

Dr hab. inż. Anna Halicka, prof. PL

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Jarosława Błyszko

pt.

”PORÓWNAWCZA ANALIZA PEŁZANIA TWARDNIEJACEGO BETONU ZWYKŁEGO ORAZ MODYFIKOWANEGO ZBROJENIEM ROZPROSZONYM”

przygotowanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Włodzimierza Kiernożyckiego

1. Problem naukowy i charakter dysertacji

Pełzanie betonu, które jest przedmiotem recenzowanej pracy doktorskiej, jest nieodłącznym zjawiskiem towarzyszącym obciążonym konstrukcjom z betonu i ma istotny wpływ na ich pracę. Uwzględniane jest standardowo w obliczeniach nośności słupów, ugięć belek, wpływa na starty sprzężania, ma także wpływ na pracę ram i powłok. I choć samo zjawisko zostało zidentyfikowane niemal sto temu, jego opis analityczny wciąż jest niedoskonały. Modele normowe EC2 i MC2010 oraz inne bardziej skomplikowane modele analityczne stanowią coraz dokładniejsze przybliżenia, ale opis pełzania betonu w młodym wieku, kiedy jego właściwości fizyczne i mechaniczne są zmienne, jest nadal obciążony niepewnością. Dotyczy to zwłaszcza pełzania podczas rozciągania. Niewiele jest także informacji o pełzaniu fibrobetonów.

Właśnie pełzanie betonu i fibrobetonu w młodym wieku stało się przedmiotem pracy doktoranta. Podjęty temat rozprawy doktorskiej uznaję za aktualny i ważny z punktu widzenia zarówno poznawczego, jak i z punktu widzenia praktyki.

Praca ma charakter doświadczalny – jej istotą są badania laboratoryjne. Ze względu na złożoność samego zjawiska, podjęty problem naukowy może być uznany jako charakteryzujący się znacznym stopniem trudności.

2. Zawartość i układ dysertacji

Praca liczy 146 stron tekstu podstawowego, do którego dołączono spis treści, spis literatury, spis załączników. Do pracy dołączona jest płyta DVD zawierająca zarówno tekst jak i załączniki.

W pracy wyróżnić można następujące części:

1. Część wstępną zawierającą ogólne informacje o fibrobetonie (p.1);
2. Studia literaturowe (p.2-5), których przedmiotem są:

- charakterystyka fibrobetonu: istota (p.2.1), układ włókien (p.2.2), przyczepność włókien (p.2.3),
 - pełzanie betonu: charakterystyka ogólna (p.3.1), fizyczny opis pełzania betonu i czynników wpływających na jego przebieg (p.3.2), wpływ obecności włókien na pełzanie (p.3.3),
 - teorie pełzania betonu: modele EC2 i MC2010 (p.4.1), teorie fenomenologiczne (p.4.2) i strukturalne (p.4.3), modele analityczne (p.4.4),
 - konieczność uwzględniania wpływu odkształceń reologicznych w projektowaniu konstrukcji (p.5),
3. Część zawierającą tezę, cel i zakres pracy (p.6),
4. Część badawczą zawierającą:
- program i opis metodyki badań (p.7),
 - wyniki badań (p.8),
5. Analizę wyników badań,
- w tym porównanie uzyskanych wyników z danymi EC2 i MC2010 (p.9.1, 9.2),
 - własny modelowy opis pełzania twardniejącego betonu (p.9.3),
6. Wnioski (p.10).
7. Spis literatury zawierający 113 pozycji, w tym 51 anglojęzycznych, 8 – niemieckojęzycznych, 1 – rosyjskojęzyczną i 1 – francuskojęzyczną, w 4 normy.
8. Załączniki zawierające protokoły pomiarów oraz opracowanie statystyczne uzyskanych wyników.

