

Dr hab. inż. Waldemar Szajna, prof. UZ
Wydział Budownictwa, Architektury
i Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Zielonogórski

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Marcina Ćwirko

pt.: *„Analiza współpracy stalowych siatek zgrzewanych z gruntem w konstrukcjach oporowych wykonanych w technologii murów gabionowych”*

1. Podstawa opracowania recenzji

- Zlecenia Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach z dnia 25.06.2019 roku, zgodne z uchwałą Rady Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach, z dnia 5.06.2019 roku.
- Egzemplarz rozprawy doktorskiej.

2. Charakterystyka formalna pracy

Opiniowana praca doktorska składa się w zasadniczej części z sześciu rozdziałów (I Wstęp, II Cel i zakres rozprawy, III Aktualny stan wiedzy w omawianej tematyce, IV Własne badania i analizy, V Projektowanie konstrukcji gabionowych w technologii zbrojenia gruntu siatkami zgrzewanymi, VI Wnioski końcowe) części oznaczonej numerem siedem, która zawiera bibliografię, spis rysunków, spis tabel, a także spis załączników. Ostatnią częścią pracy stanowi pięć załączników.

Praca liczy 198 stron w części zasadniczej oraz 127 stron załączników. Bibliografia obejmuje 94 pozycje literatury naukowej, spis cytowanych norm, spis patentów oraz wykaz materiałów reklamowych, specyfikacji technicznych i stron internetowych. W pracy zamieszczono 130 rysunków i 51 tabel.

Praca została wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Małgorzaty Jastrzębskiej, prof. PŚ. Promotorem pomocniczym był dr inż. Sławomir Kwiecień.

3. Ocena rozprawy

3.1. Ocena tematyki pracy i wstępu

Rozprawa dotyczy wybranej klasy gabionowych konstrukcji oporowych, w których zakotwienie gabionów, stanowiących jednocześnie zbrojenie gruntu zasypki, wykonane jest z takich samych siatek z jakich wykonane zostały kosze gabionów. W części laboratoryjnej badane są siatki o oczkach kwadratowych z prętów zgrzewanych, zaś w części numerycznej analizowane są dodatkowo siatki zaplatane o oczkach sześciokątnych. W badaniach

laboratoryjnych Autor koncentruje się na trzech rodzajach testów: rozciąganiu siatek niezabudowanych w gruncie, siatek zabudowanych oraz testach *pull-out* – wyciągania zbrojenia z ośrodka gruntowego. Symulacje numeryczne dotyczą tylko dwóch pierwszych przypadków.

W związku z rozwojem infrastruktury komunikacyjnej kraju tematyka pracy jest aktualna, a prowadzenie badań laboratoryjnych, badań modelowych, jak i modelowanie numeryczne problemu jest jak najbardziej celowe.

We wstępie Autor pracy przybliży tematykę pracy. Przedstawia krótki rys historyczny stosowania gabionów, klasyfikację tego rodzaju konstrukcji i dalej koncentruje się na omówieniu ich zalet. Zdaniem recenzenta obiektywizm naukowy wymagałby także przedstawienia wad tego rodzaju konstrukcji.

3.2. Ocena celu, zakresu i tez

Autor formułuje cztery szczegółowe cele badawcze:

- 1. określenie współpracy siatki stalowej wykorzystywanej do produkcji gabionów z gruntem w zależności od rodzaju gruntu i parametrów siatki,*
- 2. wyznaczenie siły potrzebnej do wyrwania różnych rodzajów siatek zgrzewanych zabudowanych w zasypkach z różnych rodzajów gruntu,*
- 3. ustalenie przydatności różnych rodzajów stalowych siatek zgrzewanych do wykonania zbrojenia zasypki za konstrukcją oporową,*
- 4. opracowanie metody obliczeniowej uwzględniającej wpływ zbrojenia gruntu zgrzewanymi siatkami stalowymi.*

