

Prof. dr hab. inż. Mieczysław Kuczma
Instytut Budownictwa
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 5, 60-965 Poznań

kom.: 662 14 00 73
e-mail: mieczyslaw.kuczma@put.poznan.pl

Poznań, 07.09.2023r.

*Recenzja spełnia
wymagania formalne*
PRZEWODNICZĄCA
Rady Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
[Signature]
dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. UZ

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Anny Kucharczyk-Biedniak

pt.: **Wpływ otulenia betonem na niesprężyste wyboczenie prętów zbrojeniowych**

Podstawą opracowania jest pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport Uniwersytetu Zielonogórskiego – dr hab. inż. Beaty Nowogońskiej prof. UZ, informującej o powołaniu na recenzenta przez Senat Uniwersytetu Zielonogórskiego.

1. Przedmiot i ogólna ocena pracy

Praca dotyczy zachowania się elementów żelbetowych, głównie słupów i belek, w warunkach obciążenia wywołującego odspajanie się otuliny betonowej i wyboczenie stalowych prętów zbrojeniowych. Jest to zagadnienie ważne z praktycznego punktu widzenia, szczególnie obecnie gdy projektowanie konstrukcji według Eurokodu 2 oparte jest na analizie stanu granicznej nośności. Ilustrację zjawiska niesprężystego wyboczenia pręta zbrojeniowego belki przedstawia poniższe zdjęcie (rys. 1) z badań belki żelbetowej poddanej trójpunktowemu zginaniu na podstawie badań własnych recenzenta i jego doktoranta.



Rys. 1. Wyboczenie stalowego pręta zbrojeniowego w ściskanej strefie żelbetowej belki poddanej trójpunktowemu zginaniu (badania własne recenzenta i jego doktoranta)

Analiza pracy żelbetowych elementów i konstrukcji w stanach granicznych nośności i użyteczności według Eurokodu 2 jest stosowana w klasycznych sytuacjach projektowych. Zdarzają się jednak przypadki, gdzie konstrukcje żelbetowe mogą znajdować się w stanie deformacji pozakrytycznych, np. wskutek wstrząsów sejsmicznych i parasejsmicznych, eksplozji czy uderzeń mechanicznych na skutek wypadków komunikacyjnych. Do przecięcia konstrukcji może również dojść w wyniku działania obciążeń statycznych, takich jak ponadnormowe opady śniegu lub niekontrolowane zwiększenie obciążeń użytkowych. W takich przypadkach konstrukcje powinny wykazywać się wystarczającą nośnością oraz ciągliwością po przejściu w fazę pracy plastycznej, gdzie następuje rozwój uszkodzeń materiału i konstrukcji. Znajomość mechanizmów zniszczenia pozwala na przyjmowanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, takich jak dostosowane schematy statyczne połączeń (węzłów) konstrukcyjnych elementów składowych oraz prawidłowe kształtowanie zbrojenia w strefach przegubów plastycznych dla zapewnienia odpowiedniej ciągliwości.

W rozprawie omawiana jest analiza niesprężystego wyboczenia prętów zbrojeniowych w konstrukcjach żelbetowych pod wpływem obciążeń stałych. Rozprawa obejmuje badania eksperymentalne oraz modelowanie i symulacje komputerowe przy wykorzystaniu profesjonalnego programu do obliczeń statyczno-wytrzymałościowych ABAQUS. Badania wykonano w laboratorium Instytutu Budownictwa Uniwersytetu Zielonogórskiego za pomocą nowoczesnego sprzętu: maszyny wytrzymałościowej INSTRON 8804 o nośności 500 kN, prasy do wyznaczania wytrzymałości betonu na ściskanie oraz systemu do bezkontaktowych pomiarów przemieszczeń i odkształceń ARAMIS. Przeprowadzono analizy parametryczne na prętach różniących się takimi cechami, jak klasa betonu i stali zbrojeniowej oraz rodzaj stali zbrojeniowej i grubość otuliny betonowej. Doświadczalnie wyznaczono zachowanie się autorskich elementów badawczych wykonanych z betonu klasy C45/55, wykorzystano przy tym dwa rodzaje stali zbrojeniowej o średnicy 12 mm: stal gładką klasy A-II (18G2) oraz stal żebrowaną klasy A-IIIN (B500SP). Do badań przyjęto 8 długości prętów, które miały odzwierciedlać rozstaw zbrojenia poprzecznego oraz trzy grubości otulenia betonem. Zastosowany system pomiarowy ARAMIS umożliwił określenie chwili czasu, w której powstają pierwsze rysy na powierzchni betonu oraz śledzenie dalszej propagacji zarysowania elementu. Doświadczalnie wyznaczono też właściwości mechaniczne (wytrzymałość, moduł sprężystości podłużnej) betonu i stali, które użyto do sporządzenia elementów badanych w testach na nośność wyboczeniową. Celem wykonania analiz porównawczych i określenia nośności na wyboczenie badaniom doświadczalnym poddano również pręty bez otulenia betonem.

