

Dr hab. inż. Marta Kosior-Kazberuk, prof. PB
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45E
15-351 Białystok

Białystok, 20.08.2019

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Piotra Dolnego

"Redystrybucja momentów zginających w belkach żelbetowych pod obciążeniem długotrwałym"

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Prof. dr hab. inż. Janusza Zielińskiego, Dziekana Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej w Płocku (PO/31/2019 z dn. 12.07.2019 r.) realizującego decyzję Rady Wydziału.

Rozprawa doktorska została przygotowana w Politechnice Warszawskiej w Płocku. Promotorem rozprawy był Dr hab. inż. Tomasz Błaszczczyński, prof. PP, a promotorem pomocniczym - Dr inż. Krzysztof Kamiński.

1. CHARAKTERYSTYKA PRACY

Rozprawa ma charakter eksperymentalny i teoretyczny, liczy 170 stron. Zawiera streszczenia w języku polskim i angielskim, a także wykaz podstawowych oznaczeń, symboli i pojęć w którym wyjaśniono, między innymi założenia odnośnie stosowanych w pracy pojęć *redystrybucja sił wewnętrznych* i *kierunek redystrybucji*. Praca została podzielona na 8 rozdziałów uzupełnionych pięcioma załącznikami, spośród których cztery dołączono do rozprawy w formie elektronicznej. Natomiast Załącznik 5., zawierający rozwiązanie układu równań stanowiących podstawę jednego z modeli, opisujących zachowanie się belki żelbetowej w warunkach obciążenia długotrwałego, zamieszczono w rozprawie. Podstawową część pracy zilustrowano 132 rysunkami i 23 tabelami. Załączniki 1. zawiera wyniki badań właściwości fizycznych materiałów stosowanych do wykonania belek modelowych, a wyniki badań poszczególnych belek zebrano w załącznikach 2-4. Pracę kończy wykaz literatury liczący łącznie 115 pozycji, spośród których tylko nieco ponad 20% stanowią prace obcojęzyczne, wykorzystano również 29 norm.

Rozdział pierwszy to *Wstęp*, w którym Autor w sposób ogólny zaprezentował powody, które skłoniły Go do podjęcia tematyki badawczej dotyczącej zagadnienia redystrybucji sił wewnętrznych w belkach żelbetowych, a także zaprezentował cele badań i tezy rozprawy.

W rozdziale drugim dokonano analizy literatury związanej z przedmiotem rozprawy. Opisano proces redystrybucji, warianty redystrybucji sił wewnętrznych w wyniku zmiany sztywności, "wskutek naruszenia konstrukcji" oraz w fazie zniszczenia konstrukcji, a także metody analizy konstrukcji. Autor scharakteryzował wyniki badań doświadczalnych i analiz teoretycznych, obejmujących również modele obliczeniowe redystrybucji sił wewnętrznych w konstrukcjach żelbetowych. Przegląd literatury objął również omówienie znormalizowanych podejść do projektowania konstrukcji z uwzględnieniem redystrybucji sił wewnętrznych. Godne podkreślenia jest tu nie tylko zacytowanie szeregu prac, ale również ich krytyczna analiza dotycząca wpływu poszczególnych czynników, determinujących zjawisko redystrybucji, na wyniki uzyskane przez różnych badaczy. Wnioski wynikające z przeglądu literatury zostały wykorzystane przy interpretacji wyników badań własnych oraz ich weryfikacji obliczeniowej.

Z podsumowania przeglądu literatury jasno wynika potrzeba poszukiwania metod umożliwiających w szerszym zakresie uwzględnianie redystrybucji sił wewnętrznych w projektowaniu konstrukcji żelbetowych.

