

prof. dr hab. inż. Czesław Miedziałowski  
ul. Wiejska 45E  
15-351 Białystok  
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku  
Politechnika Białostocka

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Małgorzaty Nowak  
pt. „Opracowanie teoretycznych podstaw nowego sposobu rektyfikacji budynków  
poddanych wpływom górnictwem, który pozwala na minimalizację kosztów z tym  
związanych”

### 1) Podstawa opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji jest Umowa o dzieło UMC/2290/2023 na wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Nowak nt. „Opracowanie teoretycznych podstaw nowego sposobu rektyfikacji budynków poddanych wpływom górnictwem, który pozwala na minimalizację kosztów z tym związanych” stanowiącej podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Leszek Szojda, a promotorem pomocniczym dr inż. Adam Marek.

### 2) Części składowe rozprawy i ocena układu rozprawy doktorskiej

Rozprawa została przygotowana na 134 stronach plus jedna strona streszczenia w języku polskim i jedna strona streszczenia w języku angielskim. Treść rozprawy została podzielona na 12 rozdziałów. Ostatni rozdział to bibliografia gdzie zamieszczono w podrozdziale 12.1 pięćdziesiąt jeden publikacji, w podrozdziale 12.2 pod tytułem Normy zamieszczono oprócz norm jedną Instrukcję, cztery opisy patentowe i dwie ustawy. W podrozdziale 12.3 zamieszczono jedenaście materiałów informacyjnych, w tym na temat smarów.

Rozdział pierwszy to Wprowadzenie, gdzie zwrócono uwagę, że w wyniku eksploatacji podziemnej kopalni, szczególnie węgla kamiennego w rejonie Górnego Śląska, występują wstrząsy pochodzenia górnictwem, a pierwotna powierzchnia terenu podlega wymuszonym zmianom w postaci osiadania i deformacji obiektów budowlanych

znajdujących się na tym obszarze. Prowadzi to do konieczności rektyfikacji obiektów, a to generuje duże koszty.

W drugim rozdziale podano cel, tezy i zakres rozprawy.

W rozdziale trzecim omówiono metody rektyfikacji budynków. Generalnie wyróżniono dwie grupy, w których prostowanie budowli odbywa się poprzez:

- podniesienie części obiektu znajdującej się zbyt nisko. Proces rektyfikacji prowadzi się w tym przypadku za pomocą siłowników hydraulicznych,
- obniżenie części obiektu znajdującej się zbyt wysoko. W tym przypadku proces prostowania przeprowadza się poprzez lokalne zmniejszenie nośności podłoża i wykorzystanie sił grawitacji.

Podano, że najczęściej do podniesienia części obiektu stosuje się metodę dźwigni jednostronnej, metodę DMT, metodę kompensacji osiadań oraz posadowienia elastyczne.

Do obniżenia części obiektu stosuje się metodę grawitacyjno-wiertniczą, metodę wycinania warstw gruntu, a także odpowiedniego przystosowania części fundamentowych budynków.

Przedstawiono również schematy przykładowych metod rektyfikacji budynków, tj.:

- metody dźwigni jednostronnej,
- posadowienie na sterowanych siłownikach hydraulicznych,
- metodę iniekcji,
- posadowienia elastycznego na sprężynach,
- metodę grawitacyjno-wiertniczą,
- metodę wycinania warstw gruntu,
- posadowienia na specjalnie skonstruowanych fundamentach.

Podanie przykładowych schematów, głównych metod rektyfikacji jest ważne z punktu widzenia przedłożenia własnego, nowego sposobu rektyfikacji.

W dalszej części tego rozdziału zwrócono uwagę na aspekty społeczne występowania szkód górniczych tj. problemy uciążliwości, użytkowania zdeformowanych budynków, w tym stopnie tej uciążliwości, kategorie odporności obiektów budowlanych na krzywizny i poziome odkształcenia powierzchni, a także uregulowania Prawa geologicznego i górniczego. Następnie podano aspekty ekonomiczne wraz z omówieniem problematyki kosztów naprawy szkód, składających się generalnie z kosztów postępowań sądowych i kosztów rozpraw, a także podejście do opłacalności prac naprawczych. Podano w tym zakresie również procedury obliczeniowe.

