

prof. dr hab. inż. Wojciech Radomski dr h.c.
profesor zwyczajny
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy
emerytowany profesor zwyczajny
Politechniki Warszawskiej i Politechniki Łódzkiej
e-mail: w.radomski@il.pw.edu.pl

Warszawa, dnia 8 czerwca 2021 roku

RECENZJA
ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANI MGR INŻ. KATARZYNY MOSSOR
PT. „MODEL PRZEGUBU PLASTYCZNEGO SPRĘŻONEJ BELKI BETONOWEJ
I JEGO WPŁYW NA SZACOWANIE STANÓW GRANICZNYCH KONSTRUKCJI”

1. Podstawa formalna i przedmiot recenzji

Niniejszą recenzję opracowałem na prośbę Pana prof. dr hab. inż. Jacka Pielachy, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport, działającej w Politechnice Poznańskiej. Skierowane do mnie w tej sprawie pismo nosi symbol RD/d/07/02/2021 oraz datę 24 maja 2021 roku.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Mossor, zatytułowana „*Model przegubu plastycznego sprężonej belki betonowej i jego wpływ na szacowanie stanów granicznych konstrukcji*”. Praca ta liczy 176 stron wydruku komputerowego formatu A4. Została przygotowana pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Arkadiusza Madaja, profesora uczelni – Politechniki Poznańskiej.

2. Tematyka, treść i sposób zredagowania rozprawy – wstępne elementy jej oceny

Zagadnienia powstawania przegubów plastycznych w konstrukcjach żelbetowych, szczególnie mostowych, są stosunkowo dobrze już znane. Wiadomo, że konstrukcje te cechuje dość szeroki zakres adaptacji do przenoszenia niespodziewanych (nadmiernych) pól przemieszczeń i naprężeń. Jest tak właśnie dzięki zdolności konstrukcji do uplastycznienia. Wskutek tego na przykład niszczenie ich przebiega zwykle w sposób sygnalizowany.

Inaczej jest w przypadku konstrukcji z betonu sprężonego, zwłaszcza mostów o tzw. pełnym sprężeniu, wykluczającym w elementach nośnych powstanie naprężeń rozciągających. Zakres adaptacji takich konstrukcji do przenoszenia nieprzewidywanych (nadmiernych) pól przemieszczeń lub naprężeń jest mniejszy niż żelbetowych i wskutek tego niszczenie elementów sprężonych jest zwykle niesygnalizowane, nieomal kruche. Taki przynajmniej panował do niedawna pogląd, oparty na obserwacji zachowania rzeczywistych obiektów.

W ostatnich jednak latach zauważalna jest jednak tendencja do rozpatrywania konstrukcji sprężonych w zakresie pozasprężystym, co pozostaje w ścisłym związku z ich stanami granicznymi nośności i użyteczności (tak to jest określane zamiast poprawnej

nazwy *użytkowania*). Takie analizy wymagają opisu mechanizmu powstawania przegubów plastycznych i ich wpływu na oba wymienione stany. Wiedza w tym obszarze jest jeszcze niepełna i wymaga badań eksperymentalnych i analiz teoretycznych. W tę właśnie, wymagającą rozwijania tematykę, wkroczyła Pani mgr inż. Katarzyna Mossor swoją rozprawą doktorską. Wybór ten uważam za trafny i dlatego oceniam go bardzo pozytywnie.

Tytuł ocenianej tu rozprawy doktorskiej brzmi – przypomnijmy – „*Model przegubu plastycznego sprężonej belki betonowej i jego wpływ na szacowanie stanów granicznych konstrukcji*”. Tytuł tej nie jest jednoznaczny, bo nie bardzo wiadomo czy chodzi o *wpływ przegubu* czy *wpływ modelu*. Jak jednak dowiadujemy się od samej Autorki (str. 5, wiersz 13 od góry – str. 15, w3g): „...*celem jest opis modelu przegubu plastycznego...i wpływu tego modelu na szacowanie*”. Czy zatem nie byłby nieco lepszy tytuł brzmiący „*Wpływ modelu przegubu plastycznego w sprężonej belce betonowej na szacowanie jej stanów granicznych*”? Taka propozycja zmodyfikowania tytułu uściśla nieco rzeczywistą zawartość pracy, w której o szacowania stanów granicznych konstrukcje jest w istocie niewiele.