Rozprawa liczy 145 stron, podzielona jest na 11 rozdziałów oraz zawiera Streszczenie w j. polskim i j. angielskim, wykaz cytowanych prac – Literaturę, Załącznik z wynikami badań przy pomocy systemu pomiarowego ARAMIS, i Podziękowania. Układ rozprawy jest klarowny i logicznie poprawny. Ogólnie biorąc, rozprawa zredagowana jest starannie, ale trafiają się niedociągnięcia redakcyjne, głównie dotyczące numerów cytowanych pozycji bibliograficznych. Doktorantka zawarła w pracy bardzo liczne zdjęcia i pomocnicze rysunki, wykresy będące graficznym obrazem otrzymanych wyników pomiarów za pomocą maszyny INSTRON i systemu ARAMIS oraz obliczeń komputerowych. Już tutaj stwierdzam, że moja ogólna ocena rozprawy jest pozytywna.

2. Opis i ocena pracy

W stanach deformacji pozasprężystych bardzo często dochodzi do niesprężystego wyboczenia ściskanych prętów zbrojenia podłużnego. Do czynników mających wpływ na wyboczenie prętów zbrojeniowych elementów betonowych można zaliczyć stopień zbrojenia podłużnego, rozmieszczenie i wielkość rozstawu strzemion, rodzaj stali zbrojeniowej oraz wytrzymałość betonu.

Cel przeprowadzonych w pracy badań Doktorantka formułuje (rozd. 6) jako jakościowe i ilościowe określenie wpływu otuliny betonowej na niesprężyste wyboczenie stalowych prętów zbrojeniowych oraz opracowanie wzorów analitycznych do obliczenia nośności wyboczeniowej prętów w betonowej otulinie.

Autorka stawia w rozprawie dwie tezy:

- 1) Otulenie betonem ma istotny wpływ na zachowanie się ściskanych prętów zbrojenia podłużnego.
- 2) O niesprężystym wyboczeniu prętów zbrojenia podłużnego, poza ich smukłością, decyduje w szczególności grubość otulenia betonem i wytrzymałość betonu.

Rozprawę można podzielić na dwie części. Część pierwsza, obejmująca rozdziały od 1 do 6 (str. 8 – 49), ma charakter wprowadzający w tematykę pracy przy wykorzystaniu analiz i wyników badań innych autorów i kończy się sformułowaniem celu i tezy pracy (rozdział 6). W części drugiej Doktorantka opisuje własne doświadczalne badania wytrzymałościowe, użyte materiały, procedury pomiarowe i uzyskane rezultaty, oraz wyniki analiz numerycznych i analitycznych, jak również dokonuje porównania otrzymanych wyników analitycznych i numerycznych z rezultatami doświadczalnymi.

