

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anety Żmij pt. „Numerical study on early age thermal – shrinkage stresses in massive foundation slabs” („Analiza wczesnych naprężeń termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych”)

Podstawa opracowania: Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej, dr hab. inż. Grzegorza Wojnara, prof. PŚI z dnia 24.04.2020r./L.dz. RDILT/71/2019/2020/ w przedmiotowej sprawie.

1. Krótka charakterystyka Kandydatki

Mgr inż. Aneta Żmij jest absolwentką studiów dziennych na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej, specjalność: Konstrukcje Budowlane i Inżynierskie w 03.2016 r. oraz dziennych studiów doktoranckich na tym Wydziale, od 10.2016r. do obecnie. Od 09.2018r. pracuje w Katowickim Centrum Edukacji Zawodowej jako Nauczyciel przedmiotów zawodowych, pracowała w okresie 07/2013-09/2014 w Biurze Projektowym B-PROJEKT w Gliwicach na stanowisku Asystenta Projektanta Konstrukcji, a w okresie 03/2016 w Give Stålspaer A/S w Katowicach na stanowisku Engineer/Steel Structure Designer. Odbiła 3 krótkie staże zagraniczne w Portugalii: w okresie 01/2018-03/2018 Short Term Scientific Mission w University of Minho, Guimarães, w okresie 07/2017-09/2017 staż zawodowy w ramach projektu REMINE w Beira Sera, Covilhã, i w okresie 02/2015-06/2015 „Erasmus” Student Programme w University of Algarve, Faro. Ma na swoim koncie 21 publikacji naukowych, w tym 6 w czasopiśmie zagranicznych (z których 4 mają impact factor o łącznej wartości IF=7,781 oraz liczbę punktów wg aktualnej listy MNiSzW równą 355). Index Hirsha wg bazy Web of Sciences wynosi H-Index=2.

2. Krótka charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska Kandydatki, oddana do recenzji w kwietniu 2020r. i przygotowana na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej w języku angielskim, liczy 188 stron, w tym wykaz

Recenzja spełnia wymogi formularza
Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport
dr hab. inż. Grzegorz Wojnar, prof. PŚ

Wpłynęło dnia 21.05.2020 r.

użytych symboli (8 stron), wykaz 68 rysunków (6 stron), wykaz 22 tablic (1 strona), 2 załączniki 1 i 2 (o łącznej objętości 24 strony) oraz zestawienie bibliograficzne 215 pozycji literatury, liczące 15 stron. Zasadnicza rozprawa liczy 134 strony i składa się z 6 rozdziałów: Charakterystyka wczesnych wpływów termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych (R1), Przykłady realizacji płyt fundamentowych (R2), Cel i zakres pracy (R3), Metody przewidywania wczesnych naprężeń termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych (R4), Analiza naprężeń termiczno-skurczowych w przykładowej masywnej płycie fundamentowej (R5) oraz Podsumowanie i wnioski końcowe (R6). Do rozprawy w języku angielskim dołączono obszerne streszczenie w języku polskim, liczące 52 strony.

Rozprawa jest teoretyczna i dotyczy ważnego zagadnienia naprężeń termiczno-skurczowych w masywnych betonowych płytach fundamentowych wywołanych niestacjonarnymi i nieliniowymi polami temperatury i wilgotności w dojrzewającym betonie, poddanym również oddziaływaniu czynników zewnętrznych (kontakt z powietrzem, gruntem, ściankami formy, izolacją cieplną i wilgociową).

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena doboru tematu

Temat rozprawy jest na czasie i odpowiada aktualnym trendom nauki światowej. Beton jest (poza wodą) najczęściej używanym materiałem budowlanym w świecie. Jest to jednak materiał trudny do naukowego opracowania, ponieważ w okresie swojego życia zmienia postać z cieczy lepkiej w momencie formowania do ciała pseudo-(beton młody) i w końcu stałego (beton stwardniały, po okresie dojrzewania). Zmianom tym towarzyszą zmiany objętości tego tworzywa wywołane skurczem plastycznym, skurczem kontrakcyjnym (autogenicznym), skurczem od wysychania, polami temperatury od ciepła hydratacji cementu i cieplnego oddziaływania z otoczeniem, pęczaniem pod długotrwałym obciążeniem. Generuje to w betonie znaczne naprężenie termiczno-skurczowe, własne (samorównoważące się w przekroju) i wymuszone (wywołane więzami zewnętrznymi), które mogą być przyczyną niepożądanych zarysowań i destrukcji naprężeniowej betonu. Stąd każda praca naukowa, zmierzająca do wyjaśnienia w/w zjawisk i naukowego ich ujęcia zasługuje na szczególną uwagę.

