

## Streszczenie

Praca zawiera analizę sztywności złączy wykonanych technologią Polimerowego Złącza Podatnego (PZP). Przedstawione badania stanowią jeden z etapów procesu komercjalizacji technologii PZP. Celem podstawowym pracy było określenie sztywności połączeń podatnych w betonowych elementach prefabrykowanych o prostokątnym przekroju, na podstawie zweryfikowanej doświadczalnie analizy pracy mechanicznej PZP, dla krzywej pierwotnej obciążenia polimeru i prędkości deformacji 100%/min.

Wykonano i przebadano laboratoryjnie 239 próbek PZP, w tym 94 próbki w skali średniogabarytowej, których minimalny wymiar przekroju poprzecznego wynosił nie mniej niż 100 mm. Wykonano również badanie próbki w skali wielkogabarytowej. Próbkę poddano obciążeniu generującemu stałą prędkość nominalnego odkształcenia złącza. Badania kontynuowano aż do zniszczenia próbki. Analizie poddano pracę mechaniczną złącza, pominięto wpływ innych czynników, m.in. chemicznych, fizycznych i technologicznych. W celach statystycznych, dla każdego wariantu geometrycznego wykonano po 4 lub 6 próbek.

Uzyskano uśrednione wyniki sztywności przebadanych przekrojów. Pokazano wpływ zakresu analizowanego odkształcenia na uśrednione moduły sprężystości, zginania i ścinania, definiowane zgodnie z teorią liniowo-sprężystą. Określono również wpływ zmiany wysokości, szerokości i grubości połączenia na uzyskaną sztywność. Pokazano jak zmienia się sztywność przekroju w zależności od jego geometrii oraz kierunku przyłożenia obciążenia. Jednocześnie zaprezentowano różnice w obliczonych naprężeniach inżynierskich dla poszczególnych wariantów geometrycznych próbek, poddanych jednakowemu odkształceniu nominalnemu. Wyniki zaprezentowano oddzielnie dla każdego stanu obciążenia.

Wykonano analizę porównawczą uśrednionych wartości modułów sprężystości. Porównano uśrednione wartości dla próbek małych i średniogabarytowych oraz pokazano wpływ efektu skali na uzyskane wyniki, stwierdzając większą sztywność dla próbek małych. Pokazano, że maksymalna odkształcalność przekroju rośnie dla większych próbek, dla próbki wielkogabarytowej poddanej ścinaniu wyniosła ona 66% odkształcenia postaciowego. Na przykładzie badania próbki wielkogabarytowej pokazano, że różnice uzyskanych wyników w skali laboratoryjnej i rzeczywistej są relatywnie niewielkie. Na podstawie zbioru wyników pokazano szacunkowo tendencję zmiany sztywności złącza w zależności od wartości współczynnika kształtu przekroju. Pokazano również, że sztywność tych samych przekrojów na rozciąganie jest znacznie większa niż na ściskanie, dla jednakowego zakresu odkształcenia nominalnego.

Wykonano szereg badań laboratoryjnych materiału polimerowego, po czym na ich podstawie wykonano numeryczną identyfikację jego parametrów mechanicznych. Założono, że do opisu pracy mechanicznej polimeru wykorzystane zostaną modele hipersprężyste. Następnie zamodelowano numerycznie wszystkie przebadane warianty geometryczne próbek i zrealizowano szereg symulacji MES, bazujących na różnych parametrach materiałowych. Obliczenia porównano z eksperymentem. Uzyskano znacznie większą dokładność wyników bazujących na nowym modelu materiału wobec modelu poprzednio znanego z literatury. W wielu przypadkach stwierdzono ponad dwukrotny wzrost dokładności. Wykonano również analizę porównawczą dokładności obliczeń wykorzystujących różne modele hipersprężyste. Pokazano również, że wpływ stosowania założenia o ściśliwości materiału polimerowego

wpływa na większą dokładność uzyskiwanych wyników. Za pomocą modeli MES wykonano również analizę rozkładu naprężeń w przekrojach, wskazując miejsca ich koncentracji. Przedstawiono także wpływ efektu skali na dokładność uzyskanych numerycznie wyników za pomocą porównania z wynikami badań laboratoryjnych próbek mała i średniogabarytowych.

W ramach pracy wykonano również dwie analizy numeryczne typowych konstrukcji betonowych nawierzchni torowiskowych, o wymiarach stosowanych w praktyce inżynierskiej. Pokazano pozytywny wpływ zastosowania PZP na redukcję maksymalnych naprężeń i przemieszczeń. W modelach przeanalizowano obciążenia termiczne i użytkowe pochodzące od przejazdu tramwajów. Pokazano, że konieczne może być indywidualne projektowanie geometrii złącza dla różnych przypadków zastosowania, gdyż w analizowanym przykładzie zwiększanie grubości warstwy połączenia wpłynęło zarówno pozytywnie jak i negatywnie na redukcję naprężeń w konstrukcji.