

Lublin, 9 października 2023 r.

dr hab. inż. Marta Słowik, prof. uczelni
Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Lubelska

Prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz 13/10/2023

WPEŁNIŁO

12.10.2023

559 2023

DZIEKAN
Wydziału Inżynierii Lądowej
Prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Kamili Owczarskiej
pt.: Właściwości betonu poddanego nagrzewaniu elektrooporowemu
w konstrukcjach wykonywanych w warunkach obniżonej temperatury**

1. Podstawa formalna opracowania

Formalną podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała nr 772/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej oraz pismo dra hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. Uczelni, Przewodniczącego Rady Naukowej (WTBD.521.Drz.124.2023).

Podstawę merytoryczną przygotowania recenzji stanowi praca doktorska mgr inż. Kamili Owczarskiej pt. „Właściwości betonu poddanego nagrzewaniu elektrooporowemu w konstrukcjach wykonywanych w warunkach obniżonej temperatury”, którą otrzymałam wraz z pismem.

2. Charakterystyka pracy

Praca ma charakter analityczno-doświadczalny i dotyczy ważnego zagadnienia z punktu widzenia praktyki inżynierskiej jakim jest analiza wpływu nagrzewania elektrooporowego na właściwości betonu konstrukcyjnego dojrzewającego w warunkach obniżonej temperatury.

Praca liczy 276 stron i składa się ze strony tytułowej, streszczenia w języku polskim i języku angielskim, spisu treści, jedenastu głównych rozdziałów, bibliografii oraz trzech załączników. Bibliografia zawiera w sumie 253 pozycje literaturowe i wykaz 33 norm. Praca jest bogato ilustrowana i zawiera 132 rysunki oraz 70 tablic.

Rozdział pierwszy pracy stanowi krótkie wprowadzenie do tematyki podjętej w dysertacji doktorskiej, a w rozdziale drugim Doktorantka sformułowała cele i zakres pracy. W następnych pięciu rozdziałach, od trzeciego do siódmego, Autorka w obszerny sposób opisuje zagadnienia związane z tematyką dysertacji, które zostały opracowane na podstawie studiów literaturowych. W rozdziale trzecim pt. „Roboty betoniarskie na współczesnej budowie” Autorka przedstawia etapy wykonywania monolitycznej konstrukcji żelbetowej, wskazuje najnowsze trendy związane z projektowaniem mieszanki betonowej i przytacza przykłady katastrof budowlanych wynikających z niedostatecznej pielęgnacji betonu w konstrukcjach wykonywanych w warunkach obniżonej temperatury. Rozdział czwarty poświęcony jest tematyce wpływu obniżonej temperatury na wiązanie i twardnienie mieszanki betonowej. W rozdziale piątym Doktorantka przedstawiła podstawy teoretyczne nagrzewania elektrooporowego. Rozdział szósty zatytułowany „Wykonanie konstrukcji z betonu w warunkach obniżonej temperatury” zawiera zebrane informacje dotyczące projektowania mieszanki betonowej oraz specyfiki jej produkcji, transportu, układania i zagęszczania w warunkach obniżonej temperatury, jak również opis metod pielęgnacji betonu w tych warunkach. W rozdziale siódmym Autorka opisuje metody badań właściwości betonu dojrzewającego w warunkach obniżonej temperatury. W rozdziale tym Doktorantka skoncentrowała się na przedstawieniu metody wyznaczania krzywej dojrzałości. Natomiast własne analizy dotyczące pielęgnacji betonu w warunkach obniżonej temperatury przedstawiła w rozdziale ósmym.

Opis badań doświadczalnych przeprowadzonych przez Doktorantkę został zamieszczony w rozdziale dziewiątym pracy. Badania były wykonane w trzech etapach i taki podział na trzy podrozdziały, w każdym opisany kolejny etap badań, został zastosowany w pracy. W przypadku każdego etapu badań opisano zakres badań, zestawiono otrzymane wyniki i przedstawiono ich analizę oraz wnioski. Rozdział dziesiąty pracy stanowi podsumowanie badań naukowych i wnioski końcowe. Pracę zamyka rozdział jedenasty, w którym Autorka umieściła wytyczne dotyczące stosowania technologii nagrzewania elektrooporowego, w celu poprawnej pielęgnacji betonu układanego w warunkach obniżonej temperatury, które opracowała na podstawie przeprowadzonych badań własnych.

