

dr hab. inż. Marcin Gajewski, prof. PW
Warszawa, 19.09.2024
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Warszawska
Al. Armii Ludowej 16
00-637 Warszawa
e-mail: marcin.gajewski@pw.edu.pl

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Górskiego pt.: „Modelowanie numeryczne stanu zdefektowanych złączy konstrukcyjnych w budownictwie wielkopłytkowym”.

1 Podstawa recenzji

Recenzja rozprawy została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie oraz pisma zlecającego z dnia 30.07.2024 roku podpisanego przez Przewodniczącego Rady prof. dr hab. inż. Eugeniusza Kodę.

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koda, będący Dyrektorem Instytutu Inżynierii Lądowej w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, zaś Promotorem pomocniczym dr inż. Jarosław Szulc zatrudniony w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie.

Celem recenzji jest ocena czy rozprawa doktorska spełnia warunki określone w Ustawie z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017r., poz. 1789 z późn. zm.).

2 Sylwetka Doktoranta

Doktorant jest absolwentem Politechniki Warszawskiej, gdzie w 2011 roku ukończył z wyróżnieniem studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Materiałowej w specjalności nanomateriały i nanotechnologie. Następnie kontynuował swoją edukację w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, zdobywając tytuł inżyniera budownictwa w 2015 roku oraz tytuł magistra inżyniera budownictwa w 2018 roku. Obecnie jest doktorantem w Instytucie Inżynierii Lądowej tej samej uczelni. Opublikował kilka artykułów w czasopiśmie naukowych, w tym w Acta Scientiarum Polonorum. Seria: Architectura i czasopiśmie Buildings. W ramach swojej pracy badawczej Wojciech Górski skupia się na analizie konstrukcji oraz wdrażaniu nowoczesnych rozwiązań w monitorowaniu stanu technicznego budynków wielopiętrowych.

Od 2017 roku Wojciech Górski jest zatrudniony na etacie asystenta naukowo-dydaktycznego w Instytucie Inżynierii Lądowej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, gdzie prowadzi zajęcia dydaktyczne oraz współpracuje w badaniach naukowych. Jego zainteresowania naukowe obejmują zarówno teoretyczne, jak i praktyczne aspekty inżynierii budowlanej.

Wojciech Górski aktywnie angażuje się w działalność społeczną i zawodową na rzecz budownictwa. Obecnie pełni funkcję Zastępcy Sekretarza Prezydium Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa (MOIIB). Jako Przewodniczący Komisji Problemowej MOIIB ds. współpracy z uczelniami, stowarzyszeniami naukowo-technicznymi i organami administracji państwowej, gdzie aktywnie działa na rzecz podnoszenia standardów zawodowych i wspierania rozwoju młodych inżynierów.

Równoległe z działalnością naukową i społeczną, Wojciech Górski posiada bogate doświadczenie zawodowe w branży budowlanej. Pracował jako kierownik budowy, inspektor nadzoru oraz projektant w licznych projektach budowlanych, zarówno komercyjnych, jak i publicznych. Uczestniczył w projektowaniu m.in. Centrum Logistycznego Fabryki Farb i Lakierów Śnieżka S.A., przebudowie budynków EC1 Wschód na potrzeby Narodowego Centrum Kultury Filmowej w Łodzi.

Wojciech Górski posiada uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej oraz uprawnienia do kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności inżynierskiej hydrotechnicznej.

3 Treść i zakres rozprawy doktorskiej

Zasadnicza część pracy składa się z 6 rozdziałów. Rozprawa jest przedstawiona na 218 stronach formatu A4 wraz z bibliografią oraz dodatkowo zawiera Spis rysunków, Spis tabel oraz Spis symboli i oznaczeń.

We wstępie (**Rozdział 1**) Autor przedstawił uzasadnienie wyboru tematu, zakres i cele badań oraz sformułował hipotezę badawczą w brzmieniu: „Modelowanie numeryczne może być wykorzystane do oceny nośności złączy konstrukcyjnych w budynkach wielkopłytowych”. Tak postawiona hipoteza jest niezbyt kategoryczna i stosunkowo łatwa do udowodnienia, więc oceniając pracę Recenzent skupi się raczej na przedstawionych wcześniej dwóch zasadniczych celach pracy, tj.:

- A. Opracowanie metodyki oceny poziomu bezpieczeństwa złączy konstrukcyjnych z defektami;
- B. Opracowanie referencyjnego modelu numerycznego złącza konstrukcyjnego systemu Wk-70 oraz modeli złączy zawierających defekty, na potrzeby oceny bezpieczeństwa konstrukcji.

