

Prof. dr hab. inż. Renata Kotynia  
Politechnika Łódzka  
Katedra Budownictwa Betonowego  
Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź  
e-mail: [renata.kotynia@p.lodz.pl](mailto:renata.kotynia@p.lodz.pl)

Łódź, dn. 11 kwietnia 2024

WPLYNĘŁO - WBLIW

17-04-2024  
niez/llk4/

### Recenzja pracy doktorskiej

mgr inż. Błażeja Bartoszka

### pt. „ STANY GRANICZNE KONSTRUKCJI HYBRYDOWYCH STALOWO-BETONOWYCH ZE ZBROJENIEM ZEWNĘTRZNYM”

#### 1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska mgr inż. Błażeja Bartoszka z Politechniki Wrocławskiej pt. „*Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym*”. Praca powstała pod kierunkiem promotorów z Katedry Konstrukcji Budowlanych, Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechniki Wrocławskiej: prof. dr hab. inż. Wojciecha Lorenca oraz promotora pomocniczego dr inż. Piotra Koziola.

Podstawę formalną recenzji stanowi:

- [1] Pismo Przewodniczącego Rady ds. Stopni Naukowych w dyscyplinach Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Wrocławskiej, prof. dr hab. inż. Andrzeja Ożyhara, z dnia 05.04.2024 r.
- [2] Uchwała nr 401/64/RDND06/2021-2024 z dnia 22 listopada 2023r Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.
- [3] Rozprawa doktorska mgr inż. Błażeja Bartoszka pt. "*Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym*", Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Wrocław, 23 listopada 2024 (1 tom).
- [4] Postępowanie w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport wszczęte w dniu 19 lipca 2023 r. Prowadzone zgodnie z art.190 ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574z późn. zm.)
- [5] Recenzje w postępowaniach o awans naukowy. Poradnik. Rada Doskonałości Naukowej, Warszawa, 2022 r.

Zgodnie z art.190 ust. 2 ustawy [4] oraz poradnikiem RDN [5] niniejsza recenzja zawiera w szczególności następujące oceny:

- a) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska prezentuje **ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata** w dyscyplinie „inżynieria lądowa, geodezja i transport”;
- b) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska wykazuje **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej** przez kandydata;
- c) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska stanowi **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego** lub **oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników badań naukowych** kandydata w sferze gospodarczej.

Zgodnie z ustawą [4] oraz poradnikiem RDN [5] brak jest podstaw prawnych, by recenzentka wyraziła w recenzji opinie odnoszące się do innych kwestii niż te, które zostały przedstawione powyżej, które jednoznacznie wynikają z przepisów ustawy [5]. Jednocześnie recenzentka uwzględniła wszystkie wymagania sprecyzowane w wytycznych RDN [6], że pozytywna recenzja końcowa rozprawy doktorskiej musi być wynikiem **pozytywnej oceny wszystkich wyżej wymienionych zagadnień**, które podlegają ocenie recenzentki.

## 2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Przedmiotem rozprawy doktorskiej kandydata mgr inż. Błażeja Bartoszka są zgodnie z tytułem: „*Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym*”. Rozprawa obejmuje 291 stron w postaci jednego tomu złożonego z 12 rozdziałów, streszczeń w języku polskim i angielskim oraz spisu skrótów, definicji symboli oraz znaczeń literowych przyjętych w pracy. Rozprawa zawiera 197 rysunków, 46 tabel, a piśmiennictwo obejmuje 92 pozycje, w tym 17 norm.

**Układ rozprawy:** zgodnie z art.187 ust.3 ustawy [5] rozprawa ma charakter monografii naukowej, zawierającej obszerny przegląd stanu wiedzy w zakresie badań i precyzyjnie opisanych publikacji w zakresie wzmocnień przekrojów zespolonych. Ponadto doktorant szeroko opisuje analizy numeryczne i zasady projektowe realizowanych obiektów mostowych.

