

Recenzja spełnia wymagania formalne

Recenzent:

dr hab. inż. Wit Derkowski, prof. PK
Associate Professor
Department for Building Technology
Linnaeus University
SE-351 95 Växjö, Sweden
tel.: +48 502136060
e-mail: wit.derkowski@lnu.se

Växjö, 20 stycznia 2025 r.

Adresat Recenzji:

Politechnika Śląska
Rady Dyscypliny Naukowej
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
ul. Akademicka 5
44-100 Gliwice

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Zająca, pt. „The behaviour of composite concrete elements with unreinforced multiplanar interface”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo nr RDILT.512, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej, dr hab. inż. Piotra Folegi, prof. PŚ, z dnia 30 października 2024 roku, nawiązujące do Uchwały Rady Dyscypliny z dnia 24 października 2024 roku, przesłane wraz z egzemplarzem rozprawy doktorskiej i umową o dzieło nr UMC/4169/2024 do wniosku numer 3602/UMC/RB0-3/2024.

Podstawą prawną wykonania recenzji jest Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. 2018 poz. 1668) wraz z późniejszymi zmianami.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Zająca, pt.: „*The behaviour of composite concrete elements with unreinforced multiplanar interface*”. Praca została napisana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Łukasza Drobca, jako promotora.

Opiniowana praca, napisana w języku angielskim, zawarta jest w jednym tomie liczącym 299 stron, na które składa się 5 stron zawierających spis treści i spis użytych oznaczeń, 264 strony zasadniczej części pracy, 12 stron zawierających wykaz 166 pozycji literatury i spis 17 wykorzystanych norm i wytycznych, a także 15 stron zawierających krótkie i poszerzone streszczenia.

Tematem recenzowanej dysertacji jest analiza pracy wielopłaszczyznowego, niezbrojonego styku w betonowych elementach zespolonych, szczególnie w zakresie jego zarysowania oraz nośności.

W dobie, kiedy europejska prefabrykacja betonowa ponownie przeżywa rozkwit, a jednocześnie poszukuje się różnych sposobów optymalizacji konstrukcji budowlanych skutkujących obniżeniem zużycia materiałów, bez obniżenia właściwości użytkowych obiektu, naturalnym jest pojawianie się coraz to nowszych rozwiązań w dziedzinie betonowych konstrukcji zespolonych. Dopracowywanie geometrii styku między elementem prefabrykowanym a nadbetonem często prowadzi do coraz bardziej skomplikowanych kształtów płaszczyzny zespolenia, dla których dotychczasowe modele obliczeniowe nie dają satysfakcjonujących wyników. Należy

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny Inżynieria Lądowa,
Geodezja i Transport

wpłynęło dnia 27.01.2025
nr 81 z 2025

Wpłynęło dnia 24.01.2025 r.

zatem podkreślić, że przyjęta tematyka bardzo dobrze interpretuje aktualne trendy w budownictwie, prawidłowo identyfikując obszary niedostatecznie rozpoznane i opisane.

Samo zagadnienie nośności złącza niezbrojonego w konstrukcjach zespolonych beton-beton było przedmiotem licznych badań i analiz naukowych, których wyniki znalazły odzwierciedlenie w różnorodnych wytycznych obliczeniowych, jednakże wcześniejsze badania zazwyczaj skupiały się na stosunkowo prostych geometriach złącza. Doktorant w swojej dysertacji podejmuje jednak próbę opisu pracy złącza o wielopłaszczyznowej geometrii, wykorzystując zróżnicowane metody naukowe. Można stwierdzić, że praca ma charakter głównie doświadczalno-obliczeniowy, przy czym głównym źródłem wnioskowania są zaawansowane analizy numeryczne oraz własne badania eksperymentalne.

Podsumowując, przyjęta tematyka ma duże znaczenie praktyczne i jednocześnie stanowi bardzo interesujący problem naukowy, który wciąż nie doczekał się odpowiedniej ilości badań i analiz umożliwiających stworzenie miarodajnych modeli obliczeniowych - dlatego właśnie wybór tego tematu zasługuje na wysoką ocenę. Postawione zagadnienie badawcze jest ważne i ciekawe z naukowego punktu widzenia, a jego rozwiązanie na drodze naukowej stanowi pożądane poszerzenie aktualnego stanu wiedzy.

Na podstawie dogłębnych studiów literaturowych, Doktorant sformułował pięć celów głównych pracy oraz cztery tezy badawcze, po czym dobrze dobrał metody naukowe służące znalezieniu rozwiązań.

Przyjęty tytuł dysertacji jest dobrze dobrany i prawidłowo odzwierciedla jej zakres.

3. Treść rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska składa się z dziesięciu rozdziałów, przy czym każda z merytorycznych części kończy się podrozdziałem zawierającym wnioski z danego obszaru. Przyjęta konstrukcja pracy, szczególnie tak obszernej objętościowo, jest dobrze zaplanowana i bardzo ułatwia czytanie.

Rozdział 1, liczący 3 strony, zawiera krótkie wprowadzenie do problemu badawczego z nakreśleniem szerszego tła aktualnych problemów i wyzwań stawianych przed budownictwem, z lekkim nakierowaniem na prefabrykowane konstrukcje stropowe.

W rozdziale 2, również liczącym 3 strony, przedstawiono motywację podjęcia tematu, ogólnie nakreślono problem naukowy, który ma być rozwiązany i cele pracy oraz podano zarys zakresu pracy zawierający – co warto podkreślić – jego ograniczenia.

W rozdziale 3, liczącym 74 strony, szczegółowo przedstawiono aktualny stan wiedzy w zakresie niezbędnym do opracowania planowanej dysertacji, poczynając od zagadnień czysto teoretycznych, a kończąc na problematyce praktycznych badań i obliczeń. W pierwszych podrozdziałach Doktorant przedstawił szczegółową charakterystykę płaszczyzny złącza w konstrukcjach zespolonych typu beton-beton, z podkreśleniem parametru jej szorstkości, podając mechanizmy przekazywania sił ścinających. W kolejnych, zestawiono zapisy poszczególnych dokumentów normowych, zmieniających się na przestrzeni czasu. Co ważne, nie ograniczono się jedynie do wytycznych obowiązujących w Polsce, ale przedstawiono również amerykańskie normy ACI i AASHTO oraz wytyczne *fib* Model Code for Concrete Structures MC2010, po czym przedstawiono ich analizę porównawczą. Kolejno, zestawiono badania pracy niezbrojonego złącza dwóch betonów wykonywanych w różnym czasie, z dobrym omówieniem stosowanych typów badań i typów próbek. Ostatnia część dotyczy modelowania numerycznego tego typu złączy.

Dwustronnicowy rozdział 4 podzielony jest na dwie części. W pierwszej podano pięć grup szczegółowych celów pracy, a w drugiej cztery tezy dysertacji. Choć cele pracy zostały dobrze przemyślane przez Doktoranta, to ich sposób opisu robi wrażenie lekko chaotycznego. Niejednokrotnie w ramach jednego z podpunktów mieszczą się inne (np. p. 1.2 mieści się w zakresie p. 1.1), sformułowania są niedoprecyzowane (np. nie dookreślono o jaką „możliwość zakresu nieliniowości przed zarysowaniem” chodzi w sformułowaniu p. 1.3, czy też nie wiadomo o które zarysowanie chodzi w p. 2.2).