W **Rozdziale 2** zatytułowanym *Aktualny stan wiedzy* Autor nakreślił rozwój budownictwa uprzemysłowionego w Polsce w latach 1970-1985, zwracając uwagę na jego udział w budownictwie mieszkaniowym (w odniesieniu do całości), charakterystyczne i najlepiej rozpowszechnione systemy, typowe układy konstrukcyjne oraz rodzaje złączy konstrukcyjnych. W dalszej części rozdziału Autor w dość ogólny sposób wspominał o „bezpieczeństwie konstrukcji”, nie formułując jednak analitycznie stanów granicznych konstrukcji, ale odwołując się do pozycji [18] bibliografii, czyli dokumentu pt.: „Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, **DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ**, z dnia 8 kwietnia 2019 r.”. Następnie blisko 27 stron poświęcił omówieniu zagadnień eksperymentalnych, tj. zagadnień dotyczących monitorowania i oceny stanu konstrukcji przy pastowaniu metod niszczących, semi-niszczących i nieniszczących. W przypadku monitorowania przedstawił dwa przykłady

zastosowania tego typu podejścia do mostów (most przez San w Przemyśle i most średnicowy w Warszawie) co wydaje się nie do końca uzasadnione biorąc pod uwagę tematykę recenzowanej pracy. Dalej mamy właściwie przegląd literaturowy odnośnie wspomnianych wyżej metod badawczych. Końcową część rozdziału 2 stanowią rozważania Autora posiłkującego się źródłami literaturowymi nt. przyczyn i rodzajów defektów budynków wznoszonych w technologii budownictwa wielkopłytkowego oraz odwołania do prac, w których zastosowano metodę elementów skończonych przy modelowaniu elementów składowych czy całych budynków wznoszonych z elementów prefabrykowanych

Rozdział 3 zatytułowany jest „Część doświadczalna” i w ocenie recenzenta nie jest to odpowiedni tytuł. Autor w tym rozdziale formułuje właściwie zagadnienie, którym chce się zająć. Co więcej, Autor nie przeprowadził własnych badań doświadczalnych, tylko przywołuje wyniki badań z pracy [142] (Pogorzelski, A. (1982). Praca złącza poziomego strop-ściana w budynkach wielkopłytkowych, (praca doktorska). Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa). W tym rozdziale Autor prezentuje metodykę swoich badań (obliczeń numerycznych) wraz z definicją stanu granicznego rozumianego jako ograniczenie liniowe w przestrzeni moment zginający wersus kąt obrotu przekroju (por. Rys.57). Koncepcja tego typu ograniczenia także została zaczerpnięta z pracy [142]. W kolejnej części rozdziału Autor prezentuje badania doświadczalne przeprowadzone przez Pogorzelskiego a następnie przechodzi do formułowania swojego modelu obliczeniowego. Dodatkowo wplata pewne informacje dotyczące metody elementów skończonych, które w ocenie recenzenta nie są potrzebne, w świetle powołanych monografii źródłowych (algorytm rozwiązywania nieliniowych układów równań przy zastosowaniu metody Newtona-Raphsona czy rodzaje elementów skończonych). Autor nieświadomie wprowadza bowiem oznaczenia dla macierzy i wektorów (albo tensorów), które powinny być wyjaśnione i odpowiednio zdefiniowane. To, że jest to pewnego rodzaju problem natury notacyjnej potwierdza zamieszczony na stronie 231 *Spis symboli i oznaczeń*, w którym z wybranych symboli zniknęły pogrubienia. Kolejnym etapem jest tzw. walidacja modelu oraz definicja modeli złącz z defektami takimi jak: występowanie raków, korozja zbrojenia, brak ciągłości na granicy płyty stropowej i wieńca, brak części zbrojenia i obniżenie modułów Younga i wytrzymałości na ściskanie elementów betonowych.

Najobszerniejszy **Rozdział 4** (84 strony, 136 rysunków) poświęcony jest prezentacji wyników analiz numerycznych. Jak wynika z przytoczonej powyżej liczby rysunków jest to w głównej mierze prezentacja graficzna i w ocenie recenzenta zbyt powtarzalna. Stanowi ona jednak bardzo obszerny zbiór wyników analiz numerycznych modelujących pracę uszkodzonych złączy poziomych w budynkach wielkopłytkowych, które mogą posłużyć do realizacji celów wskazanych przez Doktoranta.