Na końcu pracy zamieszczone zostały trzy załączniki, w których zestawione są dane pomiarowe temperatury zewnętrznej podczas badań i temperatury dojrzewającego betonu.

Analizując układ pracy nasuwa się spostrzeżenie o dysproporcji objętości tekstu pomiędzy rozdziałami zawierającymi studia literaturowe (rozdziały 3÷7 zajmują w sumie 119 stron) a rozdziałami opisującymi własne badania naukowe, tj. rozdział 8 (18 stron) - obserwacje z placu budowy, rozdział 9 (59 stron) - badania doświadczalne i wnioski z badań, rozdziały 10 i 11 (7 stron) podsumowanie i wytyczne stosowania nagrzewania elektrooporowego. W sumie rozdziały 8÷11 zajmują 84 strony, co stanowi jedną trzecią objętości pracy doktorskiej.

3. Ocena merytoryczna

3.1. Ocena tematyki

W pracy Doktorantka podjęła się analizy zagadnienia redukcji lub zminimalizowania niekorzystnego wpływu obniżonej temperatury przy wykonywaniu konstrukcji na placu budowy, na właściwości stwardniałego betonu. Po dokonaniu szerokiego przeglądu dostępnych metod i zabiegów pielęgnacyjnych stosowanych w czasie dojrzewania betonu, w szczególności w niekorzystnych warunkach obniżonej temperatury, do realizacji postawionego celu wybrała metodę termiczną w postaci nagrzewu elektrooporowego. Pomimo że metoda ta jest stosowana na placu budowy w okresie jesienno-zimowym, praktyka budowlana wskazuje na potrzebę opracowania zarówno optymalnych metod projektowania mieszanki betonowej układanej w okresie spodziewanych niskich temperatur jak i zasad przebiegu przeprowadzania procesu nagrzewania elektrooporowego.

Doktorantka w swojej praktyce inżynierskiej często spotykała się z problemami związanymi ze skutecznym stosowaniem technologii nagrzewu elektrooporowego na budowie. Stąd też warunki prowadzenia pielęgnacji betonu w czasie obniżonej temperatury oraz wpływ nagrzewania na właściwości betonu stały się przedmiotem badań naukowych realizowanych w ramach pracy doktorskiej mgr inż. Kamili Owczarskiej.

Uważam, że podjęta w pracy doktorskiej tematyka badań jest trafna, a efekty pracy mogą być wykorzystane w praktyce budowlanej.

3.2. Ocena celu pracy

Za cel pracy doktorskiej mgr inż. Kamila Owczarska postawiła sobie pogłębienie wiedzy na temat wpływu stosowania obróbki termicznej, w tym sposobu realizacji procesu elektronagrzewu, na właściwości betonu w konstrukcji. Na podstawie własnych

doświadczeń z praktyki inżynierskiej jak i przeglądu literatury stwierdziła, że brak jest dokładnych wytycznych stosowania obróbki termicznej betonu dojrzewającego na placu budowy w warunkach obniżonej temperatury. Doktorantka postawiła następujące cele badań naukowych:

- określenie wpływu zastosowania metody nagrzewania elektrooporowego na właściwości betonu dojrzewającego w warunkach obniżonej temperatury,
- weryfikacja dotychczasowo stosowanych praktyk, związanych z metoda nagrzewania elektrooporowego i identyfikacja czynników obniżających skuteczność stosowania metody nagrzewania elektrooporowego,
- opracowanie optymalnych zasad projektowania i przeprowadzania procesu nagrzewania elektrooporowego.

Cele badań naukowych zostały sformułowane poprawnie, a na podstawie wyników przeprowadzonych badań można stwierdzić że główny cel pracy został osiągnięty.

