

Warszawa, dnia 29. 03. 2024 r.

prof. dr hab. inż. **Robert Kowalski**
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej
Instytut Inżynierii Budowlanej

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Szymkucia
pt.

**Analysis of behaviour and residual capacity
of fire-exposed concrete-filled tubular columns**

1. Podstawa sporządzenia recenzji

1.1. Podstawa formalna

Formalną podstawę recenzji stanowi umowa o dzieło nr 0410/2023/209, zawarta pomiędzy Politechniką Poznańską, reprezentowaną przez Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu, prof. dra hab. inż. Jacka Pielechę a recenzentem – prof. drem hab. inż. Robertem Kowalskim, z Politechniki Warszawskiej, na podstawie pisma Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej, znak: RD/d/33/02/2023, z dnia 20. 12. 2023 r., w którym Przewodniczący Rady, prof. dr hab. inż. Jacek Pielecha poinformował prof. Roberta Kowalskiego o Uchwale Rady z dnia 19. 12. 2023 r., w której Rada wyznaczyła prof. Roberta Kowalskiego na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Szymkucia.

Recenzję sporządzono na podstawie przepisów Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (DZ. U. z 2017 r. poz. 1789) oraz Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. u. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.).

1.2. Podstawa merytoryczna

Podstawę merytoryczną recenzji stanowi, przekazany recenzentowi w wersji wydruku na papierze oraz elektronicznej (w formie pliku pdf), liczący w sumie 258 stron tekst rozprawy, napisany w języku angielskim.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy, wstępna ocena

Jak już podano wyżej, omawiana tu **rozprawa** (oprócz streszczenia w języku polskim) została napisana w **języku angielskim**. Jej **zasadniczy tekst liczy 216 stron** i jest podzielony na 10 rozdziałów. Przed tekstem zasadniczym znajdują się: spis treści,

oznaczenia stosowanych skrótów, streszczenia w języku angielskim i polskim, podziękowania Autora. Ta część tekstu, łącznie zajmuje 15 stron. Po zasadniczym tekście rozprawy znajduje się, zajmujący 24 strony wykaz dużej liczby pozycji bibliograficznych, nieponumerowanych, „ułożonych” w kolejności alfabetycznej, bez podziału na rodzaje poszczególnych pozycji. Rozprawa nie ma załączników.

Omawiana **rozprawa dotyczy „zachowania się” w warunkach pożarowych oraz po pożarze słupów wykonanych z rur stalowych wypełnionych betonem (CFST; Concrete-Filled Steel Tubular). Temat ten jest ciekawy, ważny z punktu widzenia zagwarantowania, na wypadek pożaru, bezpieczeństwa użytkowników nowoczesnych obiektów budowlanych i bezpieczeństwa ich konstrukcji. Temat rozprawy doskonale wpisuje się w ramy dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.**

Rozdział pierwszy rozprawy, zatytułowany *Wprowadzenie (Introduction)* liczy 10 stron. W pierwszych trzech podrozdziałach Autor przedstawia bardzo ciekawy rys historyczny realizacji i projektowania słupów CFST, cytując wiele (obecnie już) historycznych, ale i współczesnych pozycji piśmiennictwa, przechodząc następnie do ciekawego opisu powodów, które skłoniły Go do zajęcia się rozpatrywanym tematem.

W pierwszym zdaniu kolejnego podrozdziału (1.5 *Cel i układ rozprawy*), Autora określa **zasadniczy cel rozprawy jako: przeanalizowanie zachowanie się słupów CFST podczas pożaru i po pożarze**, a następnie w krótkim opisie, **w ukryty sposób** podaje jej **dwa kluczowe cele** (sformułowane jednak niżej przez recenzenta, „w zastępstwie za Autora”):

- rozwinięcie modelowania numerycznego, mające na celu zidentyfikowanie czynników mających kluczowy wpływ na nośność słupów CFST podczas pożaru i po pożarze,
- wskazanie materiału do wypełniania rdzenia słupów CFST, który byłby optymalny z punktu widzenia podwyższenia ich odporności na działanie pożaru.

Cele te są trafne i ciekawe. Niekoniecznie budzi jednak, iż, jak już wskazano wyżej, Autor podał je w tekście rozprawy w sposób ukryty.

Dalsza część omawianego podrozdziału ma charakter streszczenia i wydaje się być niepotrzebna, podobnie jak jednozdaniowy ostatni podpunkt – *Hiopteza* (str. 25). Jest ona oczywista i nic nie wnosi do tekstu rozprawy. Należy jednak podkreślić, iż do tego typu pracy jak recenzowana bardzo trudno byłoby sformułować trafną, rzeczywiście potrzebną tezę.

