

Przyjmuje pod wpływem
formalnym 29.09.2025/18

dr hab. inż. Marian Łupieżowiec, prof. PŚ.
Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
Katedra Geotechniki i Dróg
ul. Akademicka 5
44-100 Gliwice

Gliwice, 29 września 2025 r.



RECENZJA

**rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha
pt. „Wykorzystanie modeli numerycznych dla sprężonych ścian szczelinowych
w kontekście optymalizacji techniki, technologii i ich realizacji”**

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejszą recenzję pracy doktorskiej mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha pt. „Wykorzystanie modeli numerycznych dla sprężonych ścian szczelinowych w kontekście optymalizacji techniki, technologii i ich realizacji” wykonano na zlecenie Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport – Pani dr hab. inż. Katarzyny Osińskiej-Skotak, prof. PW z dnia 16 lipca 2025 roku, działającej na podstawie Uchwały nr 136/2025 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 1 lipca 2025 roku.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa jest napisana w języku polskim, liczy łącznie 328 stron tekstu. Spis literatury zawiera 151 pozycji, na które składają się w zdecydowanej większości publikacje naukowe i naukowo-techniczne, a także akty prawne, dokumentacje programów komputerowych i odnośniki do stron internetowych oraz 8 norm. Dobór literatury recenzent uważa za odpowiedni i wyczerpujący w stosunku do analizowanych zagadnień. Praca doktorska zawiera streszczenia w języku polskim i angielskim. Jest podzielona na 8 rozdziałów, a te z kolei zostały podzielone na podrozdziały. Szczegółowy spis treści ułatwia szybkie odnajdywanie interesujących czytelnika treści zawartych w rozprawie.

3. Aktualny stan wiedzy w zakresie tematyki rozprawy

Zastosowanie konstrukcję sprężonych w ogólności nie jest nowe w inżynierii lądowej (największe zastosowanie w konstrukcjach mostów), jednakże wykorzystanie tej technologii w geotechnice można uznać za pionierskie. Choć idea sprężenia jest w miarę prosta – poprzez zadanie dodatkowej siły sprężającej można uniknąć lub choć trochę znacznie zmniejszyć wartości naprężeń rozciągających w betonie i często wykorzystywana, to pomysł zastosowania tego rozwiązania do zmiany schematu statycznego konstrukcji przenoszącej bardzo duże parcia gruntu, należy ocenić bardzo wysoko. Przedstawione rozwiązanie pozwala na zdecydowanie skrócenie czasu realizacji robót geotechnicznych (brak konieczności wykonywania niektórych zakotwień lub rozparć), co w wielu inwestycjach może być kluczowe i gwarantujące powodzenie kontraktu.

Bardzo istotnym problemem geotechniki, jest zabezpieczenie głębokiego wykopu, w szczególności w pobliżu innych obiektów lub elementów infrastruktury, gdzie stawiane są

bardzo duże wymagania w zakresie występujących przemieszczeń, a ponadto konsekwencje zniszczenia obiektów sąsiednich są bardzo poważne. Tradycyjnie w tych przypadkach stosuje się liczne zakotwienia lub rozparcia, które pozwolą na zmniejszenie skutków oddziaływania gruntu na konstrukcję pracującą jako oporowa. Jednakże, niezależnie od kosztów wykonania tego rodzaju robót, zakotwienie nie zawsze jest możliwe do wykonania (np. na wprowadzenie kotew poza działką inwestora należy uzyskać zgodę właściciela, która zwykle nie jest uzyskiwana), a rozparcia znacznie utrudniają roboty wewnątrz wykopu. Problemem też zwykle bywa to, że wartości zarówno momentów zginających, jak i maksymalnych przemieszczeń w przypadku schematu wspornikowego są szczególnie duże. Stąd zachodzi konieczność zmniejszania wysięgów tych wsporników, co w przypadku np. ścian szczelinowych prowadzi do konieczności zastosowania większej liczby zakotwień lub rozparć. Dlatego możliwość rezygnacji z niektórych podparć ścian należy uznać jako ogromny skok technologiczny, który charakteryzuje się ogromnym potencjałem w zakresie optymalizacji robót geotechnicznych, których koszt zwykle stanowi dużą część budżetu przeznaczanego na daną inwestycję.