Rozdział 5, liczący 20 stron, przedstawia imponująco szeroki program badań eksperymentalnych, choć został myląco zatytułowany „Research program”. W języku angielskim słowo „research” odnosi się do całości badań naukowych, nie jedynie badań doświadczalnych, a więc obejmuje również analizy numeryczne.

Doktorant przedstawił tutaj spójny program badań, obejmujący badania wstępne, badania bezpośredniego ścinania na wycinkach belek oraz badania na elementach belkowych w próbie trój- i cztero-punktowego zginania. W drugiej części rozdziału opisano aparaturę pomiarową stosowaną w badaniach, z każdorazowym określeniem możliwych błędów pomiarowych. Pewnym niedociągnięciem jest, że w programie badań nie podano liczby badanych elementów, a jedynie ich typy (wspomniano jedynie, że symbol X w oznaczeniu próbki oznacza numer kolejnej próbki tego samego typu). Z wyników badań, zestawionych w kolejnym rozdziale, można domniemywać, że niektóre typy badano po jednym elemencie, a niektóre po dwa.

Rozdział 6 zawiera 60 stron przedstawiających wyniki poszczególnych badań wraz z ich analizą. W tym miejscu Doktorant w sposób czytelny przedstawił sposób doboru typów złączy w badaniach zasadniczych na podstawie badań wstępnych.

Rozdział 7, poświęcony analizom numerycznym, jest najobszerniejszy w całej pracy i liczy 68 stron. Zawiera on opis samego modelowania metodą elementów skończonych w programie ATENA, podając przyjęte modele materiałowe, charakterystykę elementów interfejsowych i inne parametry modelu, jak również pokazuje próbę dopasowania parametrów modelu na podstawie wcześniej wykonanych badań, jego walidacji i późniejszych korelacji wyników badań eksperymentalnych z wynikami analiz numerycznych.

Rozdział 8, liczący 20 stron, zawiera analizy podsumowujące odnoszące się do zaplanowanych celów pracy i prezentuje główne wnioski.

Rozdział 9, liczący 7 stron, zawiera autorskie koncepcje i propozycje modyfikacji dopiero świeżo wprowadzonej normy PN-EN 1992-1-1:2004 oraz normy PN-EN 15037-1:2011.

Rozdział 10 zawiera 6 stron wniosków końcowych, w sposób jednoznaczny odnoszących się do postawionych tez, a także wskazuje kierunki przyszłych badań i analiz w zakresie pracy wielopłaszczyznowych niezbrojonych styków w betonowych konstrukcjach prefabrykowanych.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Po dogłębnym zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pana mgr inż. Jakuba Zająca stwierdzam, że przyjęty układ i sposób prezentacji treści jest logiczny i typowy dla prac o charakterze doświadczalno-obliczeniowym. Bardzo wysoko oceniam fakt podjęcia się przez Doktoranta napisania pracy w języku angielskim, nawet jeśli znajdują się w niej pewne niedociągnięcia językowe. Pisanie prac doktorskich w języku angielskim jest niemalże powszechne w Europie i pozwala na znacznie lepsze rozpowszechnienie wyników badań własnych i popularyzowanie krajowej nauki na arenie międzynarodowej.

Strona edytorska rozprawy znajduje się na wysokim poziomie. Dobór pozycji literaturowych, odpowiednich dla podjętego tematu, uważam za właściwy i wystarczający.

Główną osią recenzowanej dysertacji są cztery tezy, sformułowane na podstawie dogłębnych studiów literaturowych, które Doktorant dowodzi odpowiednio dobranymi metodami naukowymi. A zatem, ich treść i sposób sformułowania powinny być przedmiotem analizy recenzenta. Otóż, tezy te, moim zdaniem, zostały napisane w sposób nie całkiem jednoznaczny. W treści tez znalazły się błędy gramatyczne (na temat błędów językowych wypowiadam się w dalszej części recenzji), lecz na cele dyskusji o zaproponowanych tezach, podaję poniżej próbę ich tłumaczenia na język polski:

T1: Współpraca między płaszczyznami zespolenia jest zależna od położenia na wysokości przekroju poprzecznego

Teza jest niejednoznaczna - nie wiadomo co Doktorant ma na myśli mówiąc o współpracy między płaszczyznami zespolenia? Rozważając ukształtowanie styku analizowane w dysertacji, czy mowa jest o współpracy poziomych płaszczyzn ze sobą, czy współpracy płaszczyzn pionowych i poziomych (czy

fragmenty nachylone ukośnie też są brane pod uwagę)? Czy współpraca rozumiana jest jako zgodność odkształceń, czy może chodzi o brak poślizgu w styku lub jego ograniczony zakres?

W tezie tej nie jest również wiadome, o położeniu czego na wysokości przekroju jest mowa. W przypadku płaszczyzny pionowej – czy byłoby to położenie środka wysokości tej płaszczyzny, czy może położenie jej górnej i dolnej krawędzi?

Nawet przy wyjaśnieniu wyżej wymienionych wątpliwości, można się zastanowić, czy teza ta nie jest w pewnym stopniu oczywista. Na podstawie dotychczasowego stanu wiedzy wiadomo, że wielkość strumienia sił ścinających zależy od położenia styku na wysokości przekroju, a „współpraca między płaszczyznami styku” powinna być zależna od wielkości tego strumienia.

T2: Niezbrojone styki o wielu płaszczyznach zespolenia odznaczają się charakterystyką nieliniową przed zniszczeniem na skutek poślizgu

Teza ciekawa, warta badań naukowych wyjaśniających źródła wspomnianej nieliniowości, choć dobrze byłoby doprecyzować co należy rozumieć przez „charakterystykę nieliniową”.

T3: Zwiększona nośność na ścinanie płaszczyzn pionowych wynika z efektu ich skrepowania

Teza, w tak ogólnym sformułowaniu, z teoretycznego punktu widzenia wydaje się być oczywista. Zwiększona nośność powierzchni skrepowanych wynika z efektu tarcia, który jest widoczny we wzorze na nośność styku na ścinanie podłużne zawartym w EC2, jednakże wielkość tych sił tarcia może być minimalna (trudna do uchwycenia w badaniach). Jak wykazano już we wcześniejszych badaniach, w płytach stropowych efekt tarcia na nośność styku poziomego może odpowiadać jedynie za ok. 1 % – 3% tej nośności - dlatego właśnie część innych norm całkowicie pomija ten człon nośności. Należy się spodziewać, że w przypadku płaszczyzn pionowych, siły dociskowe wynikające ze skrepowania betonem będą wyraźnie mniejsze niż siły dociskowe działające na płaszczyzny poziome. Pojawia się zatem pytanie zarówno o możliwość eksperymentalnej weryfikacji postawionej tezy, jak i o jej praktyczny aspekt.

T4: Wydłużenie belki zespolonej poza oś podpory umożliwia zachowanie quasi-monolityczne pomimo poślizgu w styku aż do osi oparcia

Tak ogólnie sformułowana teza może być błędna. Z pewnością „wydłużenie” belki poza podporę musi mieć jakąś wartość minimalną dla zapewnienia quasi-monolitycznego zachowania, a więc nie można mówić o jakimkolwiek „wydłużeniu”. Tak więc, dowód tej tezy powinien być połączony z określeniem minimalnej wielkości przedłużenia belki poza podporę.

Warto też doprecyzować, od jakiego momentu mowa jest o „quasi-monolityczności” – czy chodzi o to, że zniszczenie belki następuje w wyniku ścinania poprzecznego lub zginania, ale nie utraty nośności w styku?