3.3. Ocena wartości naukowej pracy

Ocena badań literaturowych

W pracy zamieszczony został obszerny opis stanu wiedzy z zakresu wykonywania konstrukcji z betonu w warunkach obniżonej temperatury. Autorka dużo miejsca poświęciła na przedstawienie teoretycznych podstaw opisu procesów zachodzących w betonie podczas obróbki termicznej. Należy podkreślić, że Autorka krytycznie odniosła się do wielu zagadnień prezentowanych w literaturze wskazując na braki w prezentowanym podejściu do niektórych zagadnień, np. do oceny dojrzałości betonu zaproponowanej w publikacji Jamroży „Beton i jego technologie” 2005. Studia literaturowe przeprowadzone przez mgr inż. Kamilę Owczarska dały podstawę do usystematyzowania wiedzy, między innymi w zakresie modyfikacji składu mieszanki betonowej przeznaczonej do wykonywania robót w warunkach obniżonej temperatury, metod pielęgnacji betonu w warunkach obniżonej temperatury, klasyfikacji metod termicznych obróbki mieszanki betonowej, czy też nazewnictwa związanego z obniżoną temperaturą.

Niektóre zagadnienia są jednak w pracy opisane zbyt obszernie i zawierają ogólnie znaną wiedzę np. podrozdział 4.1. „Beton jako materiał konstrukcyjny”, lub nie dotyczą bezpośrednio tematyki pracy np. podrozdział 6.4.1. „Metody nietermiczne”.

Podsumowując, zamieszczony w pracy doktorskiej szeroki przegląd literatury, zarówno krajowej jak i zagranicznej, wskazuje na pogłębione studia literaturowe

przeprowadzone przez Doktorantkę przed przystąpieniem do realizacji badań własnych. Stanowi dowód na zdobycie przez mg inż. Kamilę Owczarską szerokiej wiedzy nie tylko z zakresu tematyki rozprawy doktorskiej, ale również wykraczającej poza nią.

Ocena badań doświadczalnych

Mgr inż. Kamila Owczarska opracowała program badań doświadczalnych wykorzystując własne obserwacje zdobyte w ramach praktyki inżynierskiej przy realizacji obiektów budowlanych w warunkach obniżonej temperatury oraz po przeanalizowaniu problemu wpływu obróbki termicznej na właściwości betonu na podstawie przeprowadzonych studiów literaturowych. Program obejmował przeprowadzenie badań na placu budowy jak również wykonanie dodatkowych badań w laboratorium.

Główne badania doświadczalne zostały zrealizowane podczas wznoszenia 3 obiektów budowlanych w okresie zimowym, w warunkach obniżonej temperatury. Prace badawcze zostały podzielone na trzy etapy.

W etapie pierwszym, badania były prowadzone na przełomie lutego i marca 2014 roku w trakcie realizacji budynku biurowego w Warszawie. Celem badań było porównanie wytrzymałości betonu na ściskanie określonej na próbkach rdzeniowych pobranych z elementów próbnych płytowych dojrzewających na placu budowy, na próbkach sześciennych dojrzewających na placu budowy, próbkach sześciennych i walcowych dojrzewających w laboratorium oraz wyników badań nieniszczących wykonanych metodą sklerometryczną na płycie stropowej kondygnacji -1 wznoszonego obiektu. Należy podkreślić, że część badań była realizowana na betonie poddanym obróbce termicznej. Uważam, że takie rozplanowanie badań było uzasadnione do przeprowadzenia przez Doktorantkę wstępnej analizy wyników badań pod kątem oceny wpływu zastosowanie elektronagrzewu podczas dojrzewania betonu i oceny efektu skali na wytrzymałość betonu na ściskanie.