W rozdziale trzecim Autor przedstawił koncepcję badań własnych, które obejmowały: charakterystykę kruszywa stosowanego do betonu, badania właściwości mechanicznych betonu i stali zbrojeniowej stosowanych do wykonania elementów belkowych oraz badanie belek symulujących badania w skali naturalnej. Wyniki analizy częściowych współczynników bezpieczeństwa, stosowanych do ustalania wartości obliczeniowej obciążeń, wykorzystano do ustalenia poziomu obciążenia belek podczas badań długotrwałych. Z treści rozprawy wynika, że analizowane wyniki prac eksperymentalnych są częścią większego programu badawczego, prawdopodobnie wieloautorskiego. Wykonano elementy próbne o przekroju 150×250 mm, o długości 4950 mm o zróżnicowanym zbrojeniu podłużnym podporowym i przęsłowym. Elementy belkowe były przystosowane do badań symulujących pracę belki dwuprzęsłowej o długości przęsła w osiach podpór równej 3800 mm. Przez co najmniej 28 dni rejestrowano odkształcenia belek w przekroju przęsłowym i podporowym pod obciążeniem w postaci dwóch sił skupionych umieszczonych w środkowej części przęsła.

Rozdział czwarty zawiera prezentację części wyników badań doświadczalnych. W ramach badań materiałowych kontrolowano parametry stosowanego kruszywa, konsystencję mieszanki betonowej, wyznaczono wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie przy zginaniu, oraz moduł sprężystości betonu. Wyznaczono charakterystyki naprężeniowo – odkształceniowe w próbie osiowego rozciągania prętów zbrojenia stalowego. Wyniki badań materiałowych posłużyły do ustalenia warunków badania belek żelbetowych. W zasadniczej części rozdziału Autor przedstawił wyniki badania trzech belek. Analizowano zachowanie się belek poddanych obciążeniu długotrwałemu, między innymi, na podstawie zmian wartości reakcji podporowych, ugięć i krzywizny belki. Ponadto, opisano wyniki towarzyszące charakteryzujące zachowanie się belek np. morfologia zarysowania, nośność przekrojów krytycznych. Na podstawie porównania wartości momentów zginających uzyskanych podczas badań eksperymentalnych oraz momentów obliczonych przy zastosowaniu analizy liniowo-sprężystej Autor stwierdził zmianę rozkładu momentów zginających w czasie. Następnie, w fazie zniszczenia belek, obserwował redystrybucję momentów zginających "w kierunku od przęsła ku podporze". W tym rozdziale daje się odczuć brak szerszych komentarzy dotyczących uzyskanych wyników.

W rozdziale piątym, w ramach analizy wyników badań doświadczalnych, porównano zależności obciążenie-ugięcie obliczone oraz uzyskane w trakcie badania jednej z belek. Przedstawiono rozkład momentów zginających rejestrowanych dla tej samej belki, wskazujący na nieznaczne zmiany zasięgu momentów podczas badania. Najbardziej interesujący w tym rozdziale jest Rys. 5.6, który przedstawia porównanie eksperymentalnych i obliczeniowych zależności momentów zginających od wartości obciążenia belki B14-07, wskazujący na redystrybucję momentów zginających w fazie eksploatacji, a następnie w fazie zniszczenia.

Rozdział szósty zawiera analizę teoretyczną rozkładu sił wewnętrznych na długości belki z wykorzystaniem opisów sztywności zaproponowanych przez Brandsona i Kuczyńskiego. Na tle tych symulacji przedstawiono wyniki własnych badań doświadczalnych. Stwierdzenie, że zastosowane modele nie wyjaśniają zmian sił wewnętrznych obserwowanych podczas badań, było przyczyną podjęcia próby opracowania własnej metody opisywania zmian sił wewnętrznych w belkach pod obciążeniem długotrwałym. Według Autora, łatwy w stosowaniu i dobrze odzwierciedlający procesy obserwowane podczas badań doświadczalnych, okazał się uproszczony model uwzględniający wpływ zarysowania i pęczania na sztywność przekroju i w konsekwencji na rozkład sił wewnętrznych w belkach.