Z uwagi na fakt, że przedstawione powyżej rozwiązanie nie jest jeszcze szeroko stosowane w praktyce, dostępna literatura dotyczy przede wszystkim wstępnych koncepcji i realizacji. Duża część wiedzy w tym zakresie chroniona jest poprzez patenty (również autor jest jednym z twórcą prowadzonego obecnie postępowania o nadanie tego typu ochrony), to rzetelne studium literatury w tym zakresie jest mocno utrudnione. Należy wtedy korzystać z pozycji dotyczących tego rodzaju zastosowań w innych zastosowaniach – np. we wspomnianym wcześniej mostownictwie. W obecnie obowiązujących normach nie ma zapisów dotyczących tego rodzaju zagadnień w geotechnice, co powoduje, że wybrany przez doktoranta zakres swoich badań naukowych jest bardzo trafny, a uzyskane wyniki mogą mieć istotne znaczenie przy analizie i projektowaniu tego typu konstrukcji.

4. Struktura i treść rozprawy doktorskiej

Pierwszy rozdział dysertacji to krótkie wprowadzenie, omówienie celu i zakresu pracy, jak również przedstawienie tezy (jedna główna i dwie pomocnicze). W tym rozdziale zawarto również bardzo zwięzły przegląd literaturowy oraz przedyskutowano próby realizacji i postępowań patentowych. Rozdział **drugi** to omówienie najczęściej stosowanych technologii realizacji części podziemnych budynków. W tym rozdziale duża część opisów jest wzorowana na nomografii wydanej przez IBDiM dotyczącej warunków technicznych wykonania i odbioru ścian szczelinowych oraz baret. Ten rozdział ma charakter odtwórczy. Bardzo obszerny rozdział **trzeci** to przedstawienie wielu szczegółów dotyczących zastosowania konstrukcji sprężonych w inżynierii lądowej. Ostatni podrozdział dotyczy koncepcji zastosowania sprężenia w ścianach szczelinowych i może być uznany jako jeden z fragmentów oryginalnych pracy. Rozdział **czwarty** zawiera podejście analityczne wykorzystywane przy wymiarowaniu ścian szczelinowych, które opiera się na założeniach i rozwiązaniach przedstawionych w normach i dotyczących ogólnie pojętych konstrukcji sprężonych. Dodatkowo omówiono metodę Magnela. W rozdziale **piątym** omówiono możliwości analiz omawianych zagadnień z wykorzystaniem metody elementów skończonych, a także przedstawiono modele konstytutywne, które mogą być wykorzystane w tych analizach (ograniczono się do sprężysto-idealnie plastycznego modelu Coulomba-Mohra oraz zaawansowanego sprężysto-plastycznego modelu HS-small, który jest w stanie ująć silną nieliniowość w zakresie małych odkształceń). Druga część tego rozdziału stanowi przedstawienie modelu do analizy sprężonej ściany szczelinowej stanowiącej podparcie wykopu, który to model wykorzystuje jako narzędzia różne programy MES wraz z autorską metodą umożliwiającą przekazywanie wyników pomiędzy programami, weryfikację ich

poprawności oraz realizację całości analiz. Zawarto tutaj również walidację modelu, jak również kluczowe wyniki analiz numerycznych. Ta część to najważniejszy wkład oryginalny autora w całości dysertacji. Rozdział **szósty**, którego tytuł jest nieco mylący, przedstawia szczegółowe wytyczne wykonawcze dla projektantów tego typu konstrukcji. Oryginalną częścią pracy jest również rozdział **siódmy**, w którym zawarto studium przypadku analizy projektowej zabezpieczenia wykopu z wykorzystaniem sprzężenia ścian szczelinowych. Rozdział ten zawiera również porównanie kosztów realizacji konstrukcji sprężonej w porównaniu do tradycyjnych (konwencjonalnych) metod realizacji i jest jednym z najważniejszych w udowodnieniu postawionych w dysertacji tez badawczych. Rozdział **ósmym** przedstawia podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych analiz, jak również ambitne kierunki dalszych badań w wybranym przez siebie zakresie.

Strukturę i zawartość pracy doktorskiej oceniam pozytywnie, aczkolwiek wydaje się być ona zbyt obszerna. Zdaniem recenzenta niepotrzebnie zawarto aż tak szeroki opis zasad pracy i projektowania konstrukcji sprężonych (rozdział 3), jak również niepotrzebna była również dyskusja na temat konieczności stosowania obowiązujących norm w projektowaniu. Z drugiej strony dociekliwy czytelnik oczekiwałby większej liczby analiz numerycznych oraz przedstawienia porównania ilościowego wyników analiz numerycznych z wynikami pomiarów in-situ. Niezrozumiałe jest też wyodrębnienie podpunktu 4.1, skoro nie ma innych w tym rozdziale. Aczkolwiek należy wyraźnie pokreślić, że przygotowana przez doktoranta dysertacja zawiera wszystkie istotne aspekty wymagane w tego rodzaju opracowań. Zdaniem recenzenta nie najszcześniejszym wyborem jest spis literatury wg kolejności jej pojawiania się w tekście. Faktem jest, że tego typu wymaganie istnieje w niektórych czasopismach, jednakże w przypadku monografii lub prac doktorskich, gdzie najczęściej pozycji tych jest więcej niż 100, taki spis bardzo utrudnia wyszukiwanie pozycji interesujących czytelnika.

