

## Załącznik do wniosku o nagrodę Prezesa Rady Ministrów

Załącznik nr 1 do Uchwały Senatu Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki nr 22/p/04/2021 z dnia 28 kwietnia 2021r. w sprawie uzasadnienia wniosków o przyznanie nagród Prezesa Rady Ministrów

### UZASADNIENIE WNIOSKU O PRYZNANIE NAGRÓD PREZESA RADY MINISTRÓW dr inż. Katarzynie Mróz

ZA WYRÓŻNIAJĄCĄ SIĘ PRACĄ DOKTORSKĄ pt. „Assessment of spalling risk in concrete subjected to fire (Ocena ryzyka eksplozyjnego odpryskiwania betonu w pożarze)”,  
W DZIEDZINIE NAUK INŻYNIERYJNO-TECHNICZNYCH,  
DYSCYPLINIE – INŻYNIERIA LĄDOWA I TRANSPORT.

Praca doktorska zatytułowana: „Assessment of spalling risk in concrete subjected to fire” („Ocena ryzyka eksplozyjnego odpryskiwania betonu w pożarze”) została złożona przez Doktorantkę mgr inż. Katarzynę Mróz w dniu 27.02.2020. 250 stronicowy manuskrypt, napisany w języku angielskim, składa się z 6 rozdziałów, referencji i obszernego streszczenia w języku polskim jak również skrupulatnie opracowanego załącznika przedstawiającego karty badań.

Tematyka pracy dotyczy zagadnienia związanego sytuacją wyjątkową, jaką jest pożar. Oddziaływanie wysokiej temperatury na beton powoduje przemiany fizykochemiczne, jakie prowadzą do stopniowego uszkodzenia materiału i pogorszenia jego właściwości mechanicznych. Oddziaływanie ognia może być również przyczyną wystąpienia eksplozyjnego złuszczenia się betonu (ang. spalling).

Pani Katarzyna Mróz w swojej pracy przedstawiła szerokie studium literaturowe dotyczące złuszczenia się betonu wskazując czynniki, które mogą zwiększyć ryzyko odpryskiwania, takie jak stosowanie dodatków mineralnych, wilgotność betonu, scenariusz ogrzewania, warunki brzegowe i geometria ogrzewanego elementu itd. Doktorantka przedstawiła bardzo obszernie stan techniki dotyczący metod badań intensywności odpryskiwania betonu w pożarze, prowadzonych w celu oceny podatności betonu na występowanie tego zjawiska (badania przesiewowe). Przedstawione w pracy metody oceny występowania ryzyka odpryskiwania betonu stosowane przez różne ekipy badawcze różnią się pod względem rozmiaru i geometrii ciał próbnych, sposobu ogrzewania jak i obecności bądź braku obciążenia mechanicznego podczas badania. W związku z brakiem wytycznych dotyczących badań podatności betonu na odpryskiwanie, obecnie nie jest możliwe porównywanie wyników badań realizowanych przez różne zespoły.

Doktorantka dzięki uzyskanemu finansowaniu NCN PRELUDIUM zrealizowała program badań doświadczalnych określający „Wpływ krępowania odkształceń termicznych na charakterystykę odpryskiwania betonu w pożarze”. W tym celu zaprojektowała i wykonała stanowisko badawcze, na które składa się stalowa rama umożliwiająca ściskanie płyt w układzie jedno- i dwuosiowym oraz piec Dragon, który pozwala na jednostronne ogrzewanie płyt wg. standardowej krzywej pożarowej. Doktorantka wyposażyła stanowisko w system obciążenia wykorzystujący siłowniki hydrauliczne i beztarciowy zespół szczotek przekazujących obciążenie ścisnąjące w płaszczyźnie płyty. Ponadto przygotowała stanowisko do badań wpływu obecności nieogrzewanej warstwy betonu ograniczającej możliwość odkształceń termicznych. Opracowany przez Doktorantkę system badawczy umożliwia realizację badań