3.2. Ocena tezy rozprawy

Dwie tezy rozprawy, nazwane przez Kandydatkę hipotezami badawczymi, są następujące:

- 1° „Można dokonać uproszczeń niektórych założeń i danych wejściowych modelu MES przy analizach wczesnych wpływów termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych, bez obniżenia jakości i poprawności uzyskanych wyników”,
- 2° „Analiza MES może stanowić przydatne narzędzie w procesie projektowania odpowiedniego składu mieszanki betonowej oraz doboru technologii betonowania masywnych płyt fundamentowych, a także może wskazać czynniki o kluczowym znaczeniu”.

Na tym tle zarysowuje się główny cel rozprawy, którym jest przyczynek do zrozumienia procesu modelowania MES w odniesieniu do wczesnych wpływów termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych. Oznacza to respekt Kandydatki w stosunku do ogromu zagadnień jakie wiążą się z tym tematem i w stosunku do możliwości obliczeń komputerowych. Kandydatka zdaje sobie sprawę z ułomności niektórych założeń do obliczeń jak i samego procesu obliczania. Stąd pierwszym szczegółowym celem rozprawy jest analiza wpływu poziomu szczegółowości danych wejściowych modelu MES na uzyskane wyniki. Dodatkowo, drugim celem szczegółowym rozprawy jest zbadanie wpływu wybranych czynników technologicznych i materiałowych na rozkład temperatury twardnienia i rozkład naprężeń w masywnych płytach fundamentowych, dla zidentyfikowania czynników mających kluczowe znaczenie dla ograniczenia naprężeń rozciągających i ewentualnego ryzyka zarysowania w płytach.

Powyższe cele rozprawy są jasne i zasługują na znaczną uwagę. Natomiast hipotezy badawcze (tezy rozprawy) wydają się być na pierwszy rzut oka za mało konkretne, ale bliższa analiza problemu wskazuje, że mają one fundamentalne znaczenie dla objętości, czaso- i kosztochłonności obliczeń komputerowych z zastosowaniem MES dla wczesnych naprężeń termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych.

3.3. Ocena wartości naukowej rozprawy

Jak już wspomniano, rozprawa dotyczy wczesnych naprężeń termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych. Jest to zagadnienia b. trudne, gdyż wymaga znajomości przede wszystkim fizyki, chemii i fizykochemii procesów zachodzących w dojrzewającym betonie a ponadto znajomości zagadnień przewodzenia ciepła i wilgoci w nagrzewanym przez ciepło hydratacji cementu betonie, zasad wymiany tego ciepła i wilgoci z otoczeniem, przy równocześnie ciągłych zmianach w czasie właściwości mechanicznych betonu. Zagadnienia obliczeń pól termicznych i wilgotnościowych w masywnych konstrukcjach betonowych oraz