W *Podsumowaniu*, będącym rozdziałem siódmym, Autor zawarł krótki opis zakresu pracy z podkreśleniem najważniejszych osiągnięć. W ostatnim ósmym rozdziale pracy zawarto skondensowane wnioski, sformułowane na podstawie analizy wyników badań doświadczalnych, wspartej analizą teoretyczną, dotyczące głównie znaczenia redystrybucji sił wewnętrznych w belkach długotrwanie obciążonych oraz przydatności opracowanego modelu szacowania zmian sztywności belki żelbetowej. Podano również interesujące kierunki przyszłych badań zmierzających do uzyskania

nowej wiedzy w zakresie modelowania redystrybucji sił wewnętrznych, pod obciążeniem długotrwałym w złożonych obiektach budowlanych oraz w konstrukcyjnych elementach wzmocnionych np. taśmami CFRP.

2. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

2.1. Ocena doboru tematu, postawionych celów i tezy

Rozprawa dotyczy zagadnienia redystrybucji momentów zginających w hiperstatycznych belkach żelbetowych pod obciążeniem długotrwałym. Historia badań nad zjawiskiem redystrybucji sił wewnętrznych jest stosunkowo długa, jednakże ten problem podejmują nieliczni badacze. Zatem, wciąż brakuje danych, niezbędnych do rozwoju metod projektowania wieloprzęsłowych belek statycznie niewyznaczalnych. Autora szczególnie zainteresował problem redystrybucji sił wewnętrznych poniżej poziomu obciążenia niszczącego i zjawisko tzw. "redystrybucji odwrotnej". Redystrybucja momentów zginających ma ścisły związek ze stopniem wyężenia (wzrostem obciążenia). Przy niewielkim wyężeniu belki redystrybucja jest stosunkowo niewielka i rozkład momentów zginających odpowiada w przybliżeniu rozkładowi momentów w belce o stałej sztywności. Wyraźne zmiany w rozkładzie momentów zginających rozpoczynają się, gdy nastąpi zarysowanie belki. Sposób redystrybucji może ulegać zmianie w zależności od kształtu przekroju poprzecznego, sposobu obciążenia belki i stopnia wyężenia jej przekrojów. Te zagadnienia są zwykle szerzej analizowane w przypadku belek zespolonych (np. Śledziwski K.: *Studium zachowania zespolonej belki ciągłej z uwzględnieniem zarysowania płyty*, Wyd. Politechnika Lubelska, 2016). Zarówno krajowe jak i zagraniczne przepisy normowe dopuszczają projektowanie z uwzględnieniem redystrybucji sił wewnętrznych w sposób bardzo ograniczony. Tego rodzaju metody obliczeniowe nie są zbyt rozpowszechnione w krajowej praktyce projektowej.

Biorąc powyższe pod uwagę, należy uznać, że tematyka rozprawy jest istotna i aktualna, ma zarówno znaczenie poznawcze, a w przyszłości może mieć odniesienie do praktyki projektowej.

Cele pracy jednoznacznie nawiązują do tematu rozprawy, programu badań doświadczalnych i analiz teoretycznych, a także wskazują na użyteczny charakter wyników rozprawy. Autor wskazał następujące uogólnione cele badań:

1. *Określenie kierunku zmian sił wewnętrznych w belkach żelbetowych pod obciążeniem długotrwałym,*
2. *Określenie stopnia istotności tych zmian,*
3. *Określenie zmian zasięgu momentu podporowego wywołanego redystrybucją sił wewnętrznych pod obciążeniem długotrwałym.*

Sformułowano aż trzy tezy pracy:

1. *W elementach żelbetowych zachodzi redystrybucja sił wewnętrznych poniżej poziomu obciążeń niszczących. Obserwowana jest ona pod obciążeniami długotrwałymi, choć występuje od początku obciążenia konstrukcji.*
2. *Redystrybucja momentów zginających, w żelbetowych belkach hiperstatycznych, pod obciążeniem długotrwałym, prowadzi do wzrostu wartości momentów podporowych oraz zwiększenia ich zasięgu (występuje tzw. „redystrybucja odwrotna”). Zjawisko to występuje na skutek obniżenia sztywności zarysowanych przekrojów oraz pęcznienia betonu w elemencie.*
3. *Możliwe jest oszacowanie rozkładu sił wewnętrznych pod obciążeniem długotrwałym z uwzględnieniem „redystrybucji odwrotnej”, a zatem także zmiany zasięgu momentu podporowego.*

Tezy pracy nawiązują do zakresu przeprowadzonych badań oraz analizy teoretycznej. Są poprawnie sformułowane. Doprecyzowania może jedynie wymagać drugie zdanie 1. tezy.