W opinii recenzenta cele 1 i 4 są bardzo ambitne, a każdy z nich wystarczyłby za przedmiot dysertacji doktorskiej. Zagadnienie współpracy stalowej siatki zbrojeniowej, o znacznej sztywności na rozciąganie, z otaczającym ją ośrodkiem rozdrobnionym jest zadaniem bardzo trudnym zarówno w ujęciu eksperymentalnym jak i numerycznym. Siatka stanowi konstrukcję ciągnową, w której nawet przy założeniu liniowej sprężystości stali, zależności fizyczne stają się nieliniowe (biliniowe, model *no-tension*), ze względu na bardzo małą sztywność układu na ściskanie, elementy ściskane tracą stateczność (druty siatki mają średnicę kilku milimetrów, zaś ich długości mogą wynosić kilka metrów). Dodatkowo, ze względu na duże przemieszczenia, zadanie jest geometrycznie nieliniowe (układ przy wzroście przemieszczeń zmienia sztywność). Na to nakładają się złożone problemy opisu samego ośrodka rozdrobnionego (np. trwałe obroty i poślizgi ziaren oraz ich kruszenie obserwowane w skali mikro czy dylatacyjno-kontrakcyjne reakcje zależne od parametrów stanu, obserwowane w skali makro). Wreszcie zagadnienie interakcji gruntu ze zbrojeniem wnosi dodatkowe, złożone problemy, trudne do modelowania w kategoriach mechaniki ośrodków ciągłych (występowanie sił tarcia pomiędzy rozpatrywanymi podukładami, zazębianie się ziaren o oczka siatki, swego rodzaju cięcie ośrodka gruntowego przez druty poprzecznie zorientowane w stosunku do kierunku sił rozciągających, więzy jednostronne pomiędzy kontaktującymi się podukładami).

Ze względu na opisaną wyżej złożoność procesów fizycznych zachodzących podczas interakcji gruntu ze zbrojeniem w postaci siatek, opracowanie metody obliczeniowej, symulującej skutecznie oddziaływanie podukładów (gruntu i zbrojenia) nawet w skali badań próbek laboratoryjnych jest zadaniem trudnym. Metoda obliczeniowa powinna pozwalać na przewidywanie zachowania się układu po wyznaczeniu niewielkiej liczby parametrów geometrycznych i materiałowych, najlepiej w standardowych badaniach.

Ostatecznie, zdaniem recenzenta, zakres pracy jest zbyt obszerny.

W pracy zdefiniowano dwie tezy badawcze:

- *możliwe jest wykonanie konstrukcji oporowej w technologii zbrojenia gruntu z wykorzystaniem do tego celu stalowych siatek zgrzewanych stosowanych do produkcji koszy gabionowych,*
- *istnieje możliwość zaimplementowania wyników przeprowadzonych badań do projektowania lekkich konstrukcji ze zbrojeniem gruntu siatkami zgrzewanymi.*

Pierwsza teza w obecnym brzmieniu jest raczej oczywista, w szczególności w kontekście słów Autora, str. 13, iż "... zbrojenie gruntu za pomocą krat z grubych prętów stalowych jest stosowane w praktyce na rynku północnoamerykańskim". Warto byłoby przeformułować tę tezę sprawdzając, nie czy możliwe, lecz czy zasadne jest stosowanie takiego zbrojenia ze względów technicznych, ekonomicznych, bądź innych.

3.3. Ocena rozdziału przedstawiającego aktualny stan wiedzy w omawianej tematyce

W rozdziale III daje się wyodrębnić dwie części. W pierwszej omówiono: klasyfikację konstrukcji z gabionów, charakterystykę siatek stalowych do produkcji gabionów, grawitacyjne konstrukcje gabionowe, charakterystykę konstrukcji gabionowych ze zbrojeniem gruntu, przykłady realizacji konstrukcji gabionowych ze zbrojeniem gruntu, zbrojenie gruntu za pomocą stalowych siatek zgrzewanych, grunt jako materiał do budowy konstrukcji zbrojonych. W drugiej przedstawiono: badania modelowe zbrojenia gruntu oraz analizy numeryczne zbrojenia gruntu siatkami stalowymi.