generowanych przez nie naprężeń własnych i wymuszonych a także problem rysoodporności są w tym przypadku drugorzędne, zależne od zastosowanego modelu i medium obliczeniowego. Powszechna dziś komputeryzacja obliczeń przyspiesza uzyskanie pożądanych i w miarę dokładnych rezultatów. Dlatego też należy wyrazić uznanie dla Kandydatki, że sporą część dysertacji poświęciła rozpoznaniu literaturowemu charakterystyki betonów masywnych, wpływom termicznym i skurczowym na te betony, rozwojowi właściwości mechanicznych oraz naprężeń termicznych i ryzyka zarysowania tych betonów. Zdobyła w ten sposób wiedzę do dalszych, ukierunkowanych badań i analiz. Wiedzę tą pogłębiła studiując i analizując doświadczenia praktyczne uzyskane przy realizacji masywnych płyt fundamentowych w 10-ciu obiektach opisanych w literaturze, w których dokonywano pomiarów niektórych wielkości fizycznych i mechanicznych, co ułatwiło weryfikację obliczeniową zastosowanych do obliczeń tych płyt, modeli. Rozważane masywne płyty fundamentowe miały przykładowo wymiary 46 x 46 x 3,5 m (Pątnów II), 90,8 x 83,5 x 2,5 ÷ 4,5 m (Bełchatów), 78,5 x 42,0 x 1,8 ÷ 2,8 m (Łagisza), 106 x 51 x 1,7 ÷ 3,5 m (Elektrownia Opole), Ø123,4 m i h=1,6 ÷ 6,0 m (Shanghai Tower), 56 x 158 x 0,8 m (magazyn odpadów radioaktywnych – Litwa), 130 x 240 x 2,4 m (Elektrownia atomowa Żarnowiec). Płytę o grubości $h \geq 2,0$ m leżącą na gruncie uważa się za masywną. Stosowano w nich klasy betonów: C25/30, C 30/37, C50/60 (Shanghai), cementy: CEM III/A 32,5 N-LH/HSR/NA, CEM V/A (S-V) 32,5 R-LH, CEM I 42,5 (Shanghai), dodatki: popiołów lotnych w ilości 55 ÷ 120 kg/m³ betonu. Maksymalne temperatury zanotowane w tych masywnych płytach wynosiły od 41 ÷ 59,6°C (wyjątek stanowi Shanghai – 72°C), maksymalne przypowierzchniowe gradienty temperatury $\frac{dT}{dx}$ wynosiły od 12 ÷ 25°C/m (zalecane < 20 °C/m), zależnie od temperatury zewnętrznej i zastosowanej pielęgnacji powierzchni betonu w płytach. Jak wynika z powyższych zestawień, miała Kandydatka szeroki materiał do ukierunkowania własnych badań i analiz.

W badaniach tych skupiła się Kandydatka – dla udowodnienia tezy 1^o – na analizie parametrycznej wpływu na wczesne naprężenia termiczno-skurczowe 9 czynników:

- a) odwzorowania betonowania ciągłego,
- b) poziomego wymiaru analizowanej bryły gruntu,
- c) uwzględnienia dobowych zmian temperatury otoczenia,
- d) uwzględnienia zmiennego rozkładu temperatury początkowej gruntu,
- e) rozmiarów siatki elementów skończonych,

- f) uwzględnienia wpływu pęcznienia betonu,
- g) uwzględnienia wpływu skurczu betonu,
- h) wpływ modelu materiałowego dla betonu (lepkosprężysty bez i z zarysowaniem),
- i) wpływ zbrojenia oraz określenie zasadności jego stosowania w masywnych płytach fundamentowych.

Jako przypadek bazowy przyjęła Kandydatka masywną płytę fundamentową stanowiącą fundament iluzy Sülfeld – Süd w Niemczech, dla której znalazła dość bogate dane literaturowe. Dla płyty tej wykonała model MES i stosowne obliczenia w programie DIANA FEA, które były podstawą do późniejszych analiz parametrycznych i porównań. Nie jest tu miejsce na szczegółowe omówienie wykonanych przez Kandydatkę analiz parametrycznych (uczyniła Kandydatka w trakcie obrony pracy), ale warto zauważyć trafność wyboru parametrów do analizy, z których jedne okazały się istotne (np. czynniki c), e), f), h), i)), inne mniej istotne mogące być pominięte jako materiał wyjściowy do szczegółowych obliczeń (np. czynniki a), b), d), g)). Istotne są spostrzeżenia Kandydatki o istnieniu zmian temperatury w bryle gruntu w funkcji rocznych wahań temperatury otoczenia tylko do głębokości około 10 m (potwierdzenie znanej od lat zasady), o konieczności jak najwierniejszego odtworzenia dobowych zmian temperatury w modelu MES a jeśli nie ma takich warunków, to przyjęcie do analiz maksymalnej przewidywanej temperatury otoczenia, o przyjmowaniu rozmiarów siatki ES na wysokości płyty o wartości $15 \div 20$ % wysokości płyty, o konieczności uwzględniania pęcznienia w analizach masywnych płyt fundamentowych, o zasadności przyjmowania modelu betonu z uwzględnieniem zarysowania oraz celowości stosowania zbrojenia przypowierzchniowego w płytach.