Pomimo sformułowanych wyżej dość mocnych uwag, omawiany rozdział zapowiada ciekawą i dobrze napisaną rozprawę.

Drugi rozdział rozprawy, zatytułowany *Historia badań odporności ogniowej (History of fire resistance testing)* liczy 11 stron i jest podzielony na trzy podrozdziały. Na początku Autor w bardzo ciekawy sposób omawia historię postępu w dziedzinie

zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych oraz rozwoju badań dotyczących tego zagadnienia. Następnie poświęca oddzielny, bardzo ciekawy podrozdział historii „powstania” tzw. krzywej *pożaru standardowego*. Bardzo ciekawe i cenne jest też zestawienie historii badań słupów CFST podsumowane na rys. 2.6 (str. 35). „Usytuowanie” tego rysunku w tekście rozprawy jest jednak niefortunne, mające charakter wtrącenia. Informacje podane na rys. 2.6 „zasługują” na poświęcenie im oddzielnego podpunktu i szerszego opisu, a nie „doklejenie” („wtrącenie”) ich do opisu dotyczącego „krzywej standardowej”. W ostatnim podrozdziale omawianego rozdziału Autor m.in. podkreśla istotną rolę oddziaływania pożaru w fazie chłodzenia (studzenia).

Trzeci rozdział rozprawy, zatytułowany *Oddziaływania termiczne na konstrukcje w warunkach pożarowych* (*Thermal actions on structures in fire*) również liczy 11 stron i jest podzielony na cztery podrozdziały. W pierwszym Autora przedstawia bardzo ciekawy opis przepływu ciepła między środowiskiem pożaru, a materiałem (powierzchnią elementu) konstrukcji, m.in. przytaczając rekomendacje lub opinie wielu znanych badaczy. W dwóch kolejnych podrozdziałach Autor, w podobny sposób” wyjaśnia „zawiłości” pomiaru i kontroli temperatury w piecach badawczych. Ostatni podrozdział to w zasadzie filozoficzne odniesienie się Autora do wiedzy podanej w podrozdziałach poprzednich. Jest ono ciekawe i potwierdza bardzo dobrą wiedzę Autora na temat opisywanych zagadnień (tzn., że Autor naprawdę wie o czym pisze). Recenzent nie zgadza się jednak w pełni z przytoczonym przez Autora cytatem (str. 49): *You can only make as well as you can measure* (co będzie szerzej omówione w pkt. 3.2.1 tej recenzji). Ponadto tytuł omawianego podrozdziału: *Summary* nie jest dobrany właściwie – na pewno, gdyby użyte słowo przetłumaczyć jako *streszczenie*, ale również – gdyby jako *podsumowanie*.

Rozdział czwarty, zajmujący 29 stron, **dotyczy właściwości materiałów** w zwykłej i wysokiej temperaturze i jest podzielony na 4 podrozdziały, z których po dwa poświęcono cechom **betonu** lub **stali**. Przedstawione opisy są bardzo ciekawe i świadczą o dojrzałości Autora jako badacza. Jedyne, czego zdaniem recenzenta nieco brakuje, to podsumowania przedstawionych informacji, ujmującego ich kluczowe, praktyczne znaczenie. Omawiany rozdział, podobnie jak poprzedni jest zakończony cytatem (str. 79), tym razem wybitnego inżyniera i humanisty. Cytat ten w pewien sposób przeczy jednak cytatom kończącym trzeci rozdział rozprawy, a więc potwierdza wyrażone wyżej (oraz w pkt. 3.2.1 tej recenzji) odmienne niż Autora zadanie recenzenta.

Piąty rozdział rozprawy, zatytułowany *Doświadczalne i teoretyczne badania słupów CFST* (*Experimental and theoretical investigations of CFST columns*) zajmuje 21 stron i jest podzielony na siedem podrozdziałów. W pierwszym z nich Autor przedstawił ciekawy rys historyczny badań słupów CFST (i innych) narażonych na działanie warunków pożarowych. W drugim – (w zasadzie encyklopedyczny) opis dużej liczby