5. Ocena dorobku naukowego rozprawy

Recenzowana rozprawa przedstawia przede wszystkim analizy teoretyczne, a zaprezentowane wyniki badań to głównie numeryczne. Niemniej jednak należy podkreślić przede wszystkim trafny i aktualny dobór tematyki badawczej, jak również oryginalne autorskie rozwiązanie. Jednocześnie są prowadzone w tym zakresie prace wdrożeniowe, jak również postępowanie o przyznanie ochrony patentowej, stąd taki, a nie inny zakres pracy. Bardzo cenne dla przyszłych projektantów mogą być rozwiązania w zakresie modelowania numerycznego, w którym autor wykazuje się dużą biegłością i doświadczeniem w tego typu zagadnieniach. Na podkreślenie zasługuje wykorzystanie kilku programów komputerowych do analizy. Autor generalnie prowadzi analizy MES z wykorzystaniem programu Sofistik, który służy przede wszystkim do analizy procesu sprzężenia. Uzyskane wyniki są weryfikowane poprzez analizy zjawiska parcia i oporów gruntu w trakcie wykonywania wykopów w programach dedykowanych zagadnieniom geotechnicznym (Geo5 i Plaxis). Doktorant wykorzystał również kilka innych programów, które jednakże, w jego opinii, nie dawały gwarancji uzyskania prawidłowych rozwiązań.

W przypadku szerszego zastosowania sprężonych ścian szczelinowych do zabezpieczania głębokich wykopów, w szczególności wobec konieczności właściwej optymalizacji rozwiązań przyjętych ostatecznie w projekcie, sprawą najważniejszą staje się właściwe modelowanie pracy konstrukcji przejmującej parcie dużych mas ziemnych. Recenzowana praca może stanowić ważny element w tworzeniu skutecznych procedur projektowania tego rodzaju konstrukcji. Oczywiście jest, że proponowany złożony model konstytutywny HS-small może być trudny do zastosowania ze względu na dużą liczbę parametrów modelu, które często nie są oznaczane w trakcie rozpoznawania podłoża gruntowego. Doktorant wykazuje dużą wiedzę w doborze wartości parametrów do analiz i ma

świadomość które z nich są decydujące, jeżeli chodzi o poprawność otrzymywanych rezultatów. Autor wykazuje duże umiejętności w zakresie poprawności wprowadzanych danych oraz uzyskiwanych rezultatów, a ponadto potrafi formułować trafne wnioski, które mogą stanowić istotne wskazówki dla projektantów realizujących podobne analizy numeryczne.

Doktorant wykazuje również dużą wiedzę i umiejętności w zakresie znajomości pracy i charakterystyki konstrukcji sprężonych oraz zasad projektowania tego typu elementów konstrukcyjnych. Biegle zna zapisy norm w tym zakresie, jak również umie wykorzystywać istniejące procedury analiz i rozwiązań. Umie też wykorzystywać programy komputerowe wspomagające proces projektowania. W szczególności autor wykazał, że jest w stanie zastosować powszechnie znane rozwiązanie do zupełnie nowego zastosowania w branży geotechnicznej, gdzie tego typu konstrukcji dotychczas nie stosowano. Należy również zwrócić uwagę na zaproponowaną nową nazwę „PDW” – *prestressed diaphragm walls*, która jest oryginalnym pomysłem doktoranta. W treści pracy można odnaleźć bardzo dużo szczegółowych informacji (często nawet warsztatowych) na temat pracy konstrukcji sprężonych. Zawarto również szczegółowe wytyczne wykonawcze, które zwykle podawane są w opisach technicznych projektów budowlanych i wykonawczych. W tym miejscu można odnieść wrażenie, że doktorantowi bliższe jest projektowanie złożonych i odpowiedzialnych konstrukcji niż stricte praca naukowa, aczkolwiek w tym ostatnim aspekcie autora należy również ocenić pozytywnie.

