

Politechnika Śląska
Wydział Budownictwa
Katedra Inżynierii Budowlanej

Gliwice, 29.06.2020 r.

Autor:

Mgr inż. Arkadiusz Bula

Promotor:

dr hab. inż. Jacek Hulimka, prof. PŚ

Promotor pomocniczy:

dr inż. Marcin Kozłowski

Streszczenie rozprawy doktorskiej pod tytułem:

**Analiza doświadczalno-numeryczna
połączeń klejonych w konstrukcjach stalowych**

Pomimo coraz lepszych cech wytrzymałościowych i szerokiej gamy dostępnych produktów, kleje wciąż mają w konstrukcjach budowlanych jedynie niszowe zastosowanie, ograniczone zwykle do systemowych rozwiązań wzmocnień z użyciem taśm lub mat z włókien niemetalicznych. Jednym z podstawowych powodów takiego stanu rzeczy jest brak norm projektowych, a kolejnym zbyt mała liczba danych technicznych ujawnianych przez producentów oraz ich nieprecyzyjny charakter.

W obecnym stanie techniki obliczeniowej najlepszym narzędziem wspomagającym projektowanie nietypowych konstrukcji jest dostępne komercyjnie oprogramowanie, pozwalające na wykonywanie zaawansowanych analiz, także w stanie pozasprężystym. Warunkiem koniecznym jest jednak wiarygodne rozpoznanie szeregu cech materiałowych (w tym przypadku klejów), a następnie walidacja modeli numerycznych na podstawie wyników badań modelowych.

Planując zastosowanie danego kleju w węźle konstrukcji budowlanej należy wziąć pod uwagę rzeczywiste wymiary spoiny, narzucające konieczność współpracy materiału w relatywnie długiej spoinie – co wymaga dobrania grubości warstwy kleju i jego

odkształcalności w sposób gwarantujący uzyskanie optymalnej nośności i sztywności połączenia. Analiza dostępnej literatury wskazuje, że w przypadku konieczności łączenia elementów konstrukcyjnych ze stali warunki takie zapewniają kleje metakrylowe.

Bazując na dostępnych publikacjach i normach, w ramach pracy doktorskiej przebadano wybrany klej metakrylowy – Plexus MA-420. Zakres badań podzielono na kilka etapów. W pierwszej kolejności wykonano badania wytrzymałościowe kleju, określając jego wytrzymałość na rozciąganie, ścinanie (w kilku schematach) i ściskanie, a także relaksację oraz przyczepność do różnego rodzaju podłoży metalowych. Każdemu z badań towarzyszyły analizy numeryczne w celu uzyskania odpowiednich modeli materiałowych do dalszych, bardziej złożonych obliczeń. Następnie wykonano analizy termiczne pozwalające na określenie charakteru zmian parametrów kleju wraz ze wzrostem temperatury. Kolejno wykonano analizy numeryczne złączy zakładkowych, wcześniej przebadanych na pełnowymiarowych modelach przez niezależny zespół (z udziałem Promotora pracy). Przyjęte w analizach numerycznych założenia do modelu materiałowego kleju, bazujące na kryterium Druckera-Pragera oraz warstwie kontaktowej, umożliwiające modelowanie degradacji zgodnie z zasadami mechaniki pęknięcia, wykazały bardzo dobrą zbieżność z rezultatami badań laboratoryjnych.

Jako ostatnie wykonano badania belek dwuteowych z doklejonymi płaskownikami (w dwóch wersjach – ze wzmocnieniem elementów nieuszkodzonych oraz elementów z wykonanym karbem mechanicznym). W obydwu przypadkach uzyskano wyraźne zwiększenie nośności doraźnej, przy zachowaniu pełnej integralności spoiny klejowej. Analizy numeryczne badanych belek pozwoliły na precyzyjne określenie mechanizmu zniszczenia, łącznie z oceną obszarów uplastycznienia kleju.

Wykonane badania i analizy pozwoliły na udowodnienie możliwości precyzyjnego modelowania klejonych połączeń elementów stalowych. Oczywiście wnioskowanie należy ograniczyć do zakresu badanych przypadków konstrukcyjnych i jednego typu kleju metakrylowego – stąd konieczne jest rozszerzenie analiz o kolejne przypadki konstrukcyjne, inne kleje oraz o ocenę trwałości w aspekcie czynników środowiskowych.

Bdr Arkadiusz