dotychczas przeprowadzonych pełno-skalowych badań eksperymentalnych słupów CFST. W trzecim – analizę wiarygodności pomiaru temperatury w różnych badaniach. Podrozdział czwarty nosi, niezbyt trafnie dobrany tytuł *Zalecenia na temat przyszłych badań eksperymentalnych*. W tym krótkim podrozdziale Autor, w punktach wskazuje najistotniejsze niedociągnięcia i braki dotychczas przeprowadzonych eksperymentów. Wskazania te są trafne. Recenzent nie spodziewa się jednak, aby podobnych uwag nie można było sformułować za kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt lat w stosunku do kolejnych przeprowadzonych w przyszłości badań. Podrozdział piąty jest zatytułowany *Metody projektowania w zwykłych warunkach*. Tytuł ten również jest dobrany nietrafnie. Autor, zamiast opisu metod (którego pełne podanie w pracy byłoby niecelowe) przedstawia bardzo krótki (zbyt krótki i przez to niewiele wnoszący) przegląd porównań wyników badań i obliczeń nośności słupów CFST w zwykłych warunkach (niezgodność tytułu z treścią podrozdziału). Analogiczną uwagę można by sformułować do kolejnego podrozdziału – 5.6 *Metody projektowania z uwagi na warunki pożarowe*. Ostatni podrozdział omawianego rozdziału to przegląd przeprowadzonych dotychczas analiz numerycznych słupów stanowiących przedmiot omawianej pracy.

Podsumowując ocenę omawianego rozdziału należy stwierdzić, iż jego pierwsza część (pkt. 5.1 – 5.3) jest bardzo ciekawa i wiele wnosi do rozpatrywanego zagadnienia. Druga (pkt. 5.4 – 5.7) jest jednak napisana zbyt skrótowo (schematycznie). Wydaje się, iż z niektórych fragmentów można było zrezygnować, ale za to niektóre warto było opisać znacznie szerzej.

Rozdział szósty, zatytułowany *Analizy zachowania się słupów CFST w warunkach pożaru standardowego* (*Analysis of structural behaviour of CFST columns in standard fire conditions*) zajmuje 18 stron i składa się z dwóch zasadniczych podrozdziałów oraz podsumowania. W krótkim pierwszym podrozdziale Autor przejrzysto i w zasadzie wyczerpująco wyjaśnia mechanizmy zniszczenia słupów CFST narażonych na działanie warunków pożarowych. Jedyne czego może brakować to jasne podkreślenie, że cenne informacje podane na rys. 6.1 i 6.2 zostały opracowane przez Autora. W drugim podrozdziale Autor, na podstawie wielu pozycji piśmiennictwa kolejno omawia: (1) znaczenie współpracy rdzenia betonowego z płaszczem stalowym, (2) wpływ warunków brzegowych, mimośrodowość siły podłużnej i wysokości słupa, (3) wpływ wyężenia elementu, (4) wpływ wypełnienia jego wnętrza, (5) lokalne wyboczenie płaszcza stalowego, (6) wpływ stalowego zbrojenia rozproszonego w rdzeniu, (7) wpływ wilgotności materiału rdzenia (zawartości w nim wolnej wody), (8) wpływ szczeliny wytwarzającej się między rdzeniem, a płaszczem podczas ogrzewania słupa oraz (9) wpływ rodzaju kruszywa zastosowanego do wykonania betonu rdzenia. Opisy te są ciekawe, trafne i cenne, aczkolwiek, podobnie jak w odniesieniu do poprzedniego rozdziału, wydaje się, iż z niektórych fragmentów można było zrezygnować, ale za to niektóre opisać znacznie szerzej. Ostatni podpunkt omawianego rozdziału, zatytułowany Podsumowanie (ewentualnie *Streszczenie*; oryg. *Summary*) jest bardzo krótki, niewiele

wnoszący i budzi niedosyt. Szkoda, że Autor, np. w rozszerzonych podpunktach, np. na przynajmniej jednej stronie, nie podsumował najistotniejszych wniosków i spostrzeżeń wynikających w przeprowadzonego przeglądu badań dostępnych w piśmiennictwie.

Na omawianym rozdziale (na str. 121.) kończy się pierwsza część rozprawy, przygotowana na podstawie informacji zaczerpniętych z piśmiennictwa i Autor „przechodzi” do własnych analiz.

Siódmy rozdział rozprawy, zatytułowany *Model numeryczny słupa CFST narażonego na warunki pożarowe* (*Numerical model of CFST column in fire conditions*) zajmuje 42 strony i jest podzielony na siedem podrozdziałów, z których ostatni to wnioski.