Zasadnicza treść rozprawy ujęta jest w siedmiu rozdziałach. Nie będę tu wymieniać ich tytułów ani streszczać ich zawartości. Wystarczy, gdy stwierdzę, że kolejność rozdziałów jest logiczna, że przedstawiana w każdym z nich problematyka jest jasno opisana, że praca napisana jest poprawną na ogół polszczyzną, że dobrze się ją czyta po prostu – słowem rozprawa jest dobrze zredagowana i zaprezentowana. Ważne, że bez trudu można w niej odróżnić, co jest oryginalnymi osiągnięciami Autorki, a co jest zaczerpnięte z prac innych badaczy. Zasługuje to na uznanie. Do treści dysertacji Doktorantki odniosę się jeszcze w następnych punktach recenzji (punkty 3 i 4). Poza zasadniczą częścią pracy, dodano na jej końcu cztery obszernie załączniki, zawierające szczegółową dokumentację wykonanych przez Doktorantkę badań i ich wyników. Dołączono również dyskietkę z elektroniczną wersją rozprawy. Bibliografia jest dość obszerna (112 pozycji) i obejmuje publikacje z różnych lat. Świadczy to o dogłębnym tzw. studiach literaturowych nad tematyką rozprawy, co budzi uznanie. Autorka wykazała dużą wiedzę o tematyce, której dotyczą jej dociekania badawcze. Dlatego pewnie śmiało i bezpośrednio formułuje własne sądy, pisząc na przykład: *w mojej ocenie pogląd ten jest słuszny* (str. 50, w1d), *co w mojej ocenie nie pozwala* (str. 97, w9d). Bardzo mi się to podoba.

3. Merytoryczna ocena rozprawy

Już na samym wstępie tego punktu recenzji stwierdzam, że rozprawę doktorską Pani mgr inż. Katarzyny Mossor oceniam pozytywnie. Uzasadniam to następującymi, ujętymi w punktach, argumentami (oznaczonymi przez **A** i kolejne numery).

A.1. Jak już wspomniano, dużą wartością pracy jest sam wybór jej tematyki. Tematyka ta jest rzeczywiście mało jeszcze rozpoznana, nierutynowa i po prostu trudna. Wynika to w dużej mierze ze skomplikowanego w swej istocie mechanizmu tworzenia przegubów plastycznych w elementach konstrukcyjnych z betonu sprężonego. Samej stali sprężającej, o czym wiadomo, ale wielokrotnie to potwierdza Doktorantka, nie cechuje wyraźna granica plastyczności, jej wartość przyjmowana bywa umownie, co jest - jak pisze Pani mgr inż. Katarzyna Mossor – problematyczne, ale w zasadniczy sposób wpływa na analizę konstrukcji sprężonych w zakresie pozasprężystym czyli plastycznym właśnie.

A.2. Autorka podjęła próbę przedstawienia rozpatrywanej tematyki w sposób – jak to się dzisiaj określa – holistyczny czyli całościowy. I jest to, co warto podkreślić, próba w dużej mierze udana, choć nie bez pewnych zastrzeżeń (patrz dalsze uwagi oznaczone przez **B**).

