

mgr inż. Piotr Andrzej Turkowski

Rozprawa doktorska na temat:

**ODPORNOŚĆ OGNIOWA BELEK
ŻELBETOWYCH WZMOCNIONYCH
NA ZGINANIE DOKLEJANYMI TAŚMAMI
Z WŁÓKIEN WĘGLOWYCH**

Promotor:

prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz

Promotor pomocniczy:

dr inż. Paweł Sulik

Słowa kluczowe: odporność ogniowa, belka żelbetowa, CFRP, zabezpieczenie ogniochronne

Streszczenie:

Wzmocnienie konstrukcji żelbetowych poprzez doklejenie taśm z włókien węglowych to dzisiaj powszechna praktyka budowlana, którą stosuje się jak każdą inną. Czasami zabieg ten służy tylko wzmocnieniu stref wokół nieprzewidzianych wcześniej otworów w stropach, czasami przeciwdziałaniu nadmiernemu ugięciu i zarysowaniu, a czasami jest to poważne konstrukcyjne zwiększenie nośności na zginanie i/lub ścinanie. W ostatnich latach wzrasta świadomość związana z wrażliwością tych rozwiązań w przypadku pożaru. Dzisiaj także wiadomo, że nie każdy scenariusz wymaga stosowania zabezpieczenia ogniochronnego, by zapewnić właściwy poziom odporności ogniowej tych konstrukcji. Brakuje jednak badań, zasad projektowania i metody ustalania grubości izolacji ogniochronnej w tych konstrukcjach, w sytuacjach gdy ich obciążenie wymaga udziału wzmocnienia FRP w przenoszeniu obciążeń w czasie pożaru.

W niniejszej pracy doktorskiej przedstawiono badania odporności ogniowej 10 pełnowymiarowych belek żelbetowych wzmocnionych EBR CFRP i zabezpieczonych ogniochronnie izolacjami o bardzo dużej grubości. Badania główne poprzedzono przeglądem literatury na temat zachowania kompozytów FRP, konstrukcji żelbetowych i systemów ogniochronnych podczas pożaru. Przedstawiono autorską metodę badania

skuteczności materiałów ogniochronnych w małej skali i uzyskane na jej podstawie wyniki. W efekcie opracowano model numeryczny, który pozwolił na przeprowadzenie analizy parametrycznej ponad 100 kolejnych belek. Rezultatem końcowym pracy jest nowy parametr opisu izolacji ogniochronnej – powierzchniowa grubość równoważna betonu. W oparciu o niego stworzono metodę szacowania grubości izolacji potrzebnej do zabezpieczenia belek żelbetowych wzmocnionych zewnętrznym doklejanym zbrojeniem z włókien węglowych przez czas oddziaływania pożaru od 30 do 240 minut, z uwagi na temperaturę zeszklenia kleju w zakresie od 50 do 90°C.

W pracy wykazano możliwość uzyskania nośności ogniowej belek żelbetowych obciążonych ponad ich nośność przed wzmocnieniem, przez ponad 4 godziny oddziaływania pożaru standardowego, dzięki zastosowaniu właściwej izolacji ogniochronnej. Rozprawę doktorską zakończono przedstawieniem zaleceń w zakresie projektowania konstrukcji wzmocnionych EBR CFRP oraz wskazaniem istotnych kierunków dalszych badań.

Title: Fire resistance of reinforced concrete beams strengthened for bending with externally bonded carbon fibre strips

Keywords: fire resistance, reinforced concrete beam, CFRP, fire protection

Abstract:

Strengthening of reinforced concrete structures by gluing carbon fibres strips is today a common construction practice, which is used like any other. Sometimes it is used only for strengthening of areas near unforeseen openings in floors, sometimes to counteract excessive deflection and cracking and sometimes helps to achieve a serious structural increase of the bending and/or shear resistance. In recent times, we have witnessed a growing awareness of how sensitive these solutions are in the event of a fire. Today it is also known that not every scenario requires the use of fire protection to ensure the appropriate level of fire resistance of these structures. However, there is a lack of research, design rules and guidelines for determination of the thickness of fireproof insulation for these structures, when their utilization requires the participation of FRP reinforcement in the load transfer during fire.

This dissertation describes fire resistance tests of 10 full-scale reinforced concrete beams strengthened with EBR CFRP and with fire protection of very large thickness. The main research was preceded by a literature review on the behaviour of FRP

composites, reinforced concrete structures and fire protection systems during fire. The main body of the dissertation presents author's small-scale method of testing insulation efficiency of fire protection materials and the results obtained on its basis. Consequently, a numerical model was developed that allowed for the parametric analysis of over 100 additional beams. The end result of the work is a new parameter for the description of the fire insulation – equivalent surface concrete thickness. On its basis, a method was created to estimate the thickness of the insulation needed to protect reinforced concrete beams strengthened with externally bonded carbon fiber strips for a fire duration of 30 to 240 minutes, for adhesive glass transition temperatures in the range of 50 to 90°C.

It was demonstrated that thanks to use of an appropriate fire protection system, it is possible to achieve over 4 hour standard fire resistance rating for reinforced concrete beams loaded above their loadbearing capacity before strengthening. The dissertation ends with recommendations for the design of structures reinforced with EBR CFRP and important further research directions.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. T. W. L.', is located in the lower right quadrant of the page.