

ANALIZA PRACY PODKŁADU KOLEJOWEGO PRZY UWZGLĘDNIENIU SPRĘŻENIA PRĘTAMI¹

Małgorzata Urbanek

mgr inż., Politechnika Krakowska, Katedra Infrastruktury Transportu Szynowego i Lotniczego, ul. Warszawska 24, e-mail: murbanek@pk.edu.pl

Paweł Dziewoński

mgr inż., absolwent Politechniki Krakowskiej, e-mail: paweldzie9@gmail.com

Streszczenie. *Artykuł przedstawia pracę podkładu kolejowego pod wpływem obciążenia eksploatacyjnego. Wykorzystując model numeryczny ustalono przemieszczenia pionowe dla dwóch typów podkładu - PS-94 i PS-08 oraz określono wpływ zastosowania prętów sprężonych.*

Słowa kluczowe: *podkład kolejowy, modelowanie numeryczne nawierzchni kolejowej, obciążenie eksploatacyjne*

1. Wstęp

W dotychczasowych badaniach [1,2,3,4] nie podjęto problematyki modelowania podkładu kolejowego jako elementu złożonego. Występowanie w podkładzie – jego modelu – prętów sprężonych wpływa na jego pracę pod obciążeniem eksploatacyjnym.

Analizy modeli, uwzględniające zastosowanie zbrojenia w elementach betonowych, przeprowadzane są w budownictwie drogowym i mostowym [6] oraz w elementach takich jak belki żelbetowe [7]. Dlatego w niniejszej pracy podjęto próbę określenia wpływu zastosowania prętów sprężonych na pracę podkładu kolejowego wykorzystując modelowanie numeryczne. Analizę ograniczono do dwóch typów podkładów: jednego z najbardziej popularnych na polskiej sieci kolejowej - podkładu PS-94 oraz ciężkiego podkładu PS-08, również eksploatowanego na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

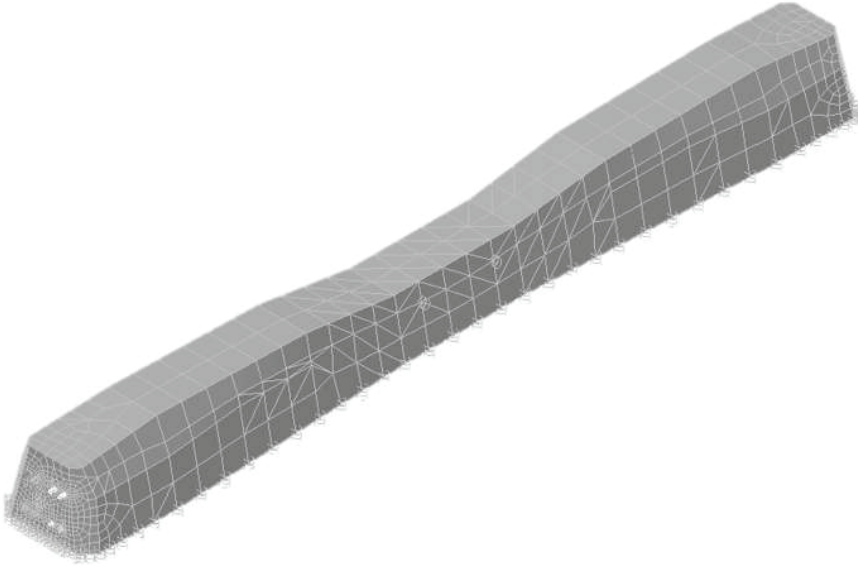
Celem przeprowadzanych w pracy analiz jest wskazanie i udoskonalanie modelu podkładu kolejowego do dalszych prac nad jego zachowaniem pod wpływem różnego rodzaju obciążeń.

