Wpłynęło
do Biura Wydziału WILiŚ
dn'a 5.01.2026 r.
l.dz. 6 podpis

dr hab. inż. Piotr E. Srokosz, prof. UWM
Katedra Inżynierii Budowlanej
Instytut Geodezji i Budownictwa
Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
ul. Heweliusza 4
10-724 Olsztyn

Olsztyn, dn. 27 grudnia 2025 r.

Szanowna Pani
Prof. dr hab. inż. Ewa Wojciechowska
Dziekan
Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechniki Gdańskiej

Szanowna Pani Dziekan,

Zgodnie z pismem z dnia 23 października 2025 roku (sygnatura I.dz.812/WILIŚ/2025), przesyłam recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Lisewskiej, zatytułowanej: „Modelling anisotropic mechanical properties of stiff soils".

Łączę wyrazy szacunku,

Piotr Srokosz

W załączeniu:
- recenzja
- umowa, rachunek i oświadczenie

RPW/61351/2025 N
Data:2025-12-30

Wpłynęło
do Biura Wydziału WILiŚ
dn.'a 5.01.2026 r.
l. dz. 6 podpis

DR HAB. INŻ. PIOTR E. SROKOSZ, PROF. UWM
UNIWERSYTET WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE
WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII
INSTYTUT GEODEZJI I BUDOWNICTWA
KATEDRA INŻYNIERII BUDOWLANEJ
UL. JANA HEWELIUSZA 4
10-724 OLSZTYN

Tel.: 89 523 47 61
e-mail: piotr.srokosz@uwm.edu.pl

Olsztyn, dn. 27 grudnia 2025 r.

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Katarzyny Lisewskiej

pt.

Modelling anisotropic mechanical properties of stiff soils.

Promotor: dr hab. inż. Marcin Cudny, prof. PG

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Lisewskiej, zatytułowanej "Modelling anisotropic mechanical properties of stiff soils", została sporządzona na zlecenie Pani prof. dr hab. inż. Ewy Wojciechowskiej, Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, zgodnie z pismem z dnia 23-ego października 2025 roku (sygnatura l.dz.812/WILIŚ/2025), otrzymanym w dniu 30-ego października 2025 roku.

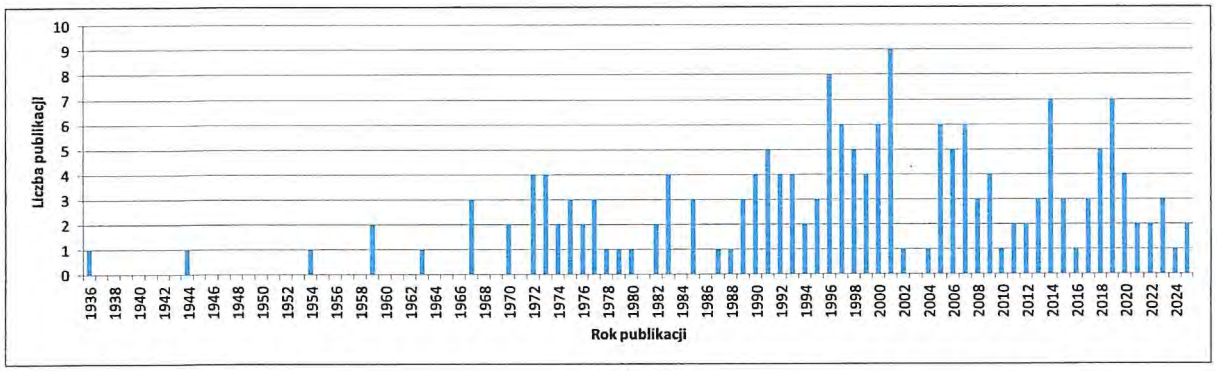
Spis treści

1. Charakterystyka ogólna rozprawy
    1.1. Formalna struktura rozprawy
    1.2. Krótkie przedstawienie treści rozprawy
2. Szczegółowa ocena rozprawy
    2.1. Ocena merytoryczna, uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne
    2.2. Ocena formalnej strony rozprawy
3. Podsumowanie i wniosek końcowy