W rozdziałach 1 i 2, Doktorantka uzasadnia potrzebę podjętych w rozprawie badań, których zakres krótko charakteryzuje, wskazuje na specyfikę zachowania się konstrukcji w stanach deformacji pozakrytycznych oraz przywołuje przykłady uszkodzenia elementów żelbetowych i całych konstrukcji wskutek oddziaływań sejsmicznych i parasejsmicznych lub działania obciążeń wyjątkowych (uderzenia pojazdów, eksplozje). Rozdział 3 zawiera omówienie problemu niesprężystego wyboczenia prętów zbrojeniowych w belkach i słupach żelbetowych, wraz z ilustracją faz pracy przekrojów w elementach żelbetowych. W rozdziale 4 Doktorantka omawia problem nośności wyboczeniowej prętów zbrojeniowych. Wyróżnia wyboczenie sprężyste i wyboczenie niesprężyste, analizuje wpływ właściwości mechanicznych stali zbrojeniowej (granicy plastyczności), imperfekcji geometrycznych i cyklicznego obciążenia, oraz dokonuje przeglądu modeli wyboczeniowych prętów ściskanych. Odwołania do źródeł literaturowych nie są tu precyzyjne, np. na str. 20 Doktorantka stwierdza, że „W badaniach doświadczalnych wyboczenia prętów w belkach żelbetowych przedstawionych w pracy [60]...”, podczas, gdy tytuł pracy [60] brzmi: „Performance of bridge columns subjected to blast loads. II: results and recommendations”, wątpliwości budzą też numery [36] i [53] prac cytowanych w podrozdz. 3.2 Słupy żelbetowe i niektóre numery cytowanych prac w rozdz. 4.

Rozdział 5 dotyczy zachowania się betonowej otuliny prętów zbrojeniowych i proponowanych modeli obliczeniowych zjawiska odspajania otuliny betonowej i wyboczenia podłużnych prętów zbrojeniowych. Modele bazują na wykorzystaniu zależności analitycznych

i wyników analiz metodą elementów skończonych, m.in. efektywnym okazuje się model belki na podłożu sprężystym. Doktorantka podaje za autorami pracy [56] (Suda K., Masukawa J., *Models for concrete cover spalling and reinforcement buckling of reinforced concrete*. 12 World Conference on Earthquake Engineering - WCEE, Auckland, New Zealand, 1437, 2000, 8 str.) główne czynniki mające wpływ na zjawisko odspajania otuliny:

- C1) wytrzymałość na rozciąganie betonu otaczającego zbrojenie podłużne,
- C2) zbrojenie poprzeczne,
- C3) sztywność na zginanie zbrojenia podłużnego wraz z wpływem uplastycznienia na wyboczenie,
- C4) początkowe odkształcenie zbrojenia względem wstępnej krzywizny elementu.

Doktorantka przytacza też warunki odspajania otuliny betonowej:

- W1) na całej długości wyboczeniowej szerokość rysy jest większa niż maksymalna szerokość rysy, otulina betonowa nie jest w stanie zapewnić przenoszenia sił z powodu odwrotnego działania obciążenia,
- W2) przyrost pracy wykonanej przez siły wewnętrzne przekracza przyrost energii wewnętrznej zbrojenia.

oraz krótko je omawia, rodzą się tu jednak następujące pytania:

- P1) jak to jest możliwe, że szerokość rysy jest większa niż maksymalna szerokość rysy?
- P2) czy znana jest fizyczna interpretacja warunku W2?

Omawiając model obliczeniowy według pracy [3] (Bai Y.L., Dai J. G., *Finite element modeling of steel bar buckling in FRP – confined RC columns*, w: International Conference on Performance – based and Life – cycle Structural Engineering, Brisbane, 9 – 11 December 2015, PLSE 2015, 2015, ss. 466 – 472, ISBN: 9781742721477), na str. 46 Doktorantka stwierdza, że „Otulina betonowa została sprowadzona do elementu sprężynki o sztywności $K = P/\Delta$, czyli stosunku obciążenia ściskającego do przemieszczeń powstałych wskutek działającego obciążenia.”. Stwierdzenie to wymaga jednak pewnego komentarza wyjaśniającego w związku z różnymi kierunkami działania siły P i reakcji w sprężynce.

Rozdział 7, który jest najdłuższym rozdziałem rozprawy i liczy 35 stron (str. 50 – 84), zawiera wyniki własnych badań doświadczalnych Doktorantki. Główne badania przeprowadzono na 144 elementach badawczych walcowych w postaci pręta zbrojeniowego w otulinie betonowej, mających odzwierciedlać warunki pracy stalowego pręta w słupie żelbetowym. Rozpatrzono wiele wariantów badanych elementów, po 3 próbki dla każdego wariantu, uwzględniając: trzy grubości otuliny betonowej (24 mm, 29 mm i 34 mm), dwa rodzaje prętów zbrojeniowych o średnicy $\varnothing = 12$ mm - pręty gładkie A-II (18G2) i pręty żebrowane A-IIIN (B500SP) oraz 8 długości prętów, dających całkowite proporcje wysokości s próbek do średnicy pręta, s/\varnothing , w przedziale od 5 do 15. W badania zastosowano beton zaprojektowany jak dla klasy C45/55, a jego wytrzymałość na ściskanie wyznaczono na próbkach kostkowych o boku 10 i 15 cm oraz walcowych o średnicy 10 i 15 cm, a wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu (metodą brazylijską) na walcach o średnicy 10 cm. Doświadczalnie wyznaczono granice sprężystości, plastyczności i wytrzymałość użytych obu