W rozdziale czwartym omówiono zastosowanie i problemy naukowe dla warstwy poślizgowej fundamentu jako głównego przedmiotu badań.

Przedstawiono podstawowe założenia i schemat systemu rektyfikacji w postaci zdublowanego fundamentu.

Główną uwagę zwrócono tu na ustalenie optymalnych warunków pracy zdublowanego płytowego fundamentu żelbetowego z warstwą poślizgową na styku pomiędzy obydwoma jego częściami, przy przeprowadzaniu procesu prostowania obiektu.

W tym celu wykonano w dalszej kolejności badania laboratoryjne warstw poślizgowych dla czterech różnych rozwiązań materiałowych smarów w zakresie temperatur 5°C do 50°C.

Następnie obliczono współczynniki tarcia i wytypowano warstwę poślizgową o najmniejszym współczynniku tarcia.

W rozdziale piątym przedstawiono badania laboratoryjne podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych smarów.

Przedstawiono tu również stanowiska badawcze i wykorzystane oprzyrządowanie jak regulatory, elementy chłodzące, itp.

Rozdział szósty zawiera wyniki badań laboratoryjnych warstwy poślizgowej. Wyniki przedstawiono w formie graficznych zależności przemieszczeń od temperatury oraz naprężeń i siły poziomej.

Podano również zależności współczynnika tarcia statycznego od naprężeń w różnych temperaturach od 5°C do 30°C. Wyniki podano w formie wykresów i zestawiono w tablicach.

Na podstawie analiz stwierdzono, że wartości współczynników tarcia statycznego są tym wyższe im wyższe są wartości temperatur dla danych naprężeń. Biorąc powyższe wyniki badań jako najbardziej odpowiedni smar do zastosowania w warstwie poślizgowej wybrano smar Lotos Sulfocal 302.

W rozdziale siódmym przedstawiono badania laboratoryjne modelu powierzchni sferycznej.

Badania przygotowano głównie dla potwierdzenia wyznaczonych wcześniej współczynników tarcia dla smaru Lotos Sulfocal 302, dla temperatury 20°C.

Stanowisko badawcze zbudowano wykorzystując płyty betonowe oraz układ dziewięciu sprężyn.

Na str. 78 podano, że „zostało zaprojektowane specjalne urządzenie – stanowisko laboratoryjne umożliwiające uzyskanie górnej powierzchni dolnej betonowej płyty w kształcie części sfery z wypukłością skierowaną ku dołowi”.

Nie pokazano jednak schematu pracy ani schematu działania tego stanowiska.

Rozdział ósmy zawiera uzyskane wyniki badań modelu powierzchni sferycznej. Uzyskane rezultaty przedstawiono w formie wykresów przemieszczenia, naprężenia i siły w funkcji czasu oraz temperatury.

Część wyników przedstawiono w formie wykresów i w Tablicach.

W podsumowaniu stwierdzono, że najniższa wartość współczynników tarcia statycznego w temperaturze równej 20°C zostaje osiągnięta im mniejszy jest promień  $r$  zakrzywienia powierzchni stykających się ze sobą.

Rozdział dziewiąty przedstawia wykonane analizy numeryczne w programie ABAQUS 2020. Modelowanie wykonano w przestrzeni trójwymiarowej (3D) z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES). Modelowanie numeryczne sprowadziło się do wyznaczenia wielkości siły poziomej, która musi zadziałać na betonową płytę o wymiarach 500x500x50mm, aby przesunąć ją poziomo o 10mm, dla określonych wartości naprężeń  $\sigma$  i współczynnika tarcia statycznego  $f$  warstwy poślizgowej. Wartość siły poziomej powodującej przesuw poziomy środkowej płyty wynosiła 1,864kN, natomiast współczynnik tarcia statycznego równy 0,037.

