

dr inż. Paweł Sulik*
mgr inż. Piotr Turkowski*

Zabezpieczenia ogniochronne konstrukcji żelbetowych wzmocnionych taśmami węglowymi

Fire protection of CFRP strips glued on reinforced concrete structures

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące doboru zabezpieczeń ogniochronnych żelbetowych elementów konstrukcyjnych wzmocnionych zewnętrznym zbrojeniem doklejanym, np. włóknami węglowymi. Na podstawie przeprowadzonych badań ogniowych dokonano oceny systemu zabezpieczeń ogniochronnych.

Słowa kluczowe: zabezpieczenia ogniochronne, wzmocnienia taśmami węglowymi, konstrukcje żelbetowe.

Abstract. This paper presents how to design fire protection solutions on RC structural elements, with externally bonded reinforcement such as CFRP. Basing on the conducted, a fire test a fire protection system has been assessed.

Keywords: fire protection, CFRP Carbon-fiber-reinforced polymer, reinforced concrete structures.

Taśmy węglowe (CFRP) to coraz częściej spotykany materiał wzmacniający żelbetowe elementy konstrukcyjne – stropy, ściany, belki i słupy (fotografia 1). Z uwagi na sposób ich montażu są narażone na oddziaływanie temperatury w przypadku pożaru. Bardzo niska temperatura krytyczna kleju (50 – 100 °C), powoduje, iż brak zabezpieczenia



Fot. 1. Przykładowe wzmocnienia konstrukcji żelbetowej: płyty (a) i belek (b) zbrojeniem doklejanym w postaci taśm z włókien węglowych

ogniochronnego prowadzi do praktycznie natychmiastowej utraty przyczepności taśmy i spadku nośności na zginanie elementów konstrukcyjnych.

Projektowanie wg Eurokodów

Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe w pierwszej kolejności skupia się na ustaleniu, czy zabezpieczenie ogniochronne jest potrzebne, a jeśli tak, to czy ma chronić taśmy z włókien węglowych czy zbrojenie wewnątrz elementu żelbetowego, a może jedno i drugie. W tym celu należy ustalić kombinacje oddziaływań w sytuacji normalnej – dla której zwymiarowano dany element konstrukcyjny oraz odpowiadającą jej kombinację w wyjątkowej sytuacji obliczeniowej, jaką jest pożar, zgodnie z PN-EN 1990:2004 [1]. Następnie wykorzystując zmienne wraz z temperaturą, podane w normie PN-EN 1992-1-2:2008 [2], po danym okresie oddziaływania pożaru standardowego (zdefiniowanego w normie PN-EN 1991-1-2:2006 [3]) oblicza się nośność ogniową konstrukcji. W sytuacji pożarowej redukcja obciążeń może być na tyle znaczna (np. w przypadku konstrukcji dachu), że okaże się, iż wzmocnienie z taśm włókien węglowych potrzebne jest jedynie w sytuacji normalnej, a pożarowej już nie. Należy wtedy sprawdzić, czy element żelbetowy pozbawiony dodatkowej nośności wymaga zabezpieczenia ogniochronnego z uwagi na temperaturę

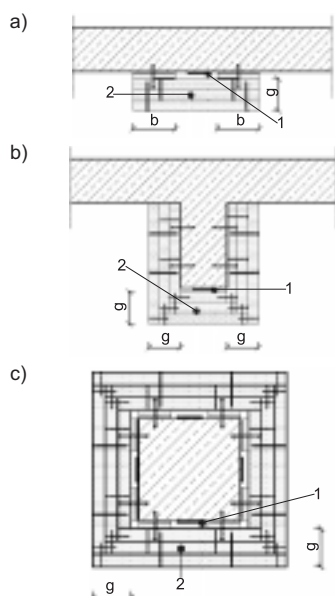
zbrojenia, np. metodą izotermi 500 °C czy nawet korzystając z danych tabelarycznych. Przykłady takich obliczeń podano w [4]. Najczęściej jednak spotykamy scenariusz, w którym wzmocnienie CFRP musi zachować właściwości przez zadany czas oddziaływania pożaru wynikający z wymaganej dla elementu klasy odporności ogniowej – 60 min (klasa R 60), 120 min (klasa R 120) itd. W pracach [5] i [6] opisano trzy podstawowe przypadki wymagań dotyczących stosowania zabezpieczeń ogniochronnych elementów betonowych wzmocnionych zbrojeniem doklejanym i przedstawiono odpowiedni algorytm postępowania (co opisaliśmy). Należy pamiętać, iż przy doborze zabezpieczenia ogniochronnego zbrojenia doklejanego w postaci taśm z włókien węglowych, za temperaturę krytyczną należy przyjąć temperaturę szklenia kleju wg deklaracji producenta (zwykle 50 ÷ 100 °C).