ogniowych w różnych konfiguracjach skrępowania odkształceń termicznych betonu i) badania płyt nieskrępowanych, ii) badania płyt z nieogrzewaną obręczą (cold rim test), iii) badania płyt skrępowanych przez stalowe obręcze (ring test), iv) badania płyt ściskanych jednoosiowo, v) badania płyt ściskane dwuosiowo. Zaprojektowany i wykonany przez Doktorantkę system badawczy pozwolił na realizację dwudziestu badań porównawczych pozwalających na ocenę wpływu konfiguracji obciążenia i stanu naprężeń na rodzaj występującego spallingu i jego intensywności. Podczas ogrzewania płyt prowadzono obserwacje w trakcie trwania badania (rozwój temperatury, opis zdarzeń odpryskiwania, analizę fal dźwiękowych towarzyszących tym zdarzeniom oraz pomiary odkształceń górnej powierzchni płyty metodą DIC), a także realizowano pomiary po ich zakończeniu, oceniając charakter uszkodzeń, inwentaryzując uszkodzenia i przedstawiając ich topografię.

Ponadto, na potrzeby realizowanych badań Pani Mróz skompletowała i przetestowała zestaw pomiarowy umożliwiający rejestrację zdarzeń akustycznych towarzyszących eksplozyjnemu złuszczeniu. Dzięki tej metodzie udało się zarejestrować dźwięki towarzyszące zdarzeniom odpryskiwania betonu, określając ich intensywność i przebieg w czasie badania. Zarejestrowany podczas trwania badania sygnał został poddany analizie, co pozwoliło wykazać, że formę odpryskiwania można scharakteryzować poprzez odpowiadający jej zakres częstotliwości. Na podstawie analizy widma szybkiej transformaty Fouriera (FFT) Autorka wyróżniła różne formy odpryskiwania posiadające indywidualną charakterystykę dźwięku: m.in. odpryskiwanie kruszywa, eksplozyjne odpryskiwanie betonu. Analizą widma fal mgr inż. Mróz zajmowała się podczas realizacji badań możliwości wykorzystania metody impact-echo w określaniu uszkodzeń betonu spowodowanych ogniem (oprac. pod nazwiskiem panięńskim Katarzyna Krzemień - Constr. and Build. Mat 96, 155-163, 2015)

Podczas realizacji badań Doktorantka współpracowała z zespołem Katedry Technologii Informatycznych w Inżynierii WIL PK. Współpraca zaowocowała możliwością wykorzystania metody DIC (Digital Image Correlation) do obserwacji odkształceń ogrzewanych płyt, co umożliwiło Autorce na powiązanie intensywności spallingu z rejestrowanymi odkształceniami jak również pozwoliło na rejestrację momentu pojawienia się rys i pęknięć chłodnej strefy betonu ograniczającej odkształcenia termiczne. Wyniki tych badań i zastosowanie metody DIC w badaniach eksplozyjnego zachowania się betonu są szczególnie interesujące i mają charakter unikatowy.

Należy podkreślić, że w swojej pracy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyna Mróz pokazała szeroki wachlarz kompetencji badawczych, wykorzystując zdobyte podczas stażu zagranicznego umiejętności, jak również korzystając ze zdobytych doświadczeń podczas badań międzylaboratoryjnych (SP Szwecja, CSTB Francja, Gunma Univ. Japonia, 2017) i innych realizowanych w zespole Katedry Inżynierii Materiałów Budowlanych PK projektów. Na formę tego opracowania miał również pozytywny wpływ stały kontakt Doktorantki z członkami Komitetu Technicznego RILEM 256-SPF wynikający z jej aktywnego udziału w pracach zespołu i spotkaniach grupy. Wymiana doświadczeń związanych z realizacją badań tego typu sprzyjała procesowi udoskonalenia systemu obciążeń płyt i samej realizacji doświadczeń.

Przedmiotowa rozprawa jest oryginalnym opracowaniem naukowym, a przedstawione w niej tezy zostały zweryfikowane na drodze doświadczalnej. Prace Doktorantki przyczyniły się do znaczącego poszerzenia wiedzy z zakresu zachowania się betonu w pożarze. Dr Mróz wykazała się umiejętnością koordynowania działań związanych min. z wykonaniem unikatowego w swoim rodzaju stanowiska do badań zachowania się betonu w warunkach pożarowych i dowiodła swoich kompetencji organizacyjnych pozyskując środki na badania,

opracowując program badań, ale również umiejętnie dobierając narzędzia pozwalające na obserwację zjawiska eksplozyjnego odpryskiwania i jego charakteryzowanie.