Ostatnią wątpliwością, jest praktyczny aspekt tej tezy – jak często w rzeczywistych konstrukcjach budowlanych prefabrykaty stropowe mogą być wydłużane poza oś podpory np. o pół metra? Pytanie to jednak nie wpływa na ocenę wartości naukowej recenzowanej pracy.

Podsumowując, w pracy postawiono aż cztery tezy, i choć można mieć uzasadnione wątpliwości co do ich sformułowania, to ich udowodnienie lub odrzucenie z pewnością pozwoli na lepsze rozpoznanie pracy wielopłaszczyznowych styków w betonowych konstrukcjach zespolonych. Poruszone w tezach zagadnienia nie były do tej pory dostatecznie dobrze rozpoznane naukowo, a mają one duże znaczenie praktyczne. Bez wątpienia, ich naukowe dowiedzenie przez Doktoranta stanowić będzie potrzebny i istotny wkład w stan obecnej wiedzy.

Poza wcześniej wymienionymi argumentami, na fakt mojej pozytywnej oceny przedmiotowej rozprawy doktorskiej wpływają przede wszystkim następujące argumenty:

- **Bardzo dobre rozpoznanie przez Doktoranta problemu, do tej pory nieopracowanego naukowo, który ma bezpośrednie odniesienie do praktyki inżynierskiej.** Zarówno tematyka i cel dysertacji, jak i tezy naukowe potwierdzają dobre rozeznanie Pana Jakuba Zająca zarówno w aktualnych problemach przemysłu prefabrykacji betonowej, potrzebach projektantów konstrukcji, jak i – co najważniejsze – w roli naukowców, jaką powinni pełnić dla społeczeństwa. Należy w tym miejscu wysoko ocenić nie tylko zamiar połączenia pracy badawczej nad zagadnieniami o charakterze naukowo-poznawczym z wdrażaniem nowych rozwiązań projektowych w praktyce, ale i jego realizację;
- **Prawidłowo zrealizowane, dogłębne studia literaturowe.** Dzięki analizie 166 pozycji bibliograficznych właściwie zidentyfikowano luki w zakresie wiedzy na temat pracy niezbrojonych złączy w betonowych konstrukcjach zespolonych oraz prawidłowo stworzono koncepcje dowodzenia postawionych tez metodami naukowymi. Dobre rozpoznanie wytycznych normowych w zakresie obliczania nośności na ścianie podłużne płaszczyźnie zespolenia stało się bazą do stworzenia propozycji modyfikacji zapisów niektórych norm;
- **Zaplanowanie i zrealizowanie unikalnych, bardzo obszernych i trudnych badań eksperymentalnych.** Doktorant podjął się wykonania badań laboratoryjnych w niezwykle szerokim zakresie, zazwyczaj niespotykanym w pracach doktorskich czy pracach badawczych realizowanych przez jednego naukowca. Zakres prac doświadczalnych, obejmujący badania właściwości betonu, badania próbek zespolenia w przy bezpośrednim ścinaniu, badania belek zespolonych w skali rzeczywistej w próbach trójpunktowego i czteropunktowego zginania czy badania zasięgu zarysowania styku przy użyciu kontrastu UV, mogą dać wyobrażenie skali tego przedsięwzięcia jedynie tym naukowcom, którzy realizowali badania konstrukcji budowlanych w skali rzeczywistej. Należy do tego dodać, że Doktorant zastosował zróżnicowane techniki pomiarowe, co z jednej strony zwiększało pracochłonność eksperymentów, ale jednocześnie zwiększało pewność uzyskania miarodajnych wyników. Już sam ten fakt świadczy o dużej dojrzałości Pana Jakuba Zająca w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych.
- **Dobra umiejętność tworzenia zaawansowanych modeli numerycznych konstrukcji budowlanych.** Opracowanie, przy użyciu oprogramowania ATENA, kompleksowego modelu numerycznego dla badanych elementów oraz próby jego walidacji na podstawie uzyskanych wyników badań eksperymentalnych, pozwoliło na wykazanie możliwości przeprowadzenia stosunkowo wiarygodnej analizy numerycznej pracy betonowych elementów zespolonych o wielopłaszczyznowych stykach.
- **Opracowanie wniosków o charakterze naukowym.** Doktorant wskazał na mechanizm pracy płaszczyzn pionowych podlegających bocznemu skrępowaniu betonu, wykazał nieliniową charakterystykę pracy złącza, czy wykazał, że zrealizowanie przewieszenia elementu na pewną długość poza oś podpory może gwarantować prawidłową pracę elementu, pomimo poślizgu w styku na znacznej długości.
- **Opracowanie wniosków o charakterze inżynierskim.** Doktorant stworzył koncepcję zmian zapisów normowych, bazującą na autorskim sposobie wyznaczania efektywnych płaszczyzn zespolenia w złączach wielopłaszczyznowych.

Podczas studiowania rozprawy nasunął się również szereg wątpliwości lub pytań, które powinny zostać wyjaśnione. Uwagi te podzieliłem na następujące pięć grup:

- Uwagi ogólne

- Już na samym początku pracy (str. 13), przy wstępnym omówieniu problemu badawczego, Autor odważnie stawia mocną tezę o rozbieżności/niespójności zapisów poszczególnych norm w „pojedynczym zestawie norm europejskich”, podtrzymując tę tezę do końca rozprawy. Moim zdaniem, takie stwierdzenie jest jednak nieuzasadnione. Europejski system standaryzacyjny przyjmuje, że norma PN-EN 1992-1-1 (Eurokod 2), zgodnie z jej tytułem, jest jedynie zapisem reguł ogólnych. Podaje zatem ona wytyczne projektowania

prostych, powszechnie spotykanych elementów lub konstrukcji budowlanych. Wszelkie rozwiązania nietypowe, odbiegające od tych najpowszechniejszych, mogą znaleźć uregulowanie w innych normach. W przypadku specyficznych konstrukcji z betonu prefabrykowanego, istnieje zestaw norm produktowych, do których należy, chętnie przywoływana przez Doktoranta, norma PN-EN 1537-1:2011. W zakresie przedmiotu dysertacji, Eurokod 2 podaje jedynie wytyczne dla standardowych jednopłaszczyznowych styków, natomiast konkretne rodzaje wielopłaszczyznowych styków w zespolonych stropach gęstożebrowych zostały scharakteryzowane we wcześniej przywołanej normie produktowej. Nie jest to zatem błąd w normodawstwie, a celowe działanie zmierzające do odchudzenia Eurokodu 2 i niepodawanie niezliczonej ilości przypadków szczegółowych (dotyczy to nie tylko nośności na ścinanie styku, ale i innych zagadnień). Tak więc wnioski w pracy sprowadzające się do wezwań o ujednoczenie akurat tych dwóch norm są nieuzasadnione i z pewnością zostałyby odrzucone przez Europejski Komitet Normalizacyjny CEN. Zasadne natomiast może być wnioskowanie o lepszy opis analizowanego zagadnienia we wskazanych normach produktowych.