Badanie ogniowe i wnioski

Na podstawie opracowanej w Instytucie Techniki Budowlanej procedury badawczej PB LP-054/1/11-2012 [7] przeprowadzono badanie ogniowe skuteczności ogniochronnych płyt gipsowych do zabezpieczania taśm z włókien węglowych klejonych do konstrukcji żelbetowych przy oddziaływaniu pożaru standardowego (ISO 834). Element próbny składał się z ośmiu fragmentów stropowych i czterech frag-

* Instytut Techniki Budowlanej

mentów belkowych, wzajemnie odizolowanych od siebie, zabezpieczonych ogniochronnie systemem płyt gipsowych (rysunek) mocowanych na dyble i wkręty do betonu. Złącza płyt oraz wszystkie potencjalne miejsca nie szczelności uzupełniono gipsową masą szpachlową. Grubość izolacji wynosiła 25 ± 150 mm (25 mm tej samej izolacji pozwala zabezpieczyć dowolny strop żelbetowy w klasie odporności ogniowej R 240). Element próbny przed badaniem przedstawiono na fotografii 2.



Przykład zabezpieczenia ogniochronnego taśm z włókien węglowych klejonych do żelbetowego: a) stropu/ściany; b) belki; c) słupa: 1 – taśma CFRP; 2 – izolacja ogniochronna

Na podstawie wyników badania oraz analiz numerycznych opracowano zalecenia dotyczące zabezpieczania ogniochronnego zbrojenia doklejonego w postaci taśm z włókien węglowych klejonych do stropów, ścian (tabela 1) oraz belek i słupów żelbetowych



Fot. 2. Widok elementu próbnego przed badaniem

wych (tabela 2), w zależności od czasu oddziaływania pożaru i temperatury krytycznej kleju. Rozpatrzono przypadki o prostej geometrii, bez otworów oraz przypadki złożone – w pobliżu przebieg i przejść instalacyjnych, połą-

Tabela 1. Wymagania dotyczące zabezpieczenia ogniochronnego zbrojenia doklejonego (taśmy z włókien węglowych) do stropów i ścian żelbetowych

Czas [min]	Wymagana grubość g [mm]/ szerokość zakładu bocznego b [mm] izolacji ogniochronnej na stropach i ścianach w przypadku temperatury krytycznej kleju:			
	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
30	50/100	50/50	25/50	25/50
60	100/100	75/100	50/100	50/50
120	150/175	125/150	100/150	100/125
240	–	–	–	150/200

Tabela 2. Wymagania dotyczące zabezpieczenia ogniochronnego zbrojenia doklejonego (taśmy węglowe) do belek i słupów żelbetowych

Czas [min]	Wymagana grubość g [mm] izolacji ogniochronnej na belkach i słupach w przypadku temperatury krytycznej kleju:			
	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
30	50	40	25	25
60	100	75	50	40
120	–	125	100	75
240	–	–	–	175

czeń elementów żelbetowych, czy ścian i kanałów wentylacyjnych.

Należy podkreślić, że przeprowadzone w Zakładzie Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej badanie i analizy numeryczne pozwoliły po raz pierwszy opracować katalog rozwiązań zabezpieczeń ogniochronnych wzmocnień w postaci taśm z włókien węglowych. Wyniki pokazują, iż wymagana grubość izolacji jest duża (rzędu 10 ± 15 cm). W celu poszerzenia wiedzy z omawianego zakresu autorzy prowadzą dalsze prace badawcze z uwzględnieniem obciążenia elementów działającego podczas oddziaływania pożaru.

Literatura

- [1] PN-EN 1990:2004. Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- [2] PN-EN 1992-1-2:2008. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- [3] PN-EN 1991-1-2:2006. Eurokod 1: Oddziaływanie na konstrukcje – Część 1-2: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie na konstrukcje w warunkach pożaru.
- [4] Woźniak G., Turkowski P., Projektowanie konstrukcji z betonu z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 2, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2013.
- [5] Turkowski P., Concrete structures with externally bonded reinforcement – structural fire design and fire protection, IRF2013: Recent advances in integrity-reliability-failure. Proceedings of the 4th International Conference, 23-27 June 2013, s. 145-146 and CD-ROM, Funchal, Portugal, 2013.
- [6] Turkowski P., Projektowanie zabezpieczeń ogniochronnych konstrukcji żelbetowych wzmocnionych zewnętrznym zbrojeniem doklejonym z uwagi na warunki pożarowe, Budownictwo i Architektura, Vol. 12 (1), s. 179 – 186, 2013.
- [7] Procedura badawcza PB LP-054/1/11-2012. Badania skuteczności ogniochronnej zabezpieczeń taśm stanowiących zewnętrzną doklejane zbrojenie elementów z betonu, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2012.

Serdecznie dziękujemy dr. inż. Pawłowi Sulikowi – Kierownikowi Zakładu Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej oraz pracownikom tego zakładu za pomoc w przygotowaniu bloku tematycznego „Bezpieczeństwo pożarowe obiektów”.

Redakcja