## 3. Cel i zakres pracy

W **rozdziale 1** doktorant opisał różne typy przekrojów zespolonych, które bazują na połączeniu betonu i stali w taki sposób, aby wykorzystać zalety obu materiałów, przy jednoczesnym wyeliminowaniu ich wad. Zastosowanie zespolenia ciągłego z wykorzystaniem łączników otwartych o odpowiednio ukształtowanej krzywiznie cięcia listwy lub środka tworzącej zespolenie typu CD (*composite dowel*) pozwoliło na znaczne zmniejszenie pracochłonności prac związanych z układaniem zbrojenia w otworach. To pozwoliło na powstanie zupełnie nowych rozwiązań, które pomiędzy tradycyjnymi przekrojami zespolonymi i przekrojami żelbetowymi umożliwiają różnorodność zastosowań przekroju hybrydowego, który odnosi się do uwzględnienia zarówno betonu jak i stali w przenoszeniu sił poprzecznych i nie warunkuje typu zastosowanego zespolenia.

W **rozdziale 2** kandydat opisał motywację do podjęcia tematyki dotyczącej kształtowania przekrojów hybrydowych ze szczególnym uwzględnieniem przekrojów hybrydowych zespolonych stalowo betonowych, które zawierają żelbetowy środnik lub część żelbetową o takiej wielkości, że jej udział w nośności z uwagi na ścinanie poprzeczne może być brany pod uwagę w projektowaniu przekroju. Zaprezentował również hybrydowe przekroje poprzeczne z wykorzystaniem sworzni i stalowych dwuteowników.

Uzasadził również, że przekrój hybrydowy to przekrój (*zespolony stalowo-betonowy*), który obejmuje: żelbetowy środnik o takiej wielkości, że jej udział w nośności z uwagi na ścinanie poprzeczne może być brany pod uwagę w projektowaniu przekrojów hybrydowych.

W **rozdziale 3** zostały zaprezentowane cele i zakres pracy obejmujące:

1. Analizę wpływu stosunku wysokości części stalowej i żelbetowej na ramię sił wewnętrznych.
2. Opis mechanizmu przekazywania siły poprzecznej przez belkę o przekroju hybrydowym z dominującym udziałem środnika stalowego w strefie rozciąganej przekroju.
3. Sformułowanie założeń dotyczących kąta nachylenia krzyżulców betonowych ( $\theta$ ) i określenie wpływu wysokości środnika części żelbetowej w całkowitej wysokości przekroju hybrydowego na wartości kąta ( $\theta$ ).
4. Określenie wpływu grubości środnika betonowego na sposób zniszczenia elementu wraz z mechanizmem ST.
5. Weryfikację współpracy różnych typów stosowanych strzemion w globalnym modelu ST.
6. Rozwinięcie wiedzy dotyczącej wniosków na temat interakcji mechanizmu ST z lokalnymi efektami połączenia ścinanego.

Ponadto określone zostały pozostałe **cele rozprawy**, które wiążą się z wdrożeniowym charakterem prowadzonych prac z punktu widzenia projektowania konstrukcji. Podstawowe zagadnienia obejmują:

- sposób układu zbrojenia na ścinanie żelbetowego środnika w połączeniu ze zbrojeniem w obrębie łącznika
- kształtowanie zamkniętych strzemion w środnikach przekrojów hybrydowych
- analizę czynników mających wpływ na sztywność elementu hybrydowego (*sztywność postaciowa, tension stiffening, sztywność zespolenia*)
- wykonanie modeli numerycznych poprawnie oddających zachowanie ścinanego elementu hybrydowego pod obciążeniem (*zarysowanie środnika, deformacje, mechanizmy zniszczenia*)
- weryfikację zależności pomiędzy rozwarciem zespolenia, a jego nośnością i sztywnością na ścinanie podłużne

Kandydat opisał szczegółowo typowe przekroje poprzeczne belek zespolonych wg EC4 z rozkładem siły rozwarstwiającej w przekroju zespolonym oraz uwzględnieniem przebiegu jej strumienia dla sprężystego rozkładu naprężeń. Bardzo oryginalny jest opis rozdziału siły poprzecznej w przekroju hybrydowym.