Pierwsza część rozdziału ma raczej charakter pomocniczy i duża jej część mogłaby znaleźć się we wstępie pracy. Jest ona raczej omówieniem praktyki inżynierskiej, a wśród cytowanych prac dominują normy, wytyczne projektowe, bądź przykłady realizacji obiektów inżynierskich. Alternatywnie część ta mogłaby pozostać w rozdziale, którego tytuł byłby rozszerzony o frazę „stan praktyki inżynierskiej”.

Druga część rozdziału ma istotne znaczenie z punktu widzenia rozprawy naukowej. Wybrane prace omówiono szczegółowo, co pozwala czytelnikowi na zorientowanie się w głównej problematyce zagadnienia współpracy siatek z gruntem. Tę część należy ocenić bardzo pozytywnie. Gorzej wypadają wnioski kończące rozdział, w których Autor zbyt dużo uwagi poświęca na przedstawienie zalet siatek zgrzewanych, zbyt mało zaś na sformułowanie problemu badawczego wynikające z przeglądu literatury.

3.4. Ocena rozdziału przedstawiającego własne badania i analizy

Rozdział IV jest w pracy zasadniczy. Składa się z dwóch podrozdziałów: 1. Laboratoryjne badania modelowe i 2. Analizy numeryczne. W pierwszym podrozdziale przedstawiono założenia metodyczne badań, badania laboratoryjne gruntów oraz trzy rodzaje testów, oznaczonych na potrzeby recenzji następująco: (a) badanie rozciągania siatek zgrzewanych niezabudowanych, (b) badanie rozciągania siatek zgrzewanych zabudowanych w gruncie, (c) badanie wyciągania siatek zgrzewanych z gruntu (testy *pull-out*). W podrozdziale drugim omówiono: modele obliczeniowe, wstępne analizy porównawcze, analizy numeryczne rozciągania siatek oraz analizy numeryczne rozciągania siatek z uwzględnieniem ich zabudowania w gruncie. Każdy z podrozdziałów kończą wnioski.

Autor dostosował do potrzeb planowanego eksperymentu istniejące w Katedrze Geotechniki i Dróg Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej stanowisko badawcze, składające się z płaskiej przegubowej ramy prostokątnej, usytuowanej poziomo oraz siłownika generującego obciążenia w zakresie $0 \div 85$ kN, w płaszczyźnie ramy. Wymiary stanowiska pozwoliły na jednokierunkowe rozciąganie siatek o wymiarach 762×1676 mm w kierunku podłużnym. Szczegółowych wymiarów ramy nie podano. Wykonana skrzynia badawcza służąca do zabudowania części środkowej siatki w gruncie miała wymiary w planie 900×900 mm i wysokość 630 mm. W połowie jej wysokości na przeciwległych ściankach wykonano szczeliny umożliwiające przemieszczenie się rozciąganej siatki. Skrzynię skonstruowano tak, aby dodatkowy siłownik mógł przekazywać naprężenia pionowe ściskające grunt otaczający siatkę. Czujniki przemieszczeń poziomych, o zakresie $0 \div 100$ mm, usytuowano na szczękach mocujących siatkę w sąsiedztwie jej naroży.

Badano cztery rodzaje siatek o różnych zabezpieczeniach antykorozyjnych, wykonane z drutów stalowych o różnych wytrzymałościach i średnicach od 2,7 do 4,5 mm oraz oczkach $76,2 \times 76,2$ mm. Łącznie przebadano 50 siatek.