Rozdział 5 zawiera podsumowanie i wnioski do przeprowadzonych analiz numerycznych. Ponadto na rys. 241 zaproponowano „algorytm postępowania przy ocenie ryzyka i poziomu bezpieczeństwa” złączy w budownictwie wielkopłytkowym.

Ostatni **Rozdział 6** zawiera wnioski o charakterze ogólnym oraz wnioski z wykonanych badań własnych. Praca kończy się wskazaniem kierunków dalszych prac badawczych.

Do pracy załączono bibliografię zawierającą 163 pozycje podręczników, monografii, artykułów, aktów prawnych i normatywów.

4 Ocena merytoryczna rozprawy

Zagadnienie poruszane przez Doktoranta w recenzowanej rozprawie jest oryginalnym problemem badawczym. Zgodnie z przedstawionym przeglądem literatury postawiony problem badawczy nie jest popularny i recenzowana praca wypełnia lukę w literaturze przedmiotu.

Na szczególne podkreślenie zasługuje aktualność i ważność tematu w świetle konieczności remontów budynków wznoszonych w technologii budownictwa wielkopłytkowego. Konstrukcje, o których mowa, użytkowane już kilkadziesiąt lat, ulegają stopniowej degradacji. Nadejdzie moment, w którym przed inżynierami budownictwa stanie problem oceny technicznej tych budynków, a w szczególności złączy, które w głównej mierze decydują o stanie i trwałości konstrukcji budynków. Doktorant podejmuje to trudne zagadnienie i opracowuje metodologię postępowania na przykładzie systemu Wk-70, która przy zastosowaniu metody elementów skończonych może być wykorzystana do stworzenia systemu eksperckiego.

Drugą istotną zaletą ocenianej pracy jest wysoka szczegółowość stworzonych modeli MES. Co prawda tak bardzo szczegółowe modelowanie zarówno pod względem materiałowym jak i geometrycznym w ocenie recenzenta może prowadzić do znacznego wydłużenia czasów obliczeń numerycznych i kłopotów ze zbieżnością spowodowanym przez lokalizację ekstremalnych naprężeń i odkształceń, ale wymaga to podkreślenia. Praca nie powinna być oceniana tylko przez pryzmat rozważonych przypadków (typowych uszkodzeń), ale powinna być doceniona za przedstawienie spójnej metodologii postępowania przy ocenie złączy w konstrukcjach wielkopłytkowych.

Oceniając realizację celów postawionych przez Doktoranta i przytoczonych w punkcie 3 niniejszej recenzji należy stwierdzić, że cel A, tj. „Opracowanie metodyki oceny poziomu bezpieczeństwa złączy konstrukcyjnych z defektami” został w ogólności zrealizowany z wyłączeniem odniesienia się do „poziomu bezpieczeństwa” (patrz także uwaga o charakterze ogólnym oznaczona jako VIII w punkcie 5 niniejszej recenzji).

Drugi cel pracy B, tj. „Opracowanie referencyjnego modelu numerycznego złącza konstrukcyjnego systemu Wk-70 oraz modeli złączy zawierających defekty, na potrzeby oceny bezpieczeństwa konstrukcji” został zrealizowany w całości.

Praca nie jest wolna od wad, które bardziej szczegółowo będą przedstawione w kolejnym punkcie niniejszej recenzji, jednak te wady nie przekreślają pozytywnej oceny pracy jako całości.

Podsumowując oceniam pozytywnie poziom merytoryczny przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej i uważam, że mgr inż. Wojciech Górski powinien być dopuszczony na jej podstawie do publicznej obrony.

5 Uwagi merytoryczne, redakcyjne i pytania dotyczące rozprawy

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy przedstawiam następujące uwagi o charakterze ogólnym:

I. W pracy zasadnicze znaczenie dla interpretacji uzyskanych wyników ma zdefiniowane na stronie 75 ograniczenie w przestrzeni momentu i kąta obrotu w połączeniu płyty stropowej i ściany konstrukcji wielkopłytkowej. Ograniczenie to ma charakter linii prostej, której punkty przecięcia z osią odciętych i i rzędnych ustalono w dość arbitralny

sposób. Recenzent nie był w stanie na podstawie zamieszczonych w pracy informacji odtworzyć tego rozumowania, w związku z tym prosi o wyjaśnienia w tej sprawie. Kontynuując ten wątek, warto również zapytać, na jakiej podstawie uznano, że obszar tzw. bezpiecznych stanów oddziela od stanów niebezpiecznych linia prosta?