Najpierw przedstawia genezę analiz i badań, które podjęła, przytaczając argumenty świadczące o wysoce niepełnym stanie wiedzy o przegubach plastycznych w konstrukcjach z betonu sprężonego. Następnie dokonuje krytycznego przeglądu sposobów ujmowania analitycznego i doświadczalnego przegubów plastycznych w żelbecie oraz w betonie sprężonym i porównuje stwierdzenia badawcze z ujęciami normowymi, wskazując na ich daleko idące uproszczenia. W dalszej kolejności – i to stanowi sedno oryginalności pracy – zajmuje się modelowaniem numerycznym przegubu plastycznego i jego roli w redystrybucji sił wewnętrznych w konstrukcji oraz przedstawieniem własnych badań eksperymentalnych, a także analiz obliczeniowych. Na tej podstawie proponuje własny model przegubu plastycznego w konstrukcjach z betonu sprężonego. Ta wymieniona kolejność działań Doktorantki tworzy pewien zamknięty krąg badawczy, z którego jeszcze niekompletności zdaje sobie dobrze sprawę, proponując kierunki dalszych dociekań, bo wie, że w nauce nic się nie kończy. To świadczy o jej dojrzałości badawczej.

A.3. Jak już wspomniano, Autorka przeprowadziła obszernie tzw. studia literaturowe, dotyczące tematyki jej dociekań badawczych. Wszystkie pozycje ujęte w spisie bibliograficznym są umiejętnie cytowane we właściwych miejscach tekstu. Świadczy to o opanowaniu przez nią jednego z podstawowych elementów warsztatu badawczego. Piszę o tej oczywistości dlatego, że obecnie różnie z tym warszatem bywa u młodych naukowców. To właśnie te studia piśmiennictwa światowego pozwoliły Doktorantce na świadomy wybór do własnych analiz modelu plastycznego według Mattocka. Model ten został opisany już dość dawno (publikacja z 1967 roku), ale jak widać okazał się przydatny obecnie, w dobie komputerowego modelowania konstrukcji. Warto więc studiować nie tylko bieżące publikacje!

A.4. Doktorantka opracowała oryginalnie pomyślany program doświadczalny, polegający na badaniach belek hybrydowych betonowo – stalowych, przy czym część stalowa mogła być stosowana wielokrotnie, co miało oczywiście także aspekt oszczędności ekonomicznych. Nie są mi znane inne, podobnie zrealizowane badania. Pomysł Autorki jest według mnie rzeczywiście nowatorski. Budzić on może jednak pewne kontrowersje, na które wskazano dalej w uwadze **B.1.**

A.5. Program doświadczalny był szeroki i obejmował 12 belek sprężonych kablami z przyczepnością i bez przyczepności – 6 belek badanych jako swobodnie podparte i 6 belek badanych jako ciągle dwuprzęsłowe (str. 84, tablica 5.13.). W każdej z tych dwóch grup 3 belki sprężono kablami z przyczepnością i 3 - bez przyczepności. Można ten program uznać w naszych warunkach za rzadko spotykany pod względem ilościowym. Ponadto Autorka zastosowała mało jeszcze powszechną u nas metodę pomiarów z użyciem światłowodów. To kolejny element oryginalności jej pracy. O wnikliwości Doktorantki świadczą też szczegółowo potraktowane wstępne badania cech materiałów składowych belek – betonu, stali zbrojeniowej i stali sprężającej. Budzi uznanie staranne przygotowanie belek do badań i ich oprzyrządowanie (np. umieszczenie czujników na splotach sprężających).

A.6. Silną stroną pracy jest również przeprowadzona przez Doktorantkę analiza numeryczna (rozdział 3). Jej wyniki okazały się zbieżne z wynikami pomiarów doświadczalnych. Stanowi to dowód poprawności rozpatrywanych modeli numerycznych.

A.7. Bardzo interesujące jest, choć może zbyt skromnie wyeksponowane, porównanie zachowania belek sprężonych kablami z iniekcją (tj. z przyczepnością) i tzw. kablami swobodnymi (tj. bez przyczepności). Na dobrą sprawę niewiele do tej pory o tym wiadomo. Ze stwierdzeń Autorki na str. 89 wynika, że wspomniane różnice są dość istotne, zwłaszcza od

strony jakościowej (por. też uwaga **B.4.**). Pomysł, aby badać powstawanie efektów uplastycznienia elementów z oboma rodzajami sprężenia, zasługuje na pochwałę wobec rozpowszechnionego obecnie stosowania tzw. kabli swobodnych w realizacjach obiektów mostowych.