Zastosowano dwa rodzaje gruntu: piasek drobny ($d_{50} = 0,155$ mm, $C_u = 2,57$) i przepalony lupek przywęglowy ($d_{50} = 12$ mm, $C_u = 24$). Dla obu gruntów wyznaczono wilgotności optymalne i odpowiadające im gęstości w aparacie Proctora, stosując odpowiednio cylindry o objętościach 1 i $2,2$ dm³. Badania wytrzymałości wykonano w aparacie skrzynkowym (próbki $100 \times 100 \times 66,8$ mm) przy łącznych zakresach naprężenia normalnego $50 \div 250$ kPa. Piasek po umieszczeniu w skrzyni badawczej zagęszczany był do wartości wskaźnika zagęszczenia rzędu $I_s = 0,96$, zaś lupek, z powodu trudności technicznych, jedynie do wartości $I_s = 0,78$.

W kolejnych testach siatki poddano dwóm rodzajom poziomych obciążeń rozciągających: teoretycznie równomiernie rozłożonym na krótszych bokach (w praktyce skupionym w węzłach na krawędzi) oraz skupionym w środkach krótszych boków. Program obciążenia w przypadkach (a) i (b) obejmował zazwyczaj fazę obciążania i odciażania, przy czym niektóre siatki obciążano wielokrotnie. Część próbek obciążano aż do zerwania siatki. W testach *pull-out* (c) wykonywano jedynie fazę obciążania. Ze względu na ograniczenia sprzętowe nie we wszystkich próbach (c) doprowadzono do wyciągnięcia zbrojenia lub jego zerwania. Siatki zabudowane w gruncie (b) badano przy stałym pionowym naprężeniu na grunt rzędu 60 kPa.

Łącznie wykonano ponad sto testów. Rezultaty przedstawiono w postaci wykresów siła rozciągająca - średnie przemieszczenie podłużne. W załącznikach zamieszczono 107 wyników badań: 99 testów typu (a) i 8 testów typu (c). Prawdopodobnie w wyniku błędów redakcyjnych nie zamieszczono 16 wyników testów typu (b) dla siatek zabudowanych w gruncie.

Oceniając dobór materiałów badawczych należy zwrócić uwagę na pewne jego mankamenty. Autor postawił sobie za cel badanie siatek o rzeczywistych wymiarach oczek i średnicach drutu. Konsekwencją była konieczność zastosowania gruntu o dużych wymiarach ziaren. Zastosowany łupek miał z jednej strony zbyt małe ziarna by powodować ich klinowanie w oczkach siatki, co skutkowało by dużą nośnością układu, z drugiej zaś ziarna były zbyt duże by badać je w standardowych aparatach do testów laboratoryjnych, a grunt sprawiał trudność przy jego zagęszczaniu. Ostatecznie porównywane były wyniki badań siatek w piasku o właściwym zagęszczeniu z wynikami badań tych samych siatek w łupku, który był niedogęszczony.

Zastosowana metodyka pomiarowa ma także mankamenty. Dotyczą one sposobu wymuszania deformacji siatki oraz pomiaru jej przemieszczeń. W teście zastosowano sterowanie siłą generowaną przez siłownik hydrauliczny. Tarcia na przegubach i mocowaniu ślizgowym ramy obciążającej mogą skutkować innymi wartościami sił przekazywanymi na siatkę niż wynikające z odczytów manometru siłownika. Bardziej zasadne byłoby sterowanie przemieszczeniem – wymuszanie przemieszczeń siatki i odczytywanie odpowiadającej wartości obciążenia na czujniku siły. Także pomiar przemieszczeń na szczękach mocujących siatkę, bez czujników instalowanych bezpośrednio na siatce wprowadza niepewność pomiarową. W ramie obciążającej występują pewnego rodzaju luzy, a podatność elementów mocujących i łączników może powodować, że pomierzone wartości przemieszczeń są wyższe niż rzeczywiste przemieszczenia siatki. Bez znacznych nakładów finansowych można było zastosować proste czujniki tensometryczne, by mierzyć wartości odkształceń bezpośrednio na drutach siatki.