3. Merytoryczna ocena pracy

3.1 Ocena ogólna rozprawy

Recenzowana rozprawa wskazuje na kompetencję doktoranta, w szczególności w zakresie badań laboratoryjnych i interpretacji ich wyników. Widoczna jest konsekwencja działań – od literaturowego rozpoznania tematu, poprzez zaprogramowanie i zrealizowanie badań do próby sformułowania własnego opisu zjawiska, a wreszcie skonfrontowania tego opisu z danymi doświadczalnymi i normowymi.

Ogólnie można stwierdzić, że został podjęty i rozwiązany (poprzez badania laboratoryjne i analizę ich wyników) problem naukowy o znacznym stopniu trudności.

Szczegółowa ocena merytoryczna dysertacji zostanie przedstawiona poniżej poprzez ocenę poszczególnych jej części.

Przedstawione uwagi mają w wielu wypadkach charakter dyskusyjny i mają na celu pobudzenie doktoranta do podjęcia dalszych badań i analiz w celu wyjaśnienia wątpliwości i do przygotowywania dalszych publikacji.

3.2 Ocena tezy i celu pracy

Zdaniem recenzenta teza pracy (str.64¹²⁻¹⁶) jest sformułowana zbyt ogólnie. Stwierdzenie „*opis odkształceń opóźnionych fibrobetonu obciążonego w młodym wieku wymaga uściśleń*” powinno być sformułowane nieco bardziej precyzyjnie np.: „*do opisu odkształceń opóźnionych fibrobetonu w młodym wieku można stosować model łańcucha Kevina-Voigta z uwzględnieniem jego stochastycznego charakteru, kalibrowany na podstawie wyników badań laboratoryjnych*”.

Autor za cel pracy uznał (str.64₄₋₁): „*doświadczalne wyznaczenie odkształceń pełzania fibrobetonu w młodym wieku*”. Zdaniem recenzenta doświadczenia powinny być środkiem, a nie celem do opisu zjawiska pełzania fibrobetonów w młodym wieku.

3.3 Ocena części studialnej

Zagadnienia poddane studiom literaturowym (charakterystyka fibrobetonów i opis zjawiska pełzania betonu, zestawienie parametrów wpływających na wielkość odkształceń pełzania i modeli opisujących to zjawisko), również dobór analizowanej literatury należy uznać za właściwe.

Pierwsza uwaga dotyczy zbyt lakonicznego, zdaniem recenzenta, opisu włókien stalowych i propylenowych i fibrobetonów z ich udziałem. Już na początku pracy autor napisał, że cel stosowania włókien stalowych i włókien polipropylenowych jest inny (str. 8⁹⁻¹¹ „*stalowe, których rolą jest zabezpieczenie przed zarysowaniem i polepszające parametry wytrzymałościowe oraz polipropylenowe, które eliminują rysy wczesnoskurczowe*”). Podobnie w przypadku pełzania – zacytowany rysunek 4.12 wskazuje na różny wpływ włókien PVA i Dramix na pełzanie (natomiast trudno wyprowadzić podobny wniosek z nieczytelnych rysunków 3.15 i 3.16). Zatem konsekwencją powinien być opis wyraźnie wyróżniający wpływ włókien stalowych i polipropylenowych na cechy mechaniczne i reologiczne fibrobetonu oraz podający ich zawartości. Należało też wspomnieć o stosowaniu włókien mieszanych i podać, w jakich proporcjach są używane.

Nie zawsze jest jasne, czy autor opisuje wpływ włókien stalowych, czy polipropylenowych (np. opisy w ostatnim akapicie na str. 14 i pierwszym akapicie na str. 15; nie we wszystkich podpisach rysunków podano, jakich włókien rysunek dotyczy np. rys.2.1, 2.4, 3.21, 3.22, 3.25-3.30). Ponadto autor używa skrótowych symboli włókien np. PP (str. 11₅), Dramix (str.15₆, 58¹¹), PVA (str. 58¹¹) nie podając wcześniej ich znaczenia.