- Zakres pracy doktorskiej podzielony został na cztery główne obszary, wykonane najprawdopodobniej w następującej kolejności: 1 - studia literaturowe pozwalające na określenie tematyki badawczej i dobre rozeznanie aktualnego stanu wiedzy, 2 - szerokie badania eksperymentalne, 3 – zaawansowane modelowanie numeryczne elementów poddanych badaniom oraz numeryczne studia parametryczne, oraz 4 – analizy ukierunkowane na udowodnienie postawionych tez oraz sformułowanie wniosków końcowych. Taka kolejność prac, gdzie badania wyprzedzają zaawansowane obliczenia, najczęściej powoduje niebezpieczeństwo niedopracowania czaso- i kosztochłonnego programu badawczego (np. w zakresie szczegółowego, najodpowiedniejszego doboru elementów badawczych lub ich opomiarowania). Wcześniejsze wykonanie modeli obliczeniowych elementów planowanych do badań pozwala zwykle na wyeliminowanie lub zmniejszenie błędnych decyzji. Do takiego samego wniosku, doszedł Doktorant w końcowej części swojej pracy informując, że teza 3 mogłaby zostać udowodniona, gdyby badania zostały poprzedzone wstępnymi analizami wyników modelowania numerycznego (str. 269). To sformułowanie potwierdza dojrzałość młodego badacza i - choć sama teza 3 (podobnie, jak 4) nie została w pełni potwierdzona - świadczy o nabyciu przez Niego umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

- Duża część procesu dowodzenia postawionych tez oparta jest na analizach sztywności, rozpoczynających się od pierwszych analiz wyników badań (str. 121), przy czym definicje sztywności pojawiają się dopiero w rozdziale 8 na str. 251. Miary sztywności podane wzorami (8.7) czy (8.8) dobrze ją opisują w zakresie pracy liniowo-sprężystej. Uważam, że lepiej byłoby, aby te miary oparte były nie na stosunku doraźnych wielkości siły F do przemieszczenia S (lub naprężenia τ do przemieszczenia S), a na stosunku przyrostów tych wielkości $\Delta F/\Delta S$ ($\Delta \tau/\Delta S$). Zastosowana w pracy miara sprowadza się do definiowania sztywności jako tangensa kąta nachylenia siecznej przechodzącej przez 0 i dany punkt na wykresie $F-S$.

Przykładowo, analizując wykres dla elementu Z1.1C pokazany na Rys. 6.26 wyraźnie widać dwie fazy pracy (wykres dwuliniowy), informujący o spadku sztywności w wyniku zarysowania przy sile ok. 70 kN. Natomiast na Rys. 6.27, obrazującym sztywność badanych elementów w funkcji obciążenia, widoczna jest w przybliżeniu stała sztywność w pierwszej fazie, lecz od wielkości ok. 70 kN (faza II) następuje stały – niemalże liniowy – spadek sztywności, co nie jest prawdą, ponieważ w tym obszarze sztywność, choć zmniejszona na skutek zarysowania, to praktycznie pozostaje niezmienna.

Innym przykładem obrazującym kwestie wyliczonej sztywności jest element Z1.2_C3, dla której krzywoliniowy wykres pokazano na Rys. 8.2a, podczas gdy linowe zachowanie się próbki w zakresie od 0 do 100 kN widoczne jest na wykresach podanych na Rys. 6.17c, Rys. 6.18a, Rys. 6.20a i Rys. 6.21a – skąd zatem powstała tak duża zmienność sztywności?

Patrząc na kształt podawanych wykresów sztywności, również końcowa faza pracy belki – już po zniszczeniu, kiedy następuje gwałtowny spadek siły do 0 przy dużym wzroście przemieszczenia – jest błędnie

oddana. W tym obszarze powinny być widoczny gwałtowny spadek sztywności do 0, natomiast wygładzony wykres krzywoliniowy jest jedynie wynikiem twórczości Excela w sytuacji braku zarejestrowanych punktów pośrednich.

Niestety, właśnie tak obliczone i zilustrowane sztywności elementów badawczych, jak i również elementów jedynie modelowanych numerycznie, były podstawą wniosku w pracy. Przykładem błędnego wniosku może być analiza wyników dla elementu Z1-C (str. 205-206). W tekście mówi się o 60% różnicy początkowej sztywności, podczas gdy na Rys. 7.21b początkowa sztywność uzyskana w eksperymencie i w modelowaniu numerycznym jest niemalże identyczna.

W tym właśnie upatruję jeden z dwóch największych mankamentów recenzowanej pracy.

- Uwagi dotyczące badań doświadczalnych

- Tabele 6.2 i 6.3 prezentują końcowe wyniki badań betonów użytych do wykonania elementów badawczych. W pracy nie podano po jakim czasie od betonowania badane były próbki i po jakim czasie od betonowania wykonywano badania elementów.

- Badania serii B miały charakter wstępny i służyły odpowiedniemu zaprojektowaniu badań głównych. Jednakże w nadbeton w serii próbnej osiągnął bardzo wysoką wytrzymałość (ok. 57 MPa), podczas gdy w serii badań zasadniczych (Z) wytrzymałość nadbetonu była zauważalnie niższa (ok. 36 MPa). Czy fakt tej różnicy mógł wpłynąć na wyniki badań eksperymentalnych i wnioski z nich wynikające?

- Badania szorstkości powierzchni wykonano metodą "Sand Patch Test" która jest opisana w normie EN 13036-1:2010 poświęconej określeniu charakterystyki nawierzchni drogowych i lotniskowych (a więc elementów o znacznie większych powierzchniach niż badana płaszczyzna zespolenia belki), ale stosowana jest również w określeniu szorstkości powierzchni elementów budowlanych. Norma ta jednak dokładnie specyfikuje objętość piasku, jaka powinna zostać użyta w teście (25ml). Z uwagi na małą szerokość płaszczyzny zespolenia, Doktorant zdecydował o użyciu pięciokrotnie mniejszej objętości piasku. Moim zdaniem, wiąże się to ze znaczącym zwiększeniem błędów pomiaru.

Uwaga ta ma znaczenie, ponieważ uzyskany wynik badania wynosi $1,33\text{mm} \pm 0,33\text{mm}$, czyli od 1,00 mm do 1,66 mm, podczas gdy Model Code 2010 definiuje granicę pomiędzy powierzchnią gładką a szorstką na poziomie 1,50 mm. Doktorant znając tę definicję przyjmuje zatem, że badana powierzchnia powinna być traktowana jako gładka. Pojawia się jednak pytanie, czy gdyby badanie zrobić na znacznie większej powierzchni (np. na większej długości), to czy wynik byłby taki sam? Dodatkowym pytaniem jest czy szorstkość dolnej powierzchni poziomej jest taka sama, jak szorstkość górnej powierzchni poziomej?

Kwestia określenia szorstkości powierzchni może mieć duże znaczenie w kontekście tezy 2. Mając na uwadze tezę 3, wydaje się, że określenie szorstkości powierzchni pionowych też ma znaczenie, natomiast dla tezy 1 ciekawym byłaby analiza różnicy szorstkości pionowych i poziomych płaszczyzn zespolenia. Może zatem, określając kierunki przyszłych badań warto dodać analizę wpływu szorstkości poszczególnych płaszczyzn zespolenia na pracę złącza?

- W pracy nie podano jednoznacznie czy w analizie przemieszczeń belek z matami Kevlarowo-gumowymi, szczególnie belek typu CB, uwzględniano odkształcalność tych mat?