1. Charakterystyka ogólna rozprawy

1.1. Formalna struktura rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska ma formę maszynopisu książki. Praca została napisana w języku angielskim. Tekst pracy liczy 151 stron i został podzielony na 8 rozdziałów zakończonych jednym załącznikiem oraz zbiorczym zestawieniem literatury źródłowej. Uzupełnieniem jej zawartości są streszczenia w języku polskim i angielskim oraz zestawienie wyjaśnień najważniejszych symboli oznaczeń i skrótów wykorzystanych w tekście, które umieszczono przed spisem treści, na początku maszynopisu. Literaturę źródłową stanowi 180 pozycji bibliograficznych z lat 1936-2025, bez wyraźnej przewagi ich liczebności w ciągu ostatnich 20 lat (rys.1), w tym 33 publikacje z ostatnich 10 lat. W materiałach źródłowych przeważają publikacje w czasopismach i materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym oraz rozprawy monograficzne (w tym doktorskie). Podział treści rozprawy można uznać za prawidłowo wyważony, a objętość rozdziałów - adekwatna do istotności poruszanych w nich zagadnień. Podsumowując, strukturę pracy, w tym kolejność przedstawionych w niej zagadnień, można uznać za w pełni prawidłowe.



Rys.1.

1.2. Krótkie przedstawienie rozprawy

Przedmiotem rozprawy jest autorska koncepcja modyfikacji hipersprężysto-plastycznego modelu numerycznego, którą opracowano w celu odzwierciedlenia w symulacjach komputerowych zjawisk zachodzących w gruntach drobnoziarnistych w zakresie małych odkształceń, wywoływanych anizotropią i degradacją sztywności. Opracowany model poddano weryfikacji i walidacji przeprowadzając liczne testy elementowe i analizy zagadnień brzegowych obejmujące m.in. rzeczywiste przypadki wielkoskalowych problemów specyficznych dla szeroko pojętej inżynierii geotechnicznej.

Zagadnienie anizotropii właściwości mechanicznych gruntów, traktowanych jako materiał stanowiący naturalne podłoże budowlane, zaczęło być szerzej analizowane w połowie XX wieku, kiedy badaniami prowadzonymi zarówno w skali laboratoryjnej jak i rzeczywistej wykazano, że naturalne grunty drobnoziarniste (spoiste), w szczególności iły i gliny, charakteryzują się wyraźną kierunkową zależnością właściwości mechanicznych, wynikającą np. z procesów sedymentacji i konsolidacji. Wyjątkowe trudności towarzyszące określaniu wytrzymałości gruntu w warunkach bez drenażu, wywoływane wpływem zarówno anizotropii, jak i problemami związanymi z przygotowywaniem reprezentatywnych próbek do badań cech mechanicznych, przedstawiono m.in. w ramach VI Wykładu Rankinowskiego

przez Allana Bishopa w 1966r.[1]. Wczesne podejścia do rozwiązania tego problemu miały charakter czysto inżynierski i uwzględniały anizotropię poprzez np. przyjmowanie różnych wartości modułów sprężystości w kierunku pionowym i poziomym (wg klasycznie przyjętej konwencji orientacji kierunków w przestrzeni). Swoistym kamieniem milowym było opracowanie koncepcji sprężystości poprzecznie izotropowej (*transverse isotropy*, aktualnie: *crossanisotropy*), umożliwiającej zbliżenie się do względnie realistycznego opisu zachowywania się gruntów drobnoziarnistych – autorami tej koncepcji byli James Graham i Guy Houlsby[2], którzy zaproponowali pięć parametrów modelu, wyprowadzanych za pomocą ekstrapolacji wyników uzyskanych z badań trójosiowego ściskania gruntów. W kolejnych latach rozwój zarówno podstaw teoretycznego opisu zachowania się gruntów pod obciążeniem (m.in. stanu krytycznego[3]) jak i techniki w zakresie laboratoryjnej aparatury badawczej, doprowadził do powstania złożonych modeli konstytutywnych, w których anizotropia sztywności jest sprzężona z historią stanu naprężenia i procesami kształtowania się deformacji trwałych. Współcześnie, w analizach problemów geotechnicznych charakteryzujących się podwyższonym stopniem złożoności, zwłaszcza w przypadku podłoży z gruntów drobnoziarnistych, niejednorodnych, analizy numeryczne (np. oparte na Metodzie Elementów Skończonych), niejako w „rutynowy" już sposób powinny uwzględniać zidentyfikowaną obserwacjami laboratoryjnymi i/lub terenowymi anizotropię właściwości mechanicznych gruntu, co jest warunkiem koniecznym do uzyskania wysokiej trafności prognoz dotyczących deformacji podłoża stanowiącego podstawowy obiekt oddziaływania inżynierskiego.