Dodatkowo Kandydatka wykonała również obliczenia dla kilku znanych modeli analitycznych (Załącznik 2), służących do szacowania efektów zjawisk termiczno-wilgotnościowych oraz przewidywania wczesnego ryzyka zarysowania w konstrukcjach masywnych płyt betonowych. Obliczenia te przeprowadzono dla dwóch głównych podejść: kryterium naprężeniowego, reprezentowanego przez wytyczne japońskie JCI, amerykańskie ACI Committee i sposoby przedstawione w literaturze przedmiotu oraz kryterium odkształceniowego na przykładzie wytycznych brytyjskich CIRIA C660 i CIRIA C667. Wyniki tych obliczeń są dość interesujące, zwłaszcza w kontekście ich porównania z wynikami obliczeń wg programów komputerowych. Kandydatka stwierdza, że mogą one być z powodzeniem

stosowane do wstępnego szacowania wczesnego zachowania się masywnych płyt fundamentowych.

Dla udowodnienia tezy 2^o przeprowadziła Kandydatka analizę wpływu wybranych czynników materiałowo-technologicznych na wczesne naprężenia termiczno-skurczowe w masywnych płytach fundamentowych, a to:

- a) wpływu wartości współczynnika rozszerzalności termicznej betonu,
- b) wpływu betonowania etapowego,
- c) wpływu izolacji termicznej powierzchni masywnej płyty w pierwszym obszarze dojrzewania betonu,
- d) wpływu pory roku betonowania.

Okazało się, że wszystkie te czynniki mają znaczny wpływ zarówno na pola temperatury w dojrzewającym betonie jak i na generowane przez nie naprężenia termiczne. W szczególności kluczowe znaczenie dla naprężeń rozciągających w masywnej płycie fundamentowej ma czynnik a) którego wartość w betonie, w zależności od rodzaju zastosowanego kruszywa waha się w przedziale $0,8 \div 1,4 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Zaleca się do obliczeń przyjmować wartość tego współczynnika o większej wartości, np. $1,2 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ (wg CIRIA) a nie $1,0 \times 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ (wg PN-EN 1992-1-1). Podobnie korzystne jest zastosowanie betonowania warstwowego z przerwami roboczymi, co rzutuje na redukcję naprężeń rozciągających w górnej części płyty w fazie nagrzewu, korzystne też jest zastosowanie izolacji termicznej na zewnętrznych powierzchniach płyty (zwiększenie temperatury wnętrza płyty ale wyraźne zmniejszenie przypowierzchniowych gradientów temperatury, decydujących o zarysowaniu tych stref), a także unikanie betonowania takich płyt w okresie letnim ze względu na wysokie temperatury zewnętrzne i wzrost ryzyka zarysowania.

Uzyskane w rozprawie wyniki mają ważne znaczenie teoretyczne i praktyczne. Teoretyczne, gdyż ułatwiają dobór właściwego modelu płyty wraz z otoczeniem gruntowym i powietrznym, który pozwala na osiągnięcie w miarę dokładnych wyników obliczeniowych przy zoptymalizowanym nakładzie pracy na wykonanie obliczeń. Znaczenie praktyczne polega na możliwości zoptymalizowania składu mieszanki betonowej, sposobu betonowania, zastosowanej izolacji termicznej i terminu jej zdjęcia z dojrzewającego betonu a także wyboru pory roku do przeprowadzenia betonowania płyty. Pod względem merytorycznym oceniam wysoko.

3.4. Ocena strony formalnej rozprawy

Pod względem formalnym rozprawa jest napisana czytelnie i b. przejrzysto. Zwraca uwagę pedanteria Kandydatki pracy formułowania tekstu pracy (jakkolwiek zdarzają się liczne powtórzenia), przytaczania skomplikowanych wzorów i objaśnień, konstruowaniu rysunków i wykresów. Do zauważonych usterek należą:

str. 87, tab. 5.2. – podano błędną wartość 27×10^{-3} GPa dla modułu Younga w warstwie chudego betonu,

str. 132 – rysunki 5.58 i 5.59 są niekompletnie podpisane,

str. 137 – wniosek z obliczeń niezgodny z danymi literaturowymi np. rysunkiem 1.13. Przymuszczalnie należało uzasadnić tylko 4-ro godziną przerwę między betonowaniem kolejnych warstw,

str. 139 – zastosowano w obliczeniach za duży skok wartości współczynnika przejmowania ciepła z powierzchni betonu z $0,6 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ – z izolacją termiczną do $30 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ – po zdjęciu izolacji termicznej. Należałoby uzasadnić obie te wartości (wg mnie – pierwsza za mała, druga – za duża).