klas stali zbrojeniowej oraz ich modułów sprężystości. Zbadano także nośność wyboczeniową prętów stalowych bez otulenia i z otuleniem betonem dla różnych smukłości prętów. Do pomiaru odkształceń powierzchni betonowej badanych 144 elementów badawczych użyto optycznego systemu ARAMIS, który umożliwia bezkontaktowy pomiar trójwymiarowych przemieszczeń i obliczenie odkształceń oraz śledzenie powstawania i rozwoju pęknięć i rys w betonie.

Wyniki pokazane na rys. 7.19a, gdzie podano wartość wybranych odkształceń, wzbudzają pytanie: Jak było przykładane obciążenie próbki, czy od dołu jak pokazano na rysunku, czy do górnej krawędzi próbki jak podano na str. 67 w tekście powyżej rys. 7.19a? Proszę wyjaśnić różnicę między podaną wartością odkształcenia na wykresie (ok. 6%) i w tekście 9,87% dla elementu badawczego S7/70/z na str. 133, podobnie dla elementu badawczego S8/70/g na str. 135.

Szerszego komentarza wymaga charakterystyczne zjawisko nagłego spadku naprężenia, w matematycznym sensie – nieciągłości funkcji naprężeń, które widać na wykresach naprężenie-odkształcenie na rys. 7.19d, 7.22 - 7.28.

Wyniki badań eksperymentalnych uzyskane przez Doktorantkę zostały w pracy przedstawione graficznie w postaci ścieżek równowagi statycznej prętów zbrojonych (bez i z otuliną betonową) i map odkształceń oraz zestawione tabelarycznie.

Otrzymane wyniki badań doświadczalnych pokazują, że nośność wyboczeniowa prętów w otulinie betonowej rośnie wraz ze smukłością i grubością otuliny, im większa smukłość tym większy wzrost nośności układu pręt-beton. Jako miarę smukłości pręta przyjęto w rozprawie stosunek s/\varnothing , wysokości s próbek do średnicy pręta \varnothing . Podkreślić jednak należy, że chodzi tutaj o wzrost względny, tj. względem nośności samego pręta bez otuliny betonowej. Z kolei odkształcenia odpowiadające utracie nośności wykazują zależność przeciwną, tzn. maleją ze wzrostem smukłości.

Uwaga terminologiczna: Dla recenzenta pojęcie „nośność” dotyczy maksymalnej siły, którą jest w stanie przenieść przekrój poprzeczny elementu konstrukcyjnego – mówimy wtedy o nośności przekroju, lub cała konstrukcja – mówimy wtedy o nośności konstrukcji. Natomiast w pracy pojęcie „nośność wyboczeniowa” jest zdefiniowane jako maksymalne naprężenie wyznaczone w badaniach obliczane według wzoru (7.3), który tu dla wygody przytacza się,

$$\sigma_{sb} = \sigma_{s,max} = \frac{N_{max}}{A_s}$$

gdzie N_{max} jest największą siłą przenoszącą przez pręt z betonową otuliną, czyli nośnością tego elementu konstrukcyjnego, natomiast A_s oznacza pole przekroju poprzecznego samego stalowego pręta (bez otuliny). Dlatego stwierdzenie Doktorantki: „Nośność wyboczeniowa jest większa od granicy plastyczności.” (str. 74), należy rozpatrywać w kontekście przyjętej w pracy definicji nośności wyboczeniowej.