A.8. Wyniki analiz i badań doświadczalnych są przez Autorkę bardzo rzetelnie udokumentowane i przedstawione w czytelny, jasny sposób. To także stanowi oczywiście walor jej rozprawy.

A.9. Wnioski dotyczące redystrybucji sił wewnętrznych (tylko momentów zginających) wskutek uplastycznienia badanych belek są dobrze umotywowane merytorycznie i mogą stanowić podstawę do dalszych poszukiwań badawczych, zmierzających do wprowadzenia zmian w ujęciach normowych, pozwalających na bardziej racjonalne niż dotychczas projektowanie konstrukcji z betonu sprężonego z uwzględnieniem ich stanów granicznych.

Można by znaleźć zapewne więcej jeszcze argumentów uzasadniających wartość opiniowanej dysertacji. Poprzestaną jednak na już przedstawionych, uznając je za całkowicie wystarczające.

Ogólnie pozytywna ocena rozprawy nie oznacza, że nie można w odniesieniu do niej sformułować uwag krytycznych, a przede wszystkim pytań, pobudzających do dyskusji. To dobrze, bo to właśnie stanowi niezbywalny i twórczy czynnik rozwoju nauki. Mam zatem następujące najważniejsze uwagi i pytania (oznaczone przez **B** i kolejne numery).

B.1. Na samym początku to, co wzbudza moje największe zainteresowanie i jednocześnie największe wątpliwości. Wiem, że mogę nie mieć racji, więc dlatego liczę, że Doktorantka wyjaśni moje zastrzeżenia, które być może wynikają z niepełnego zrozumienia przeze mnie idei badań eksperymentalnych, obmyślonych przez nią i konsekwentnie przeprowadzonych. Chodzi przede wszystkim o badania hybrydowych belek ciągłych, dwuprzęsłowych. Są one w części betonowej sprężone, a w drugiej części stalowe. Połączenie obu części wykonano jako doczołowe (rys. 5.10.). Jak już wspomniano, Autorka rozprawy motywuje tę rzeczywiście oryginalną koncepcję badawczą tym, że „*Punktem odniesienia do analizy zmian sztywności zachodzących w części betonowej, była część stalowa o niezmienniej sztywności*” (str. 5). Dodajmy, że parametry geometryczne części stalowej były tak umiejętnie dobrane, że obciążenia powodujące powstawanie przegubów plastycznych w części betonowej nie wywoływały żadnych trwałych zmian w części stalowej. Trzeba jednak zauważyć, że tak pomyślane i wykonane belki dwuprzęsłowe nie odwzorowują rzeczywistych rozwiązań belek ciągłych z betonu sprężonego. Badane belki sprężono pojedynczym kablem o trasie prostoliniowej, położonym w dolnej części przekroju. W rzeczywistych konstrukcjach o schemacie belki ciągłej trasa kabla jest albo krzywoliniowa tak, aby sprężenie realizowane było dołem (w partiach przęsłowych) i górą (w partiach przypodporowych) albo trasy kabli mogą być odcinkowo prostoliniowe, ale umieszczone i dołem (w przęsłach) i górą (nad podporami). Można sądzić, że w przypadku badań belek dwuprzęsłowych wyłącznie z betonu sprężonego kablem krzywoliniowym (a więc bez części stalowej), tworzenie przegubów plastycznych oraz redystrybucja sił wewnętrznych przebiegałyby nieco inaczej niż w badaniach Doktorantki. Byłby to zarazem badania trudniejsze w realizacji. Można zatem traktować zaprezentowane w rozprawie doświadczenia jako wstępne rozeznanie problematyki uplastycznienia konstrukcji z betonu sprężonego. Czy tak miało być? Chyba właśnie tak, bo

Autorka zdaje sobie sprawę z ograniczeń przedstawianej w rozprawie tematyki, wskazując na przykład na potrzebę podjęcia badań nad belkami o krzywoliniowej trasie kabli sprężających (str. 128).