- Niejednoznaczne są oznaczenia przyjęte dla wielkości sił podawanych w tabelach (np. w Tabeli 6.10: „Flexural crack” czy „Peak Load” mają oznaczenie F , a „Interface slip at ...” czy „Diagonal crack” mają oznaczenie V). Czy oznacza to, że siły F są wielkościami obciążenia zewnętrznego (pojedynczej siły skupionej, czy siły wytwarzanej przez siłownik? – na Rys. 6.24 niestety nie zostało to sprecyzowane), a siły V są wielkościami sił wewnętrznych (z/bez uwzględnienia ciężaru własnego?, w którym przekroju poprzecznym?)?

- W pracy podjęto ciekawą próbę określenia zakresu zarysowań powierzchni styku, przez wycięcie z badanych próbek „plastrów” o szerokości 20 cm i zastosowanie kontrastu UV. W ten sposób na fotografiach płaszczyzn ciecica widoczne są jaśniejsze obszary zarysowania. Należy docenić pomysł i wysiłek takiego rozpoznania

zarysowań styku, jednak nie można wykluczyć, że widoczne jaśniejsze obszary są efektem nieciągłości powstałych w trakcie betonowania, efektem skurczu nadbetonu lub efektem powstania mikrozarysowań/zarysowań w trakcie procesu cięcia próbek piłami diamentowymi.

- Uwagi dotyczące analiz numerycznych

- Już w samym wstępie rozdziału 7 Doktorant stwierdza, że modelowanie wszystkich elementów badanych (a nawet wszystkich typów elementów) nie ma sensu, ponieważ nie ma ono na celu „jedynie weryfikacji badań eksperymentalnych”, a nawet dodatkowo podkreśla, że „takie podejście byłoby bezużyteczne dla z analitycznego punktu widzenia”. Otóż, modelowanie różnych typów badań eksperymentalnych jest potrzebne nie tyle dla sprawdzenia badań eksperymentalnych – wynik badania jest obiektywny i nie wymaga sprawdzenia – ale dla walidacji stworzonego modelu. Tworząc model numeryczny zakłada się bardzo wiele danych wejściowych, z których część może być kalibrowana na podstawie wybranych badań. Aby jednak móc stwierdzić prawidłowość modelu i dalej go wykorzystać do badań parametrycznych i korelacji ich wyników, konieczne jest walidowanie modelu wykorzystując badania eksperymentalne różnych typów elementów.

Pojawia się więc zasadnicze pytanie, czy stosowany model został prawidłowo zwalidowany. Pytanie to może być uzasadnione w kontekście niektórych informacji podawanych w pracy, np.:

- * na str. 189 mówi się o dziesięciokrotnej różnicy ugięcia (?) między wynikami modelowania, a wynikami uzyskanymi w eksperymencie,
- * na str. 197 mówi się o maksymalnych szerokościach rozwarcia rys poniżej 0,002mm (takie rysy są mikrozarysowaniami, przy których aktywuje się mechanizm ząbienia kruszywa i nie należy ich mylić z rysami w żelbecie. Możliwe, że przy zmniejszeniu wielkości oczka siatki w modelu MES uzyskano by bardziej miarodajne wyniki zarysowania),
- * na rysunkach porównujących zarysowania belek podczas badań z mapami zarysowań uzyskanymi z analiz MES - patrz Rys. 7.36, Rys. 7.37 i Rys. 7.38 (str. 220-221) – pokazano, że modele numeryczne nie wykazują zarysowania poziomego styku obserwowanego w badaniach,
- * na str. 225, we wnioskach z analiz numerycznych dla serii ZX.1, wskazuje się, że model nieprawidłowo odwzorowuje siłę niszczącą elementu Z5.1-S,
- * na str. 238, w generalnych wnioskach z modelowania numerycznego, stwierdzono, że we wszystkich modelach MES przemieszczenia i zarysowania nadbetonu były znacząco mniejsze niż te zarejestrowane w badaniach.

Ta moja uwaga opisuje drugi z dwóch największych merytorycznych mankamentów recenzowanej pracy.

- Słowo „correlation” (lub jego odmiana) zostało w pracy użyte 83 razy, przy czym w większości było to nieprawidłowe określenie. W praktyce, w tej pracy, miało ono przypisane wiele znaczeń: 1 – kalibracja (eng.: calibration), 2- walidacja (eng.: validation), 3 – korelacja (eng.: correlation) lub nawet 4 – zbieżność (eng.: convergence). W prowadzeniu badań naukowych przy użyciu modeli numerycznych te cztery czynności mają zasadniczo różne znaczenia i nie mogą być mieszane. Sprowadzenie ich do jednego określenia zasadniczo utrudnia, a czasem i uniemożliwia, prawidłowe zrozumienie danego fragmentu pracy.

- Opisując model betonu w zakresie modelowania rys, Doktorant wspomina model pasma rysy (eng.: Crack Band Model (CBM)), nie precyzując w jaki sposób został on uwzględniony.

Czy szerokość pasma jest uwzględniana automatycznie na podstawie rozmiaru elementu skończonego (model Rotsa), czy metodą projekcji (Govindjee), czy też została określona jako bezpośrednia dana wejściowa? Pytanie to jest również ważne w kontekście zdefiniowania konkretnej wartości energii pęknięcia (patrz Tab. 7.2).