Większość rysunków posiada wadę w postaci braku wyraźnego zaznaczenia wartości opisanych na osiach odciętych. Podanie tylko wartości liczbowych bez szczegółowego ich umiejscowienia na osiach odciętych jest pewnym mankamentem opiniowanej pracy.

4. Metodyka badań, analiz i obliczeń

Podstawowe obliczenia dla przypadku bazowego wykonano w programie DIANA FEA 10.2, w dwóch krokach: w pierwszej kolejności wyznaczono pola termiczne z ciepłem wydzielonym w procesie hydratacji, a następnie wyznaczono stan naprężenia. Rozdzielono tu zatem pola termiczne i właściwości mechaniczne betonu. Jest to pewne, dopuszczalne uproszczenie, gdyż wiadomo, że pola termiczne i wilgotnościowe są ze sobą sprzężone, a właściwości mechaniczne betonu zależą od przebiegu temperatury w danym jego punkcie. Pola temperatury w elemencie obliczono w oparciu o równania termodynamiki Fouriera, definiując szybkość generowania ciepła na podstawie prawa Arrheniusa. Powstaje tu pytanie, czy we wzorze (4.10) na t_{eq} , za $T(\tau)$ wstawiano temperaturę średnią w przekroju płyty, czy też temperaturę w każdym rozważanym punkcie płyty? W analizie nie uwzględniono wpływu pól wilgotnościowych wywołanych dyfuzją i termodyfuzją wody z betonu, a tym samym skurczu betonu. W konkretnym przykładzie obliczeniowym (teza 1^o g) odkształcenia skurczowe obliczono na podstawie modelu M. Azenhy i wprowadzono je do modelu bazowego w postaci

wstępnych odkształceń zadanych poszczególnym warstwom płyty. Model materiałowy do obliczeń bazowych przyjęto lepko – sprężysty z uwzględnieniem rozwoju modułu sprężystości betonu w czasie oraz wpływu pęcznienia przez zastosowanie modelu Double Power Law, ale bez uwzględnienia zarysowania betonu (Total strain based crack model). W przykładach szczegółowych (teza 1^o h), i)) uwzględniono także model materiałowy uwzględniający zarysowanie (Multi – directional fixed crack).

Podobnie przy szczegółowej analizie wpływu modelu materiałowego (teza 1^o h) zmodyfikowano dane wejściowe przez dodanie 4 dodatkowych danych, w tym rozwoju wytrzymałości betonu na rozciąganie z uwzględnieniem podwyższonej temperatury twardnienia poprzez czas ekwiwalentny t_{eq} .

W rozprawie wykorzystano także oprogramowanie komputerowe Microsoft Excel do wykonania obliczeń na podstawie metod analitycznych oraz do przygotowania odpowiednich diagramów, wykresów i analizy wyników, a także AUTOCAD 2019, Microsoft Word, programy do edycji obrazów. Dodatkowo w Załączniku 1 Kandydatka zestawiała proponowane modele rozwoju mechanicznych właściwości betonu będące funkcją czasu (ACI Commitee 209, JSCE standard specification, JCI Guedelines, CEB – FIP Model Code 2010, Byfors) oraz będące funkcją stopnia hydratacji cementu (Gutch & Rostásy and De Schutter & Taerwe, Byfors, Kiernożycki, Mindness et al., based on isothermal calorimetry) z których korzystała w swoich analizach. Są też w Załączniku 1 zestawione możliwe do wykorzystania modele prognozowania pęcznienia betonu (ACI Model 209 R-92, Bažant – Baweja B3 Model, CEB – fib Model Code 2010, GL 2000 Model).