B.2. Autorka stwierdza na str. 56 bez żadnego uzasadnienia, że do wykonania betonowych części belek użyto tzw. betonu towarowego klasy C30/37. To trochę dziwi, bo we współczesnych konstrukcjach mostowych z betonu sprężonego stosowane są już betony wyższych klas, nawet powyżej C60/75. Klasa betonu zastosowana przez Doktorantkę odpowiada raczej współczesnym konstrukcjom żelbetowym. Inna sprawa, że betony niższych klas łatwiej ulegają uplastycznieniu, może więc o to chodziło.

B.3. Na jakiej podstawie oszacowano straty reologiczne sprężania na 5 kN (str. 66)? I dalej. Skoro średnia wartość siły sprężającej po stratach doraźnych było równa 45 kN, natomiast straty doraźne oszacowano na 17 kN, to łączna wartość strat wyniosła $5 \text{ kN} + 17 \text{ kN} = 22 \text{ kN}$. Stanowi to blisko 50 % tzw. skutecznej średniej siły sprężającej wyznaczonej na podstawie danych ze wszystkich dwunastu badanych belek. Skąd taka wielka wartość, skoro zwykle sumaryczne straty sprężania sięgają w realnych konstrukcjach co najwyżej około 20%. Z tabeli 5.12. na str. 66 wynika, że tylko straty doraźne zawarte były w granicach od 30,5% (poz. 7: $P = 47,6 \text{ kN}$, $\Delta P_{\text{doraźne}} = 16,8 \text{ kN}$) do 45,6% (poz. 1: $P = 42,5 \text{ kN}$, $\Delta P_{\text{doraźne}} = 19,4 \text{ kN}$), natomiast średnia siła sprężająca P była równa rzeczywiście 45 kN (dokładnie 44,9 kN – tabela 5.12.). *Nota bene*, operowanie wartością średnią siły sprężającej, pochodzącą z 12 różnych badanych belek, może służyć tylko jako wartość przyjmowana do analiz numerycznych (czy tak uczyniono?), bo sensu fizycznego taka średnia nie ma żadnego. W opiniowanych tu badaniach belki były krótkie (318 cm) i kabel o trasie prostoliniowej, więc straty powinny być dużo mniejsze. Kable powinny być zatem naciągane siłą $45 \text{ kN} + 22 \text{ kN} = 67 \text{ kN}$. Z tabeli 5.12. wynika jednak, że wartość tej siły zawarta była w granicach od 39,8 kN do 50,6 kN. Rozumiem, że w trakcie realizacji mogą być pewne odchyłki od jednakowej, teoretycznie wyznaczonej wartości siły sprężającej, ale różnice w indywidualnym naciągu to ekstremalnie aż 21%. Czy te różnice były intencjonalne czy po prostu „tak wyszło”?

B.4. W nawiązaniu do uwagi **A.7.** warto wskazać, że analiza obrazu zarysowania badanych przez Doktorantkę belek jest raczej ograniczona do opisu jakościowego (np. str. 89). Nie ma próby opisu mechanizmu stwierdzonych w tym zakresie różnic czyli – inaczej rzecz ujmując – jest opis skutków bez opisu przyczyn. Mam nadzieję, że będzie to stanowić przedmiot dalszych dociekań Autorki.

B.5. Niektóre decyzje merytoryczne Doktorantki są przedstawiane bez głębszego uzasadnienia. Tak jest na przykład na stronie 29, na której Autorka pisze, że przyjmuje model stali sprężysto – idealnie plastyczny. Warto zapytać dlaczego?

B.6. Na koniec prowokacyjne pytanie – po co były potrzebne badania belek swobodnie podpartych jako belek-świadków (tak je nazwano str. 52) czyli referencyjnych. W opisie badań belki swobodnie podparte i ciągłe są traktowane rozłącznie. Żadnych referencji nie mogłem się doszukać, ale pewno źle szukałem.