- Na str. 178 stwierdzono, że Atena zawiera generator modeli „bond-slip” na podstawie *fib* Model Code 2010. Czy dla splotów sprężających ATENA również daje model naprężenie przyczepności – poślizg (eng.: bond-slip model)? Zadaję to pytanie, ponieważ *fib* Model Code 2010 podaje jedynie modele przyczepności dla prętów żebrowanych, gładkich i drutów ciągnionych na zimno.
Wątpliwa jest również wartość naprężenia przyczepności dla splotów sprężających podana w Tabeli 7.3 – wynosi ona zaledwie 0.81 MPa i jest ok. dziesięciokrotnie mniejsza niż dla pręta zbrojonego. Moim zdaniem, powinna być ona co najmniej 2-3 większa od podanej.
- Nie sprecyzowano, które z parametrów podanych w Tabeli 7.2. zostały określone przez generator bazujący na *fib* Model Code 2010. Wydaje się, że odkształcenia plastyczne ϵ_{CP} , początek miażdżenia betonu czy krytyczne przemieszczenie przy ściskaniu (ostatnie trzy wiersze tabeli) nie mogły zostać tak określone. Proszę o wyjaśnienie tych wartości.
- Doktorant zwraca uwagę na niesymetryczność uzyskanych wyników naprężeń na płaszczyznach styku pokazywanych na Rys. 7.14 w sytuacji, kiedy próbka jest symetryczna i obciążenie jest symetryczne, bez podania jednoznacznej tego przyczyny. Moim zdaniem, niesymetryczność siatki elementów skończonych widoczna na Rys. 7.12c oraz stosunkowo duża wielkość zastosowanych elementów skończonych w strefie interfejsu może skutkować takim właśnie błędem. Wcześniej zbadana została wrażliwość modelu na wielkość elementu skończonego, lecz parametrami badanymi były wielkości siły niszczącej i poślizgu, a nie naprężeń w styku. Widok modeli w tej analizie wrażliwości pokazano na Rys. 7.7 – przyjęty do dalszych analiz model z Rys. 7.7b ma siatkę wyraźnie niesymetryczną. Dlaczego nie zdecydowano się wymusić symetrii siatki przez narzucenie poszczególnych punktów? Zmniejszenie oczka siatki w strefie interfejsu spowodowałoby natomiast uśrednianie wyniku na mniejszych obszarach i efekt niesymetryczności najprawdopodobniej zanikałby.
- Część bardzo ciekawych wniosków z wykonanych analiz numerycznych sprowadza się do przedstawienia wyników obserwacji, bez podania wytłumaczenia lub choćby hipotez w zakresie możliwych przyczyn. Przykładowo, w częściowych wnioskach dotyczących modelowania elementów serii ZX.1 stwierdzono, że modele dobrze odwzorowują lokalne zarysowanie – stwierdzenie to jest prawdziwe tylko w zakresie rys prostopadłych oraz rys ukośnych, natomiast modele numeryczne w ogóle nie wykazały zarysowania poziomego w złączeniu, które jest bardzo silnie widoczne na zdjęciach z badań - taki stan rzeczy z pewnością wymaga komentarza od wnikliwego badacza. Podobna sytuacja dotyczy dużej różnicy w sile niszczącej dla elementu Z5.1-S.
- Szkoda, że w ramach weryfikowania tezy 4 nie przeprowadzono analizy parametrycznej długości przewieszenia belki poza podporę, tak aby ostatecznie można było przedstawić wnioski w funkcji długości przewieszenia – byłaby to cenna informacja w kontekście tej tezy.
 - Uwagi dotyczące obliczeń przy użyciu modeli analitycznych
- Norma PN-EN 15037-1:2011 podaje uśrednione wartości naprężenia przyczepności na wielopłaszczyznowej powierzchni zespolenia, jednocześnie podając sposób wyznaczania „efektywnej” powierzchni zespolenia. Czy w obliczeniach prezentowanych w p. 8.2 uwzględniono obie wytyczne, czy ograniczono się do arbitralnego przyjęcia jedynie wielkości naprężenia przyczepności?
- Proponując modyfikacje normy, poprzez wskazanie jako efektywnych pionowych i ukośnych płaszczyzn zespolenia, na których występują siły kohezji i siły tarcia (patrz wzór (9.1)) należałoby podać sposób klasyfikacji tych powierzchni dla wyznaczenia współczynników c i μ oraz wielkości uśrednionego naprężenia dociskowego. Należałoby też sprawdzić czy człon wzoru na nośność styku wynikający z sił tarcia może mieć praktyczne znaczenie, biorąc pod uwagę możliwą wielkość uśrednionego naprężenia normalnego do płaszczyzn pionowych i ukośnych. Analizując Rys. 7.13b i Rys. 7.14b i Rys. 7.14d, ściskające naprężenie normalne na pionowych powierzchniach styku zazwyczaj jest oznaczone kolorem szarym, niepodanym w legendzie, ale można się domyślić, że jest to obszar znajdujący się pomiędzy kolorami białym, a blade

niebieskim, czyli naprężenia te mogą wynosić ok. 0,5-1,5 MPa. Większe wartości są wartościami rejestrowanymi przez model bardzo lokalnie, w skrajnym elemencie skończonym, i takich nie należy uwzględniać w analizach dla całej powierzchni styku. Wydaje się, że wartość naprężenia ściskającego, prostopadłego do pionowej i ukośnej powierzchni styku, wynosząca ok. 0,5-1,5 MPa, jest stosunkowo wysoka i należałoby ją zweryfikować, podając uzasadnienie jakąś formą obliczeń analitycznych.

- Wybrane merytoryczne uwagi szczegółowe

- str. 28 – wzory (3.3) znajdują zastosowanie jedynie w pełnym przedziale wartości R_{vm} – należałoby dodać to dookreślenie,
- str. 29 – wysokość R_z , użyta we wzorze (3.4) nie została nigdzie zdefiniowana,
- str. 41 – zdanie: „The design of composite elements in design practice is based on standards for the design of reinforced concrete structures.” Jest źle sformułowane i nic nie wnosi,
- str. 43 – wielokrotnie użyte określenia „PN-B”, bez podania pełnego numeru normy, są niejednoznaczne,
- w analizie zapisów normowych dotyczących nośności styku na ścinanie podłużne Doktorant podkreśla, że najnowsza edycja PN-EN 1992-1:2024 podaje wzór bazujący na wytrzymałości betonu na ściskanie zamiast wytrzymałości betonu na rozciąganie (np. str. 43) i uważa to za dowód zasadniczej zmiany wielkości nośności obliczeniowej styku. Należy tu podkreślić, że w istocie norma z 2024 r. wprowadza do wzoru pierwiastek kwadratowy z wytrzymałości betonu na ściskanie i jednocześnie zmienia współczynnik c na c_{vt} o innych wartościach. Chcąc ocenić zakres tej zmiany możliwe było zatem wykonanie serii prostych obliczeń porównawczych części nośności wynikającej z adhezyjnego połączenia betonów (pierwszy człon wzoru) dla różnych klas betonu i różnych kategorii powierzchni. Szkoda, że w pracy nie znalazła się taka analiza, choć jej namiastkę może stanowić Tabela 3.6. Analiza ta również pomija porównanie członu nośności związanego z tarcie – szkoda, że nawet Tabela 3.4 nie podaje wartości współczynnika tarcia, który również jest uzależniony od szorstkości powierzchni styku,
- str. 44 – wybiórcze opisy oznaczeń użytych we wzorach (3.10) i (3.11),
- str. 48 – oznaczenie normy „1992-1” jest niedookreślone,
- str. 54, Tab. 3.9 – nie opisano różnic między trzema próbkami dla próby „slant-shear”,
- str. 72, Rys. 3.45 – na rysunku składającym się z wielu części, pojawia się jedynie oznaczenie c) (bez a) i b)), a w podpisie rysunku w ogóle nie ma opisów a), b) i c),
- str. 92-93, założenia i cele badań – wiele z nich jest trudna do jednoznacznej interpretacji, np. co jest rozumiane jako „długość zakotwienia elementu” (p.3.2) lub co oznacza „Wyznaczenie charakterystyk zachowania belek zespolonych ... poddanych zginaniu i ścinaniu” (p. 3.3),
- str. 113 i 115 – w tytułach Tabeli 6.2 i 6.4 zastosowano ten samo, zbyt ogólne, sformułowanie „Parametry wytrzymałościowe betonu”, choć obie tabele podają jedynie wybrane właściwości. W tytułach Tabeli 6.2 i 6.3 podano pozycje bibliograficzne sugerujące, że informacje zaczerpnięte zostały z tych źródeł literaturowych, co jest nieprawdą. Powołanie na metodę badawczą podaną w normie powinno znaleźć się w tekście opisującym tabelę,
- str. 121, Tab. 6.6 – ułamki dziesiętne w języku angielskim zapisuje się z użyciem kropki, a nie przecinka,
- str. 122, Rys. 6.5 – pomyłono oznaczenia B1.1 i B1.2 na zielonym i czerwonym wykresie,
- str. 126 – rysa pokazana na Rys. 6.13a została opisana jako efekt lokalnego docisku pod punktem przyłożenia obciążenia. Wydaje się, że rysa prostopadła znajdująca się w odległości około dwukrotnej wysokości nadbetonu od krawędzi płytki dociskowej nie jest typowym obrazem zarysowania od docisku (przebieg zarysowań od docisku lepiej może być oddany przez Rys. 6.14). Bardziej prawdopodobną przyczyną takiego zarysowania może być skurcz nadbetonu,