Mechanizmy zniszczenia mają wpływ na nośność zespolenia CD przy czym tematyka zespolenia nie jest głównym przedmiotem tej rozprawy, jednakże jest z nim pośrednio związana. Zastosowanie zespolenia typu CD w projektowanych konstrukcjach wymaga jednak określenia właściwych charakterystyk kształtowania konstrukcji o przekroju hybrydowym oraz świadomego uwzględnienia jego zalet i ograniczeń. Dlatego kandydat poddał analizie szereg publikacji zawierających wyniki badań i analizy teoretyczne, które dotyczyły mechanizmów zniszczenia i nośność poszczególnych elementów zespolenia. Z uwagi na połączenie stali i betonu naturalnie wyodrębniono mechanizmy zniszczenia dla obu materiałów.

W porównaniu do nośności części stalowej łączników CD, mechanizm zniszczenia betonu jest bardziej złożonym zagadnieniem. Ostatecznie kandydat wytypował cztery stosowane obecnie kształty łączników (PZ – *puzzle shape dowel*; PZT – *specific puzzle shape*; MPZT – *modified specific puzzle shape*; MCL – *modified clothoidal shape dowel*). W zależności od zastosowanego kształtu nośność części betonowej zespolenia jest modyfikowana stosownymi współczynnikami, jednak przyjęte mechanizmy zniszczenia betonu pozostają niezmiennie. Rysunki te obejmują zasady: „A” - *tarcia i adhezji*, „B” - *docisk pomiędzy betonem i stalą*, „C” - *rysami i ścinaniem betonu (ST)*, „D” - *efektem dowel action* zbrojenia poprzecznego przecinającego płaszczyznę powstania rysy oraz „E” - *efektem blokowym* wynikającym z uwzględnienia dwóch prętów przechodzących przez łącznik.

W **Rozdziale 4** kandydat dokładnie sprecyzował Tezy rozprawy doktorskiej:

1. Mechanizm przenoszenia siły poprzecznej przez belkę o przekroju hybrydowym stalowo-betonowym oraz wynikająca z niego metody projektowania, która stanowi nowy problem naukowy.
2. Kandydat uwzględnił część stalową (*belka Timoshenki*) i żelbetową (*mechanizm ST*) w przenoszeniu siły poprzecznej, w przekroju hybrydowym, co opisuje model mechaniczny metody ogólnej.
3. Kąt nachylenia krzyżulców ( $\theta$ ) w przekroju hybrydowym jest zależny od rozkładu odkształceń w części żelbetowej. A zatem jego wartość ma zatem związek z udziałem części stalowej i żelbetowej w całkowitej wysokości przekroju.
4. Ponadto sformułował wniosek, że należy uwzględnić zmniejszenie wytrzymałości spowodowane zarysowaniem na ścinanie (CSO - *concrete softening*) oraz z uwagi na dowolność kształtowania geometrii stosować przekroje hybrydowe, co zmniejszy udział betonu w strefie rozciąganej i doprowadzi do zwiększenia średnich naprężeń ściskających w części betonowej.
5. W obliczeniach nośności środnika żelbetowego można uwzględniać zarówno strzemiona, których poziome ramię stanowi zbrojenie *doweli* ( $A_b$ ), jak i strzemiona właściwie zakotwione w betonie poniżej podstawy łącznika.

Doktorant opisał szczegółowo typowe przekroje poprzeczne belek zespolonych wg EC4 z rozkładem siły rozwarstwiającej w przekroju zespolonym oraz uwzględnieniem przebiegu jej strumienia dla sprężystego rozkładu naprężeń. Bardzo oryginalny jest opis rozdziału siły poprzecznej w przekroju hybrydowym.