Zagadnień wartych dyskusji można by sformułować znacznie więcej, bo opiniowana praca jest tego warta. Poprzestaną jednak na już przedstawionych.

4. Uwagi szczegółowe

Niżej przedstawione uwagi szczegółowe nie są uporządkowane według stopnia ich ważności merytorycznej, redakcyjnej lub językowej. Sformułowałem je w kolejności odpowiadającej drobnym w większości uchybieniom, które spostrzegłem w miarę czytania pracy. Zamieszczam je wyłącznie po to, aby przy publikacji fragmentów rozprawy jej Autorka mogła je usunąć, jeśli oczywiście się z nimi zgodzi. Są to następujące uwagi (oznaczone przez C i kolejne numery).

C.1. Str. 13, w10g i w11g – Objaśnione są symbole M_y i M_u , które we wzorach (2.2.) i (2,3,) po prostu nie ma.

C.2. Str. 17 - W tabeli 2.2. brak jest podania źródeł, w których badacze ogłosili swoje prace tak, jak to należy uczyniono w tabeli 2.2. na st. 16, korzystając z publikacji [49]. Rozumiem, że w tabeli 2.2. posłużono się tzw. cytowaniem pośrednim, korzystając z publikacji wymienionych w tytule tej tabeli [23.....110]. Jest to jednak pewna niekonsekwencja redakcyjna.

C.3. Str. 19, w3d i rys. 2.4 – W tekście, po symbolu C, jest wymieniona zależność σ - ε , ale symbole te nie występują na rys. 2.4. poza rys. 2.4.b), na którym jest $\varepsilon_c = 0,003$.

C.4. Str. 26, w4d - nie ...w oparciu szereg kryteriów ...(coś opuszczono), tylko ...na podstawie następujących kryteriów...

C.5. Str. 34 i str. 35, tabele 3.1. ÷ 3.5. ć– Brak podania źródeł, powinno być *Model Saenza [...]*. *Nota bene*, apostrof nie jest potrzebny, bo nazwisko jest zakończone spółgłoską (tj. nie *Saenz'a*).

C.6. Rys. 3.8. – W tym przypadku należy napisać wg [36], ponieważ pozycja [36] nie jest pracą Kenta i Parka.

C.7. Str. 38, w1g – Jak należy rozumieć informację, że *zmienne wzmocnienia są używane do kontrolowania uplastycznienia lub zniszczenia powierzchni?*

C.8. Str. 39, rys. 3.10 – Symbole nie są opisane. Ponadto, w3g – powinno być *CDP* (ang. *Concrete Damage Plasticity*).

C.9. Str. 43, w2g – Zwrot: *Uzyskano dobrą zgodność wyników analizy numerycznej z rezultatami badań* jest antycypacją, ponieważ badania są przedmiotem dopiero rozdziału 5. Jest to pewna niezręczność redakcyjna.

C.10. Str. 47, w10d - Jak należy rozumieć pojęcie *pełna redystrybucja*. Redystrybucja jest pewnym zjawiskiem, które występuje lub nie. Autorka utożsamia *pełną redystrybucję* z wyczerpaniem możliwości obrotu przekroju. Czy zatem jest to pewien kres poprzedzający zniszczenie przekroju? Jeśli tak, to którego konkretnie, bo jest mowa o wszystkich przekrojach krytycznych. Czy zatem wszystkie one jednocześnie tracą możliwość obrotów?

C.11. Str. 65, w6 i 7d – *Bary* jako jednostki ciśnienia nie należą do systemu SI. Ale skoro Autorka ich używa, to niech pisze gramatycznie 150 *barów* nie 150 *bar*.

C.12. Str. 79, w3d – Czy rzeczywiście ugięcia mierzono. Nie podlegają one przecież bezpośrednim pomiarom. Mierzone są przemieszczenia pionowe, a ugięcia są obliczane z wyników pomiarów tych przemieszczeń przy podporach i w przeszle.