II. Niejasna jest również dla recenzenta sprawa walidacji modelu numerycznego. W Tab. 7 widzimy w ostatniej kolumnie parametr ξ' , który został przewidziany z modelu numerycznego z bardzo wysoką zgodnością, (co prawda nie wiemy, czy model numeryczny przewiduje więcej niż doświadczenie czy odwrotnie, bo nie mamy definicji błędu). Gdy porównamy jednak wyniki doświadczenia i numeryczne w kolumnie oznaczonej jako $\Delta 9$ (Tab. 6 i 7) to widzimy, że nie zgadza się ani znak ani jednostki. Kolejną wątpliwość budzi wybór parametru ξ' jako tego, który pozwala na ocenę poprawności modelowania. Proszę o uzasadnienie tego wyboru, szczególnie w kontekście wykresów zamieszczonych na Rys. 106.

III. W opisie modelu referencyjnego w Rozdziale 3 można odnaleźć informacje na temat modelowania konstytutywnego stali i betonu. W przypadku stali jak rozumiem przyjęto model sprężysto-plastyczności z warunkiem Hubera-Misesa i stowarzyszonym z nim prawem płynięcia. Dodatkowo uwzględniono odkształceniowe wzmocnienie izotropowe po uplastycznieniu. Jak podano na stronie 94 rozprawy przyjęto moduł Younga stali jako równy 210 GPa, współczynnik Poissona równy 0.3, granicę plastyczności wyznaczoną w teście jednoosiowego rozciągania równą 410 MPa. Niejasne jest dla recenzenta, jak określono wzmocnienie stali po uplastycznieniu. Autor podaje tylko wartość wytrzymałości na rozciąganie jako równą 590 MPa, ale nie podaje przy jakiej wartości odkształcenia całkowitego (albo odkształcenia plastycznego) ona występuje. Bez tej informacji nie jest możliwe zdefiniowanie wzmocnienia. Jeszcze bardziej niejasna jest sytuacja w przypadku modelu betonu. W pracy znaleźć można na stronie 94 następujące sformułowanie: „Jednym z modeli pozwalających właściwie symulować zachowanie betonu podczas ściskania jest model wykorzystujący kryterium uplastycznienia Drucker-Pragera. W przypadku złożonego stanu naprężenia kryterium uplastycznienia pozwala określić, czy materiał przekroczył granicę plastyczności. Stosuje się go do opisu elementów betonowych obciążonych monotonicznie. Wykorzystuje wzmocnienie oraz osłabienie izotropowe, a także stowarzyszone prawo płynięcia [158].”

Czy to oznacza, że w pracy wykorzystano model sprężysto-plastyczności z warunkiem plastyczności Druckera-Pragera i stowarzyszonym prawem płynięcia? Czy w modelu uwzględniono opis wzmocnienia/osłabienia odkształceniowego po przekroczeniu warunku plastyczności? Jeśli odpowiedzi na powyższe pytania są twierdzące, to jakie parametry materiałowe są niezbędne do jednoznacznego opisu materiału i jakie wartości przyjęto w przypadku analizowanych betonów?

IV. W Tab.17 zamieszczono wyniki obliczeń numerycznych kąta obrotu przekroju płyty stropowej w zależności od przyłożonego momentu. Zastanawiające jest, dlaczego wartości tego kąta porównywane wiersz po wierszu są mniejsze dla wariantu K-85 niż dla K-60. Jeszcze bardziej zastanawiające jest to, że wyniki uzyskiwane dla wariantu K-85 są nawet niższe niż te uzyskiwane dla modelu referencyjnego. Oznacza to, że sztywność węzła wzrosła, jeżeli przekrój pręta zbrojeniowego zmniejszy się do 15%. Proszę o wyjaśnienia.