Druga podstawowa uwaga dotyczy braku podsumowania części studialnej, wskazującego czytelnie na braki i rozbieżności wiedzy na temat pełzania fibrobetonów i betonów w młodym wieku, z których wynika podjęty temat pracy i założony program badań.

Inne uwagi szczegółowe:

- Str. 10⁸⁻⁹ – „*Odkształcalność*” to zjawisko – zatem nie można mówić, że „*odkształcalność*” wynosi 0,01-0,02%, a jedynie „*odkształcenia*” mają taką wartość.
- Rys. 2.4 – Czym są opisane na osi pionowej „*naprężenia zginające*”?
- Rys.2.5 - Czy szybkość wyciągania włókien może rzeczywiście wpływać na wytrzymałość kompozytu fibrobetonowego, jak napisano w podpisie rysunku?
- Str. 17₁₃₋₁₂ , 17₃ , 18² i później – „*Pełzanie*” to zjawisko przyrostu odkształceń, a nie „*odkształcenie*”, czy też „*odkształcenie narastające*”, jak pisze autor. Zatem opisując to zjawisko ilościowo należy używać sformułowania „*odkształcenia pełzania*”, a nie „*pełzanie*”.
- Str. 18¹⁻³ – Stwierdzenie, że „*w praktyce inżynierskiej wygodnie jest przyjmować, że pełzanie i skurcz są wielkościami w pełni addytywnymi*” jest nieściśle. W wielu wypadkach w praktyce inżynierskiej uwzględnia się wzajemną zależność omawianych zjawisk, np. we wzorze na straty opóźnione siły sprężającej suma naprężeń skurczowych i naprężeń narastających jest zmniejszana przez pełzanie (liczba większa od jedności w mianowniku), a więc pełzanie ma wpływ na skutki skurczu.
- Str. 27₂ – Napisano, że niejednoznaczność wyników różnych badań zestawionych na rys. 3.9 wynika z różnych wielkości próbek. Tymczasem parametr ten nie został wyspecyfikowany jawnie i analizowany jako warunkujący wielkość odkształceń pełzania.
- Str. 30₂₋₁ – Napisano, że „*po 72 godzinach betony ... wykazały jedynie niewielki wzrost wytrzymałości, a beton z włóknem polipropylenowym niewielki jej spadek*”. W stosunku do czego nastąpił po 72 godzinach wzrost wytrzymałości, a w stosunku do czego spadek?
- Autor używa w stosunku do betonu pojęcia moduł Younga’a (np. str. 31¹, a także w części badawczej rys.8.4 i 8.5). Należy jednak używać pojęcia „moduł sprężystości betonu” dodatkowo precyzując, czy mówimy o module stycznym czy siecznym (średnim).
- W rozdziale 5 opisano znaczenie oceny wpływu odkształceń reologicznych w konstrukcjach z betonu. W świetle podjętego tematu, zabrakło informacji, które z wymienionych konstrukcji wrażliwych na odkształcenia reologiczne to elementy wykonywane z fibrobetonu.

3.3 Ocena części badawczej

Przedmiotem badań laboratoryjnych doktoranta były dwa betony o jednakowej zawartości cementu, wody i kruszywa: beton zwykły i fibrobeton. Do fibrobetonu użyto włókien mieszanych - zarówno stalowych jak i polipropylenowych. Program badań każdej z dwóch serii obejmował (nie wszystkich przypadkach podano jawnie ile próbek badano):

- badania parametrów wytrzymałościowych twardniejącego betonu po 1, 4, 7 i 28 dniach: normowej walcowej ϕ 150 x 300 mm wytrzymałości na ściskanie – 3 próbki, wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu na kostkach 100 mm – 6 próbek, modułu sprężystości (na ilu próbkach?),
- badania odkształceń skurczowych na próbkach walcowych ϕ 150 x 300 mm (ile próbek?) i prostopadłościennych 100 x 100 x 700 mm, przy użyciu pełzarki (ile próbek?),
- badania odkształceń pełzania przy ścisaniu i rozciąganiu przy różnym poziomie przyłożonego obciążenia; badania pełzania przy ścisaniu na 3 próbkach walcowych ϕ 150 x 300 mm wykonano w komercyjnej pełzarce, w badania pełzania przy rozciąganiu próbek prostopadłościennych 100 x 100 x 700 mm (na ilu próbkach?) w specjalistycznym urządzeniu.