Obciążenia pionowe przyłożono w odniesieniu do warunków praktycznych od 100 do 300kPa.

Dla potrzeb analizy numerycznej przyjęto dyskretyzację poszczególnych warstw, elementami skończonymi o wielkości 25mm.

Warunki kontaktowe typu *surface to surface* zadano w modelu na stykach betonowych płyt, środkowej i dolnej oraz środkowej i górnej.

Analizę numeryczną modelu warstwy poślizgowej przeprowadzono jako geometrycznie nieliniową.

Przedstawiono wyniki w postaci siły poziomej powodującej przesuw poziomy środkowej betonowej płyty z podziałem na uzyskane z badań laboratoryjnych oraz z analizy numerycznej warstwy poślizgowej. Na podstawie porównań stwierdzono, że dla przyjętych założeń, czyli dla określonych wartości naprężeń  $\sigma$  i współczynnika tarcia statycznego  $f$  warstwy poślizgowej, analiza numeryczna wskazuje bardzo dużą zgodność uzyskanej wielkości siły poziomej z przeprowadzonymi badaniami laboratoryjnymi.

Uzyskane rezultaty w formie rozkładu naprężeń głównych w elementach modelu na początku oraz na końcu czasu trwania przyłożenia obciążenia przedstawiono na rysunkach. Zauważono nieznaczny wpływ na wyniki rozkładu naprężeń głównych, normalnych, a także zredukowanych wartości obciążenia pionowego.

Nie przeprowadzono jednak analiz dla innych warunków dyskretyzacji co potwierdził ostatni wniosek z badań.

W rozdziale dziesiątym opisano analizę numeryczną modelu powierzchni sferycznej. Analizę wykonano wykorzystując program ABAQUS 2020. Na geometrię modelu składały się dwie bryły stanowiące betonowe płyty o wymiarach 1000x1000x100mm z płaszczyzną styku o kształcie sfery i wypukłością skierowaną ku dołowi o promieniu równym 20000mm, dziewięć było ukształtowanych jako rury okrągłe odwzorowujące sprężyny walcowe oraz dziewięć stalowych podkładek znajdujących się pomiędzy górną betonową płytą, a sprężynami. Nie podano jednak schematu pracy i działania tego układu. Wg pracy przyjęto podział na elementy skończone o boku 25mm. Zastosowano warunki kontaktowe typu *surface to surface*. Po przyłożeniu obciążenia pionowego, w górnej betonowej płycie założono wymuszenie przemieszczenia poziomego, którego wartość wyniosła 20mm. Wyniki w postaci wartości siły poziomej powodującej przesuw poziomy górnej betonowej płyty uzyskane z badań laboratoryjnych, a także z analizy numerycznej zestawiono w Tabelicy. Uzyskane rezultaty w formie rozkładu naprężeń w elementach modelu, na początku oraz na końcu czasu trwania przyłożenia obciążenia przedstawiono na rysunkach. Na rysunkach nie widać jednak krzywizn, o których mowa w opisie.

Rozdział jedenasty to wnioski. Wnioski podzielono na trzy części, tzn. odnośnie wpływu temperatury na efektywność procesu rektyfikacji, wpływu kształtu fundamentu oraz wskazanie programu dalszych badań.

Stwierdzono również, że przeprowadzone badania wskazują, iż istnieją teoretyczne możliwości opracowania metody prostowania obiektów budowlanych polegające na wykonaniu zdublowanego fundamentu budynku.

Pozwoli to na łatwe i nieuciążliwe dla użytkowników budynków, a także wielokrotne (bez kosztowe) wykonanie procesu rektyfikacji w dowolnym momencie istnienia budowli.

Należy stwierdzić, iż z uwagi na tematykę i rodzaj rozwiązywanego zagadnienia układ rozprawy doktorskiej jest poprawny.

Są jednak w kilku miejscach powtórzenia opisywanych zagadnień dotyczące parametrów badań np. temperatury, rodzaju badanych smarów, celu i metodyki badań oraz schematów badań, szczególnie w zakresie powierzchni sferycznej.