V. W Rozdziale 3 pracy mamy informację o tym, że do modelowania konstytutywnego materiałów zastosowano sprężysto-plastyczność ze wzmocnieniem i różnymi warunkami plastyczności dla stali i betonu. Zastosowanie takich relacji prowadzi do nieliniowości otrzymanego układu równań w sformułowaniu MES. Dalej mamy szczegółowo przedstawiony algorytm rozwiązywania nieliniowych układów równań. Kiedy jednak patrzymy na otrzymane rozwiązania, tj. zależności momentu zginającego od kąta obrotu przekroju (np. rys. 109-114), widzimy, że są to zależności liniowe albo prawie liniowe. Czy Autor próbował wykonać te same obliczenia bez zastosowania modeli konstytutywnych sprężysto-plastyczności? Autor przykładowo na Rys. 115 zamieszcza wykresy warstwiczne naprężeń zastępczych Hubera-Misesa w prętach zbrojeniowych. To prawda, że w pewnym podobszarze pręta nastąpiło przekroczenie warunku plastyczności, ale na globalnej ścieżce równowagi będzie dopiero widoczne uplastycznienie całego przekroju pręta zbrojeniowego. Dodatkowo w Rozdziale 5, str. 201, możemy znaleźć następujące sformułowanie: „Modele obliczeniowe były obciążane do momentu osiągnięcia granicy plastyczności stali zbrojeniowej wynoszącej 410 MPa.” Jeżeli tak było, to oznacza to, że niepotrzebne było zastosowanie modelu sprężysto-plastyczności stali. Wystarczyłoby wykorzystanie liniowej sprężystości i obserwacja poziomu naprężenia w stali. Jeśli gdzieś naprężenia przekraczają granicę plastyczności wyznaczoną w teście rozciągania to obliczenia przerywamy.

VI. Doktorant wielokrotnie w odniesieniu do stali i betonu używa pojęcia „współczynnik bezpieczeństwa”, który nigdzie nie został zdefiniowany. Proszę o wyjaśnienie.

VII. W przypadku uwzględnienia rys w stanie początkowym węzła (modele RS-1, RS2 i RS-3, patrz str. 111-113 i punkt 4.5.4 recenzent nie ma jasności w jaki sposób zostały one zamodelowane. W szczególności chodzi o modele RS-2 i RS-3, w których wydaje się niezbędne uwzględnienie kontaktu między powierzchniami. Jeżeli wstępnie zainicjujemy rysę przez cały przekrój płyty, to w wyniku zginania (w układzie jak w pracy) część górna rysy otwiera się, a część dolna zamyka. W przypadku otwierającej się rysy nie ma problemu, ale w przypadku zamykającej powinny być jakieś dodatkowe warunki, żeby powierzchnie kontaktu nie mogły się wzajemnie przenikać. Proszę o wyjaśnienia w tej sprawie.

VIII. Doktorant dość swobodnie i zamiennie używa takich pojęć jak „bezpieczeństwo konstrukcji”, „poziom ryzyka” (jak rozumiem uszkodzenia konstrukcji) mimo, że właściwie w pracy nie poruszono głębiej tych zagadnień. Przedstawiona w pracy metodologia postępowania przy ocenie stanu konstrukcji może posłużyć do oceny bezpieczeństwa konstrukcji czy poziomu ryzyka uszkodzenia konstrukcji, ale do tego jeszcze daleka droga. Mylny w tym kontekście jest także podpis pod Rys. 241, gdzie nie przedstawiono „proponowanego algorytmu postępowania przy ocenie ryzyka i poziomu bezpieczeństwa”, ale raczej algorytm uzupełniania bazy danych dotyczących połączeń płyt stropowych ze ścianami w przypadku budownictwa wielkopłytowego.

IX. Autor często używa pojęcia „wytrzymałość betonu” (patrz np. ostatni akapit str. 43). Z punktu widzenia mechaniki i modelowania konstytutywnego materiałów jest to określenie nieprecyzyjne. Mamy wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, ścinanie itd. Dalej okazuje się, że na wyniki ma wpływ jeszcze metoda wykonania badania: rozciąganie bezpośrednio, pośrednio, ściskanie na próbkach walcowych, kubicznych itd.

X. Proszę o wyjaśnienie i interpretację wykresu zamieszczonego na Rys. 79.

XI. Pod względem redakcyjnym praca jest przygotowana prawidłowo. Spoglądając jednak na nią w całości, widać nadmiar rysunków o schematycznym i powtarzalnym układzie. W ocenie recenzenta należy w przyszłości zastanowić się nad innym, bardziej zwartym sposobem prezentacji uzyskanych wyników, zwłaszcza gdyby chodziło o publikację uzyskanych wyników w czasopiśmie naukowym.

W dalszej części niniejszego punktu zamieszczam uwagi o charakterze szczegółowym, które nie zmieniają mojej pozytywnej oceny pracy, a mogą być wykorzystane przy tworzeniu przyszłych prac naukowych na podstawie recenzowanej rozprawy:

I. W wielu miejscach rozprawy pojawiają się wielokrotne cytowania, por. np. str. 29, 45, 53, 54, 55, 56, 70. Taki sposób cytowania nie jest odpowiedni i w przyszłości proszę go unikać.