Podsumowując należy podkreślić, że Kandydatka wykazała dużą wiedzę w problemie modelowania i oprogramowania komputerowego oraz modelowania analitycznego trudnych zagadnień naukowo-technicznych i dołożyła wielu starań dla uzyskania poprawnych wyników swoich badań i analiz.

5. Uwagi krytyczne

5.1.1. Kandydatka jest tak zafascynowana możliwościami obliczeniowymi współczesnych komputerów i ich oprogramowania, że czasem nie dostrzega tego, że beton jest materiałem, który może wymykać się powszechnie uznanym regułom. Na przykład nie dostrzega, że w temperaturach $\geq 70^{\circ}\text{C}$ powstają takie fazy wtórnego etringitu, które mogą zaniżać wytrzymałość betonu, a nie ją powiększać. Zjawisko to opisuje w swoich pracach prof. Z. Owsiak z Politechniki Świętokrzyskiej. Podobnie moje doświadczenia z cementem francuskim

„Barlin” z dużą zawartością minerału C_3A wykazały, że w temperaturze około $50^{\circ}C$ powstają metastabilne produkty hydratacji, które wyhamowują całkowicie narastanie wytrzymałości betonu. Świadczy to o tym, że prawo Arrheniusa o szybkości reakcji fizyko-chemicznych w betonie przestaje obowiązywać. Zwraca zresztą na to uwagę Kandydatka pisząc, że w pełni obowiązuje ono w początkowym okresie dojrzewania betonu. Stąd przypuszczalnie duże różnice pomiędzy naprężeniami w nagrzewanym przez ciepło hydratacji betonie, obliczonymi przez Kandydatkę i pomierzonymi, dla dłuższych okresów dojrzewania. Dzieje się tak dlatego, że z biegiem czasu nieuwodnione czerepy ziarn cementu pokrywają się uwodnionymi i shydratyzowanymi otoczkami, które hamują dostęp wody do wnętrza tych ziarn, zakłócając proces hydratacji opisany przez prawo Arrheniusa.

5.2. Podobna uwaga dotyczy faktu, że Kandydatka dużo uwagi poświęca wyjaśnieniu np. roli kruszywa w betonie z punktu widzenia współczynnika rozszerzalności termicznej betonu, przytaczając wiele pozycji literatury i wyniki swoich szczegółowych obliczeń. Nie przytacza np. prostego wzoru (wynikającego z bilansu cieplnego) na adyabatyczny przyrost temperatury we wnętrzu masywu a taki tam właśnie zachodzi)

$$\Delta T^{ad} = \frac{c \cdot Q(\tau)}{c \cdot \gamma}$$

z którego prosto wynika, że decyduje tu iloczyn $c \cdot \gamma$, czyli ciepła właściwego betonu i jego ciężaru objętościowego, a tę są w dużym stopniu zależne od rodzaju zastosowanego w betonie kruszywa.

5.3. Kilka mniejszych uwag krytycznych zamieszczono w punktach 2.4 i 3 niniejszej recenzji.

6. Wniosek końcowy

W wyniku szczegółowej analizy przedmiotowej rozprawy stwierdzam, że praca doktorska Pani mgr inż. Anety Żmij pt. „Numerical study on early age thermal – shrinkage stresses in massive foundation slabs” spełnia wszystkie wymagania przewidziane w Ustawie z 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 19 stycznia 2018r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, ...(Dz. U. z 30.01.2018r.).

W szczególności Kandydatka wykazała dużą wiedzę, konsekwencję i sumienność w stawianiu hipotez badawczych oraz przeprowadzeniu stosowanych obliczeń, badań i analiz,

umiejętność wnioskowania naukowego oraz umiejętność samodzielnego rozwiązywania zagadnień naukowych.

Rozprawa stanowi uważny wkład w rozpoznanie zjawiska wczesnych naprężeń termiczno-skurczowych w masywnych płytach fundamentowych, wnosząc istotne elementy poznawcze do nauki o budownictwie, w specjalnościach technologia betonu i komputeryzacja obliczeń inżynierskich.

W związku z powyższym wnoszę o nadanie Pani mgr inż. Anecie Żmij stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa i transport, przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa i transport Politechniki Śląskiej. Ponadto wnoszę o wyróżnienie recenzowanej przez mnie pracy doktorskiej.