### **3) Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej**

W merytorycznym wykazie piśmiennictwa zamieszczono 51 pozycji, a więc stosunkowo mało, w tym tylko dwie obcojęzyczne. Brakuje również własnych lub współautorskich publikacji.

### **4) Wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata**

Celem rozprawy doktorskiej jest opracowanie teoretycznych podstaw nowego, tańszego i opartego na przesuwie poziomym, sposobu rektyfikacji budynków poddanych wpływom górniczym. Obiekty budowlane zostaną do tego procesu przystosowane już na etapie projektowania.

Przedmiotowe badania obejmują analizę zachowania warstw poślizgowych fundamentów budynku, a także analizę zachowania warstw poślizgowych oraz konstrukcji zdublowanego płytowego fundamentu żelbetowego z warstwą poślizgową na styku pomiędzy jego obydwoma częściami, pod obciążeniami pionowymi (symulującymi obciążenia wywierane na podłoże przez średniej wielkości budynki mieszkalne jednorodzinne i wielorodzinne) oraz poziomymi (symulującymi obciążenia wywierane na fundament przez siłowniki hydrauliczne podczas procesu rektyfikacji).

Teoretycznym potwierdzeniem możliwości przeprowadzenia tego procesu rektyfikacji jest analiza numeryczna wykonana w celu opracowania modelu komputerowego umożliwiającego symulację badań laboratoryjnych:

- pracy warstwy poślizgowej na styku pomiędzy dwoma częściami zdublowanego fundamentu żelbetowego oraz
- całego obiektu budowlanego z odpowiednio wykształtowaną warstwą poślizgową.

Zgodnie z wyznaczonym celem postawiono następujące tezy:

1. Występuje procedura określania wartości współczynników tarcia warstw poślizgowych, a dzięki temu realnych wielkości sił poziomych wywieranych przez siłowniki hydrauliczne na fundament podczas procesu prostowania rzeczywistej konstrukcji, stosownie do wykonanych badań laboratoryjnych warstwy poślizgowej występującej na styku zdublowanego, płytowego fundamentu rektyfikacyjnego.
2. Istnieje możliwość skonstruowania sferycznego kształtu styku zdublowanego, płytowego fundamentu rektyfikacyjnego, który doprowadzi do wypoziomowania wychylonego z pionu obiektu budowlanego, na skutek deformującego się podłoża, na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych modelu powierzchni sferycznej.

W celu potwierdzenia przyjętych tez rozprawy doktorskiej przeprowadzono:

- przegląd literatury dotyczący aktualnie stosowanych metod rektyfikacji obiektów budowlanych na terenach górniczych,
  - badania laboratoryjne warstw poślizgowych oraz obliczenia współczynników tarcia dla różnych zakresów temperatur oraz naprężeń,
  - badania laboratoryjne pomniejszonej konstrukcji zdublowanego płytowego fundamentu żelbetowego z warstwą poślizgową na styku pomiędzy jego obydwoma częściami, a także obliczenia współczynników tarcia dla jednego wytypowanego rozwiązania materiałowego oraz temperatury,
  - modelowanie numeryczne wpływu przyjętych rozwiązań materiałowych, temperatury oraz wartości naprężeń na wartości współczynników tarcia warstw poślizgowych.
- Z punktu widzenia złożoności zagadnienia technicznego, występujących tego typu zjawisk w praktyce i naukowego opisu problemu, cel pracy doktorantki jest w pełni zasadny.

#### **5) Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych**

Jako metody badawcze zastosowano:

- analizę dotychczasowych rozwiązań pod względem naukowo-technicznym,
- analiza i opis teoretyczny zagadnień,
- badania doświadczalne analizowanych zagadnień,
- porównanie i podsumowanie wyników analiz teoretycznych,
- wskazanie kierunków zastosowań praktycznych.