Drugi etap badań był prowadzony w styczniu i lutym 2015 roku w trakcie realizacji budynku mieszkalnego w Warszawie. Badania dotyczyły oceny skuteczności metody nagrzewania elektrooporowego stosowanej w praktyce inżynierskiej na budowie. Na stropach budynku zastosowano metodę termowizyjną do oceny rozkładu temperatur panujących w betonie. Uważam, że metoda ta mimo, że nie jest nowatorska (często jest stosowana w budownictwie np. do zlokalizowania mostków cieplnych) została prawidłowo wybrana i zastosowana przez Doktorantkę w celu weryfikacji stosownych

praktyk związanych z prowadzeniem procesu elektronagrzewu na budowie. Wyniki badań wykonanych w drugim etapie zostały zaprezentowane w formie dokumentacji fotograficznej. Fotografie przedstawiające ułożenie grzałek w betonowanych elementach zostały zestawione ze zdjęciami z widokiem powierzchni stropu w czasie dojrzewania oraz ze zdjęciami z kamery termowizyjnej. Szkoda, że w pracy Autorka nie zamieściła schematu konstrukcyjnego budynku. Ułatwiłoby to czytelnikowi zlokalizowanie analizowanych fragmentów elementu konstrukcyjnego, również w odniesieniu do ich położenia względem innych elementów konstrukcyjnych.

Trzeci etap badań był realizowany w styczniu 2019 roku na obiekcie budowlanym (nie podano w pracy jakim i gdzie usytuowanym) i obejmował pomiar temperatury dojrzewającego betonu poddanego obróbce termicznej w wytypowanych sekcjach płyt stropowych na przedostatniej i ostatniej kondygnacji budynku (nie podano ilu kondygnacyjny był budynek). Pomiar był realizowany za pomocą czujników termoelektrycznych. Przygotowany został plan rozmieszczenia sond do pomiaru temperatury i rozmieszczenia grzałek instalacji elektronagrzewu. W trakcie badań monitorowano warunki atmosferyczne: temperaturę zewnętrzną i wilgotność powietrza. Równocześnie prowadzone były badania w laboratorium dotyczące wyznaczenia przyrostu wytrzymałości betonu na ściskanie na próbkach sześciennych, będące bazą do wyznaczenia funkcji dojrzałości betonu. Badania zostały przeprowadzone w sposób poprawny i przemyślany, i dały podstawę do oceny możliwości stosowania funkcji dojrzałości betonu w celu wyznaczenia parametrów procesu elektronagrzewu.

Ocena analizy danych

Analiza wyników badań doświadczalnych została przeprowadzana przez Doktorantkę po wykonaniu i zestawieniu wyników każdego etapu badań osobno w rozdziale dziewiątym pracy, a następnie końcowe wnioski z badań zostały podsumowane w rozdziale dziesiątym. Uważam, że taka kolejność analizy danych była poprawna, gdyż wnioski z wcześniejszego etapu służyły do zaplanowania kolejnego etapu badań. Analiza porównawcza wyników wytrzymałości betonu na ściskanie uzyskanych po badaniu próbek betonu przechowywanych w różnych warunkach (w laboratorium i dojrzewających na placu budowy) i poddanych innym zabiegom pielęgnacyjnym (z zastosowaniem lub bez procesu elektronagrzewu) została przeprowadzona i opisana szeroko. Przy prezentacji wyników pierwszego etapu badań wskazane byłoby oprócz odchylenia standardowego podać również współczynnik zmienności wyrażony

w procentach. Doktorantka dokonała oceny wpływu procesu elektronagrzewu na wytrzymałość betonu na ściskanie porównując średnie wartości wytrzymałości określone na odpowiednich próbkach. Badania niszczące wytrzymałości betonu były przeprowadzone na próbkach sześciennych i walcowych. Brak jest informacji czy zostały przeliczone wyniki uzyskane na próbkach o różnym kształcie i wymiarach.

Analiza wyników badań wykonanych w drugim etapie została przedstawiona w sposób wyczerpujący. Doktorantka szczegółowo przeanalizowała rozkład temperatury betonu w poszczególnych fragmentach stropu i odniosła go do układu instalacji grzewczej, a następnie sformułowała poprawne wnioski. Analiza otrzymanych zdjęć termowizyjnych umożliwiła mgr inż. Kamili Owczarskiej identyfikację nieprawidłowości w procesie wykonawczym elektronagrzewu i sformułowanie zaleceń poprawnego rozmieszczenia grzałek w betonowanym elemencie konstrukcyjnym. Szczególnie godne uwagi są propozycje rozwiązań, prowadzących do uzyskania równomiernego przyrostu wytrzymałości betonu na ściskanie, a tym samym zwiększenia efektywności elektronagrzewu