Bezpieczne projektowanie i realizacja obiektów budowlanych wymaga stosowania narzędzi nieliniowej analizy, a narzędzia te powinny podlegać zarówno procesom weryfikacji polegającej na korekcji wyników na podstawie znanych rozwiązań np. analitycznych, ale przede wszystkim procesom walidacji, które opierają się na danych empirycznych uzyskanych z licznych kampanii pomiarowych, prowadzonych podczas wcześniejszych realizacji analogicznych inwestycji, w podobnych warunkach geologicznych i stosowanych technologii geotechnicznych. Potencjalne, techniczne problemy, związane z bezawaryjną eksploatacją obiektów budowlanych, bardzo często uzależnione są od trafnych przewidywań wartości i rozkładu deformacji w podłożu. Systematyczne badania w tej materii są bardzo cenne i niezwykle pożądane, gdyż stanowią podstawę skutecznej predykcji i wysokiej wiarygodności obliczeń projektowych, które ze swojej natury powinny pozwolić przewidzieć wszystkie aspekty realizacji przedsięwzięcia jak i zapewnić bezpieczne funkcjonowanie inwestycji w całym okresie jej eksploatacji. W momencie przygotowywania niniejszej recenzji, baza ScienceDirect zawierała ponad 5500 publikacji scharakteryzowanych słowami kluczowymi: „anizotropia sztywności gruntów" + „modelowanie numeryczne", przy czym w bazie znajdowało się około 170 publikacji związanych z tą tematyką, które ukażą się w roku 2026. Powyższe jest niewątpliwym dowodem ciągłego rozwoju badań dotyczących wiarygodnego opisu „rzeczywistej reakcji gruntu" na zmiany wynikające z działalności inżynierskiej człowieka. Recenzowana rozprawa doktorska bardzo dobrze wpisuje się podjętą tematyką w ten trend.

W pięciostronicowym *Wstępie*, Autorka przedstawiła genezę i uzasadnienie podjęcia tematu, zwracając szczególną uwagę na istotną lukę w zakresie możliwości technicznych

---

[1] Bishop A.W., The strength of soils as engineering materials, *Geotechnique*, 16, 1966, s.91-130;

[2] Graham J., Houlsby G.T., Anisotropic elasticity of a natural clay, *Géotechnique*, 33(2), 1983, 165–180;

[3] Atkinson J.H., Bransby P.L., The Mechanics of Soils: An Introduction to Critical State Soil Mechanics, McGraw-Hill Book Company Ltd., 1978;

aktualnie stosowanych w praktyce aplikacji komputerowego wspomagania projektowania, które wykorzystywane są do modelowania numerycznego interakcji grunt-konstrukcja. Luka ta wynika przede wszystkim z braku rozwiązań pośrednich pomiędzy zbyt ograniczonymi i zbyt złożonymi formułami umożliwiającymi uwzględnianie w obliczeniach właściwości anizotropowych gruntu (np. sztywności czy wytrzymałości). We *Wstępie*, Autorka sprecyzowała również cel pracy, którym jest udoskonalenie i walidacja modelu uwzględniającego barotropię, anizotropię sztywności i nieliniową jej degradację w zakresie małych odkształceń, formułując jednocześnie pytanie, czy zmodyfikowany autorską propozycją model jest w stanie zapewnić uzyskiwanie zadowalających wyników w przypadku wybranych zagadnień brzegowych, w tym przypadków zaczerpniętych z dobrze udokumentowanych, pod względem zasobów danych pomiarowych, przedsięwzięć geoinżynieryjnych.