W rozdz. 8 Doktorantka przedstawia wyniki analiz numerycznych badanego zjawiska utraty nośności prętów zbrojonych bez otuliny betonowej i dla prętów stalowych w otulinie betonowej. Najpierw omawia metody rozwiązywania nieliniowych zagadnień utraty

stateczności konstrukcji i numerycznego modelowania pręta w otulinie betonowej za pomocą prętów bocznych położonych prostopadle do osi stalowego pręta. Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu komputerowego ABAQUS, przyjmując model obliczeniowy pręta obustronnie utwierdzonego, który podzielono na elementy skończone typu BEAM 2D o równej długości z dołączonymi w węzłach prostopadłymi prętami modelującymi betonową otulinę, i obciążonego siłą skupioną na końcu pręta. Zarówno prętowi zbrojenia głównego jak i prętom symulującym otulinę nadano sprężysto-plastyczną charakterystykę, które czynią rozpatrywane zadanie fizycznie nieliniowym.

Doktorantka stwierdza, że „Dla prawidłowego określenia zachowania się prętów zbrojeniowych, zadawano wymuszone przemieszczenie boczne, które odpowiadało wartości granicy plastyczności w chwili wyboczenia.”. Dodatkowego wyjaśnienia, zdaniem recenzenta, wymaga potrzebne większe wymuszone boczne przemieszczenie $u_x = 0,012$ mm dla pręta ze stali gładkiej A-II o granicy plastyczności 352,36 MPa, niż $u_x = 0,005$ mm dla pręta ze stali żebrowanej o wyższej granicy plastyczności wynoszącej 524,25 MPa, przy tej samej smukłości pręta. Komentarza wymaga też bardzo mała wartość modułu sprężystości Younga dla betonu, $E = 0.650$ GPa, podana w tab. 8.2, którą zastosowano w obliczeniach numerycznych. Interesującym byłoby zamodelowanie i obliczenie za pomocą MES programem ABAQUS zadania trójwymiarowego (lub dwuwymiarowego z uwagi na symetrię osiową) w postaci pręta otoczonego warstwą betonu o grubości $(c - \emptyset)/2$, czyli odwzorowania faktycznych elementów badawczych poddanych testom laboratoryjnym. Rozwiązanie wyznaczono metodą Newtona-Raphsona, przy czym występujące we wzorze (8.3) wielkości $f(x_k)$ i $f'(x_k)$ są to wartości funkcji i jej pochodnej w punkcie x_k , a nie jak podano funkcje. Doktorantka zamieszcza tu również wyniki wielu parametrycznych analiz za pomocą tego modelu obliczeniowego. Zbadano wpływ średnicy prętów $\emptyset = 6$ mm, 16 mm, 20 mm na ich nośność wyboczeniową przy otuleniu betonem klasy C35/45, oraz wpływ klasy betonu C20/25 i C30/37 na nośność wyboczeniową prętów o średnicy $\emptyset = 16$ mm. Wielokrotnie powtarzany w pracy wniosek, m.in. jako stwierdzenie na str. 93, że: „Wraz ze wzrostem smukłości s/\emptyset , rośnie nośność wyboczeniowa.” lub na str. 94 – „Nośność wyboczeniowa pręta w otulinie rośnie wraz ze smukłością.”, jest dużym skrótem myślowym, który należy interpretować w sensie definicji nośności wyboczeniowej stosowanej w tej pracy, określonej wzorem (7.3). Podobną uwagę można poczynić odnośnie stwierdzenia na str. 100: „Pręty o średnicy równej $\emptyset = 6$ mm wykazują większą nośność, niż pręty o większej średnicy. [...] Wraz ze wzrostem smukłości prętów, można zaobserwować podobne zachowanie dla wszystkich analizowanych średnic prętów, nośność na wyboczenie rośnie.”.

Rozdział 9 zawiera dwa analityczne wzory określające nośność wyboczeniową obu rodzajów stalowych prętów zbrojeniowych z otuliną betonową. Doktorantka przywołuje rys. 9.1 z wynikami wyznaczonymi w badaniach doświadczalnych (pokazane już uprzednio w pracy na rys. 7.29) oraz wyznacza ich aproksymację funkcją zależną od smukłości pręta s/\emptyset i średnicy walca c , stosując estymację nieliniową w postaci funkcji wykładniczej, której ogólną postać określa wzór (9.1). Współczynników funkcji aproksymujących, podane wzorami (9.2) i (9.3), wyznaczono minimalizując błąd aproksymacji metodą najmniejszych kwadratów. Komentarza

wymaga tu zmiana wykładniczych funkcji aproksymujących według wzorów (9.2) i (9.3) na funkcje logarytmiczne, które podano na rys. 9.2?