Autor udowodnił tezy realizując program badań doświadczalnych wzbogacony o analizy teoretyczne.

2.2. Ocena wartości naukowej rozprawy

Rozprawę doktorską mgr inż. Piotra Dolnego oceniam pozytywnie, pomimo licznych uwag krytycznych, przedstawionych w dalszej części recenzji. Składające się z dwóch zasadniczych części badania własne obejmujące prace eksperymentalne i analizę teoretyczną, ukierunkowane na wyjaśnienie zjawiska redystrybucji momentów zginających poniżej poziomu obciążenia niszczącego zostały zaprogramowane prawidłowo z uwagi na założone cele i sformułowane tezy. Jednakże, metodyka badań budzi pewne zastrzeżenia, do których odniosę się w pkt. 3. recenzji. W efekcie badań eksperymentalnych uzyskano wartościowe rezultaty, które zostały przedstawione w formie graficznej w postaci bardzo licznych wykresów i zestawień tabelarycznych. Wyniki byłyby jeszcze cenniejsze gdyby Autor bardziej starannie podszedł do ich opisanie i udokumentowania. Autor uzasadnił koncepcję opracowania modelu szacowania sztywności przekroju, który może zostać wykorzystany do obliczeń sił wewnętrznych w konstrukcjach pod obciążeniem długotrwałym. W mojej opinii Autor przeprowadził poprawną interpretację i krytyczną analizę uzyskanych wyników, dowodząc umiejętności posługiwania się metodami naukowymi w rozwiązywaniu problemu badawczego. Skondensowane podsumowanie pracy należy uznać za właściwe.

Można uznać, że cele pracy zostały osiągnięte a tezy udowodnione.

Do osiągnięć Autora należy zaliczyć, między innymi:

1. Zrealizowanie interesującego programu badań z wykorzystaniem elementów modelowych w skali naturalnej, w efekcie którego uzyskano szereg wartościowych wyników, które przyczynią się nie tylko do rozszerzenia wiedzy odnośnie zjawiska redystrybucji sił wewnętrznych, ale w przyszłości również do rozwoju metod projektowania hiperstatycznych belek żelbetowych.
2. Przeprowadzenie wnikliwej analizy weryfikacyjnej metod szacowania sztywności przekrojów belek żelbetowych, przedstawionych przez innych badaczy oraz podjęcie próby opracowania uproszczonego modelu uwzględniającego wpływ zarysowania i pełzania na sztywność przekroju i w konsekwencji na rozkład sił wewnętrznych w belkach.

3. UWAGI DOTYCZĄCE PRACY

Uwagi krytyczne

1. Przyjęty układ rozprawy i sposób uporządkowania treści nie jest w pełni czytelny. Należało jasno wydzielić rozdział dotyczący programu badań i stosowanej metodyki i nie umieszczać fragmentów opisów metodyki badań w innych rozdziałach. Przegląd literatury powinien być w całości zawarty w rozdziale drugim, bez niezrozumiałych i niepotrzebnych dywagacji w pozostałych rozdziałach. Rozdziały czwarty i piąty można było połączyć. Podobnie, rozdziały siódmy i ósmy - w jeden rozdział *Podsumowanie*.
2. W pracy brakuje wyjaśnienia, przy jakich założeniach zaprojektowano zbrojenie podłużne i poprzeczne badanych belek. Jaką metodę projektowania przyjęto? Należało wyjaśnić zróżnicowanie zbrojenia podłużnego. Jakie założenia przyjęto dla "przebrojonego" i "niedozbrojonego" przekroju podporowego? Ponadto, dlaczego zróżnicowano beton, z którego wykonywano belki modelowe?
3. Zjawisko redystrybucji momentów zachodzi jedynie w konstrukcjach statycznie niewyznaczalnych. Przyjęty model zastępczy belki dwuprzęsłowej jest statycznie wyznaczalny (belka jednoprzęsłowa z przewieszeniem), a zatem ewentualne zmiany sztywności przekrojów nie mają wpływu na rozkład sił wewnętrznych. Jakikolwiek obserwacje zjawiska redystrybucji przy zastosowaniu takiego modelu nie mają sensu. Wartość momentu podporowego w żaden sposób nie zależy od rozkładu momentów w przęśle. Przedstawiony model może służyć jako schemat eksperymentalny jedynie wtedy, gdy obrót przekroju podporowego jest zerowy. W pracy nie przedstawiono sposobu pomiaru tej wielkości.