W drugim rozdziale (16 str., 11 rys., 0 tab.) przedstawiono przykłady eksperymentalnych obserwacji zjawisk towarzyszących barotropii i degradacji sztywności, prezentując jednocześnie oparte na nich rozwiązania aktualnie stosowane w modelowaniu numerycznym zachowania się gruntu pod obciążeniem/odciążeniem, zwracając przy tym szczególną uwagę na formułę opisującą hipersprężystość, zaproponowaną przez Pietera Vermeera w 1985r., oraz model typu *Brick*, zaproponowany przez Briana Simpsona w 1992r.[4], który wyklarował się na podstawie doświadczeń praktycznych autora, z koncepcji powstałej już w 1979r. Opisując właściwości mechaniczne gruntu w zakresie małych, średnich i dużych odkształceń zwrócono uwagę na liczne niedoskonałości modeli opartych na zjawisku histerezy sztywności, szczególnie w przypadku jej przywracania po nagłych zmianach kierunku w ścieżce obciążenia. Rozważania finalizuje wniosek, iż model typu *Brick* odpowiada jedynie za opis zależności między sztywnością i odkształceniem, natomiast aby wykorzystać go w formie pełnej relacji konstytutywnej, należy wprowadzić stosowne uzupełnienie o wybrane, zaawansowane prawo sprężystości - co doprowadziło w finale do rozwiązania zidentyfikowanego problemu i osiągnięcia postawionego celu.

Trzeci rozdział (17 str., 14 rys., 2 tab.), zatytułowany *„Anizotropia gruntów"*, Autorka poświęciła prezentacji genezy przedmiotowych właściwości gruntów, skupiając się przede wszystkim na ich formach zależnych od wewnętrznej mikrostruktury oraz formach wywołanych specyficznym oddziaływaniem stanu naprężenia. Przedstawiła liczne przykłady obserwacji poczynionych podczas eksperymentów laboratoryjnych, które stanowią swoisty dowód występowania w gruntach anizotropii właściwości mechanicznych, w tym sztywności, w zakresie małych i dużych odkształceń. W rozdziale tym można również znaleźć opis wybranych metod badawczych (laboratoryjnych i terenowych), które wykorzystywane są aktualnie w badaniach anizotropii gruntów. Rozdział kończy stabelaryzowana klasyfikacja skał wykazujących zachowanie anizotropowe w różnym stopniu jego nasilenia.

W czwartym rozdziale (16 str., 9 rys., 0 tab.) *„Modelowanie konstytutywne anizotropii"* przedstawiono przegląd rozwiązań stosowanych w symulacjach właściwości anizotropowych gruntów. Rozdział ten podzielono na dwie części:

- modelowanie w zakresie małych odkształceń, uwzględniając w nim liniową sprężystość i możliwości jej modyfikacji w aspekcie odwzorowania właściwości anizotropowych, a także modele opisujące nieliniową sztywność, w tym, w oparciu o tzw. skalowanie, polegające na nałożeniu na izotropowy tensor sztywności sprężystej, tensora opisującego mikrostrukturę gruntu;

[4] Simpson B., Retaining structures: displacement and design. *Geotechnique*, 42(4), 1992, s.541–576;

- modelowanie anizotropowej wytrzymałości gruntu, polegające na, np. uwzględnieniu w kryterium wytrzymałościowym tzw. mieszanych niezmienników, uwypuklając przede wszystkim te techniki, które w prosty sposób umożliwiają implementację funkcji rozkładu kierunkowego w dowolnym modelu, z parametrami, których wartości uzależnione są od analizowanych kierunków.

Od piątego rozdziału (24 str., 12 rys., 1 tab.) w rozprawie ujęto autorskie dokonania Doktorantki, które należy traktować jako Jej twórczy wkład w rozwój metod modelowania numerycznego, w tym uwzględniających zjawiska towarzyszące anizotropowym właściwościom gruntów o wysokiej sztywności. Rozdział, zatytułowany *„Anizotropowy model hipersprężysto-plastyczny dla gruntów sztywnych"*, podzielono na cztery części:

- w obszernej części pierwszej podano opis modelu hipersprężystości, który zastosowano w zakresie małych odkształceń; poza opisem parametrów modelu, przedstawiono również metody ich wyznaczania na podstawie wyników badań laboratoryjnych; wykazano, że parametr c_1 ma pomijalny wpływ na zmiany anizotropii, czego bezpośrednią konsekwencją jest uzależnienie parametru c_2 jedynie od współczynnika anizotropii α_G, co zmniejsza liczbę wymaganych parametrów materiałowych i upraszcza wyznaczanie ich wartości;
- w części drugiej opisano zakres odkształceń pośrednich oraz problem degradacji sztywności, którego rozwiązanie oparto na modelu Simpsona, proponując miarę odkształcenia stanowiącą podstawowy parametr sterujący zachowaniem się tego modelu;
- w części trzeciej zaproponowano przyjęcie obwiedni wytrzymałości na ścinanie opisanej izotropowym kryterium Matsuoka-Nakai;
- w ostatniej części przedstawiono uproszczoną, schematyczną procedurę implementacji opracowanej koncepcji modelu w komercyjnej aplikacji MES (PLAXIS).