W **rozdziale 5** kandydat szczegółowo opisuje analizy numeryczne w ramach przedmiotowej rozprawy, obejmujące analizy nieliniowe z uwzględnieniem zarysowania betonu, prowadzone w programie SOFiSTiK, natomiast weryfikację globalnych modeli konstrukcji w zakresie sprężystym kandydat wykonał również w programie Midas Civil. Ponadto kandydat szczegółowo opisał:

- wpływ liczby podziałów i względnych wymiarów elementów na uzyskane wyniki
- uwzględnienie przez program obliczeniowy właściwej krzywej materiałowej (EL,SL, UL)
- uwzględnienie nieliniowości materiałowej elementów TRUSS, BEAM i QUAD.
- wpływ ilości zbrojenia na kierunkach prostopadłych i równoległych do obciążenia na wytrzymałość betonu na ściskanie i rozciąganie
- wpływ naprężeń i blokady przesuwu na kierunku poprzecznym na wytrzymałość betonu na ściskanie (charakterystyka materiału DP w płaskim stanie naprężenia i odkształcenia)
- powstanie mechanizmów zniszczenia ścinanego elementu, w postaci uplastycznienia zbrojenia, zniszczenia betonu na rozciąganie ( $A_{sw} < A_{sw,min}$ ) lub ściskanie, poprzez sterowanie charakterystykami betonu i stali
- wpływ zaimplementowanego mechanizmu TSF (*tension stiffening*) na odkształcenia i wartość obciążenia niszczonego
- wpływ wprowadzonego układu obciążenia i ilości zbrojenia na rozpoznane mechanizmy zniszczenia i kąt nachylenia betonowych krzyżulców mechanizmu ST.

W **rozdziale 6** szczegółowo opisał cel części badawczej w postaci belek hybrydowych, które stanowiąc mają punkt odniesienia, stąd nazwano je belkami badań wstępnych. W zakresie badań zasadniczych przyjęto zniszczenie dwóch belek hybrydowych o znacznie większej wysokości średnika stalowego w stosunku do całkowitej wysokości przekroju belki. Ponadto istotną różnicę stanowiły grubości średnika betonowego belek (200 i 300 mm). W obu przypadkach część żelbetowa była zespolona ze stalowym teownikiem z wykorzystaniem zespolenia typu CD – *composite dowel* i łączników MCL – *modified clothoidal shape dowel*. Wszystkie badane belki zostały zaprojektowane z betonu klasy C50/60 stali zbrojeniowej B500SP oraz stali konstrukcyjnej HISTAR®460.

W badaniach wykorzystano trzy typy belek:

1. **SRCD-1** - całkowita wysokość belki przeznaczonej do badań wstępnych (**SRCD-1**) wynosiła  $h_1 = 1000$  mm, a żelbetowa półka górna miała szerokość  $b_{fc} = 600$  mm i grubość  $t_{fc} = 200$  mm. Grubość średnika żelbetowego wynosiła  $b_{wc1} = 200$  mm, a wysokość w strefie przęsłowej była równa  $h_{wc1} = 766$  mm.
2. Pozostałe dwie belki **S1-200** i **S2-300** miały jednakową wysokość belek  $h_2 = 1300$  mm, a żelbetowa półka miała jednolite wymiary z belką SRCD-1. Zastosowano natomiast mniejszą wysokość średnika żelbetowego równą  $h_{wc2} = 640$  mm. Biorąc pod uwagę wyniki wcześniej przeprowadzonych badań wstępnych, na belce SRCD-1 zastosowano dwie belki o jednakowej wysokości średnika ( $h_s = 760$  mm) i dwie grubości kształtownika stalowego:  $t_w = 20$  mm i grubości półki  $t_f = 34$  mm.

3. Kształtownik po rozcięciu na dwie części wzdłuż osi podłużnej, z zastosowaniem linii ciecicia pozwalającej na ukształtowanie łączników typu MCL o wysokości 100 mm pozwolił na stworzenie dwóch kształtowników teowych o użytecznej wysokości środnika (od półki do podstawy łącznika) 206 mm w przypadku belki do badań wstępnych (SRCD-1) oraz 726 mm dla belek przeznaczonych do badań fazy zasadniczej (S1-200 i S2-300).
4. Zastosowanie elementów o zbliżonych proporcjach pozwoliło na jakościowe porównanie mechanizmów pracy elementów (S1-200 i S2-300). W półce żelbetowych belek umieszczono 12 prętów o średnicy 32 mm oraz 4 pręty o średnicy 25 mm. Zbrojenie środnika stanowiła grupa prętów o średnicy 10 mm rozmieszczonych co 100 mm po obu stronach środnika, w ilości zależnej od wysokości środnika. Dzięki temu zastosowany stopień zbrojenia podłużnego środnika w przypadku wszystkich badanych belek był taki sam. W rejonie zespolecia zastosowano po każdej stronie stalowego środnika 4 dodatkowe pręty podłużne o średnicy 16 mm, które miały zapewnić właściwą współpracę prętów STIR3 i STIR4.