4. Na str. 41 pracy podano, że beton wykonano przy zastosowaniu cementu CEM III/B-V 32,5R. Natomiast, wyniki podane na Rys. 4.1 (str. 85) dotyczą betonów z cementami CEM I 42,5R oraz CEM II/B-V 32,5 N. Ponadto, w pracy nie podano właściwości stosowanego cementu ani plastyfikatora.
5. Komentarze do wyników badań doświadczalnych są zdawkowe. W wielu miejscach brak konkretnego podsumowania uzyskanych rezultatów.
6. Autor wiele miejsca poświęca mało istotnym szczegółom technicznym, np. opisuje sposób mocowania czujników do pomiaru odkształceń, ale nie określa precyzyjnie ich rozmieszczenia na wysokości belki.
7. W pracy nie podano jaką wartość współczynnika α_k przyjęto do obliczania ugięć belek według wzoru 5.1. Ma on istotne znaczenie z uwagi na schemat statyczny i sposób obciążenia belki. Ponadto, nie podano w jaki sposób obliczono "ugięcie wywołane skurczem elementu", o który mowa na str. 112. Być może, na tej podstawie można by wyjaśnić tak istotne różnice pomiędzy ugięciami rejestrowanymi w trakcie badań i obliczonymi.

Uwagi dyskusyjne

1. Z treści pracy wynika, że analizowane wyniki badań doświadczalnych (dotyczy trzech belek) są częścią większego programu badawczego, prawdopodobnie wieloautorskiego. Ta kwestia powinna być nieco dokładniej wyjaśniona w pracy.
2. W jakim celu przeprowadzono badania modułu sprężystości betonu przy wyłożeniu próbki w granicach 20-70% (rozd. 3.6.1) oraz pełzania betonu przy wykorzystaniu próbek walcowych (rozd. 3.6.2)? Komentarz do wyników badań jest zdawkowy. Kiedy, podczas badań właściwych lub analiz teoretycznych, wykorzystano te wyniki? Ponadto, nie wyjaśniono dlaczego przy analizie pełzania przyjęto parametry wytrzymałościowe betonu $E_c=31\text{GPa}$ i $f_{cm}=23,1\text{MPa}$, które nie nawiązują do właściwości betonów przedstawionych w Tabelach 4.5 i 4.6.
3. Wykres zmian odkształceń na Rys. 3.38 jest niezrozumiały. W treści pracy nie ma interpretacji otrzymanych wyników: czym wytłumaczyć niezależność od czasu odczytu skrajnego czujnika w strefie rozciąganej belki? Dlaczego nie zaprezentowano wyników pomiarów odkształceń dla pozostałych dwóch belek?
4. Proszę o rozwinięcie stwierdzenia: "*Górne włókna znajdują się w strefie pełzania nieliniowego pomimo obciążenia przekroju momentem, stanowiącym 94% nośności obliczeniowej.*" (str. 72)?
5. W trakcie badań długotrwałych rejestrowano zmiany temperatury i wilgotności w pomieszczeniu, w którym przechowywano elementy badane. Z rozprawy nie wynika, czy wykorzystano zarejestrowane wyniki np. przy analizie pełzania betonu. Ponadto, dlaczego dopuszczono do tak dużych wahań temperatury np. od 16°C do 30°C w przypadku belki B14-07 oraz wilgotności np. od 28% do 79% w przypadku tej samej belki.
6. Co oznaczają symbole a.1a (Rys. 4.14), a1b (Rys. 4.18), a.9 (Rys. 4.20)? Brak wyjaśnienia w tekście bądź w wykazie symboli. Brak precyzyjnych opisów miejsca pomiaru ugięć utrudnia interpretację wyników.
7. Proszę o wyjaśnienie kształtu wykresu zależności ugięcia od momentu zginającego w przęśle, przedstawionego na Rys. 4.24.
8. Zarysowanie belek w strefie podporowej, przedstawione na Rys. 4.26 i 4.27, jest słabo widoczne. Na tej podstawie trudno ocenić prawidłowość przebiegu badania belek.
9. Proszę o wyjaśnienie stwierdzenia: "*Belka B13-04 została złamana w wyniku zwiększenia zasięgu momentu podporowego w wyniku redystrybucji.*" (str. 109). W jaki sposób to stwierdzono? W rozprawie brakuje informacji o zmianie zasięgu momentu podporowego w tej belce. Pokazana na Rys. 4.32 zmiana zasięgu momentu zginającego na długości belki B14-07 jest pomijalnie mała.