Analizę wyników badań przeprowadzonych w trzecim etapie Doktorantka przeprowadziła pod kątem weryfikacji zastosowania trzech różnych funkcji dojrzałości zaczerpniętych z literatury: Nursego-Saula, Freieslebena Hansena Pedersena i zmodyfikowanej funkcji Nursego-Saula do oceny przebiegu procesu dojrzewania betonu poddanego nagrzewaniu elektrooporowemu. W szczególności mgr inż. Kamila Owczarska poddała analizie możliwość poprawnego analitycznego wyznaczenia takich parametrów procesu elektronagrzewu jak oczekiwana wytrzymałość betonu na ściskanie, czas trwania procesu nagrzewu i minimalna temperatura betonu w czasie dojrzewania. Doktorantka krytycznie odniosła się do stosowania analizowanych funkcji dojrzałości w warunkach placu budowy.

4. Uwagi polemiczne i krytyczne oraz elementy dyskusyjne

Pomiar temperatury zewnętrznej i analiza wpływu temperatury zewnętrznej na proces dojrzewania betonu

Doktorantka nie opisała w jaki sposób były wykonywane odczyty temperatury zewnętrznej na budowie. Czy temperatura była mierzona w podobnych warunkach jak na stacji meteorologicznej, czy też na poziomie stropu, na którym były przeprowadzane badania. Standardowo pomiaru temperatury w stacji meteorologicznej dokonuje się na wysokości 2 m nad gruntem za pomocą termometru, osłoniętego przed bezpośrednim

promieniowaniem słonecznym w klatce meteorologicznej. Osobnymi termometrami dokonuje się pomiaru temperatury maksymalnej i minimalnej. Ponadto mierzona jest także temperatura przy gruncie na wysokości 5 cm. Czy przy analizie danych temperaturowych była brana pod uwagę zmiana temperatury wraz z wysokością ponad teren.

Temperatura maksymalna w analizowanym okresie ulegała stosunkowo dużym zmianom od $5,3^{\circ}\text{C}$ do $20,6^{\circ}\text{C}$. Również w niektórych okresach widoczna była duża różnica temperatury dobowej dochodząca nawet do 14° . Jaki to mogło mieć wpływ na wyniki badań? W pracy nie ma pogłębionej analizy wpływu innych czynników atmosferycznych, takich jak wilgotność powietrza i prędkość wiatru, na rozkład temperatury w elemencie betonowym, w czasie dojrzewania betonu.

Co Doktorantka rozumie przez gradient temperatury we wniosku trzecim na str. 210? Czy jest to zmiana temperatury na wysokości przekroju elementu? Z definicji gradientem nazywamy wektor określający wartość i kierunek najszybszego wzrostu wielkości skalarnej.