W obszernym, szóstym rozdziale (41 str., 39 rys., 2 tab.) przeprowadzono tytułową dla tego rozdziału „Weryfikację modelu AHEBrick w testach elementowych i przykładowych problemach brzegowych". W wyczerpujący sposób przedstawiono opis i wyniki przeprowadzonych symulacji numerycznych testów laboratoryjnych (CID i CIU) z wykorzystaniem pojedynczego elementu, określając m.in. wpływ wybranych parametrów modelu na reakcję wyidealizowanej próbki gruntu. Niezwykle ważną częścią tego rozdziału była przeprowadzona analiza wsteczna wyników badań laboratoryjnych wybranych gruntów naturalnych, dzięki której skalibrowano parametry modelu, potwierdzając rzetelność ich wyznaczenia symulacjami MES wybranych problemów geotechnicznych, charakteryzujących się decydującym wpływem właściwości anizotropowych gruntu ze względu na znaczne odciążenia podłoża (drążenie tuneli czy wykonywanie wykopów otwartych i ze ścianami podpartymi).

Część twórczą pracy wieńczy, również dość obszerny, rozdział siódmy (28 str., 22 rys., 3 tab.), w którym Autorka przedstawiła kilka przykładów obliczeniowych o wyższej złożoności, którymi zwalidowała zaproponowane przez siebie rozwiązanie postawionego w tytule pracy problemu naukowego, wykazując wysoki stopień odzwierciedlenia rzeczywistych warunków opisanych, m.in. pomierzonymi przemieszczeniami, przez zaproponowaną przez siebie koncepcję modelu materiałowego. Przedstawione w tym rozdziale studia przypadków objęły: budowę tuneli w tzw. *glinie londyńskiej* i *glinie Opalinus*, a także próbnego wykopu odkrywkowego w tzw. *glinie oxfordzkiej*.

Przedstawiona w rozdziałach szóstym i siódmym dyskusja uzyskanych wyników objęła istotne aspekty przewidziane w przygotowanym przez Autorkę programie analiz,

a interpretacje wyników przeprowadzonych eksperymentów numerycznych, w tym liczne analizy porównawcze (w tym, z wynikami obliczeń przeprowadzonych z wykorzystaniem izotropowego modelu hyposprężystości), są najistotniejszym elementem przeprowadzonych dociekań, gdyż stanowią dowód postawionej przez Doktorantkę tezy.

Pracę kończy krótki rozdział ósmy (3 str.), w którym Autorka podsumowała uzyskane wyniki przeprowadzonych analiz, podkreślając, że przyjęta koncepcja modelu zapewnia dobre odwzorowanie zachowania gruntu, zwłaszcza w przypadku deformacji krótkotrwałych, a uzyskanie wysokiej zgodności wyników obliczeń numerycznych z obserwacjami rzeczywistymi jest uwarunkowane przede wszystkim wysokim poziomem staranności w doborze wartości parametrów materiałowych oraz ustalaniu warunków drenażu. Zaznaczyła również, że zaproponowany sposób uwzględnienia anizotropii sztywności nie jest wystarczającym warunkiem uzyskiwania rzetelnych wyników np. dotyczących osiadania podłoża wywołanego zjawiskiem konsolidacji, a sam model *AHEBrick* nie powinien być stosowany w symulacjach numerycznych z materiałami mającymi charakterystykę mechaniczną odpowiadającą skałom litym sygnalizując jednocześnie, że w takich przypadkach należy również uwzględnić zjawisko anizotropii wytrzymałości.