2. Opis modelu numerycznego

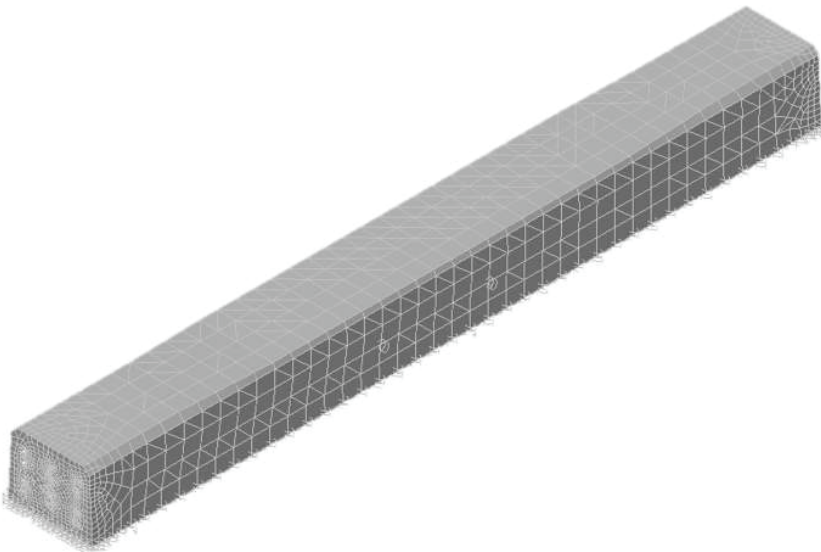
W celu wykonania modelu numerycznego opartego na MES (Metoda Elementów Skończonych), służącego do analizy stanu przemieszczeń, stworzono trójwym-

¹ Wkład autorów w publikację: Urbanek M. 70%, Dziewoński P. 30%

miarowe bryły podkładów PS-94 oraz PS-08 - korzystając z programu Autodesk Inventor (rys. 1,2). W modelach tych uwzględniono również pręty zbrojeniowe.



Rys. 1. Model podkładu PS-94
Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Model podkładu PS-08
Źródło: opracowanie własne

Analizę statyczną modeli przeprowadzono w programie Autodesk Simulation Multiphysics. Opracowanej wcześniej bryle nadano właściwości materiałowe, odpowiadające elementom występującym w torze. Podsypkę i podtorze zastąpiono elementami typu string o stosownej sztywności. Obciążenie od sił przenoszonych przez szyny zostały rozłożone na powierzchni zbliżonej do pola podkładki podszynowej.

Korzystając ze wzoru (1) na siłę ściskającą w przecie otrzymano wzór (2) na różnicę temperatur ΔT potrzebną aby uzyskać siłę 310 kN, która pozwoli odpowiednio naciągnąć struny w zamodelowanych podkładach.

$$F = E * A * \alpha * \Delta T \quad (1)$$

$$\Delta T = \frac{F}{E * A * \alpha} \quad (2)$$

gdzie:

F – siła naciągu strun,

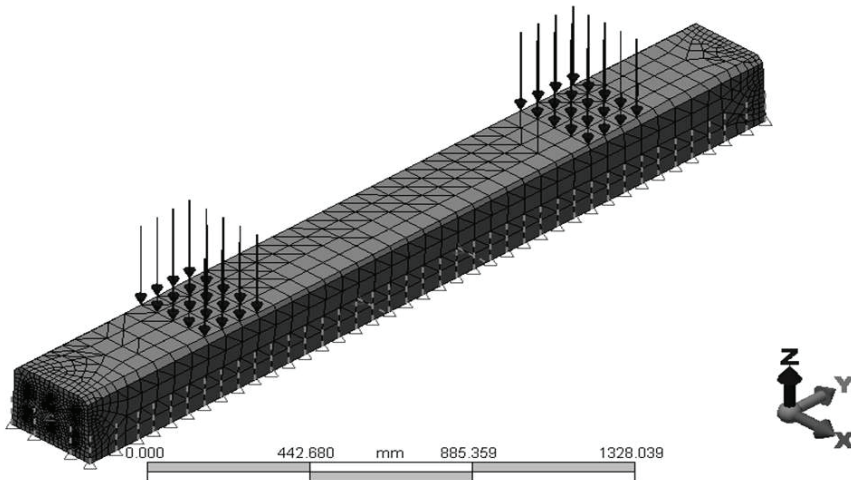
E – moduł Younga dla stali,

A – pole powierzchni prętów zbrojeniowych,

α – współczynnik rozszerzalności cieplej dla stali.