W pierwszym podrozdziale Autor omawia przyjęty schemat pracy oraz opracowany model numeryczny. Opis modelu jest bardzo szczegółowy, a w związku z tym mało przejrzysty. Wydaje się, iż lepiej byłoby szczegóły przenieść do załącznika do rozprawy, a w jej zasadniczym tekście przedstawić jedynie przyjęte kluczowe założenia. Drugi podrozdział dotyczy walidacji zbudowanego modelu numerycznego. W tym celu wykorzystano wyniki badań zaczerpnięte z literatury (tab. 7.1, str. 133). Na dużej liczbie wykresów pokazano rozpatrzone zależności stosunku obliczonego do określonego eksperymentalnie czasu, rozumianego jako odporność ogniowa (*Fire resistance test; FRT*). Podrozdział trzeci dotyczy poprawienia zgodności, jak można się domyślać, wyników uzyskiwanych z modelu numerycznego z otrzymanymi z eksperymentów. Rozpatrzono wpływ tarcia między betonem rdzenia, a płaszczem stalowym. Kolejny podrozdział (7.4) zawiera analizę „zachowania” się słupów CFST w warunkach pożarowych, a w szczególności określenie części siły przenoszonej przez rdzeń żelbetowy oraz płaszcz stalowy. W podrozdziale piątym rozpatrzono wpływ warunków brzegowych, a w szóstym – wpływ wielu różnych parametrów, na „zachowanie się słupów. Ostatni podrozdział (*Conclusions*), raczej powinien nosić tytuł *Podsumowanie*. Pomimo tej uwagi stwierdzam jednak, że trzy wnioski sformułowane przez Autora w omawianym podrozdziale (str. 161) są cennym przyczynkiem naukowym do rozwoju wiedzy na temat omawianego zagadnienia.

Ósmy rozdział rozprawy ma tytuł (w dosłownym tłumaczeniu) *Odporność słupów CFST na „całkowite działanie pożaru (spalenie lub wypalenie się lub spalanie); (Burnout resistance of CFST columns)*. Rozdział ten zajmuje 20 stron, na których znajdują się trzy podrozdziały.

W pierwszym m.in. Autor wyjaśnia użyte pojęcia *Burnout resistance* oraz przytacza koncepcję zaproponowaną przez prof. M. Kosiorka. Recenzent nie zgadza się z omawianą koncepcją (co wyjaśniono szerzej w pkt. 3.2.3 recenzji). W drugim Autor opisuje model numeryczny zwracając m.in. uwagę na „nieodwracalność” zmian przewodności cieplnej betonu oraz na jego bezwładność termiczną.

W podrozdziale trzecim przedstawiono opis przypadku konkretnego pożaru w parkingu. Tytuł tego podrozdziału *Case study (car park)* jest dobrany niefortunnie. Podrozdział należało zatytułować tak, aby na podstawie tytułu, od razu było wiadomo o co chodzi. W krótkim, nienumerowanym wstępie Autor podaje krótki przegląd piśmiennictwa oraz kontynuuje uzasadnienie podejścia „*Burnout resistance*”. Następnie opisuje rozpatrywany przypadek: (1) geometrię konstrukcji, (2) scenariusze pożaru, polegające na założeniu, iż wokół słupa znajduje się od czterech do szesnastu samochodów oraz wykresy mocy pożaru (HRR; *heat release rate*) w rozpatrywanych scenariuszach, (3) kluczowe informacje na temat modelu numerycznego, (4) sposobu prowadzenia obliczeń, (5) wykresy temperatury na powierzchni słupa gazu przy tej powierzchni. W kolejnym podpunkcie Autor przedstawia wyniki obliczeń temperatury panującej na powierzchni słupa oraz we wnętrzu jego przekroju, a w kolejnym wyniki obliczeń wydłużenia słupa w zależności od obciążenia (wytężenia), scenariusza pożaru oraz czasu jego trwania.

Ostatni podpunkt trzeciego podrozdziału ma tytuł *Wnioski*, który raczej należało zastąpić słowem *Podsumowanie*. Omawiane wyżej analizy są bardzo ciekawe i cenne i niewątpliwie stanowią przyczynek naukowy do rozpatrywania „zachowania się” słupów CFST w warunkach pożarowych. Wyeksponowanie jako kluczowego spostrzeżenia (wniosku), iż słup mniej obciążony (1100 kN) zachował nośność przez dłuższy czas niż taki sam słup znacznie bardziej obciążony (2000 kN) jest jednak niefortunne. Wniosek ten, nawet intuicyjnie, jest po prostu oczywisty. Ponadto w analizach brakuje jasnego podania informacji, jaki był stosunek siły działającej na słup do jego nośności w zwykłych warunkach (Jaka była ta nośność?) oraz jak wydłużalność słupa wpływała na zmianę występującej w nim siły.