Przeprowadzone w rozdziale 6 analizy pozwoliły zaakceptować modele numeryczne, które reprezentują mechanizmy powstałe w rzeczywistych elementach. Ponadto wyniki numeryczne i zaobserwowane mechanizmy z modeli są w pełni zbieżne z pomiarami i wynikami badań.

Niezwykle istotny jest fakt, że we wszystkich badanych belkach rysy ukośne potwierdzały mechanizm ST współdziałający ze środnikiem stalowym w przenoszeniu siły poprzecznej. Ponadto badania belek o wysokim i niskim środniku, potwierdziły zależność powstałego mechanizmu zniszczenia od kąta  $\theta$  oraz zależność tego kąta od rozkładu naprężeń normalnych w części żelbetowej przekroju.

Ponadto, położenie zespolecia w strefie naprężeń rozciągających lub ściskających miało wpływ na jego sztywność i nośność. Dlatego belka SRCD-1 stanowiła skrajny przypadek przekroju hybrydowego z małym udziałem części stalowej.

Sztywność zespolecia w belkach o środnikach żelbetowych grubości 200 mm była znacznie niższa niż w belkach o środniku grubości 300 mm. Dlatego wyniki siły rozwarstwiającej potwierdziły fakt, że mechanizm zniszczenia występujący w obrębie łącznika wyeliminował kruchy mechanizm zniszczenia PO i POE.

W **rozdziale 7** kandydat omówił analizę interakcji mechanizmu rozwarstwienia pionowego i mechanizmu przenoszenia siły poprzecznej pod kątem wymiarowania strzemion. Ze wskazaniem umożliwiającymi uzasadnienie włączenia strzemion, pełniących rolę zbrojenia ograniczającego w przenoszeniu siły poprzecznej przez model ST, co przedstawiono szerzej w rozdziale 8, gdzie oparto się głównie na realizacjach konstrukcji hybrydowych:

1. Wiaduktu w Dąbrowie Górniczej
2. Wiaduktu w miejscowości Biskupice z dźwigarami o przekroju hybrydowym
3. Wiaduktu kolejowego Dąbrowie Górniczej
4. Konstrukcji ustroju nośnego kładki w Myszkowie
5. Mostu drogowego w Wisznicach

Podsumowaniem **rozdziału 8** jest fakt, że zgodnie z założeniami metody ogólnej, zwiększanie pola przekroju strzemion dodatkowych środników ( $A_{st3}$  i  $A_{st5}$ ), bez zmiany pola zbrojenia podłużnego ( $A_{s1}$ ,  $A_{s2}$ ), prowadzi jedynie do zwiększenia nośności przekroju z uwagi na ścinanie środnika żelbetowego. Ponadto żelbetowe środniki poniżej zespolenia przenosiły jedynie wartość siły rozwarstwiającej wynikającą z przyrostu naprężeń w podłużnym zbrojeniu rozciągającym. Co świadczy o tym, że siła rozwarstwiająca w zespoleniu nie uległa zmianie.

Zatem przeprowadzone analizy potwierdziły, że przekroje hybrydowe mostów w Biskupicach, Wisznicy, Dąbrowie Górniczej i Myszkowie w praktyce odpowiadają wymiarowaniu mostów z uwzględnieniem strumienia sił w przekroju.