- str. 141 – podane definicje faz pracy belki są niejednoznaczne. Ułatwieniem byłoby, gdyby poszczególne fazy były opisywane zawsze od ... do ...,
- str. 175, Tab. 7.1 – choć w Tabeli pojawia się oznaczenie „*”, to nie ma przypisu o nim informującego,
- str. 189, Tab. 7.9 – błędnie użyto określenia „COV” zamiast „Δ” (różnica wartości),
- str. 204 - w tekście jest mowa o przemieszczeniu 0,55mm podczas gdy na Rys. 7.20b maksymalne przemieszczenie wynosi 0,37 mm,
- str. 227 – w punktach 6 - 8 wielkość przyjętej sztywności jest podawana bez jednostek,
- str. 233 - zamiast „Fig. 7.48b” powinno być „Fig. 7.49b”,
- str. 247 - zamiast „PN-EN 1992-1-1:2004” najprawdopodobniej powinno być „PN-EN 1992-1-1:2024”,
- str. 250, Tabela 8.4 – ostatnia kolumna dotyczy wyników obliczeń według wzoru (8.1), a nie (7.1). Nowe oznaczenia, np. $f_{ctm,ts,ole}$ nie zostały wyjaśnione,
- str. 252 – podane sztywności dla elementu Z1.2_C3 różnią się zasadniczo od podanych w Tabeli 6.7 na str. 138 (tutaj podano wartości wynoszące 270% wartości ze str. 138),
- str. 271, Rys. 10.1 – w podpisie brak jest wyszczególnienia części a) i b),
- str. 287 – dlaczego wstęp streszczenia odnosi się jedynie do starej, a nie najnowszej edycji EC2?

- Uwagi edytorskie

- W pracy zebrano szeroką i dobrze dobraną literaturę, jednakże w samym tekście pracy nie zawsze jest ona prawidłowo cytowana, co w pewnym stopniu utrudnia zrozumienie, np.:
 - * przywoływane są nazwy norm, często niepełne, bez podania pozycji bibliografii - str. 46 – 52, str. 63,
 - * pozycja bibliografii pojawia się nie w pierwszym zdaniu ją wykorzystującym, ale dopiero w kolejnym - np. poz. [108] na str. 53,
 - * brak cytowania w miejscach, gdzie ono jest konieczne, np. Rys. 7.2,
 - * w przypadku publikacji mającej dwóch autorów: podawany jest tylko jeden (np. Cavaco [14] na str. 59) lub błędnie używa się formuły „et. al.” stosowanej dla publikacji z większą liczbą autorów (np. Luu et.al. [101] na str. 81).
- W pracy nie przedstawiono glosariusza podstawowych terminów, natomiast używano wielu sformułowań określających to samo pojęcie (np. dla nadbetonu: added concrete / overlay / new concrete / over-concrete / topping), co czasem może powodować wrażenie, celowego podkreślenia różnicy między tymi sformułowaniami – taki zabieg utrudnia rozumienie tekstu.
- Przy podawaniu objaśnień symboli użytych w danym wzorze, Autor używa określenia „in which”, z przecinkiem na końcu, choć zwyczajowo używa się dwukropka. Ponadto objaśnienia poszczególnych symboli w języku angielskim powinny zaczynać się od przedimka określonego „the” i kończyć się przecinkiem lub kropką (w przypadku ostatniego z omawianych symboli).
- W pracy użyto bardzo skomplikowanego systemu oznaczania elementów badawczych i oznaczeń poszczególnych wielkości odczytywanych w trakcie badania danego elementu, co spowodowało wrażenie chaosu i dużą trudność w analizie – można mieć wrażenie, że jedynie Autor pracy umie rozszyfrować poszczególne oznaczenia. Dlaczego nie przedstawiono zbiorczej tabeli oznaczeń wszystkich badanych próbek i wszystkich analizowanych modeli MES? Doda tkowym utrudnieniem w czytaniu pracy jest stosowanie bardzo zbliżonych kolorów na potrzeby różnych wykresów na jednym rysunku lub stosowanie różnych kolorów dla tej samej belki na dwóch sąsiednich wykresach (patrz np. Rys. 6.5 i Rys. 6.6). Nie ułatwia również niepodawanie oznaczeń przyjętych w modelu osi na rysunkach aksjonometrycznych (w rozdziale 7).
- Część wykresów jest nieczytelna, z uwagi na zbyt małą skalę (przez co oznaczenia poszczególnych krzywych są nierozróżnialne – np. Rys. 3.22 i Rys. 3.23 czy Rys. 3.36b) lub źle dobraną gamę kolorystyki

(poszczególne wykresy są tak zbliżonych kolorach, że po wydruku są nierozróżnialne - np. czerwone kolory na Rys. 6.18a, Rys. 6.25 czy Rys. 6.51a).

- W pracy używane są sformułowania nietrafnie dobrane do danego kontekstu, np. na str. 90: „anchorage lenght of the element” – nie istnieje pojęcie długości zakotwienia dla belki, chodzi raczej o długość przewieszenia belki poza podporą.

- W pracy zdarzają się błędne / niefortunne / nieużywane w literaturze tematu określenia w języku angielskim (dlatego tu przytaczać będą przykłady bezpośrednio zaczerpnięte z pracy, bez ich tłumaczenia na język polski):

- * str. 20 - „crushing resistance of concrete”, a powinno być „concrete’s compressive strength”,
- * str. 42 - „ μ – the friction factor”, a powinno być „ μ – the friction coefficient”,
- * str. 85 - „slip states”, a powinno być „slip stages”,
- * str. 88 - „strength of the interface”, a powinno być „capacity of the interface”, podobna uwaga dotyczy również wielu innych miejsc – „strength” jest wytrzymałością (cechą materiału) a „capacity” jest nośnością odnoszącą się do elementu lub złącza,
- * str. 92 - „adhesion breakage” (lub “adhesion brake” w Tab. 7.7), a powinno być „adhesion failure”,
- * str. 92 - „reverse deflection”, a powinno być „cumber”,
- * str.136 - „type I destruction”, a powinno być „type I failure”,
- * str. 205 - „image of cracks”, a powinno być „crack pattern”,
- * str. 231 - „drawing force”, a powinno być „cracking force”,
- * str. 231 - „pressure points”, a powinno być „point loads”,
- * str. 234 - „brittle decrease in stiffnes”, a powinno być „rapid decrease in stiffnes”,
- * str. 242 - „anastomosis” (termin używany najczęściej w medycynie, np. przy zespoleniu naczyń krwionośnych), a powinno być „interface”.

- Praca zawiera błędy językowe, które można sklasyfikować według różnych kategorii (podawać będą jedynie pojedyncze przykłady):

* brak przedimków - przykłady zawierają wstawiony brakujący przedimek:

- ~ str. 29 - „The quality of the surface preparation is ...”,
- ~ str. 137 - “View of elements after the test” (mogło też być “View of elements after tests”),
- ~ str. 226 - “This model is not a subject to ...”,

* nadmiar przedimków - przykłady zawierają wykreślone niepotrzebne przedimki:

- ~ str. 17 - „The above description provides a basic overview of ~~the~~ adhesion mechanisms ...”,
- ~ str. 114 - „~~The~~ testing of the half elements was treated as an additional test.”,

* błędy gramatyczne, np.:

- ~ str. 55 - zamiast „Tests in shear specimens can be divided ...” powinno być np.: „Shear tests of specimens can be divided ...”,
- ~ str. 91 oraz Tab. 10.1 – teza 1 – brak orzeczenia w zdaniu (najprawdopodobniej powinno być dodane „is” przed „dependent” lub powinno być „depends”),
- ~ str. 91 oraz Tab. 10.1 – teza 3 - zamiast „... from the restraint effect” powinno być „... from the restraining effect”,
- ~ str. 175, początek ostatniego akapitu – brak orzeczenia w zdaniu (powinno być dodane „is” lub „was used”),
- ~ str. 180, tytuł p. 7.2.3 – zamiast „of” powinno być „in”,