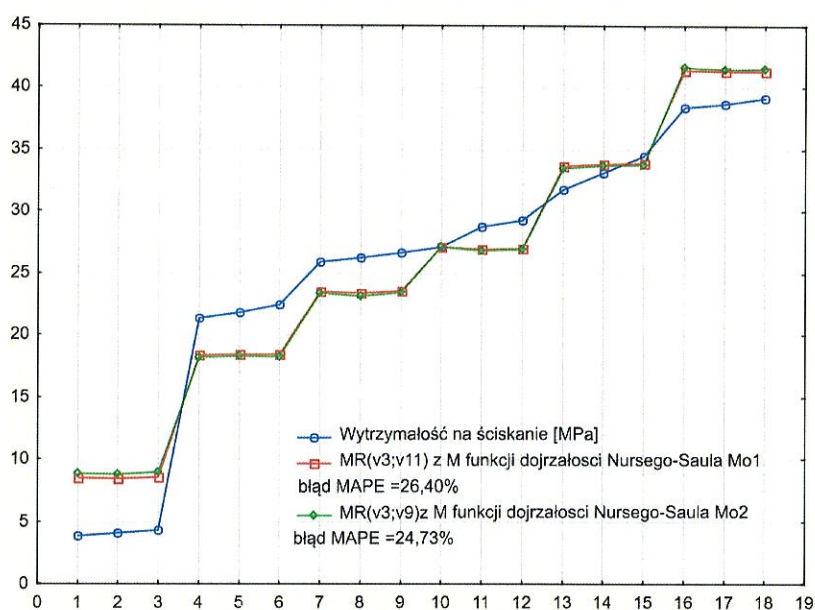
Analiza funkcji dojrzałości

Analizę porównawczą funkcji dojrzałości wyznaczonych na podstawie trzech podejść obliczeniowych i przy różnych parametrach wyjściowych Doktorantka przeprowadziła na podstawie współczynnika determinacji R^2 wyznaczonego dla każdej funkcji osobno. Doktorantka na podstawie porównania wartości współczynnika R^2 oceniła, który model jest najlepiej dopasowany do wyników badań ale analizę oparła na niewłaściwym wnioskowaniu. Założyła że „...Największe wartości R^2 (największe rozbieżności wyników)...”. Tym samym stwierdziła że „Najlepszą zbieżność uzyskano dla trzeciego podejścia i wartości parametrów: $n_1=1,412$ oraz $T_{01}=0^{\circ}\text{C}$.” czyli dla zmodyfikowanej funkcji Nursego-Saula. W przypadku wskazanego modelu współczynnik R^2 wyniósł 0,9086. Natomiast najwyższą wartość współczynnika $R^2=0,9297$ Autorka otrzymała w przypadku funkcji Nursego-Saula przy temperaturze odniesienia $T_0=-10^{\circ}\text{C}$. Zatem można wstępnie wnioskować, że ten model wykazuje najlepsze dopasowanie do wyników badań.

Współczynnik R^2 jest miarą dopasowania modelu. Im większa jest wartość współczynnika R^2 tym funkcja regresji jest lepiej dopasowana do danych. Jednak nie można jedynie za pomocą tego współczynnika określić jakości modelu, ponieważ jest on jedynie jedną z kilku miar jakości modelu. Jego konstrukcja uwzględnia jedynie te

obserwacje, które należą do próby, a zatem nie daje informacji o wartości prognostycznej modelu.

Analiza błędu MAPE (mean absolute percentage error - średni bezwzględny błąd procentowy) między wynikami badań a wielkościami prognozowanymi na podstawie analizowanych funkcji umożliwiłaby rozszerzone wnioski na temat wyników przeprowadzonych badań w odniesieniu do dotychczas stosowanych metod oceny krzywej dojrzalości. Poniżej przedstawione zostały przykładowe obliczenia błędu MAPE w przypadku danych doświadczalnych i wyników prognozowanych na podstawie funkcji Nursego-Saula przy temperaturze odniesienia $T_0=0^{\circ}\text{C}$ (Mo1) i $T_0=-10^{\circ}\text{C}$ (Mo2). Niższa wartość błędu MAPE w przypadku funkcji Mo2 wskazuje na lepsze dopasowanie tej funkcji do wyników badań. Po porównaniu wartości prognozowanych dla obu funkcji Mo1 i Mo2, błąd MAPE wyniósł jedynie 1,1%, co wskazuje na mało istotny wpływ temperatury odniesienia T_0 na oczekiwaną wytrzymałość betonu na ściskanie.



Inne uwagi

Dyskusyjne jest stwierdzenie na str. 77: „...poniżej temperatury otoczenia -12°C , nie jest konieczne podgrzewanie zbrojenia. Powyżej tej temperatury, następuje konieczność podgrzania zbrojenia, o średnicach większych niż 18 mm.”. Czy nie powinno być odwrotnie?

5. Uwagi edytorskie

Praca pod względem redakcyjnym zawiera pewne uchybienia. W tekście natrafiono na błędy stylistyczne i interpunkcyjne. W pracy zamieszczonych jest wiele rysunków zaczerpniętych z literatury, które często nie są opracowane graficznie ale wstawione jako zeskanowany obraz. To powoduje, że część rysunków jest mało czytelna. Niektóre sformułowania w pracy są nieprecyzyjne. Nie ma w pracy zestawienia podstawowych symboli. Wytrzymałość betonu na ściskanie jest opisana za pomocą różnych symboli (R_{28} , f_{cm} , f_{ck} , f_c). Nie zawsze wiadomo, czy w pracy jest przywoływana wytrzymałość charakterystyczna, czy średnia z badań i na jakich próbkach była wyznaczona, czy walcowych, czy sześciennych. Szczególnie dotyczy to opisu osi na wielu rysunkach, gdzie podano jedynie „wytrzymałość betonu”.