Aby móc stwierdzić, że tezy badawcze postawione na początku dysertacji zostały udowodnione, autor w rozdziale 7 przedstawia szczegółowe wyliczenia w zakresie kosztów realizacji oraz czasu trwania robót przy zastosowaniu sprężonych ścian szczelinowych. Doktorant na podstawie wybranego przez siebie przypadku, w którym wartość robót związanym z zabezpieczeniem wykopu wynosi ok. 1 mln zł, wykazał, że przy zastosowaniu sprężenia, które umożliwi rezygnację z zakotwienia lub rozparcia konstrukcji oporowej, możliwe oszczędności wyniosą nieco ponad 10%, a także pozwolą o skrócenie czasu wykonywania o ok. 7 dni. Trzeba jednak dodać, że redukcja kosztów wynika przede wszystkim z możliwości redukcji zbrojenia, co jest możliwe dzięki bardziej korzystnemu rozkładowi naprężeń w konstrukcji betonowej. Oczywiście recenzent przyznaje rację doktorantowi w zakresie udowodnienia tej konkretnej części postawionej tezy, aczkolwiek można by stwierdzić, że oczekiwania były nieco większe.

Generalnie, pomimo kilku istotnych uwag do pracy przedstawionych w dalszej części recenzji, wiedzę i umiejętności doktoranta w zakresie prowadzonych badań i analiz należy ocenić bardzo wysoko. Wykazał on duży potencjał do prowadzenia badań naukowych. Jest on w stanie właściwie planować i realizować programy badawcze, a uzyskiwane przez niego rezultaty mogą mieć duże znaczenie dla rozwoju branży geotechnicznej. Ponadto optymalizacja rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie analizowanym w dysertacji może przyczynić się do bardziej sprawnej realizacji inwestycji stanowiąc znaczne oszczędności w zakresie kosztów i czasu prowadzenia robót. Pan mgr inż. Mateusz Frydrych, zdaniem recenzenta, udowodnił postawione tezy badawcze oraz zrealizował cele naukowe opisane we wstępie swojej pracy.

6. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Niezależnie od pozytywnej oceny całości programu badawczego opisanego w recenzowanej pracy doktorskiej, należy też omówić kilka kwestii dyskusyjnych, jak również wskazać pewne mankamenty przedstawionej do recenzji dysertacji.

W pierwszej kolejności można zauważyć, że w świetle dowodzonych tez naukowych, treść pracy jest zbyt obszerna. Oczywiście autor miał obowiązek omówienia kilku istotnych szczegółów dotyczących idei pracy i zastosowania konstrukcji sprężonych, szczególnie te, które mogą dotyczyć ich wykorzystania w geotechnice (a konkretnie w ścianach szczelinowych), to dokładne opisywanie np. wymagań normowych, nie było, zdaniem recenzenta, konieczne. W szczególności niewiele wnosi krótki rozdział szósty. Jego tytuł sugeruje, że rozdział ten będzie zawierał skrupulatną analizę uzyskanych wyników przeprowadzonych analiz numerycznych, natomiast w rzeczywistości opisano w nim szczegółowe wytyczne wykonawcze realizacji tego rodzaju konstrukcji, a treść tego rozdziału przypomina opis techniczny z projektu wykonawczego, a nie rozdział dysertacji doktorskiej. Przy okazji można mieć zastrzeżenia co do faktu, że o ile w sposób wyczerpujący omówiono aspekty tworzenia modeli numerycznych, to w pracy przedstawiono wyniki tylko jednego przykładu akademickiego. Trudno więc stwierdzić, czy zaprezentowany model w sposób istotny zmienia postrzeganie projektantów w zakresie zasad analizy tego typu zagadnień. Przy omawianiu zagadnień numerycznych, autor niepotrzebnie skupił się na przedstawianiu szczegółów warsztatowych tworzenia modelu i realizacji obliczeń, przez co momentami treść przypomina szczegółową instrukcję z dokumentacji programu komputerowego.

Można mieć też uwagi do treści rozdziału piątego, który wydaje się być zbyt powierzchowny i ogólny. O ile w tym rozdziale zawarte są istotne informacje na temat modelowania teoretycznego i numerycznego tytułowego zagadnienia, to jego forma jest zbyt chaotyczna. Oczywiście w dalszej części tego rozdziału zaprezentowano wyniki przeprowadzonych analiz, na podstawie których można stwierdzić, że postawione tezy badawcze zostały udowodnione.