* błędnie użyty czas, np.:

- ~ str. 36 - zamiast „smooth (S6)” powinno być „smoothed (S6)”,
- ~ str. 87 - zamiast „was be” najprawdopodobniej powinno być „will be”,

- ~ str. 91 oraz Tab. 10.1 – teza 2 ma charakter ogólnej zasady, więc powinien być zastosowany czas teraźniejszy prosty zamiast przeszły prosty – „respond” zamiast „responded”,
- * błędnie użyta liczba pojedyncza/mnoga, np.:
 - ~ str. 30 – zamiast „paper” powinno być „papers”,
 - ~ str. 91 - zamiast „thesis” powinno być „theses”,
 - ~ str. 112, tytuł p. 6.1 - zamiast „test” powinno być „tests”,
- * braki lub nadmiar przecinków, np.:
 - ~ str. 93 - „multiplanar unreinforced interface” – brak przecinka po słowie „multiplanar”,
 - ~ str. 140 – „...no slip of strands was observed, which ...” – przecinek niepotrzebny,
- * niestosowanie lub błędne stosowanie konwencji kapitalizacji nazw i/lub stosowania akronimów
 - ~ str. 92 – zamiast „... the Aramis digital image correlation (DIC) system and linear variable differential transformer (LVDT) sensors...” powinno być „... the ARAMIS Digital Image Correlation (DIC) system and Linear Variable Differential Transformer (LVDT) sensors...”, przy czym po raz wy tłumaczonym znaczeniu akronimu należy dalej konsekwentnie używać jedynie tego akronimu, bez powtarzania całej nazwy,
 - ~ str. 115 – zamiast „Pull-off test” powinno być “pull-off test”.
- W tekście pracy zdarzają się literówki, z których przytoczę tylko wybrane:
 - * str. 32 – powinno być „Halicka” zamiast „Halick”,
 - * str. 45, nagłówek Tabeli 3.4 - powinno być „Parametry” zamiast „Parametrów”,
 - * str. 49, tytuł rozdziału 3.4.3 - powinno być „AASHTO” zamiast „ASSHTO”,
 - * str. 78, Rys. 3.53 – powinno być „thin” zamiast „think”,
 - * str. 80 – powinno być „Abaqus” zamiast „Abaquse”,
 - * str. 140 – oznaczenie belki powinno być „Z8.1” zamiast „ZZ8.1”,
 - * str. 260 – powinno być „uniform” zamiast „unform”,
 - * str. 289 – powinno być „Styki” zamiast „Styku” oraz „zarysowania” zamiast „zarysowaniu”.

Powyższe uwagi edytorskie, łącznie wskazują na fakt, iż czytanie pracy jest trudne, czasem sformułowania są niejednoznaczne lub całkiem niezrozumiałe, a tekst sprawia wrażenie chaotycznego i złożonego w ostatnim momencie przed wyznaczonym terminem.

Dobrym przykładem zdania naprawdę trudnego do zrozumienia może być:

(str. 193) „*The slip value at the interface of the numerical model correlated with the test element represents the shear stress interface value*”

(tłumaczenie: „*Wartość poślizgu na styku modelu numerycznego skorelowanego z elementem testowym reprezentuje wartość naprężenia ścinającego na styku*”).

5. Podsumowanie recenzji

Mgr inż. Jakub Zając swoją rozprawę doktorską poświęcił tematyce betonowych konstrukcji zespolonych, analizując problem pracy wielopłaszczyznowego styku między dwoma betonami w różnym wieku. To zagadnienie nie doczekało się wcześniejszych zaawansowanych badań naukowych, choć ma duże znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne. Rozwiązanie na drodze naukowej postawionego problemu i analiza wstępnie postawionych tez niewątpliwie stanowi wkład w rozwój wiedzy z zakresu nośności na ścianie podłużne niezbrojonych złączy w betonowych konstrukcjach zespolonych. Co ważne, uzyskane wyniki mogą być bezpośrednio wykorzystane w praktyce inżynierskiej, co jest znaczącym osiągnięciem Autora pracy. Pod tym względem pracę oceniam bardzo wysoko.

Doktorant przeprowadził badania eksperymentalne w skali zbliżonej do rzeczywistej i analizy numeryczne na imponującą skalę, wykazując się odpowiednimi umiejętnościami prowadzenia trudnych technicznie i czasochłonnych badań z zastosowaniem odpowiednich metod naukowych. W swoich

doświadczeniach używał zróżnicowanych metod pomiarowych, precyzyjnie określając możliwe ich błędy. Mając na uwadze, że w czwartym rozdziale dysertacji Doktorant postawił cztery tezy, należy stwierdzić, że wszystkie z nich były przedmiotem badań i analiz. Dwie pierwsze tezy zostały naukowo potwierdzone, dwie pozostałe zostały częściowo rozpoznane, lecz dla pełnego ich wykazania na drodze naukowej potrzebne są dalsze badania i analizy na większą skalę. O jego dojrzałości jako badacza może świadczyć przyznanie niepełnego rozpoznania wstępnie założonego zakresu i precyzyjne nakreślenie kierunków dalszych badań. Dodatkowo, zaproponował On koncepcję zmian zapisów normowych, bazujących na własnym rozwiązaniu i prowadzących do precyzyjniejszego opisu pracy złączy wielopłaszczyznowych, które umożliwiłyby projektowanie bezpiecznych, a jednocześnie bardziej zoptymalizowanych konstrukcji stropowych. **W świetle opisanych faktów stwierdzam, iż Doktorant posiada predyspozycje i odpowiednie przygotowanie do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.**

Podkreślam również, że mocne strony dysertacji znacząco przeważają nad słabszymi, które z pewnością w dużym stopniu wynikały z ograniczeń czasowych. Szereg z przedstawionych przeze mnie uwag i komentarzy ma charakter dyskusji naukowej bądź wskazówek dotyczących przyszłej pracy naukowej. Spośród długiej listy niedociągnięć i krytycznych komentarzy, jedynie dwa są, moim zdaniem, znaczącymi błędami. Pierwszy dotyczy definicji i obliczania sztywności, i ma on konsekwencje w dalszych analizach. Drugi związany jest z wątpliwością, czy stworzony model numeryczny, służący do wykazania słuszności tez naukowych, był prawidłowo walidowany. Podkreślam jednak, że przy prowadzeniu tak szeroko prowadzonych badań naukowych pewne potknięcia i błędy są nieuniknione; nawet doświadczonym naukowcom zdarza się popełniać błędy.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, iż recenzowana rozprawa pt. „*The behaviour of composite concrete elements with unreinforced multiplanar interface*” spełnia podstawowe wymogi odnośnie prac doktorskich zawarte w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. 2018 poz. 1668) wraz z późniejszymi zmianami. Stwierdzam również, że Doktorant osiągnął efekty uczenia się, stawiane dla Poziomu 8 Europejskich Ram Kwalifikacji, i stawiam wniosek o dopuszczenie Pana mgr inż. Jakuba Zajęca do publicznej obrony złożonej pracy.

.....
dr hab. inż. Wit Derkowski, prof. PK