II. *Streszczenie* – „obniżonych parametrów materiałowych betonu” – czy zawsze obniżenie parametrów materiałowych jest niekorzystne? Co np. z podatnością na pękanie?

III. Str. 29 – „i właściwe zoptymalizowanie warunków brzegowych” – na czym polega optymalizacja warunków brzegowych?

IV. Str. 29 – „W badaniach wykorzystano czujniki piezoelektryczne do pomiaru naprężeń i odkształceń.” Jak można jednocześnie zmierzyć i odkształcenia i naprężenia ?

V. Str. 30 – „Również w Polsce spotyka się coraz częściej obiekty ze stałym systemem monitoringu. Przykładowe rozwiązanie rozmieszczenia czujników na mostach pokazano na Rys. 16 (most przez San w Przemyśle) oraz na Rys. 17 (most Średnicowy w Warszawie) [37].

Pod wpływem podwyższenia wilgotności następuje utrata właściwości izolacyjnych. Wzrasta współczynnik przewodzenia....” - ale przeskok.

VI. Proszę zwrócić uwagę na dosłowne tłumaczenia z języka angielskiego, patrz koniec pierwszego akapitu str.33 pracy: „....ale także ogólny stan zdrowia budynku SHM [38].”

VII. Proszę o wyjaśnienie następującego sformułowania (str. 33): „Niezawodność konstrukcji budowlanych zależy od nośności i efektów obciążeń.”

VIII. Rys. 22 – w schemacie przedstawionym na rysunku dwukrotnie występuje „Określenie grubości”

IX. Rys. 25 – wymiary są nieczytelne.

X. Rys. 31 – brak opisu linii 7 – proszę o wyjaśnienie procesu powodującego takie falowanie tego wykresu.

XI. Rys. 37 jest nieczytelny.

XII. Str. 70 poniżej rysunku 54 – niepotrzebna dyskusja nt. termomodernizacji.

XIII. Str. 76 we wzorach na reakcję i moment zginający nie zgadzają się jednostki.

XIV. Str. 78 sformułowanie „odczyt bazy tensometru” jest niepoprawne. W trakcie pomiaru baza tensometru się nie zmienia, to co się zmienia to „odczyt z tensometru”.

XV. Na Rys. 60 brak równowagi, chyba że siła na płycie jest zerowa.

XVI. Jak oznaczenia na Rys. 65 mają się do oznaczeń w Tab.3?

XVII. Rys. 78 – wybrano nieodpowiedni przykład do pokazania dokładności obliczeń MES. W przypadku otworu z ostrą krawędzią naprężenia w rozwiązaniu sprężystym dążą do nieskończoności, chyba że włączymy plastyczność to wtedy są ograniczone.

XVIII. Co przedstawia wykres warstwowy na Rys. 82?

XIX. Recenzent przekazał Autorowi wydrukowany egzemplarz pracy doktorskiej z zaznaczonymi drobnymi uwagami językowymi, redaktorskimi i interpunkcyjnymi, które nie zostały zamieszczone w niniejszej recenzji.

6 Podsumowanie oceny rozprawy

Na podstawie przeprowadzonej oceny rozprawy stwierdzam, że rozprawa dotyczy bardzo ważnego i jednocześnie bardzo złożonego zagadnienia badawczego. Podjęcie takiego zadania należy ocenić jako ambitne i nowatorskie. Autor przedstawił bogaty przegląd wiedzy, wykazał się znajomością zagadnień związanych z technologią budownictwa wielkopłytkowego, umiejętnością prowadzenia złożonych badań numerycznych i wnioskowania na ich podstawie. Praca jest napisana właściwym językiem pod względem technicznym i na odpowiednim poziomie edytorskim. Przedstawione w pkt. 5 uwagi nie umniejszają walorów pracy. Ich wykorzystanie przez Autora może być przydatne w prowadzeniu dalszych prac, ale również w aspekcie wykorzystania wyników rozprawy w kolejnych publikacjach naukowych.

7 Wniosek końcowy

Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgra inż. Wojciecha Górskiego pt.: „Modelowanie numeryczne stanu zdefektowanych złączy konstrukcyjnych w budownictwie wielkopłytkowym” spełnia wszystkie wymagania określone Ustawie z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017r., poz. 1789 z późn. zm.).

Przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie niniejszą recenzję z wnioskiem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie do publicznej obrony.

25.09.2024

Marcin Gopert