Oceniając ilość zamieszczonych w pracy wyniki badań należy docenić pracowitość Autora, a także rzetelność w prezentowaniu wyników badań także tych, które zdaniem Autora nie do końca się powiodły. Pierwszych 21 próbek było badanych przy dużych imperfekcjach połączeń siatki ze szczękami ramy obciążającej, co skutkowało znacznymi odkształceniami trwałymi i swego rodzaju przystosowaniem się siatki do obciążenia. Zachęciło to Autora do zmiany sposobu mocowania siatki i zastosowania dodatkowego płaskownika. Bardzo prawdopodobne jest jednak, że tego rodzaju imperfekcje i przystosowania występują w rzeczywistych obiektach i sztywność zakotwienia muru gabionowego przy pierwszym obciążeniu może być mniejsza niż przy obciążeniach wtórnych. Szkoda, że Autor nie wykonał kilku testów bez dodatkowego płaskownika dla siatek zabudowanych w gruncie. Siatki niezabudowane (a) przy kolejnych cyklach obciążenia zachowywały się w przybliżeniu liniowo-sprężystość w zakresie generowanych obciążeń, niezależnie od sposobu mocowania.

Wykresy siła - przemieszczenie pokazane dla siatek zabudowanych (b) cechują się biliniowością. Załamanie wykresów występuje przy przemieszczeniach rzędu 1 mm. Autor nie komentuje tego faktu. Interesujące byłoby sprawdzenie, czy położenie punktu załamania

zależne jest np. od wartości naprężeń normalnych w gruncie i czy wiąże się z poślizgiem zbrojenia. Być może częściowa odpowiedź na te pytania znajduje się w załączniku, który nie został dodany do pracy.

W części badań *pull-out* (c) poza czujnikami przemieszczeń umieszczonymi standardowo na szczękach mocujących wyciąganą siatkę, zastosowano także czujniki na tylnej jej krawędzi. W testach tych otrzymano wykresy składające się z dwóch linii, z których jedna obrazuje relację siła - przemieszczenia czujników przednich, druga zaś tylnych. Interpretując wyniki tych badań Autor winien zwrócić uwagę na fakt, że fragment przedniej części wyciąganej siatki jest niezabudowany i rejestrowane odkształcenie jest sumą podatności złączy, podatności fragmentu siatki niezabudowanej i podatności siatki zabudowanej w gruncie. Zasadne byłoby umieszczenie czujników przemieszczeń tuż przed skrzynią badawczą.

Pomimo trudności badawczych i niedomagań metodycznych, których Autor ma świadomość, przedstawione wyniki badań są wartościowe. Pokazują pewne uśrednione zachowania zbrojenia z siatek zgrzewanych zabudowanych w piaskach drobnych i gruboziarnistych łupkach, w testach rozciągania i testach *pull-out*. Dostarczają danych dotyczących oporów jakie wprowadza ośrodek gruntowy przy analizowanych warunkach obciążenia, choć mogą być obarczone błędem pomiarowym. Do części badań powtarzalnych celowe byłoby wykonanie analizy statystycznej.

Na zakończenie omawianego podrozdziału zamieszczono wnioski dotyczące badań laboratoryjnych. Formułowanie wniosków bezpośrednio po rozdziałach lub rozbudowanych podrozdziałach jest jak najbardziej celowe, gdyż pozwala czytelnikowi, niejako 'na gorąco' oceniać fragmenty badań. Należy jednak wykazać ostrożność, aby nie formułować wniosków, które z tych badań nie wynikają. Autor rozpoczyna ten punkt następującymi stwierdzeniami „*Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy ich wyników, można stwierdzić, że:*

- *wszystkie badane siatki zgrzewane charakteryzują się podczas prób rozciągania większą wytrzymałością i mniejszą odkształcalnością niż typowe geosyntetyki,*
- *siatki zgrzewane mogą osiągać większe wytrzymałości na rozciąganie od siatek zaplatanych, ze względu na możliwość zastosowania do ich produkcji grubszego drutu, będącego brakiem ograniczeń technologicznych przy powlekanii powłokami antykorozyjnymi,”*

Umieszczenie obydwu cytowanych wniosków w powyższym kontekście wydaje się nieuprawnione, gdyż nie są one konsekwencją przeprowadzonych badań lecz mają charakter prawd ogólnych wynikających z mechaniki materiałów i technologii ich obróbki.