W **rozdziale 9** kandydat zaprezentował podsumowanie i wnioski ogólne:

1. Przeprowadzone badania niszczące oraz podobne do nich wyniki analiz numerycznych wskazują, że obowiązujące wytyczne do wymiarowania na ścinanie przekrojów zespolonych i żelbetowych nie znajdują bezpośredniego zastosowania w przypadku przekrojów hybrydowych (teza A).
2. Pomierzone w czasie badań niszczących wartości odkształceń w stali konstrukcyjnej i betonie potwierdzają zasadność stosowania obowiązujących wytycznych (EC2 i EC3) do projektowania przekrojów na zginanie z uwzględnieniem zależności naprężeń od odkształceń (teza A).
3. Wyniki pomiarów z badań niszczących i przeprowadzonych analiz numerycznych potwierdzają, że w przenoszeniu siły poprzecznej bierze udział zarówno część stalowa (belka Timoshenki), jak i część żelbetowa (mechanizm ST) przekroju hybrydowego. Świadczy o tym w szczególności mechanizm ST, który potwierdzają rysy ukośne powstałe w żelbetowych środnikach badanych belek (teza B).
4. Doktorant uzasadnia również, że możliwe jest określenie nośności przekroju hybrydowego na ścinanie i wartości siły rozwarstwiającej z wykorzystaniem tzw. *metody ogólnej*, co potwierdzają wyniki przeprowadzonych analiz modeli numerycznych oraz wyniki badań niszczących (teza B).
5. Wymiarowanie przekroju na wyznaczoną w ten sposób wartość siły rozwarstwiającej jest założeniem po stronie bezpiecznej pod warunkiem właściwego doboru ramienia sił wewnętrznych. (teza B).
6. Analiza wyników numerycznych potwierdza fakt, że dla przekrojów poprzecznych, w których wartość momentu zginającego jest mniejsza od momentu rysującego, następuje wzrost ramienia sił wewnętrznych (teza B).
7. Ponadto kąt nachylenia krzyżulców betonowych maleje wraz ze wzrostem wysokości środnika stalowego w przekroju, co jednocześnie wiąże się ze zmianą rozkładu naprężeń w części żelbetowej przekroju (teza C).

Kandydat określił również dodatkowe wnioski opisane w rozprawie:

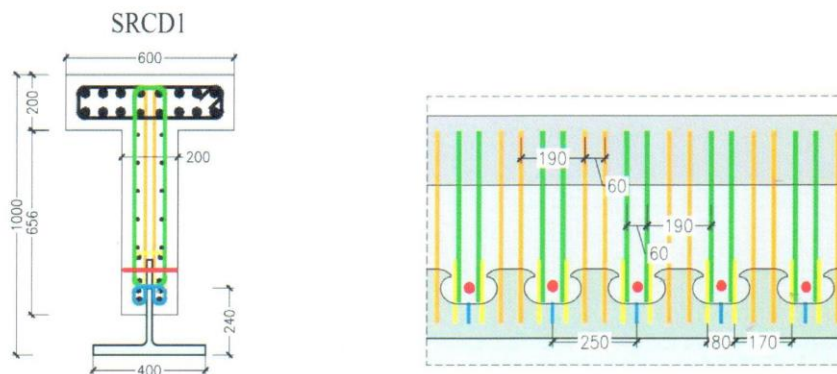
- możliwość konstruowania belek hybrydowych ze środnikiem żelbetowym o grubości 200 mm do zastosowania w konstrukcjach mostowych;

- zmniejszenie grubości środnika z 300 mm (S2-300) do 200 mm (S1-200) skutkuje zauważalnym spadkiem nośności i sztywności zespoleń typu CD;
- zespolenie typu CD w strefie rozciąganej wpływa na zmniejszenie nośności i sztywności (SRCD-1) belki, w porównaniu z zastosowaniem położenia bliżej strefy ściskanej (S1-200);
- zbrojenie typu SRCD w obrębie *doweli* (STIR 2, STIR 3, STIR 4) umożliwia eliminację kruchych mechanizmów zniszczenia betonowej części zespoleń w postaci PO i POE;
- sztywność postaciowa oraz zarysowanie żelbetowego środnika istotnie wpływa na ugięcia badanych belek hybrydowych;
- bardzo istotny jest wpływ podatności zespoleń na ugięcia belek o przekroju hybrydowym, podobnie jak sztywność zespoleń ma stosunkowo niewielki wpływ na wartość siły rozwarstwiającej;
- rozszczepienie zespoleń między stalowym i żelbetowym środnikiem nie wpływa zauważalnie na sztywność i nośność zespoleń typu CD.