Zdaniem recenzenta niepotrzebna jest również dyskusja o konieczności stosowania norm. Jak wiadomo, co zresztą potwierdza również sam autor, obecne stosowanie norm jest dobrowolne. Oczywiście w rzeczywistych projektach można przywoływać poszczególne normy, jak również bezpośrednio stosować istniejące w nich zapisy, jednakże nie należy zapominać, że treść norm to zwykle jest ugruntowana wiedza inżynierska, którą stosują inżynierowie praktycy. Natomiast badania naukowe powinny zwykle dotyczyć zagadnień nowych i mało rozpoznanych, które w normach z oczywistych względów nie mogą być przedstawiane, stąd wykazywanie w publikacjach stricte naukowych konieczności ścisłego korzystania z norm, w opinii recenzenta jest błędne. Ponadto, gdyby był zakaz projektowania niezgodnie z normami, to nie byłoby żadnego pola działania do rozwoju naukowego. Oczywiście jest celowa i wskazana dyskusja w zakresie poprawności obecnych zapisów normowych, szczególnie w pracach mających charakter praktyczny i wdrożeniowy. Wtedy możliwe jest wprowadzanie nowych technologii i rozwiązań konstrukcyjnych. Ponadto nie można się zgodzić ze stwierdzeniami, że stosowanie norm jest kluczowe z uwagi na optymalizację kosztów i efektywność (str. 130 rozprawy), jak również, że zapisy w różnych normach są kontrowersyjne (str. 128 – odnośnie ilościowego ujęcia relaksacji). Recenzent nie zgadza się też ze zdaniem, że niestosowanie norm może narażać projektanta na odpowiedzialność karną w przypadku awarii konstrukcji (str. 131). Oczywiście projektant jest odpowiedzialny za podejmowane przez siebie decyzje, jednakże wg obecnego stanu prawnego odpowiedzialność ta nie jest bezpośrednio powiązana ze stosowaniem norm lub brakiem ich uwzględnienia. Trudno też porównywać zapisy w normach w różnych latach ich publikowania (dot. dyskusji na str. 135). Jak wiadomo, postęp w zakresie wiedzy i technologii jest ogromny, stąd trudno oczekiwać, aby nowe wydania norm tylko powielaly treści znane wcześniej.

Zdaniem recenzenta zbyt płytko potraktowano problem doboru wartości parametrów do prowadzonych analiz. O ile doktorant szczegółowo i wyczerpująco opisuje modele konstytutywne oraz definiuje występujące w nich parametry, to pominięto problem doboru

wartości tych parametrów do analiz. Oczywiście jeżeli ograniczymy się tylko do przykładów akademickich, to takie działanie można by uznać za poprawne (analizowana jest wtedy skuteczność modelu i jego możliwości symulacyjne), to w przypadku, gdyby model ten miał być szeroko wykorzystywany przez projektantów, to przyjęcie poprawnych wartości parametrów staje się kluczowe. W tym miejscu, uwzględniając wcześniejszą dyskusję w sprawie stosowania norm, należy przedstawić szczególnie istotne zastrzeżenia geotechników co do przyjmowania tzw. normowych wartości parametrów geotechnicznych. Przyzwyczajenia większości projektantów, którzy uważali informacje zawarte w normach za absolutnie pewne i prawidłowe, w geotechnice często prowadziły do błędnych wyników. Tak naprawdę nie można w kilku nomogramach normowych zawrzeć skutków procesów geologicznych, które trwały przez miliony lat. Oczywiście powyższe błędy najczęściej skutkowały przewymiarowaniem konstrukcji (bardzo mało było z tego tytułu awarii czy katastrof budowlanych), to jednak w obecnych czasach, gdy optymalizacja, szczególnie w zakresie zużycia materiałów i wpływu na środowisko naturalne, staje się jednym z najważniejszych aspektów poprawnego opracowania projektu, przyjmowanie wartości parametrów geotechnicznych z normy należy uznać za błędne. Na szczęście, te najbardziej zaawansowane modele mają inne parametry niż podawane w starej normie PN-81/B-03020, co wymusza realizację szerokiego zakresu badań terenowych i laboratoryjnych.