Poniżej zestawiono kilka szczegółowych uwag.

Często pojawiające się w tekście i podpisach pod rysunkami wyrażenie „wytrzymałość charakterystyczna” powinno być doprecyzowane: „wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie”.

Zdanie ze str. 43 „Ruch ciepła następuje w trzech mechanizmach” proponowałabym sformułować: „Przepływem ciepła rządzą trzy mechanizmy”.

Na str. 53 (dolny akapit) cytowana jest praca E. Grunewelda bez podania odnośnika w bibliografii (poz. [70]), a następnie odnosi się Autorka do rysunków 6.3 i 6.4 zaczerpniętych z innego źródła (poz. [242]) również bez podania odniesienia do bibliografii.

Zdanie ze str. 78 „Przykład instalacji, która za pomocą systemu rur, rozmraża grunt ...” należy poprawnie sformułować, np: „Przykład instalacji składającej się z systemu rur do rozmrażania gruntu ...”.

W tabelicy 7.1 niepotrzebnie znalazł się opis w języku angielski i to z błędem (jest strenght a poprawnie powinno być strength).

Na str. 119 powołano się na pozycje [38] i [39], w których widnieje trzech autorów. Zatem zdanie „Przedstawił to [38], [39], który ...rekomenduje ...” powinno brzmieć „Autorzy publikacji [38] i [39] rekomendują ...”

Zdania ze str. 119 „Wzór (7.8) ma też swoje ograniczenia stosowania. Nie pozwala ona na ...” należy poprawnie sformułować: „Stosowanie wzoru (7.8) jest ograniczone i nie pozwala na ...”.

W tabelicy 9.3 zamiast „współczynnika sprężystości” powinien być „moduł sprężystości”.

Zdanie ze str. 188 „Badania oparto na wytycznych ...” lepiej by brzmiało gdyby je sformułować: „Badania przeprowadzono według wytycznych ...”.

Na str. 190 zamieszczony jest tytuł „Wyniki pomiarów prowadzonych na placu budowy”, a powinno być „Wyniki pomiarów prowadzonych w laboratorium”.

6. Wniosek końcowy

Podsumowując ocenę poziomu naukowego pracy stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Kamili Owczarskiej została opracowana na właściwym poziomie naukowym. Doktorantka wykazała się umiejętnością stawiania i rozwiązywania problemów naukowych przy prawidłowym wykorzystaniu literatury naukowej. Przy realizacji podjętej tematyki naukowej przeprowadziła szerokie badania doświadczalne in situ i w laboratorium. Za szczególnie wartościowe uważam badania wykonane na wznoszonej konstrukcji z wykorzystaniem techniki termowizyjnej oraz pomiary temperatury betonu w czasie jego dojrzewania w konstrukcji, w warunkach obniżonej temperatury. Analiza wyników badań umożliwiła Doktorantce opracowanie wytycznych prowadzenia nagrzewania elektrooporowego, które mogą być zastosowane w praktyce.

Uważam, że praca doktorska mgr inż. Kamili Owczarskiej zawiera oryginalne rozwiązanie zagadnienia wpływu procesu nagrzewania elektrooporowego na właściwości betonu w konstrukcjach wykonywanych w warunkach obniżonej temperatury. Na uwagę zasługuje trafność doboru tematyki dysertacji, która ma duże znaczenie dla praktyki inżynierskiej. Główny cel badań naukowych został zrealizowany. Uwagi zawarte w recenzji nie pomniejszają ogólnej pozytywnej oceny pracy.

Na podstawie oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Kamili Owczarskiej pt. „Właściwości betonu poddanego nagrzewaniu elektrooporowemu w konstrukcjach wykonywanych w warunkach obniżonej temperatury” stwierdzam, że spełnia ona wymagania określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku oraz wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