Porównanie wyników oszacowań teoretycznych i wyników obliczeń MES z rezultatami badań doświadczalnych Doktorantki zilustrowano graficznie na rys. 10.1, 10.2 i 10.3 w rozdz. 10. Dla uniknięcia nieporozumień, należałoby podać tutaj znaczenie wielkości występujących we wzorze (10.1) na estymator odchylenia standardowego. Nie jest bowiem jasne stwierdzenie, że x to „średnia średnich próbek”. Ponadto: Co oznacza \bar{x} , oraz względem której wielkości sumujemy w mianowniku? (W zapisie wzoru (10.1) jest znak sumy \sum , ale brak wskaźnika po którym sumujemy.)

Rozdział 11 zawiera krótkie podsumowanie pracy i wnioski końcowe.

Dokonując podsumowującej oceny merytorycznej rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Kucharczyk-Biedniak, na podstawie jej szczegółowej lektury oraz wyżej przedstawionego jej zakresu i treści, stwierdzam pomimo sformułowanych uwag i pytań, że rozprawa zawiera wiele oryginalnych elementów i interesujących wyników. Doktorantka podjęła ważne praktycznie zagadnienie wyznaczenia wpływu betonowej otuliny na nośność wyboczeniową prętów zbrojeniowych w elementach żelbetowych (belkach i słupach) w zakresie niesprężystym. Zastosowane maszyna wytrzymałościowa INSTRON i system ARAMIS umożliwiły pomiar przemieszczeń i odkształceń oraz obserwację rozwoju pęknięć na powierzchni betonowej otuliny obciążanego stalowego pręta zbrojeniowego. Badania obejmowały oprócz rozległych eksperymentów laboratoryjnych, także symulacje numeryczne i analizy teoretyczne. Doktorantce udało się uzyskać dobrą zgodność wyników obliczeń według modelu teoretycznego i podanych oszacowań analitycznych z wynikami badań doświadczalnych.

Jak pokazano w rozprawie, przeprowadzone badania doświadczalne i obliczenia numeryczne potwierdziły, że nośność wyboczeniowa prętów zbrojeniowych jest silnie zależna od smukłości pręta i rodzaju stali zbrojeniowej, oraz od grubości otuliny betonowej. Pręty w otulinie betonowej mają wyższą nośność na wyboczenie niż pręty bez otuliny, a pręty żebrowane wykazują niższy względny wzrost nośności na wyboczenie niż pręty gładkie, gdy wzrasta smukłość pręta. Ponadto, wartości odkształceń w chwili wyboczenia maleją wraz ze wzrostem smukłości i grubości betonowej otuliny. Przeprowadzone badania dostarczyły istotnych informacji na temat zachowania się prętów zbrojeniowych pod obciążeniem wyboczeniowym.

Chcę tutaj wyraźnie podkreślić, że moje uwagi krytyczne i zapytania poczynione wyżej nie obniżają mojej pozytywnej oceny tej rozprawy doktorskiej. Doktorantka przeprowadziła bowiem rozległe badania doświadczalne z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury badawczej i uzyskała szereg wartościowych wyników w analizie złożonego zagadnienia jakim jest problem wyboczenia prętów zbrojeniowych w elementach żelbetowych w zakresie niesprężystym.

3. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Anny Kucharczyk-Biedniak stanowi oryginalną propozycję analizy problemu naukowego o dużym znaczeniu praktycznym, i potwierdza Jej wiedzę teoretyczną w dziedzinie mechaniki konstrukcji budowlanych, spełnia tym samym wymóg art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Rozprawa stanowi istotny wkład Autorki do badań doświadczalnych, modelowania i numerycznej symulacji quasi-statycznych procesów deformacji sprężysto-plastycznych żelbetowych elementów nośnych konstrukcji budowlanych w zakresie nieliniowym.

Stawiam wniosek o przyjęcie pracy i dopuszczenie mgr inż. Anny Kucharczyk-Biedniak do publicznej obrony i ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie *Inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