W dysertacji zauważono też sporo przekłamań w nazewnictwie, jak i częste użycie wyrażen potocznych, które są zwykle słyszane na placu budowy lub biurach projektowych, jednakże nie powinny występować w opracowania naukowych. Zauważyć można również duże skróty myślowe, przez co niektóre zdania mogą być niezrozumiałe lub niegramatyczne. Dla przykładu można tutaj wymienić:

- str. 14: nietypowe zagadnienia inżynierskie – co przez to autor rozumie ?
- str. 14: model sprzężony w pierwszym akapicie tej strony pewnie oznacza coś innego niż powszechnie rozumiane zagadnienia mechaniki (np. zjawisko konsolidacji jest sprzężeniem zagadnienia nieustalonej filtracji i deformacji ośrodka gruntowego),
- str. 19: dlaczego naprężenia głównie mają być mniejsze niż 0,4 wartości wytrzymałości na ścinania ? skąd wynika taki warunek ?
- str. 24: co oznaczają wielkości H , h oraz b w tabeli 1.1 ?
- str. 47: chyba nie jest możliwe (przynajmniej w polskich warunkach) wykonanie ściany szczelinowej o głębokości 100 m,
- str. 104: wzrost wartości modułu sprężystości betonu o 38% przy zwiększeniu jego wytrzymałości o 72% (przy betonach o wysokiej wytrzymałości) zdaniem recenzenta jest bardzo duży – dlaczego autor twierdzi, że jest to wzrost niewielki ?
- str. 121: z czego wynika fakt, że siła sprężająca P jest co najwyżej mniejsza o 30% od siły P_{max} (wyniki badań ?, publikacja ?),
- str. 160, rys. 3.46: gwoździe gruntowe stanowią zakotwienie ściany szczelinowej i są jej podporami, jednak nie można ich nazwać rozporami,
- str. 166: z czego wynika ograniczenie odkształcenia granicznego ε_{ud} do 20% ?
- str. 168, tab. 4.1: w tabeli niektóre wzory są empiryczne – należałoby podać jednostki, przy których prowadzi się obliczenia,
- str. 177: uplastycznienie to nie jest twardnienie gruntu; co to są parametry uplastycznienia ?

- str. 192: zamiast zapowiadanego tensora odkształcenia (drugi wzór na stronie) skopiowano wektor przemieszczenia,
- str. 194: zdaniem recenzenta płyty czy powłoki są często stosowane przez projektantów (oczywiście w wykorzystywanych przez nich programach komputerowych) – w odróżnieniu od tego, co twierdzi doktorant,
- str. 194-195: autor stosuje błędne nazewnictwo – zamiast energii potencjalnej wykorzystywana jest energia całkowita, a równania MES wynikają z zasady prac wirtualnych,
- str. 200: nie ma potrzeby wypisywania wzorów dla sześciu przekrojów powierzchni plastyczności w modelu Coulomba-Mohra – wzór można podać np. wykorzystując niezmienniki naprężenia,
- str. 201: doktorant definiując parametr ψ i funkcję potencjału pisze o dylatacji, podczas gdy te wielkości służą do opisu niestowarzyszonego prawa płynięcia plastycznego,
- str. 203: zamiast bardzo nieprecyzyjnych wyrażen „wzmocnienie ścinaniem” i „wzmocnienie zagęszczaniem”, należało napisać, że model zawiera dwa mechanizmy wzmocnienia: objętościowy (związany z zagęszczeniem ośrodka) oraz postaciowy (związany ze ścinaniem),
- str. 204: zamiast wyrażenia „reguła przepływu”, autor powinien napisać, że definiuje dylatację w formie prędkościowej,
- str. 206: wzmocnienie wynikające z zagęszczenia gruntu to wzmocnienie objętościowe; ponadto co autor rozumie pod pojęciem moduł trójosiowy ?
- str. 209: autor mógł napisać, że program FLAC/FLAC 3D wykorzystuje metodę różnic skończonych (jest to jeden z niewielu, który nie wykorzystuje MES),
- str. 214: co oznacza brak warunków gruntowych w definicji głównych założeń prowadzonych analiz,
- str. 215: zamiast ciężar gruntu nawodnionego powinno być ciężar gruntu nawodnionego z uwzględnieniem wyporu (przynajmniej o tym świadczy wartość tego ciężaru); ponadto w tabeli zamiast „moduł” napisano „odkształcenie”,
- str. 218: pojawiła się mowa o geosiatkach, które w dysertacji nie są w żaden sposób omawiane w pracy,
- str. 221, rys. 5.12: w opracowaniu książkowym nie można przedstawić animacji, rys. 5.13: dlaczego reprodukowano odręczny szkic ?
- str. 229: w pracy napisano o macierzach konstytutywnych – w tym konkretnym miejscu pewnie chodzi o macierze sztywności,
- str. 231: zamiast głębokość podparcia powinno być głębokość wprowadzenia w warstwę nośną,
- str. 235: autor opracował dysertację doktorską a nie pracę dyplomową,
- str. 237, rys. 5.31: brak wpisanych wartości przemieszczeń, rys. 3.32: brak wpisanych jednostek przemieszczeń (mm ?),
- str. 243: tab. 5.1, 5.2: skąd tak duże przemieszczenia pionowe (osiadania) uzyskane w Sofistik (w Plaxisie ich praktycznie nie ma) – być może w którymś programie nie uwzględniono ciężaru własnego gruntu ?
- str. 245: dlaczego analizę PSO (zagadnienie płaskie) rozwiązywano wykorzystując elementy 3D,