2. Szczegółowa ocena rozprawy

2.1. Ocena merytoryczna, uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

Oceniana rozprawa doktorska dotyczy bardzo istotnego zagadnienia, jakim jest wiarygodna predykcja zachowania się gruntów drobnoziarnistych o wysokiej sztywności w aspekcie modelowania zjawisk nieliniowych, w tym związanych z występowaniem anizotropii i degradacji sztywności. Rozprawę należy zaliczyć do oryginalnych opracowań naukowych, przede wszystkim o istotnym znaczeniu praktycznym, biorąc pod uwagę kontekst konieczności dostosowywania narzędzi obliczeniowych do rzeczywistych potrzeb inżyniera-geotechnika. Temat podjęty przez Autorkę jest aktualny i niezwykle ważny zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Osiągnięcia przedstawione w pracy mają wyraźne znamiona postępu w rozwoju analiz numerycznych związanych z modelowaniem zjawisk anizotropii właściwości mechanicznych i degradacji sztywności w zakresie tzw. małych odkształceń. Recenzent pozytywnie ocenia jakość merytoryczną pracy i nie zgłasza uwag merytorycznych do jej treści, lecz chciałby podzielić się pewnymi spostrzeżeniami, które wymagają komentarza ze strony Autorki. Wszystkie wątpliwości - w kolejności chronologicznej - przedstawiono poniżej.

I. Streszczenie pracy we właściwy, syntetyczny sposób oddaje jej cel i zakres, lecz dość skromnie i chyba zbyt ogólnie prezentuje opracowany model *AHEBrick*. Opisowa prezentacja jego struktury, zastosowań, a także zalet i wad z pewnością podniosłaby merytoryczną wartość streszczenia.

II. W treści rozdziału pierwszego zawarto przekonujące uzasadnienie konieczności podjęcia przedmiotowej tematyki badań a także sprecyzowano cel pracy i we właściwy, syntetyczny sposób opisano jej zakres. Wydaje się, że zabrakło tylko stosownego wyeksponowania tezy pracy, która jest elementem kryterium oceny i w swoisty sposób określa całą strukturę oraz kierunek badań, które finalnie prowadzą do jej niepodważalnego dowodu.

III. W podrozdziale 4.2 Autorka najprawdopodobniej wyraziła swoje przekonanie, że *„W przypadku modeli empirycznych parametry stosowane w podstawowych kryteriach izotropowych opisano jako funkcję orientacji obciążenia, skalibrowaną*

w taki sposób, aby pasowały do danych eksperymentalnych. Nie są one sformułowane w oparciu o jakiekolwiek prawa fizyczne lub matematyczne, dlatego nie zaleca się ich stosowania." Oczywiście, lepiej jest poznać prawa rządzące rzeczywistością i w elegancki sposób opisać je językiem matematyki (lub znajdując „idealną", „piękną" formę matematycznego ujęcia problemu, odkryć przy okazji nowe prawo fizyki - zob.[5]). Ale z naukowego punktu widzenia, chyba warto dać szansę również innym podejściom, w tym empirycznym, które aktualnie wciąż znajdują zainteresowanie, głównie wśród badaczy zajmujących się wykorzystywaniem metod i technik szeroko pojętej sztucznej inteligencji (zob.[6]).

IV. W podrozdziale 5.2. można przeczytać, że *„W sytuacji, gdy moduł sprężystości G^{ref}_t degraduje się do zera, co stanowi problem w modelowaniu numerycznym, stosuje się minimalną wartość G^{ref}_{tmin}."* – kiedy występują „takie sytuacje"? Wykres 5.11 wyraźnie wskazuje, że typowy, S-kształtny przebieg degradacji wartości modułu G, zawsze kończy się wartością zero.

V. Ujemne wartości $dq/d\varepsilon_q$ na wykresie 5.12 (lewy, dół – brakuje identyfikatorów poszczególnych grafik) wymagają komentarza.

VI. Algorytm przedstawiony w rozdziale piątym (Box 5.1) jest swoistym podsumowaniem dociekań przedstawionych w dotychczasowych rozdziałach pracy i ze względu na swoją wysoką wartość utylitarną, związaną z możliwością jego implementacji, z zasady, w dowolnych aplikacjach MES, mógłby zostać przedstawiony w formie standaryzowanego schematu blokowego, korzystając z zasad i reguł zawartych np. w normie ISO[7]. Dobrą praktyką w zapisie tworzonych algorytmów jest stosowanie standaryzowanych operatorów, predykatów czy etykiet i łączników, które stanowią uniwersalny język pozwalający na łatwą identyfikację wszystkich procesów zachodzących w każdym kroku algorytmu.