Drugi podrozdział badań własnych Autora zawiera analizy numeryczne siatek niezabudowanych i zabudowanych w gruncie. Rozważane są siatki o oczkach kwadratowych oraz dodatkowo siatki heksagonalne. W przypadku siatek kwadratowych ich geometria jest taka jak siatek wcześniej badanych w laboratorium. Do analiz użyto metody elementów skończonych i komercyjnego oprogramowania inżynierskiego. Przyjęto, że siatki obciążane są w zakresie zachowań liniowo-sprężystych. Założono, że pręty połączone są w węzłach w sposób sztywny, co z pewnością powoduje pewne przeszywnienie modelu obliczeniowego w stosunku do układu rzeczywistego, w którym druty zgrzewane są punktowo.

W tym miejscu brak jest opisu założeń przyjętych w modelu numerycznym, dotyczących równań geometrycznych. Z przedstawionego tekstu nie wynika, czy zadanie liczone było jako geometrycznie nieliniowe, czy też liniowe i czy takie ewentualne uproszczenie byłoby tu uprawnione.

Do sformułowania modelu gruntu Autor przyjmuje liniowy model podłoża Winklera z więzami jednostronnymi. Parametr Winklera K_z , przedstawiający opory ośrodka gruntowego, zdefiniowano jedynie dla kierunków normalnych do osi drutów siatki, co oznacza, że tarcie drutów przy przemieszczaniu ich wzdłuż osi pominięto. Zadanie rozwiązywano jako płaskie. Model Winklera u geotechników z pewnością budzi uzasadnione kontrowersje, których Autor ma świadomość. Wartość parametru K_z dla siatki zabudowanej w gruncie kalibrowana jest z wykorzystaniem wyników wcześniej badań laboratoryjnych. Ponieważ parametr jest cechą nie tylko właściwości gruntu, ale i geometrii zadania oraz obciążenia, tak wyznaczona wartość parametru nie może być przeniesiona na inne zadania.

Poważnym mankamentem analiz numerycznych zaprezentowanych w omawianym podrozdziale jest sposób kalibracji modelu obliczeniowego siatki niezabudowanej, na zgodność przemieszczeń tej siatki z wynikami uzyskanymi w eksperymencie laboratoryjnym, poprzez modyfikacje modułów Younga w nierealistycznie dużym zakresie. Z doświadczeń recenzenta wynika, że wartość tego modułu dla stali, traktowana przez inżynierów jako stała materiałowa, może odbiegać od wartości podawanej w normach nawet o kilka procent. Zmniejszenie modułu dla siatki o średnicy drutów 4,3 mm niemalże o 50% jest niewłaściwe. Przyczyn niezgodności wyników analiz numerycznych z wynikami eksperymentu należałoby doszukiwać się w uproszczeniach samego modelu obliczeniowego, a przede wszystkim w mankamentach technik pomiarowych. Obydwa problemy sygnalizowano we wcześniejszych fragmentach recenzji.

Podrozdział „Analizy numeryczne” kończą wnioski. Wniosek nr 2 w brzmieniu:

„pod kątem odkształcalności zbrojenia ważniejszy jest sam fakt zabudowania tego zbrojenia w ośrodku gruntowym niż parametry tego gruntu, co wykazano zarówno laboratoryjnie (próbki zabudowane w piasku drobnym i przepalonym łupku przywęglowym wykazywało to samo odkształcenie), jak i numerycznie, poprzez wskazanie orientacyjnego zakresu współczynnika podatności występującego między gruntami rzeczywistymi a zbrojeniem z siatek stalowych”

jest w opinii recenzenta nieuzasadniony i wynika z mankamentów metodycznych i trudności, które wystąpiły w trakcie badań laboratoryjnych oraz z przyjętego bardzo uproszczonego modelu podłoża. Także wniosek nr 3 wymagałby pogłębionych analiz przed jego sformułowaniem.