- str. 251-253: nie podano jednostek wielkości prezentowanych na mapach,
- str. 256: jest mowa o współczynnikach bezpieczeństwa przy analizie przemieszczeń – jak się to ma do faktu, że analizy w zakresie SGU wykonuje się na wartościach charakterystycznych ?
- str. 261-262: dlaczego pojawia się zielony tekst ?
- str. 263: brak zdefiniowania wielkości pojawiających się w tabeli ($T_{a,p}$, $T_{k,p}$, $T_{p,p}$, itd.),
- str. 271: autor używa wyrażenia „stała sprężystość osiowa” – wydaje się, że definiując parametry w geotechnice nie powinno się używać słowa „stała”,
- str. 273-274: brak jednostek na prezentowanych wykresach; rys. 5.70: czy na wykresach jest obwiednia, oraz czy nie zamieniono stronami (prawa z lewą) wariantu ze ścianą sprężoną i niesprężoną ?
- str. 277: czas 112 dni na osiągnięcie zakładanej wytrzymałości 33 MPa dla betonu C40/50 to pewnie omyłka pisarska,
- str. 291: kolejna omyłka pisarska – zwykle w rozwiązaniu hybrydowym stosuje się kotwy w środku rozpiętości i rozparcia w narożnikach wykopu – odwrotnie niż napisano w dysertacji (rys. 7.9 jest już poprawny pod tym względem),
- str. 303: o jakie długoterminowe oddziaływanie wody chodzi (zmienność jej zwierciadła ? wpływ na trwałość konstrukcji ? inne oddziaływania ?),
- str. 304: o jaki błąd oprogramowania chodzi na pokazanym schemacie ścieżki postępowania – autor zastosował niezrozumiały skrót myślowy.

Ponadto w pracy można odleźć takie zapisy jak „formułowane obustronnie wnioski”, „model obliczeniowy przenoszący zasady sprężania” (zamiast uwzględniający te zasady), „środowisko geotechniczne” (zamiast ośrodki gruntowy), „oszczędności kosztowe”, „koncepcja dostarcza wartości, jak uproszczenie fazowania ...” (zamiast koncepcja umożliwia), „wymiarowanie układu” (zamiast wymiarowanie konstrukcji), „rozwiązanie do firm specjalistycznych” (zamiast dla firm specjalistycznych), „ekonomika rozwiązania”, „w odniesieniu do ekonomii”, „bardziej ekonomiczne” (zamiast tańsze), „ekonomiczność projektu”, „efektywne kosztowo rozwiązanie”, „oszczędność kosztowa”, „istniejące materiały systemu sprężania” (zamiast dostępne rozwiązania w zakresie systemów sprężania), „oprogramowanie geotechniczne” (na str. 14, nie napisano jakie konkretnie oprogramowanie i do jakich celów wykorzystywane, natomiast na str. 15 tak nazwano program Plaxis 2D, który jest w rzeczywistości programem MES), „uwarunkowania konsolidacyjne” (zamiast zjawisko konsolidacji), „niskie ugięcia” (zamiast małe przemieszczenia lub osiadania), „cała technologia”, „dobrać geometrię otworu”, „budynek badawczo-laboratoryjny dla technologii medycznej”, „stabilność” (zamiast „stateczność”), „odporność” (zamiast „wytrzymałość”), „ziemi” (zamiast podłoża), „grunty niestabilne” (zamiast słabe grunty), „unoszące obciążenie skierowane ku górze” (zamiast efekt działania siły sprężającej zadanej na mimośrodzie), „fundament konstrukcji sprężonych” (zamiast kluczowy element konstrukcji sprężonych), „autor pochylił się” (zamiast będzie analizował), „w sposób liniowo zależny” (zamiast zmienny liniowo), „czynności matematyczne” oraz „implikacje matematyczne” (zamiast przekształcenia), „problemowy w ujęciu matematycznym” (zamiast złożony w zapisie), „określenie geometrii otworu (zamiast kształtu geometrycznego i wymiarów), „podzielić na dwie zasady” (zamiast wyodrębnić), „zwiększenie wytrzymałości ściany” (zamiast zwiększenie nośności ściany), „ilości stropów” (zamiast liczby stropów), „konieczne jest zastosowanie interface” (zamiast konieczne jest zastosowanie elementów kontaktowych), „zaimplementowanie parę obliczonych w towarzyszących odrębnie oprogramowaniu”, „fazowania wykonywania ściany (zamiast etapowania), „moduł sprężystości przy obciążeniu i przeładowaniu” (zamiast moduł przy odciążeniu i obciążeniu wtórnym), „obciążenia nośne”,