VII. W podrozdziale 6.1.4 zawarto „walidację modelu na podstawie wyników wybranych badań laboratoryjnych". Autorka podała, że *„Jest to realizowane poprzez symulację badań laboratoryjnych pojedynczym elementem, a następnie dostosowanie jego reakcji tak, aby odpowiadała ona pomierzonym wartościom."* W tekście pracy zabrakło szczegółów opisu zastosowanej procedury, a zagadnienie to jest problemem samym w sobie (optymalizacja) i może być realizowane na wiele różnych sposobów (w tym, z różnymi kryteriami oceny zgodności), prowadzących do różnych wyników (zob. [8]). Dodatkowo, można było pokusić się o załączenie zastosowanego algorytmu (oczywiście, w formie schematu blokowego).

VIII. W tekście podrozdziału 6.2.1. zbyt skromnie opisano przyczyny powstania obszarów $n_{ab} = 0$ w otoczeniu tunelu - Rys. 6.17 (K_0=1.0, α_G = 2.0), Rys. 6.18 (K_0=1.0, α_G = 2.0 i 1.0) czy Rys. 6.22 (K_0=1.0, α_G = 1.0). Podobnie, zabrakło wyjaśnienia przyczyn podniesienia powierzchni terenu w narożu analizowanego obszaru w przypadku

---

[5] Chown M., The most magical equation in physics': How Paul Dirac accidentally revealed the strange world of antimatter, *LiveScience*, 2023, https://www.livescience.com/physics-mathematics/quantum-physics/pretty-mathematics-how-paul-dirac-found-his-famous-equation (dostęp: 27.12.2025);

[6] Srokosz P.E., Bagińska M., Application of adaptive neuro-fuzzy inference system for numerical interpretation of soil torsional shear test results, *Advances in Engineering Software*, 143, 2020, 102793;

[7] ISO 5807:1985(en): Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts

[8] Srokosz P., Dyka I., Bujko M., Interpretation of shear modulus degradation tests, *Studia Geotechnica et Mechanica*, 40(2), 2018, 125-132;

symulacji numerycznej realizacji otwartego wykopu - Rys. 6.28 oraz Rys. 6.31 (podrozdział 6.2.2.).

IX. W tab. 7.3 (str. 143) parametry dla gliny i pasku Kellaways (ostatnie dwie kolumny) różnią się jedynie wartością współczynnika filtracji. Czy te materiały rzeczywiście mają identyczne wszystkie pozostałe cechy?

X. Ostatni rozdział pracy, „Wnioski", jest w znacznej mierze jej streszczeniem i mógłby zostać uzupełniony o stosownie wyeksponowaną informację dotyczącą dalszych kierunków doskonalenia numerycznego opisu zjawisk towarzyszących anizotropii gruntu.

Recenzent pragnie podkreślić, że mimo wymienionych wyżej uwag i wątpliwości oceniana rozprawa doktorska została przygotowana na bardzo wysokim poziomie merytorycznym, a wymienione, drobne niedoskonałości z powodzeniem będzie można usunąć podczas przygotowywania na jej podstawie publikacji naukowych, które z pewnością staną się cenną pozycją literaturową zarówno dla ekspertów zajmujących się poruszaną tematyką naukową, jak i inżynierów-geotechników, prowadzących działalność zawodową, w której nieodłącznym elementem pracy jest wspomaganie procesu projektowania specjalizowanymi narzędziami nieliniowej analizy numerycznej.

2.2. Ocena formalnej strony rozprawy

Oceniając redakcyjny aspekt rozprawy należy stwierdzić, że Autorka włożyła należne starania w przygotowanie tekstu maszynopisu, aby czytało się go przyjemnie. Bardzo rzadko zdarza się jednak, że w tekście występują jakieś drobne usterki, do których można zaliczyć:

- błędy interpunkcyjne (np. str.10_{12}[9]);
- błędy ortograficzne, tzw. „literówki" (np. str. 35, podpis pod rys. 3.11, czy str. 59_8), czy tzw. „czeskie" błędy (np. str. 99[3]);
- błędy w dzieleniu wyrazów przy ich przenoszeniu, np. w *„Streszczeniu"*()$_8$ w języku polskim.