10. Proszę doprecyzować stwierdzenie: "*Redystrybucję momentów obliczono tylko dla punktów, w których obrót przekroju podporowego B równał się 0*". Ile takich punktów występowało w pojedynczej belce i gdzie?
11. Autor pisze o wpływie redystrybucji sił wewnętrznych na długości zakotwienia prętów zbrojeniowych (str. 12, str. 143). Zwracam uwagę, że belki statycznie niewyznaczalne projektuje się biorąc pod uwagę obwiednie sił wewnętrznych, które obejmują najbardziej ekstremalne warunki obciążenia, a projektowane długości zakotwień prętów odpowiadają tym warunkom.

Uwagi natury formalnej

Praca została zilustrowana dużą liczbą rysunków, zdjęć i tabel, które przywołano w treści pracy. Pozycje wymienione w spisie literatury zostały zacytowane. Jednakże, efekty pracy można byłoby lepiej ocenić, gdyby rozprawa była przygotowana bardziej starannie. Mam kilka uwag natury edycyjnej:

- Usterki edytorskie i gramatyczne dotyczą przede wszystkim tzw. literówek, błędów gramatycznych oraz interpunkcyjnych, a także niejasnych sformułowań. Jest ich stosunkowo dużo. W przyszłości zalecam uważniejsze redagowanie pracy naukowej.
- Symbole zmiennych powinny być w całej pracy pisane konsekwentnie czcionką pochyłą lub prostą.
- Streszczenie w języku angielskim wymaga korekty językowej;
- W wykazie oznaczeń, symboli i pojęć (str. 9-10) brakuje części istotnych symboli stosowanych w pracy. Nie wyjaśniono ich również w tekście, np. wzór 2.12, 3.9 itp.;
- Rysunki zamieszczone w przeglądzie literatury znacząco różnią się wielkością, stylem opisu i skalą. Część z nich jest słabo widoczna, szczególnie opisy.
- W treści pracy znalazło się szereg niezręcznych sformułowań, takich jak: "...stosunek nośności momentów..." (str. 12), "...przekroje potrafią zwiększać przenoszony moment." (str. 26); "...przegub plastyczny, który metodą równowagi granicznej zatrzymuje przyrost momentów..." (str. 26); "...wycofana już, tzw. "norma mostowa"..." (str. 31); "...modele pracy przekroju..." (str. 33); "...obliczenia sprężyste..." (str.36; Rys. 4.30, str. 107; Rys. 4.34, str. 111); "belka pięciostrefowa..." (str. 31); "Pełzané walców..." (str. 67); "...obliczenie teoretyczne..." (str. 67); "...średnia wytrzymałość kostek..." (str. 85); "W belkach zaprojektowano mieszanki betonowe..." (str. 85); "...belka w dalszym ciągu ulegała redystrybucji..." (str. 116); itp. Zbyt często Autor stosuje skróty myślowe, dopuszczalne jedynie w języku potocznym;
- W treści Autor wielokrotnie używa słów "badania" lub "wyniki" nie precyzując o jakie badania chodzi. Ta uwaga dotyczy również słowa "wytrzymałość";
- Wiele rysunków przygotowano niestarannie: rys. 2.4 - brak opisu osi poziomej; rys. 2.9 - wykres niewidoczny, brak opisu; rys. 2.19 - brak opisu oznaczeń cyfrowych; rys. 3.32 - w opisie dwie zielone linie niewidoczne na wykresie; na dość istotnym Rys. 6.10, przedstawiającym własny model sztywności belki nie można rozróżnić linii;
- Opisy na rysunkach zaczerpniętych z literatury obcojęzycznej powinny być przetłumaczone na język polski (np. rys. 2.7, 2.8). Rysunki nie powinny być skanowane z materiałów źródłowych bez zgody właściciela praw autorskich;
- W tekście na str. 33 powinno być odniesienie do Rys. 2.19, a nie do 2.13 (pojawia się trzykrotnie);
- Na str. 53 (Rozdział 3.) znajdują się odniesienia do wzorów 6.10, które zamieszczono dopiero w Rozdziale 6. (str. 124), ponadto w pracy nie ma wzorów oznaczonych jako 6.10a i 6.10b;
- Brak wyjaśnienia oznaczeń stosowanych na Rys. 3.11-3.13. Są to schematy badanych belek, zatem dokładniejsze wyjaśnienie oznaczeń ułatwiłoby ocenę uzyskanych przez Autora wyników pomiarów;