Dziewiąty rozdział rozprawy, zatytułowany *Słupy CFST z wypełnieniem z lekkich kompozytów cementowych (CFST with lightweight cementitious composites)* zajmuje 48 stron i jest podzielony na pięć podrozdziałów, poprzedzonych czterostronicowym, nienumerowanym wstępem. Autor dokonuje w nim przeglądu literatury, zwracając uwagę na korzystne właściwości (niska przewodność cieplna, mała masa) materiału zawierającego cenosferę popiołu lotnego. Następnie, w pierwszym podrozdziale przedstawia opis zaprawy zawierającej cenosferę popiołu lotnego (w trzech wersjach) oraz zaprawy piaskowo-cementowej (tab. 9.2, str. 189), w drugim – wyniki badań materiałowych opisanych zapraw: masy właściwej (gęstości), wytrzymałości na zginanie i ściskanie w zwykłej temperaturze oraz po ogrzewaniu i ostudzeniu, analizy termograficznej, mikroskopowej oraz zmiany barwy. Podrozdział trzeci dotyczy określenia właściwości kompozytów LCCC (*Lightweight Cementitious Composites with fly ash Cenosphere*) w wysokiej temperaturze, do wykorzystania w analizach numerycznych: ciepła właściwego, gęstości, przewodności cieplnej, dyfuzyjności cieplnej, względnego zmniejszenia wytrzymałości na ściskanie, zależności naprężenie-odkształcenie przy ścisaniu. W podrozdziale czwartym Autor analizuje

odporność (nośność) ogniową słupów z rur stalowych (CFST) wypełnionych kompozytem LCCC, rozważając trzy kluczowe czynniki mające wpływ na powstrzymanie obniżania się nośności słupa podczas ogrzewania w warunkach pożarowych: zwiększoną wytrzymałość rdzenia na ściskanie, korzystny współczynnik redukcji tej wytrzymałości podczas ogrzewania, lepsze, w porównaniu z betonem zwykłym, właściwości izolacyjne wypełnienia LCCC. Wyniki przeprowadzonych analiz zostały podsumowane w podrozdziale piątym, zatytułowanym *Wnioski i plan dalszych badań (Conclusions and future work)*. Tytuł ten, podobnie jak tytuły innych podrozdziałów podsumowujących inne rozdziały rozprawy jest dobrany niefortunnie. Autor przedstawił ciekawe i cenne podsumowanie, ale brakuje w nim jasno i jednoznacznie wypunktowanych wniosków.

Ostatni, **dziesiąty rozdział rozprawy** to, czterostronicowe *Podsumowanie*. Jest ono podzielone na trzy podrozdziały: (1) ogólny, (2) zawierający wnioski i zalecenia oraz (3) dotyczący dalszych, potrzebnych badań. Informacje podane na początku drugiego podrozdziału świadczą o dużej dojrzałości badawczej Autora. Recenzentowi, podobnie jak w odniesieniu do poprzednich rozdziałów podsumowujących, brakuje jednak jednoznacznego wypunktowania kluczowych wniosków wynikających z obszernych analiz numerycznych przeprowadzonych w rozprawie. Autor wypunktował jedynie kluczowe wnioski dotyczące dalszych, potrzebnych prac badawczych (pkt. (1) – (7), str. 230, co należało przenieść do trzeciego podrozdziału, mającego właśnie taki tytuł) oraz wnioski dotyczące własnych badań eksperymentalnych, wypełnienia LCCC.

Omawiany rozdział, podobnie jak wiele innych kończy się cytatem jednego z prekursorów badań eksperymentalnych prowadzonych „z udziałem” wysokiej temperatury. Fragment tego cytatu (wyrwany wprawdzie z kontekstu) ... *who seeks in his mind* ... może być użyty na poparcie stwierdzenia recenzenta, który nie zgodził się z cytatem przytoczonym przez Autora w podsumowaniu trzeciego rozdziału rozprawy (str. 49; por. pkt 3.2.1 recenzji).

3. Uwagi do rozprawy

3.1. Uwagi krytyczne

- 3.1.1 Recenzent długo zastanawiał się, czy spostrzeżenie omówione niżej powinno być umieszczone w tym, czy w następnym rozdziale recenzji (4. *Merytoryczna ocena rozprawy*). Ostatecznie zdecydował jednak, iż ta kluczowa uwaga, a w zasadzie kluczowa część oceny rozprawy zostanie omówiona w obu rozdziałach.

Wadą przedstawionej przez Autora pracy jest to, iż nie ma ona typowego charakteru rozprawy doktorskiej. Brakuje w niej jednoznacznego określenia kluczowych celów i zakresu, w którym należało jednoznacznie podać, co w rozprawie udało się zbadać, a z czego świadomie zrezygnowano. Teza sformułowana przez Autora (określona przez Niego jako *hipoteza*) jest oczywista i nic nie wnosi do rozwoju dyscypliny. W rozdziale podsumowującym rozprawę nie ma odniesienia się Autora do postawionych celów i hipotezy (co jest oczywiste, ponieważ ich sformułowaniu Autor nie poświęcił wystarczająco dużo uwagi).