3.5. Ocena rozdziału dotyczącego projektowania konstrukcji gabionowych w technologii zbrojenia gruntu siatkami zgrzewanymi

W rozdziale V zebrano wytyczne do projektowania konstrukcjach oporowych z gabionów, w których wykorzystano siatki zgrzewane do zbrojenia gruntu. Są to wskazania zaczerpnięte z literatury oraz wnioski z przeprowadzonych w pracy badań. Z pewnością próba sformułowania takich wytycznych jest celowa i pożyteczna z punktu widzenia projektantów, jednakże przed ich wykorzystaniem należałoby przeprowadzić dodatkowe badania i analizy.

4. Ocena strony formalnej pracy

Praca napisana jest starannie, dobrą polszczyzną. Zdecydowana większość rysunków jest w pełni czytelna i dobrze opisana. Mankamentem jest brak numeracji stron w załącznikach oraz przeniesienie części wyników badań z załącznika 3 do załącznika 4, z jednoczesnym pominięciem tych wyników badań, które powinny się znaleźć w załączniku 4. Gdyby w nagłówkach stron używać tytułów rozdziałów czytelność pracy by na tym zyskała, gdyż te numerowane są liczbami rzymskimi, a w nich każdy podrozdział numerowany jest począwszy od 1. W spisie bibliografii stosowana jest niespójna pisownia dużymi i małymi literami tytułów angielskojęzycznych pozycji literatury (patrz np. poz. 2 i poz. 4). W niektórych pozycjach literatury (np. 8, 10, 26, 68) omyłkowo podano skrótowe i pełne nazwy cytowanych czasopism, np. w poz. 8: Can. Geotech. J. Canadian Geotechnical Journal. Niektóre usterki redakcyjne zestawiono poniżej.

Str. 81¹. Uwagi o czyszczeniu zdaniem recenzenta są zbędne.

Str. 90, 95. Tab. 25, 30. Tabela nie powinna mieć tylko jednej wartości.

Str. 101. Który drut na rys. 74 jest poprzeczny?

Str. 105, 106, 107. Symbole na rys. 79 ÷ 83 są mało czytelne i słabo rozróżnialne.

Str. 116². Błędnie przywołano numery rysunków „... na Rys. 86 i 86”.

Str. 121⁴. Błędne jednostki lub wartość „ 18,0 kN/cm³”.

Str. 127. Zmiana konwencji numerowania w tab. 42, w stosunku do tab. 40 (teraz pierwszymi numerami oznacza się próbki w łupkach) nie służy czytelności pracy.

Str. 127₉. Sformułowanie „... solidnych koźłów” jest zbyt potoczne i mało precyzyjne.

Str. 140, 141. W jakim celu podano 3 stałe sprężystości, jeśli zadanie jest liniowo-sprężyste?

Str. 143₇. Zjawisko przewężania rozciąganych układów o podobnej budowie jak siatki heksagonalne jest powszechnie obserwowane, np. podczas codziennych czynności ubierania dzianin, stąd jego wystąpienie nie wymaga powoływania się na światową literaturę naukową.

Str. 143₆. Wydłużenie podane w tekście wynosi 4,3 mm, zaś na przywołanym rys. 108a jedynie 2,7 mm.

5. Wniosek końcowy

Reasumując stwierdzam, że uzyskane przez Doktoranta oryginalne wyniki badań świadczą o umiejętności samodzielnego prowadzenia prac naukowych. Doktorant wykazał się pracowitością, wiedzą i zdolnościami śledzenia literatury naukowej w dyscyplinie.

Recenzowana praca mgr inż. Marcina Ćwirko pt.: „Analiza współpracy stalowych siatek zgrzewanych z gruntem w konstrukcjach oporowych wykonanych w technologii murów gabionowych” spełnia moim zdaniem ustawowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim, w związku z czym stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Waldemar Szajna