Powyższy program badań w odniesieniu do każdej z serii można uznać za prawidłowy. Także wybór poziomów obciążenia podczas badania pełzania nie budzi zastrzeżeń. Natomiast, zdaniem recenzenta, wykonanie jedynie jednego betonu i jednego fibrobetonu (ze względu na skład) ogranicza możliwość ekstrapolacji wyników na betony i fibrobetony o różnych składach. Ponadto nie podano jakie były rozrzuty wyników badań.

W odniesieniu do składów mieszanek rodzą się następujące pytania:

- Dlaczego wybrano włókna mieszane i jaki był wpływ każdego z rodzajów włókien na wynik ostateczny? Dobrze byłoby wykonać chociaż pilotujące badania wpływu poszczególnych rodzajów włókien.
- Na jakiej podstawie ustalono zawartość włókien i dlaczego wybrano cement CEM III/A?

Pozostałe pytania i uwagi recenzenta do części badawczej są następujące:

- Na jakiej podstawie w wzorze 7.1 na obliczanie wytrzymałości na rozciąganie przez rozłupywanie przyjęto współczynnik 10? W normie EN 12390-6 takiego współczynnika nie ma. Ponadto pewną wątpliwość także budzi wartość drugiego współczynnika, przyjęta jako $\eta = 0,6$:

- a) norma EN 12390-6 nie przewiduje współczynnika przeliczeniowego z kostki na walec (w niektórych opracowaniach można znaleźć informację, że wytrzymałość badana na walcach stanowi ok. 90% wytrzymałości badanej na kostkach),
 - b) wytrzymałość badana na walcu 150 mm to, według Neville'a, 0,87 wytrzymałości badanej na walcu 100 mm,
 - c) zgodnie ze wzorem (3.3) normy EC2-1-1 wytrzymałość badana na walcu 150 mm przeliczana jest na wytrzymałość na rozciąganie osiowe przez współczynnik 0,9; zatem ostateczny współczynnik przeliczeniowy może być oszacowany pomiędzy: górna granica - $(b \cdot c) = 0,87 \cdot 0,9 = 0,79$, dolna granica: $(a \cdot b \cdot c) = 0,9 \cdot 0,87 \cdot 0,9 = 0,7$.
- Jak autor interpretuje, widoczny na rys.8.1, bardzo duży wzrost wytrzymałości na ściskanie fibrobetonu między 7 a 28 dniem (wzrost o 30% wytrzymałości 28-dniowej), podczas gdy wytrzymałość betonu w tym czasie pozostaje praktycznie stała?
 - Czym są linie ciągłe na rys.8.3 podpisane jako $\text{Log}(f_{ct,r} \text{ BZ})$. Czy są to krzywe aproksymujące wyniki badań? Jeśli tak, to krzywa dla fibrobetonów wydaje się być niedopasowana.
 - Czy rys. 8.7 dotyczy pojedynczej (reprezentatywnej) próbki, czy są to wartości średnie z kilku próbek (w podpisie napisano „próbek walcowych”)?
 - Podpis rys.8.8 – jeśli próbki są rozciągane, to skurcz nie jest swobodny.
 - Jak autor interpretuje fakt, że w badaniach skurczu swobodnego na próbkach pryzmatycznych stwierdzono odkształcenia skurczu fibrobetonu większe niż betonu (rys.8.9), a na próbkach walcowych stwierdzono relacje odwrotne (rys.8.7)?
 - Str. 83⁴ – Napisano, że do analiz została przyjęta jedna krzywa skurczu dla wszystkich analizowanych przypadków obciążenia. Jaka to krzywa i jak się ona ma do wyników przedstawionych na rys.8.7 i 8.9?
 - Szkoda, że nie ma wykresu porównawczego współczynnika pełzania w zależności od wieku obciążenia: według EC2-1-1, według MC2010 i według badań własnych (ilustracja tablic 9.2-9.5 i 9.7-9.10).