Opisaną wyżej wadę w pełni, a nawet z nadmiarem, rekompensują jednak inne zalety przedstawionej pracy, w pewien sposób wynikające z opisaney wyżej wady (co wyjaśniono szerzej w pkt. 4.1 tej recenzji).

- 3.1.2. W wielu miejscach rozprawy Autor niedobrze formułuje (dobiera) tytuły podrozdziałów lub rozdziałów. Uwaga ta dotyczy głównie podrozdziałów kończących rozdziały, ale nie tylko (np.: pkt. 3.4, str. 49, pkt. 5.4, str. 97, pkt. 5.5 i 5.6, str. 98, rozdz. 8., str. 163, pkt. 8.3, str. 170). Problem ten omawiano szczegółowo „na bieżąco” w 2. rozdziale recenzji.
- 3.1.3. W wielu miejscach rozprawy brakuje jasno i jednoznacznie wypunktowanych wniosków lub spostrzeżeń Autora. Podsumowania rozdziałów przeważnie są bardzo krótkie i niewiele wnoszące. Znajdujące się w tekście cenne wnioski lub spostrzeżenia nie zostały wystarczająco dobrze uwypuklone przez Autora (np.: 3.4, str. 49, pkt 5.1.7, str. 85, pkt 6.3, str. 120, pkt. 8.3.7, str. 182, pkt 9.5 str. 228). Problem ten omawiano „na bieżąco” w 2. rozdziale recenzji.

3.2. Uwagi dyskusyjne

- 3.2.1 Recenzent nie zgadza się z wyśłą wyrażoną w cytacie przytoczonym przez Autora, na końcu rozdz. 3. (str. 49): *You can only make as well as you can measure*. Można wskazać wiele przypadków, kiedy udaje się komuś uczynić, wykonać, odkryć lub przedstawić coś, co dotychczas nie było, obecnie nie jest i jeszcze przez długi czas nie będzie mogło być zmierzone. Za potwierdzeniem tej „kontr-tezy” m.in. mogą np. przemawiać:

- bramka zdobyta przez Kazimierza Deynę bezpośrednio z rzutu różnego, w meczu Polska – Portugalia, w dniu 29. października 1977 r., na Stadionie Śląskim w Chorzowie¹,
- zasada logiczna, iż z *falszu może wynikać zarówno prawda jak i fałsz*²,
- fragment innego cytatu przytoczonego przez Autora na końcu rozprawy (str. 232): ... *who seeks in his mind ...*; fragment ten jest wprawdzie wyrwany z kontekstu, ale wskazuje jednak, iż nie wszystko koniecznie musimy zmierzyć lub obliczyć, aby osiągnąć np. zamierzony cel.

3.2.2 Opis modelu numerycznego, przedstawiony przez Autora w pkt. 7.1 rozprawy jest za bardzo szczegółowy, co czyni go mało-przejrzystym. Wydaje się, iż lepiej byłoby szczegóły przenieść do załącznika (dla naprawdę zainteresowanych), a w zasadniczym tekście rozprawy, np. w punktach przedstawić tylko kluczowe założenia zbudowanego modelu.

3.2.3 Recenzent nie do końca zgadza się z przedstawionym przez Autora (na rys. 8.1, str. 164) oraz wyrażanym przez wielu innych badaczy „podejściem” do rozpatrywania bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji wg zasady „*burnout resistance*”. Jest ono potrzebne i wskazane w pracach naukowych, ale w praktyce nie jest i jeszcze przez długi czas nie będzie możliwe do zastosowania.

Należy bowiem pamiętać, że wszystkie analizy dotyczące zachowania się konstrukcji (lub jej elementów) w warunkach pożarowych muszą być prowadzone przy przyjęciu bardzo dużej liczby arbitralnie określonych założeń i wielu uproszczeń. Powoduje to, że wyniki tych analiz mają charakter umowny (podobnie jak np. uwzględnianie efektów drugiego rzędu podczas analizy smukłych słupów żelbetonowych rozpatrywanych w zwykłych warunkach, polegające na zwiększeniu mimośrodowej siły podłużnej). Następnie „umowne” wyniki analiz (lub badań) nośności ogniowej są porównywane z również określonymi arbitralnie (umownie) wymaganiami stawianymi w przepisach, które są sformułowane tak, aby „było dobrze” (tzn. „jak najlepiej”). Jeżeli konstrukcja (lub jej element) jest zaprojektowana (i zrealizowana) tak, że zachowałaby nośność w warunkach normowego badania nośności ogniowej przez wymagany czas, to znaczy, że jest po prostu zaprojektowana (i zrealizowana), z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego, wystarczająco dobrze.