- Niektóre wzory sformatowano niestarannie, np. we wzorze 3.1 występuje dzielenie przez "zero"; błędy występują we wzorach 4.2 i 4.3;
- Zamiast "Model zachowania się betonu..." (np. str. 28, rys. 2.11), "Model rozciąganego betonu..." (str. 29, rys. 2.15) lepiej użyć sformułowania "Model opisujący zależność naprężenie-odkształcenie...".
- Nie podano procedury badania właściwości mechanicznych stali zbrojeniowej;
- W tekście rozprawy powszechne jest dość przypadkowe usytuowania wzorów w stosunku do treści, gdzie występuje odniesienie do danego wzoru;
- Autor niekonsekwentnie stosuje oznaczenia, np. na Rys. 2.3 symbolem M_1 oznaczono moment podporowy, natomiast w komentarzu do Rys. 2.4 ten sam symbol jest stosowany do oznaczenia momentu w przęśle, itp.;
- Rysunki takie jak Rys. 3.1 przedstawiający cylinder z wodą, Rys. 3.2 - przesiewanie kruszywa, Rys. 3.3 - badanie konsystencji betonu, a także Rys. 3.22 - 3.27 można było pominąć, ponieważ dotyczą prac rutynowych i nie wnoszą niczego nowego do rozprawy;
- Na str. 129, odnośnie wzorów 6.21 - 6.23 chodzi raczej o prawo Hooke'a, a nie Younga;
- Wykaz literatury sporządzono niestarannie. W przypadku pozycji 1, 2, 4, 9, 10, 16, 17, 20, 23, 28, 29, 35, 36, 37, 38, 46, 48, 52, 55, 61, 64, 76, 83 nie podano roku publikacji.
- W przypadku pozycji 19, 21, 40, 41, 42, 43, 58, 69, 70, 84, 86 opis bibliograficzny jest niepełny, nie pozwala zorientować się co do rodzaju publikacji, miejsca wydania itp.
- W opisie pozycji 8 i 14 jest błąd w nazwisku jednego z autorów, prof. A. Czkwianianca.

Wymienione przeze mnie uwagi nie umniejszają oryginalności prezentowanej pracy. Mam nadzieję, że ich wnikliwa analiza przyczyni się do udoskonalenia warsztatu naukowego Autora.

4. WNIOSEK KOŃCOWY

Opiniowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595). Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w zakresie analizy konstrukcji żelbetowych. Kandydat wykazał się znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem pracy, umiejętnościami programowania i prowadzenia badań doświadczalnych, w tym wykorzystania metod badań doświadczalnych oraz prowadzenia analiz teoretycznych.

Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Piotra Dolnego do publicznej obrony rozprawy.

U. Dobson - Leberowicz