3.4 Ocena części analitycznej

Istotnym osiągnięciem autora jest sformułowanie koncepcji opisu analitycznego pełzania betonu obciążonego w młodym wieku nawiązującej do modelu łańcucha Kevina-Voigta i uwzględniającej stochastyczny charakter budowy jego struktury.

Do opisu zmienności odkształceń pełzania w czasie, autor użył funkcji odwrotności czasu retardacji, będącego zmienną losową. Zmienną tę opisał za pomocą rozkładów: gamma,

wykładniczego i jednopunktowego, wyprowadzając wyrażenie opisujące jej wartość oczekiwaną. Przy użyciu programu STATISTICA dokonał analizy danych doświadczalnych poszukując metodą najmniejszych kwadratów funkcji odpowiadającej przyjętym rozkładom, estymujących wyniki badań. Na podstawie uzyskanych danych stwierdził, że funkcje uzyskane z uwzględnieniem rozkładu gamma są najlepiej dopasowane do wyników badań, zarówno w przypadku betonu młodego jak i dojrzałego.

Następnie autor na wykresach porównał uzyskane funkcje z wynikami badań. W przypadku betonu ściskanego i rozciąganego oraz fibrobetonu ściskanego stwierdził dobrą zgodność, natomiast nie wszystkie uzyskane w badaniach przebiegi zmienności odkształceń pełzania udało się opisać zaproponowanymi funkcjami.

Ważną obserwacją autora jest fakt, że dynamika odkształceń reologicznych młodego betonu jest większa niż betonu dojrzałego, a także, że zależy ona od stopnia wyężenia oraz obecności włókien.

Pytania i uwagi recenzenta są następujące:

- Autor ustalał postaci krzywych dla konkretnych warunków: beton/fibrobeton, ściskanie/rozciąganie, określona wilgotność, określona wytrzymałość. Jak ekstrapolować wyniki na inne warunki wilgotnościowe, inny cement i inne wytrzymałości? Jaki jest fizyczny sens parametrów α i λ ?
- Czym jest „czas obciążenia „ t_0-t na rys. rys.8.12, 8,13 i innych rysunkach w tym rozdziale oraz w rozdziale 9.3.3.1? Czy nie powinno to być „ $t-t_0$ ”?
- Wszystkie estymowane zależności były analizowane w założeniu, że odkształcenia „czystego” pełzania jest różnicą między pomierzonymi odkształceniami a odkształceniami początkowymi i odkształceniami przypisanymi skurczowi (wzór 8.1). Analizując jednak wyniki badań można zauważyć, że w przypadku ściskania beton jak i fibrobeton obciążony w wieku 1 dnia wykazuje mniejsze odkształcenia pełzania, niż obciążony w późniejszym wieku (widać to zwłaszcza na rys. 8.16 i 8.26 w przypadku betonu zwykłego, ale także na rys. 8.31 w przypadku fibrobetonu). Natomiast w przypadku rozciągania na rys. 8.44, 8.49, 8.54 i 8.59 widać, że prawidłowość „im wcześniej obciążony beton tym większe odkształcenia pełzania” w przypadku betonu jest w zasadzie zachowana. Wydaje się, że w związku z powyższą obserwacją, ściskany beton i fibrobeton 1 dniowy powinny być wyłączone ze wspólnej analizy, ze względu na przenikanie się efektów skurczu i pełzania (do których dochodzić może także efekt samonagrzewu betonu), które zdaniem recenzenta winny być rozpatrywane w tym przypadku łącznie.