Gdyby w praktyce chciał rozpatrywać zachowanie bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji jako „*burnout resistance*”, należałoby w analizach uwzględnić bardzo

¹ <https://www.facebook.com/tvpsport/videos/ca%C5%82y-stadion-gwizda%C5%82-a-kazimierz-deyna-strzela%C5%82-dzi%C5%9B-mija-40-lat-od-s%C5%82ynnego-gol/10156067100584903/>

² R. Leitner, W. Żakowski: Matematyka dla kandydatów na wyższe uczelnie techniczne. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Część 1., Warszawa 1980.

dużą liczbę czynników, których określenie „przed pożarem” nie jest możliwe oraz należałoby rozpatrzyć w zasadzie nieskończoną liczbę wszelkich możliwych scenariuszy – nie tylko pożarowych, ale również przed i po-pożarowych. Taka analiza nigdy by się nie skończyła. Ponadto, wiadomo przecież, że „najgroźniejsze” są te scenariusze sytuacji wyjątkowych, których nie udało się przewidzieć.

- 3.2.4 Autor, w rozprawie, w żaden sposób nie odnosi się bezpośrednio do problemu ciśnienia pary wodnej powstającego „pod płaszczem stalowym” podczas ogrzewania słupa CFST, ograniczając prowadzone rozważania do rozpatrywania wpływu wytworzenia się szczeliny (zerwania kontaktu) między płaszczem a rdzeniem. Recenzent, nie będący specjalistą od konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych, w celu „uniknięcia potencjalnych problemów” związanych z omawianym zagadnieniem, po prostu zastosowałby w płaszczu otwory niedużej średnicy, przez które mogłaby wydostawać się para wodna. A jak do poruszonego tu „potencjalnego problemu” odniósłby się Autor?
- 3.2.5 Wracając do uwagi przedstawionej w punkcie 3.1.3, recenzent ma do Autora prośbę, aby podczas obrony rozprawy Autor przedstawił, w sposób „nieukryty”, w kilku (np. 5. – 9.) punktach najistotniejsze, kluczowe wnioski wynikające z przedstawionej rozprawy (z własnych, obszernych i ciekawych badań).

3.3. Uwagi mniej istotne i szczegółowe

- 3.3.1 W opisie znajdującym się na 9. stronie wyjaśniono jedynie niewielką część z dużej liczby skrótów stosowanych w rozprawie. Autor wyjaśnia wprawdzie pozostałe (niewyjaśnione w zestawieniu) skróty wtedy, kiedy pierwszy raz pojawiają się one w tekście. Należało jednak wszystkie skróty opisać w zestawieniu. Brak wyjaśnienia wszystkich skrótów w jednym miejscu utrudnia częściowy odbiór fragmentów rozprawy, a poza tym skłania do wnioskowania, iż Autor zakłada, że czytelnicy będą studiowali rozprawę tak dokładnie, iż opanują na pamięć wszystkie zastosowane w niej skróty. Recenzent reprezentuje pogląd, iż w przypadku osób nie tak młodych jak Autor nie jest to możliwe.
- 3.3.2 W podpisach pod dużą liczbą rysunków zamieszczonych w tekście (np. rys. 3.1, str. 41, rys. 3.4, str. 47, rys. 3.6, str. 48, rys. 4.1.4, str. 67, rys. 4.20, str. 72, rys. 6.13 i 6.14, str. 114, rys. 6.16, str. 116, rys. 7.20 i 7.21) brakuje jednoznacznego wskazania źródła. Można wnioskować, że są to opracowania własne Autora, ale należało podać to jednoznacznie.
- 3.3.3. Na rys. 7.20, str. 144 brakuje oznaczeń części a) i b), na rys. 8.9 i 8.10 na osiach pionowych, raczej należało zastosować tę samą jednostkę (albo kW, albo MW).

4. Merytoryczna ocena rozprawy

- 4.1 Jak już wskazano wyżej (pkt. 3.1.1), tekst przedstawiony przez Autora do oceny nie ma typowego charakteru rozprawy doktorskiej. Czytając ten tekst można jednak odnieść wrażenie, iż Autor (najprawdopodobniej nieświadomie) „przeskoczył” ten etap swojego rozwoju. Recenzowany tekst jest dojrzały, ciekawy, wyczerpująco omówiono w nim wiele trudnych zagadnień i przedstawiono w zasadzie całkowity (w pełni kompletny) przegląd piśmiennictwa. Ponadto, czytając omawiany tekst, przez cały czas „wyczuwa się”, że Autor „naprawdę wie o czym pisze”.