Do badań teoretycznych użyto program komputerowy ABAQUS. W badaniach laboratoryjnych wykorzystano zasoby badawcze laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej z dodatkowym wykonaniem specjalnego stanowiska umożliwiającego uzyskanie betonowych płyt w kształcie sfery.

Zastosowane metody mają logiczne i zgodne z metodologią badań naukowych w zakresie nauk technicznych następstwa. Jak podano wyżej jednak nie wszystkie badania zostały jasno i dostatecznie opisane. Dotyczy to głównie części odnoszącej się do powierzchni sferycznej.

#### **6) Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań**

Omówieniu wyników badań poświęcono w pracy oddzielne rozdziały. W częściach tych zamieszczono wykresy i w Tablicach uzyskane wyniki.

Na zakończenie każdego rozdziału omawiającego wyniki zamieszczono krótkie analizy i omówienie uzyskanych wyników w nawiązaniu do celu badań i spodziewanych zastosowań w realizacji celu pracy.

Takie podejście do uzyskanych wyników należy ocenić pozytywnie.

#### **7) Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań**

Naukowe badania i analizy zaprezentowane w pracy dotyczą praktycznego problemu występującego realnie w niektórych regionach Polski i nie tylko. Jest to kolejna propozycja rozwiązania problemu rektyfikacji budynków poddanych wpływom górniczym. W pracy podano również aspekty ekonomiczne oraz społeczne i procedury usuwania szkód górniczych w obiektach budowlanych.

Propozycja z praktycznego punktu widzenia jest realna, co potwierdziły badania wykonane w rozprawie doktorskiej. Również problem kosztów jest interesujący, gdyż taka konstrukcja pozwala uniknąć kosztów przy kolejnych (powtórnych) rektyfikacjach budynku.

#### **8) Informacje o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej**

Jak podano wyżej w niektórych miejscach rozprawy występują niejasne opisy badań i analiz, które powinny być wyjaśnione w trakcie obrony rozprawy doktorskiej.

Dotyczy to następujących zagadnień:

- opisu schematów rozwiązań i badań, szczególnie warstwy poślizgowej, w przypadku powierzchni sferycznej,
- wyjaśnienia wymaga dokładność badań, szczególnie numerycznych i wpływu na wyniki rodzaju i wielkości elementów skończonych,
- brakuje analizy wpływu czasu na właściwości warstwy poślizgowej,
- jak oceniono, że proponowany sposób rektyfikacji będzie tańszy od sposobów aktualnie stosowanych?

Poza podanymi wyżej uwagami dotyczącymi jasności opisów, język pracy jest poprawny. Stwierdzono niewiele uchybień językowych.

#### **9) Wnioski końcowe**

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Małgorzaty Nowak stanowi oryginalne i samodzielne rozwiązanie zagadnienia w zakresie naukowym nowego sposobu

rektyfikacji budynków. Zrealizowano założone cele pracy. Opracowano i zbadano podstawy naukowe przedstawionego sposobu rektyfikacji. Chociaż jedno zagadnienie powierzchni sferycznej opracowano niezbyt jasno, to nie zmienia ono nowatorskiego z punktu widzenia technicznego i naukowego rozwiązania. Jednocześnie wskazano możliwości techniczne i ekonomiczne zastosowania tego sposobu w praktyce.

Autorka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie i w zakresie istniejących rozwiązań sposobów rektyfikacji budynków, chociaż przy zbyt ubogim piśmiennictwie. Wykonująca rozprawę doktorską zaprezentowała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uwagi sformułowane wyżej w recenzji mają głównie charakter dyskusyjny i wskazujące kierunki dalszych badań i uzupełnienia rozważań teoretycznych.

Podsumowując niniejszą recenzję stwierdzam, że rozprawa doktorska spełnia warunki merytoryczne i formalne, którym powinna odpowiadać rozprawa doktorska, określone w ustawie z dn. 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony i nadanie jej Autorce, mgr inż. Katarzynie Małgorzacie Nowak stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Białystok, 09.10.2023r.

Prof. dr hab. inż. Czesław Miedziałowski