- Str.145₈₋₁ – Analizując wyniki badań autor napisał, że „*włókna polipropylenowe ograniczają szybkość pęcznienia betonu*”, nie pisząc w całym akapicie nic o włóknach stalowych. Jaka była w takim razie rola włókien stalowych w badaniach i w jakim celu dodano je do badanego fibrobetonu?
- Pewien niepokój budzi większe nachylenie krzywych doświadczalnych w czasie od 96 do 240 godzin w stosunku do wyznaczonych analitycznie na rys. 9.9 i 9.10.

3.5 Ocena wniosków

Wnioski wyprowadzone przez autora są ważne z punktu widzenia poznawczego jak i dla praktyki budowlanej.

Jednak, aby były bardziej użyteczne, należałoby wyraźnie rozdzielić ogólne wnioski jakościowe od ilościowych. Bowiem wnioski ilościowe dotyczą tylko badanego betonu i fibrobetonu o określonym składzie. Nie należy pisać, że „*współczynniki są od 2 do 5 razy większe w porównaniu z wyznaczonymi procedurą normową*” (wniosek 3, podobnie wniosek 1 i 4) - tak było jedynie w badaniach autora. Lepiej byłoby „*uzyskane w wyniku badań współczynniki były od 2 do 5 razy większe niż wyznaczone zgodnie z procedurą normową*”.

Ponadto:

- we wnioskach nie ma stwierdzenia, czy teza pracy została udowodniona,
- czym jest i jaki ma mechanizm „*dodatkový skurcz*”, o którym napisano we wniosku 5?

4. Ocena strony redakcyjnej pracy

Ogólnie praca napisana jest poprawnym językiem, myśli z reguły formułowane są jasno. Recenzent zauważył jednak pewne uchybienia. Nie mają one wpływu na merytoryczną ocenę pracy, ale zostały poniżej wyszczególnione (nie wymagają one odniesienia autora podczas obrony pracy):

- Cytowanie rysunków bez opisu przedstawianych danych nie jest wskazane (np. Czym są „*włókna I*” na rys. 2.4c? Czym są „*odkształcenia pęcznienia unormowane*” na rys. 3.4? Rys. 3.24 podpisano jako „*porównanie skurczu i pęcznienia*”, a z rysunków nie wynika, które krzywe opisują poszczególne zjawiska. Podobnie rys.3.25, 3.26, 3.27, 3.28).
- Wiele rysunków jest skanowanych i nieczytelnych np. rys. 3.17 (nie można odczytać, które krzywe opisują włókna polipropylenowe, a które stalowe), 2.5, 4.11, czy też opisanych zbyt małą czcionką (np. rys. 2.5, 3.1),
- Uchybienia w opisach wykresów:

- rys.3.4 – nie podano jednostek osi pionowej.
- rys. 3.5 – brak opisu osi pionowej oraz jednostek.
- rys.3.12 - nie podano czy prezentowane wykresy dotyczą ściskania, czy rozciągania.
- rys. 3.29 – w podpisie jest „*pełzanie*”, a oś pionowa podpisana jest „*odkształcenia skurczu*”.
- nie podano źródła rys. 4.8.
- co pokazano na rys. 4.4 w czwartej kolumnie (w tekście odniesiono się jedynie do pierwszej, drugiej i trzeciej kolumny)?
- czym są jednakowo opisane w legendzie rys.8.2 trójkąty i kółka?
- w podpisach rys.9.3 i 9.4 nie podano według jakiej normy obliczono przebiegi wykresów.
- rys.9.9-9.11 – w opisie osi jest unormowane odkształcenie pełzania „*e*”, a ono we wzorze (9.41) oznaczone jest „*ε_t*”.
- podpis rys. 9.9-9.11 – napisano „*f1E – wg wzoru (9.39), f2E – wg wzoru (9.39)*”, a powinno być „*f1E – wg wzoru (9.36), f2E – wg wzoru (9.37)*”
- Uchybienia w opisach wzorów:
- niejednakowe symbole opisujące te same zmienne (w równaniu 4.2 i 4.3 $E_{(t0)}$, a równaniu 4.4, 4.5 - E_{t0});
- nie opisano zmiennej w równaniu (4.8);
- we wzorze 4.19 występuje zmienna $C_n(t')$, a pod wzorem wyjaśniono znaczenie zmiennej $C_n(t)$;
- we wzorze 4.31 występuje zmienna $\overline{f_c}$, a pod wzorem wyjaśniono znaczenie zmiennej f_c ;
- we wzorze 8.1 występuje zmienna $\varepsilon_{c(t,t0)}$, a pod wzorem wyjaśniono znaczenie zmiennej $\varepsilon_{p(t,t0)}$;
- str. 15₁₁ – jest „*N_w/N_{kzwd}*” zamiast „*N_w/N_{kzwd}*”;
- czym jest $v^{1/3}$ i α we wzorze 4.45 i 4.46 oraz a we wzorze 4.47?;
- czym jest zmienna t_0 we wzorze 4.20 i 4.26?
- str. 114₅ – jest $\beta_{f_{cm}}$ zamiast $\beta(f_{cm})$.
- Błędy interpunkcyjne: Str. 8¹⁰ – brak przecinka przed „które”; powołania na pozycje literaturowe nie są oddzielone spacją od tekstu (np. str. 8⁸, 8₁₅, 8₆, 8₅, 10₃, 25₁, 48³, 58₈ i od siebie np. 29₄, 48¹), brak przecinka w tytule rozdziału 6.
- Błędy literowe: str. 8⁴ – jest „*włoknami*” zamiast „*włóknami*”; str.8¹¹ – jest „*które rolę eliminują*”; str. 10₃ – jest „*w pobliży*” zamiast „*w pobliżu*”; str.44₁₂ – jest „*zawarty*” zamiast „*zawarte*”; str.51³ – jest „*swoje*” zamiast „*swojej*”; str.71₆ – jest „*baza*” zamiast

- „baza”; str.121₆ – jest „przyjmuje ma postać”; str. 128⁹ – jest „większa” zamiast „większą”; str.128₁₃ – jest „mechaniczna” zamiast „mechaniczną”; str.152₁₁ – jest „fi brobetonu”; str.153 – czym są zapisy w bibliografii „abr, maio, dez”, itp?; str.154₁₃ – jest „Problrmoē”; str.158 – nie podano tytułu czasopisma poz. 72
- Nieprecyzyjne stwierdzenia: Str. 31¹ – napisano „zaobserwowano obniżenie wartości modułu Younge’a po dodaniu włókien”, tymczasem chodzi chyba o obniżenie modułu sprężystości w wyniku dodania włókien; Str. 22⁶ – powinno być „liczby zarysowań”, a nie „ilości zarysowań”;
 - Norma fib ModelCode 2010, której oznaczeniem według strony internetowej fib jest MC2010 jest nazywana różnie i niejednoznacznie (np. tytuł rozdziału 9.2, str. 121⁴, podpis tablicy 9.6); ponadto jest to praca zbiorowa, a nie autorska, jak napisano w bibliografii w poz.85.

5. Wniosek końcowy

Przedstawiona praca jest niewątpliwie dziełem oryginalnym.

Doktorant podjął się zadania, które konsekwentnie rozwiązywał. Wykazał się wiedzą z zakresu podjętej tematyki. Udowodnił umiejętność programowania i realizacji prac w laboratorium badawczym, analizy danych (w szczególności analizy statystycznej) i wyprowadzania wniosków. Podsumowując - praca świadczy o opanowaniu przez doktoranta warsztatu badań naukowych.

Ostatecznie stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska mgr inż. Jarosława Błyszko pt. „Porównawcza analiza pełzania twardniejącego betonu zwykłego oraz modyfikowanego zbrojeniem rozproszonym” spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”. Wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Dr hab. inż. Anna Halicka, prof. PL

Lublin dn. 12.12.2015