Będąc po wrażeniach przeczytanego tekstu stwierdzam, iż po wprowadzeniu do niego drobnych korekt (polegających głównie na uporządkowaniu tego, co i tak zostało już napisane) recenzowana rozprawa mogłaby z powodzeniem spełnić wymagania stawiane rozprawie habilitacyjnej, a po jeszcze lepszym uporządkowaniu (i piszę to z pełnym przekonaniem) – nawet wymagania stawiane „książce profesorskiej”.

Jest to bardzo istotna zaleta rozprawy, która w pełni rekompensuje wadę wskazaną w pkt. 3.1.1 tej recenzji.

- 4.2 Temat, którego zbadania Autor podjął się w rozprawie jest ciekawy i ważny z punktu widzenia zagwarantowania bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji i użytkowników nowoczesnych obiektów budowlanych i doskonale wpisuje się w ramy dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.
- 4.3 W rozprawie przedstawiono bardzo obszerny, wręcz można ocenić, że w pełni kompletny przegląd piśmiennictwa. Autor w wielu miejscach, w bardzo ciekawy sposób przedstawia historyczne (klasyczne) badania, spostrzeżenia lub opisy szeroko rozumianego omawianego zagadnienia, ale też wykazuje się, w zasadzie kompletną znajomością współczesnych i najnowszych prac. Jest to bardzo istotną zaletą rozprawy.
- 4.4 W rozprawie przedstawiono i przeanalizowano wyniki niebywale obszernych i niebywale dociekliwych, wręcz drobiazgowych badań numerycznych. Wyniki te rozpatrzono w powiązaniu z dużą liczbą wyników badań eksperymentalnych zaczerpniętych z piśmiennictwa. Autor uzyskał dobrą zgodność wyników otrzymanych za pomocą zbudowanego modelu, z wynikami eksperymentów, ale też wykazał, iż potrafi krytycznie odnosić się do rozpatrywanych wyników (np. pkt. 5.4 rozprawy, str. 97; rozdz. 2. recenzji, ocena rozdz. 5. rozprawy). Jest to bardzo istotną zaletą rozprawy.
- 4.5. Autor przeprowadził własne badania eksperymentalne materiału LCCC (*Lightweight Cementitious Composites with fly ash Cenosphere*) i wykazał w nich

cechy, dzięki którym rozpatrywany materiał może stanowić lepsze wypełnienie słupów z rur stalowych, niż beton zwykły.

- 4.6 W rozprawie, zarówno na podstawie studiów piśmiennictwa, jak i na podstawie przeprowadzonych własnych badań numerycznych oraz wykonanych badań eksperymentalnych materiału LCCC (*Lightweight Cementitious Composites with fly ash Cenosphere*) Autor przedstawił wiele opisów lub spostrzeżeń oraz podał wiele wniosków stanowiących cenne przyczynki naukowe do rozwoju wiedzy na temat „bezpiecznego”, z uwagi na warunki pożarowe, stosowania słupów z rur stalowych wypełnionych betonem lub podobnym (bardziej odpowiednim niż zwykły beton) materiałem.
- 4.7. Na podstawie tekstu przedstawionego przez Autora recenzent prognozuje, iż Autor w niedługim czasie ma szansę stać się znanym, rozpoznawanym, a być może nawet wręcz „światowej klasy” badaczem zagadnień wpływu warunków pożarowych na konstrukcje budowlane.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując przeprowadzoną ocenę rozprawy doktorskiej mgra inż. Wojciecha Szymkucia, pt. *Analysis of behaviour and residual capacity of fire-exposed concrete-filled tubular columns*, stwierdzam, że Doktorant podjął się zbadania ważnego i trudnego problemu naukowego i problem ten kompleksowo zbadał.

Informacje podane w rozprawie przez Doktoranta oraz sformułowane przez Niego wnioski, zarówno na podstawie studiów piśmiennictwa, jak i na podstawie przeprowadzonych własnych badań numerycznych oraz wykonanych badań eksperymentalnych stanowią oryginalny wkład naukowy w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną i badawczą oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Rozprawa doktorska mgra inż. Wojciecha Szymkucia spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) oraz Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. u. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.) i w związku z tym **wnioskuję o dopuszczenie do publicznej obrony tej rozprawy.**

Ponadto, biorąc pod uwagę fragment oceny rozprawy przedstawiony w pkt. 4.1 tej recenzji, a w szczególności drugi akapit tego punktu, już teraz (tzn. jeszcze przed obroną) **wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej rozprawy.**

