnie postępującymi zjawiskami – powstaniem naprężeń termicznych i wzrostem ciśnienia porowego. Niebezpieczeństwo rośnie wraz ze szczelnością betonu, a zatem dotyczy zwłaszcza coraz częściej stosowanych betonów wysokiej wytrzymałości [4]. Jak wynika z badań uszkodzenia tego rodzaju pojawić się mogą już w początkowej fazie pożaru – po ok. 7 minutach, a w skrajnych przypadkach skutkować mogą odsłonięciem wszystkich prętów zbrojenia. Efektem będzie gwałtownie postępujący wzrost temperatury stali, obniżenie jej granicy plastyczności i redukcja nośności całego przekroju.

4. Przykład obliczeniowy

W obliczeniach przyjęto założenie, że porównywane będą ze sobą dwa przekroje, których początkowa nośność graniczna jest porównywalna. Pozwoli to na sprawdzenie, w jakim stopniu masywność przekroju wpływa na zniwelowanie dysproporcji redukcji nośności przekrojów w zależności od użytego materiału konstrukcyjnego.

Obliczenia przeprowadzono dla trzech przekrojów. W zakresie analizy konstrukcji stalowych przyjęto profile o proporcjach odpowiadających dwuteownikom walcowanym o wysokości odpowiednio 120, 300 i 500 mm. Każdemu z dwuteowników przyporządkowano następnie przekrój żelbetowy o wymiarach i zbrojeniu zapewniających spełnienie przedstawionego w poprzednim akapicie założenia; kolejno 15x25 ze zbrojeniem 4Ø10, 25x50 i 4Ø25 oraz 40x80 i 5Ø36.



Rys. 2 Stosunek nośności przekroju żelbetowego do nośności przekroju stalowego w czasie pożaru. Linia ciągła – I 120, linia przerywana – I 300, linia kropka-kreska – I 500.

Fig. 2 Ratio of capacity load for steel to concrete cross-sections during fire.

Continous line – I 120, dashed line – I 300, dashed-dotted line – I 500.

We wszystkich analizach przyjęto najbardziej niekorzystny przypadek oddziaływania termicznego – obciążenia działającego jednocześnie na wszystkie krawędzie przekroju.

Założono ponadto brak izolacji termicznej przekrojów – sytuację występującą także wtedy, kiedy istniejąca izolacja ulegnie zniszczeniu. W przypadku przekrojów żelbetowych przyjęto wariant uszkodzenia pożarowego polegającego na odprysku otuliny na całej szerokości przekroju i odsłonięcia w ten sposób dolnej krawędzi zbrojenia, uznając przypadek większego zakresu wykruszenia betonu za mało realny.

Wyniki obliczeń pokazują, że co prawda odporność przekrojów żelbetowych jest zawsze większa, ale po powstaniu uszkodzenia i odsłonięciu zbrojenia, nośność elementów stalowych i żelbetowych stopniowo się wyrównuje. Dysproporcja nośności i czas jej wyrównania rosną wraz z masowością przekroju.

Oznaczenia symboli

$M_{gr,b}$, $M_{gr,s}$ – moment graniczny dla przekroju żelbetowego i stalowego, breaking moment for steel or concrete cross-section, [kNm],

T_0 – temperatura początkowa, initial temperature, [K],

t – czas, time, [s].

Literatura

- [1] Hossier D.: Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes. Technisch-Wissenschaftlicher Beirat der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes. 2. Auflage Mai 2009.
- [2] Matheja M.: Pożar naturalny i jego wpływ na konstrukcje stalowe. Roczniki Inżynierii Budowlanej – Zeszyt 2009. Komisja Inżynierii Budowlanej Polskiej Akademii Nauk w Katowicach.
- [3] Chudoba K.: Uszkodzenia pożarowe betonu konstrukcyjnego. Inżynieria i Budownictwo, nr 1/2010.
- [4] Hager I., Tracz T.: Wpływ wysokiej temperatury na wytrzymałość i twardość powierzchniową betonu zwykłego i wysokowartościowego. XVII Konferencja Naukowo-Techniczna "Trwałość budowli i ochrona przed korozją", Szczyrk, 2010.

COMPARISON IN LOAD CAPACITY REDUCTION BETWEEN STEEL AND CONCRETE TRANSVERSE SECTIONS DURING FIRE

Summary

Unfavourable effects of the fires impact on buildings depend on many factors, but one of the most important is the material used in the structure. It is rather obvious, that steel is more sensitive on high temperature than concrete.

This article deals with comparison between decreasing of capacity load for steel and concrete bending elements. This statement is made in respect of not only quantitative but qualitative analysis too.