#### 4. Uwagi dyskusyjne recenzentki

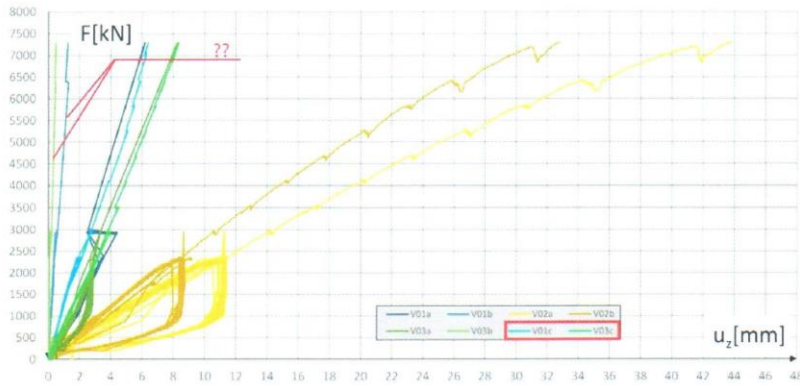
4.1. Badania doświadczalne kandydat opracował na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej w temacie „*Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym*”, gdzie zbadał trzy belki typu: **SRCD-1, S1-200 i S2-300**.

4.2. Zdaniem recenzentki w belce (SRCD-1) można było zastosować poprzeczne kotwy w stalowej i żelbetowej części zespoleń, co pokazuje rysunek poniżej. To zminimalizowałoby sposób nagłego zniszczenia belki.

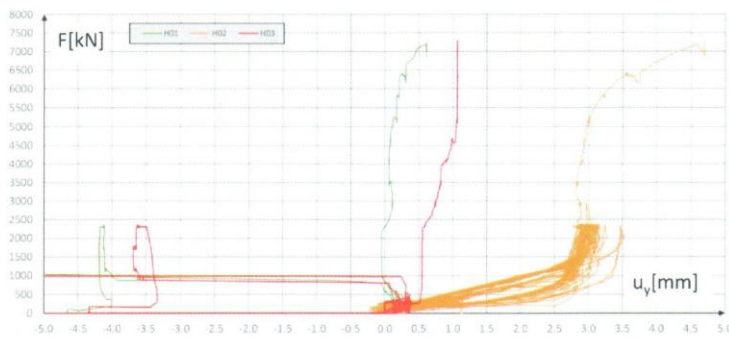


Rys. 6.9 i 6.10 Układ poprzecznych kotwów w części zespoleń w belce SRCD-1.

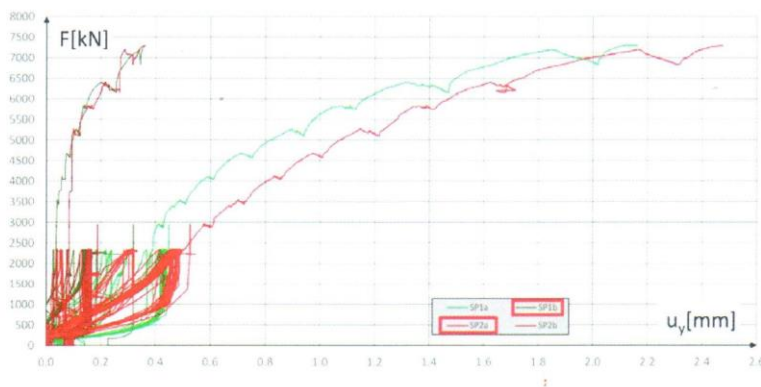
4.3. Skąd wzięły się wykresy V01c i V03c na wykresie Rys. 6.35?