Analizę treści pracy troszkę utrudniają:

- mało kontrastowe odcienie szarości na wykresach (np. rys. 6.37 czy rys. 7.18.b);
- brak objaśnień zastosowanych skrótów w pierwszym ich wystąpieniu (str. 130_{10}).

Podpis pod rys. 3.5.b (str. 26) wyjaśnia, że zdjęcie zrobiła sama Autorka będąc w kopalni Gutio (czyżby Guido?)– ewidentnie zabrakło podania skonkretyzowanej lokalizacji tej kopalni, w celu ułatwienia czytelnikowi identyfikacji specyficznej dla danego regionu geologicznego genezy prezentowanych osadów.

Zdarza się, że Autorka przedstawia uzyskiwane wyniki obliczeń jako rzeczywiste reakcje gruntu, obserwowalne w warunkach *in-situ* (np. 87_{10}) zapominając, że to odpowiedź modelu w pełni kontrolowanych warunkach symulacji komputerowej.

Wymienione wyżej drobne niedoskonałości redakcyjne można z powodzeniem zaniedbać, bo są one mało widoczne w tekście pracy i nie przeszkadzają w jej merytorycznej analizie. Jednakże przed przygotowaniem tekstu do ewentualnej publikacji, wszystkie usterki należałoby usunąć.

[9] numer strony i wiersze liczone $^{\text{od góry}}$ $_{\text{od dołu}}$

3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Na podstawie przedłożonego maszynopisu książki można stwierdzić, że przedstawiona rozprawa zawiera nowe i oryginalne rozwiązanie podjętego problemu naukowego, które zawiera się, m.in. w:

- opracowaniu autorskiej modyfikacji modelu konstytutywnego, umożliwiającego wierne odzwierciedlenie w symulacjach numerycznych zachowania się gruntu o anizotropowych właściwościach mechanicznych oraz nieliniowej degradacji sztywności w zakresie małych odkształceń;
- opracowaniu algorytmu obliczeniowego, umożliwiającego implementację zaproponowanej modyfikacji modelu konstytutywnego w aplikacjach opartych na MES, które wykorzystywane są w rozwiązywaniu problemów inżynierii geotechnicznej o podwyższonym stopniu złożoności;
- opracowaniu i przeprowadzeniu eksperymentów numerycznych – testów elementowych, które umożliwiły kalibrację parametrów materiałowych na podstawie wyników wybranych badań laboratoryjnych;
- przeprowadzeniu wieloaspektowych i wielowariantowych analiz numerycznych rzeczywistych przypadków problemów geotechnicznych, które umożliwiły weryfikację zaproponowanego rozwiązania stanowiąc jednocześnie w pełni przekonujący dowód postawionej w pracy tezy.

Prezentacja w rozprawie zaawansowanych analiz teoretycznych oraz licznych wyników złożonych obliczeń numerycznych, które nawiązują do aktualnych i ważnych zagadnień naukowych, z aspektem wysoce utylitarnym, stanowi potwierdzenie posiadania przez Kandydatkę zarówno ogólnej jak i szczegółowej wiedzy specyficznej dla dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, a także Jej wysokich umiejętności związanych z samodzielnym prowadzeniem badań naukowych. Zarówno sformułowany przez Nią problem naukowy jak i jego rozwiązanie potwierdza wysoki stopień tych umiejętności.

Podsumowując, oceniana praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim i może stanowić podstawę do nadania jej Autorce stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Mogę z pełnym przekonaniem stwierdzić, że Pani mgr inż. Katarzyna Lisewska spełniła wszystkie wymagania zdefiniowane w Art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571 ze zm.), wobec czego stawiam wniosek o dopuszczenie Jej do dalszych etapów postępowania.

Wniosek o wyróżnienie rozprawy

Biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom merytoryczny recenzowanej rozprawy doktorskiej, a także wskaźniki bibliometryczne jej Autorki, określone wg bazy Scopus: liczba publikacji w recenzowanych czasopismach: 2

- Archives of Civil Engineering: 100 pkt. MNiSW; IF=1,0
- Acta Geotechnica: 140 pkt. MNiSW; IF = 5,7

oraz fakt, iż tematyka obu publikacji jest ściśle związana z tematyką recenzowanej rozprawy, zgłaszam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Lisewskiej.

Olsztyn, 27.12.2025. Piotr Sachpazis