„dostosowanie sił wewnętrznych przy kalibracji modelu” (zamiast porównanie), „inżynierowie mogą ręcznie analizować siły sprężające”, „przewidywanie nośności” (zamiast oszacowanie nośności), „rodzaje wzmocnienia ...” (zamiast mechanizmy wzmocnienia), „100 jednostek naprężenia” (w oryginalnym sformułowaniu modelu jest 10 kPa), „projektowanie w zgodzie z EC7” (zamiast projektowanie wg EC7), „posiada możliwości wymiarujące dany ustrój” (zamiast umożliwia wymiarowanie konstrukcji), „autor rozpoczął pracę od uruchomienia modelu”, „nieliniowa nośność gruntu”, „specjalistyczne oprogramowanie geotechniczne Plaxis” (zamiast program MES Plaxis), „oprogramowanie zostało dostosowane do przedmiotowej analizy” (zamiast autor wykorzystał dany program do rozwiązania zagadnienia), „ilość kondygnacji (zamiast liczba kondygnacji), „autor z wykorzystaniem podejścia autorskiego ...”, „kilku środowisk projektowych” (zamiast kilku metod projektowych), „w środowisku Sofistik” lub „w środowisku MES (zamiast w programie Sofistik lub metodą elementów skończonych), „zapotrzebowanie na stal zbrojeniową” (zamiast wykorzystanie stali zbrojeniowej), „parametr siły sprężającej” (jaki konkretnie parametr?), „rynek warszawski dyktuje cenę ...”, „kiepskie warunki gruntowe” (zamiast występowanie słabych gruntów). W jednym miejscu zauważono też zastosowanie starych jednostek (kG/cm²).

Ponadto w pracy można zauważyć wiele drobnych usterek (literówki, braki znaków interpunkcyjnych, miejscami brak stosowania indeksów górnych i dolnych, brak prawidłowej odmiany wyrazów, itp.), które w żaden sposób nie wpływają na treść pracy, aczkolwiek mogą świadczyć o braku wykonania uważnej ostatecznej korekty tekstu. Wskazane błędy, nawet jeżeli są one drobne, muszą być poprawione przy pisaniu artykułów do czasopism w dalszej karierze badawczej doktoranta.

7. Podsumowanie i wniosek końcowy

W ocenianej rozprawie doktorskiej autor poprawnie rozwiązał zdefiniowane przez siebie bardzo ważne w geotechnice i ambitne zagadnienie. Wykazał, że posiada odpowiednie kompetencje w zakresie planowania i realizacji badań, opracowania i analizy uzyskanych wyników oraz formułowanych wniosków. Ponadto doktorant wykazuje się bardzo dużą wiedzą i doświadczeniem praktycznym w zakresie omawianych w pracy zagadnień. Jest w trakcie realizacji patentu, który poprzedzi szerokie zastosowanie uzyskanych rozwiązań w praktyce. Można oczekiwać, że doktorant będzie w przyszłości autorem wielu cennych publikacji, które będą miały zarówno dużą wartość naukową jak i ważne wskazówki dla inżynierów projektantów oraz kierujących robotami budowlanymi.

Reasumując, stwierdzam, że praca doktorska Pana mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha pt. „Wykorzystanie modeli numerycznych dla sprężonych ścian szczelinowych w kontekście optymalizacji techniki, technologii i ich realizacji” spełnia wszystkie warunki i wymagania określone przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571 z późn. zmianami).

Biorąc powyższe pod uwagę oraz moją pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej, wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej przez Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej oraz o dopuszczenie Pana mgr inż. Mateusza Cezariusza Frydrycha do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

 **PODPIS ZAUFANY**
MARIAN
ŁUPIEŻOWIEC
29.09.2025 13:17:35 GMT+0200
Dokument podpisany elektronicznie
podpisem zaufanym