C.13. Str. 80, rys. 5.14. – Nie ma *łożysk stałych* lub *nieruchomych*. Są łożyska *przegubowo-przesuwne* i *przegubowo-nieprzesuwne*. Wszystkie łożyska bez względu na to, czy są przesuwne czy nieprzesuwne przenoszą przemieszczenia kątowe, więc nie są stałe. To jeden z kolejnych przykładów zakorzenionego niestety błędnego nazewnictwa.

C.14. Str. 91, w3g – Chyba *do chwili zarysowania*, a nie *w chwili zarysowania*. Zarysowanie jest zazwyczaj kresem sprężystego zachowania konstrukcji.

C.15. Str. 94, w6g – Termin *wyświetlenie* nie może być używany w oderwaniu od hipotez wytrzymałościowych. To nie jest np. stopień wykorzystania naprężeń w stosunku do jakiejś wartości granicznej. Tak jest jednakże błędnie rozumiany i stosowany. W przywoływanym tu przypadku chodzi po prostu o najbardziej *obciążony* przekrój belki.

C.16. Bibliografia – niepełne są dane bibliograficzne pozycji [24]. Chodzi o pominięcie, że to *Studia z zakresu inżynierii*, zeszyt nr 36, s. 128 (liczbę stron można ewentualnie pominąć, choć w przypadku monografii powinno się tę liczbę podawać). Pozycja [83] – nie *Naanam a. E.*, tylko *Naaman A. E.* Pozycja [99] – Brak wydawcy. Pozycja [102] – Czasopismo **Techniczne**

C.17. Str. 49, w4g, str. 117, w4g, str. 125, w22g – Nie **OBLICZENIA NUMERYCZNE**, bo to zwrot bez sensu, gdyż innych obliczeń niż numeryczne po prostu nie ma. Mogą być: analiza numeryczna, obliczenia komputerowe lub działania na liczbach ogólnych. Walczę od dawna z tym błędnym zwrotem, ale jak widać bezskutecznie. Używają go bezrefleksyjnie nawet osoby z wieloma literkami przed imieniem i nazwiskiem.

C.18. Dalej z „językowej łączki”. Str. 23, podpis rys. 2.8. – nie *...odkształcenia dla dolnych włókien...* tylko *...odkształcenia dolnych włókien...*; to samo str. 37, w2g – *dla* jest zbędne, to samo str. 110, w2d; str. 31, w1d – nie *wyróżnić* tylko *odróżnić*; , str. 51, w10d – *w przedmiotowych badaniach* to zwrot zaczerpnięty z języka biurokratycznego. Powinno być na przykład: *w przedstawianych, opisywanych lub będących przedmiotem tej pracy badaniach*; str. 73, w2d – *użyto urządzenia* nie *urządzenie*; str. 78, w2d – nie *ilość ... czujników* tylko *liczba ...czujników*, bo to zbiór policzalny, to samo str. 97, w5d, str. 101, w13d, str. 123, w3d, str. 127, w15g; str. 85, w7g. - nie *pokazano przykładowe belki po zniszczeniu*, tylko *pokazano przykład zniszczonej belki*; str. 93, w6g - nie *...co skutkowało niezamierzonym rozwarciem...*, tylko *co powodowało (wywołało) niezamierzone rozwarcie...*;

5. Wniosek końcowy

Podsumowując niniejszą opinię stwierdzam, że rozprawa Pani mgr inż. Katarzyny Mossor pt. „*Model przegubu plastycznego sprężonej belki betonowej i jego wpływ na szacowanie stanów granicznych konstrukcji*” spełnia warunki merytoryczne i formalne stawiane dysertacjom doktorskim. Pracę tę oceniam pozytywnie, czemu dałem wyraz w poprzednich punktach recenzji. Dlatego z satysfakcją stawiam wniosek o dopuszczenie Doktorantki do publicznej obrony wymienionej rozprawy.