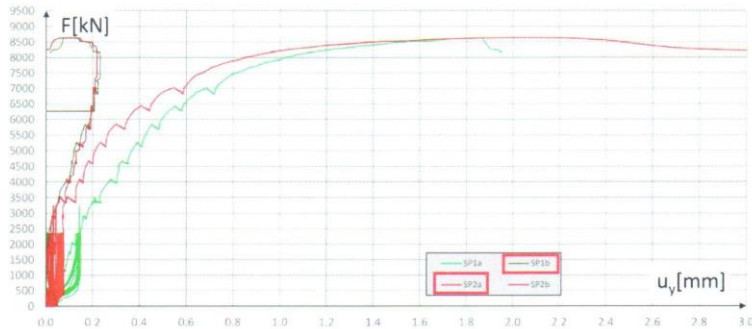
4.4. Czemu przemieszczenia poziome górnej półki S1-200 (H01-H03) nie są jednolite? Skąd bierze się różnica w trzech wykresach przemieszczeń tych belek.



4.5. Czy nie powinno być różnic na rysunku 6.38 w opisie wykresów? SP1a – zielony; SP1b – czerwony; SP2b – brązowy i SP2a – czarny?



- 4.6. Czy nie powinno być różnic na rysunku 6.45 w opisie wykresów? SP1a – zielony; SP1b – czerwony; SP2b – czarny i SP2a – czerwony?



- 4.7. Może należałoby zmienić tytuł pracy doktorskiej z „*Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym*” na „*Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych*”.

## 5. Ocena rozprawy doktorskiej na podstawie warunków określonych w art.190 ust. 2 ustawy oraz poradniku RDN

- W recenzowanej pracy doktorskiej mgr inż. Błażej Bartoszek wykazał się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem pracy oraz umiejętnościami rozwiązywania problemów teoretycznych. Analiza treści rozprawy pozwala więc ocenić ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w przedmiotowej dyscyplinie, jako **wystarczającą i satysfakcjonującą w świetle wymagań ustawowych**.
- W szczególności kandydat wykazał się **doskonałą wiedzą ogólną w zakresie konstrukcji zespolonych i analiz teoretycznych, które w najwyższym stopniu spełniają warunki opisane w art. 190 ust. 2 ustawy**.
- Ponadto **kandydat** wykazał się doskonałą umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.
- Rozprawa wnosi również bardzo imponujący wkład w działalność naukowo-gospodarczą i stanowi **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników badań naukowych** kandydata w sferze gospodarczej. W szczególności należy podkreślić niesamowity wkład doktoranta w sferę gospodarczą, gdzie był uczestnikiem wielu projektów Wiaduktów: w Dąbrowie Górniczej; w Biskupicach z dźwigarami o przekroju hybrydowym; Wiaduktu kolejowego Dąbrowie Górniczej; Konstrukcji ustroju nośnego kładki w Myszkowie oraz Mostu drogowego w Wisznicach.

Kandydat w rozprawie wykorzystał wiedzę dwóch dyscyplin z dziedziny nauk inżyniersko-technicznych i skutecznie połączył je dla realizacji głównych celów rozprawy.

Dlatego jednoznacznie stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Błażeja Bartoszka **spełnia wiedzę teoretyczną na najwyższym poziomie** w dyscyplinie „*inżynieria lądowa, geodezja i transport*”, przez co spełnia ona warunek określony w art.190 ust. 2 ustawy.

Podsumowując mogę jednoznacznie stwierdzić, że oczywiste walory poznawcze rozprawy, oryginalne rozwiązanie postawionego problemu metodami naukowymi, a także wykazana w pracy wiedza teoretyczna i umiejętność samodzielnego jej prowadzenia, upoważniają mnie do stwierdzenia, że rozprawa doktorska mgr. Błażeja Bartoszka pt. „*Stany graniczne konstrukcji hybrydowych stalowo-betonowych ze zbrojeniem zewnętrznym*”, **spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w ustawie [5]** oraz skłania do postawienia wniosku **o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Ponadto zwarzywszy na ponadstandardowe metody poznawcze i wiedzę w dziedzinie projektowania konstrukcji mostowych wnioskuję o wyróżnienie pracy Doktoranta zgodnie z Uchwałą nr 220/31/RDND06/2021-2024.



Signed by /  
Podpisano przez:

Renata Kotynia  
Politechnika  
Łódzka

Date / Data: 2024-  
04-12 08:57

Renata Kotynia

Łódź, 11.04.2024