3. Analiza parametryczna

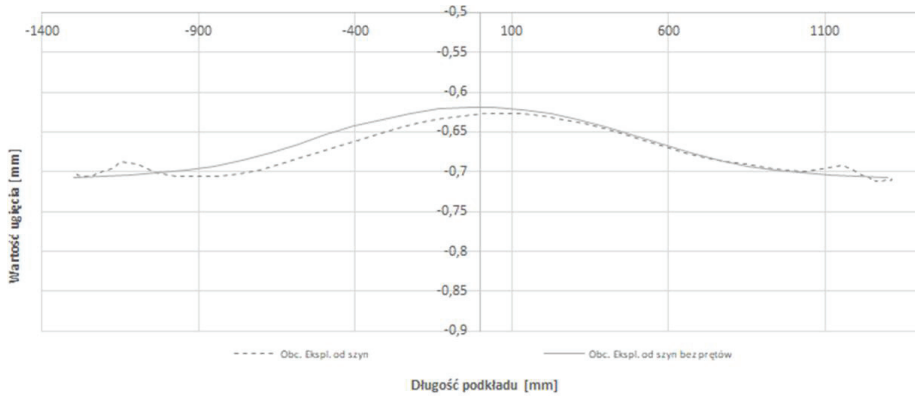
Przeprowadzono analizę parametryczną dla dwóch podkładów strunobetonowych PS-94 oraz PS-08. Z wykorzystaniem modelu numerycznego - porównano wartości ugięcia dla wskaźnika podłoża podkładu C_b równego 115 MN/m^3 oraz przyjęto dla betonu moduł Younga wynoszący 31 GPa. Model obciążono siłami pionowymi (rys. 3) o sumarycznej wartości 30 kN na każdą stronę podkładu.



Rys.3. Podkład kolejowy (Ps-08) ze sprężonymi prętami, poddany obciążeniu eksploatacyjnemu przekazywanemu na podkład przez szyny

Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 4 przedstawiono linie ugięcia dla podkładu PS-08 dla dwóch wariantów modelu, jeden z zamodelowanymi prętami sprężonymi drugi bez (sam beton).

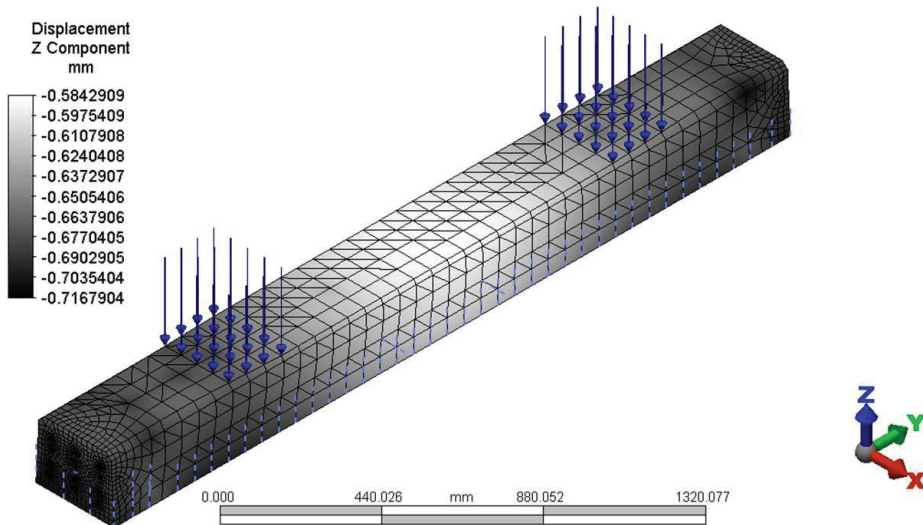


Rys. 4. Wartości przemieszczenia pionowego dla podkładu PS-08

Źródło: opracowanie własne

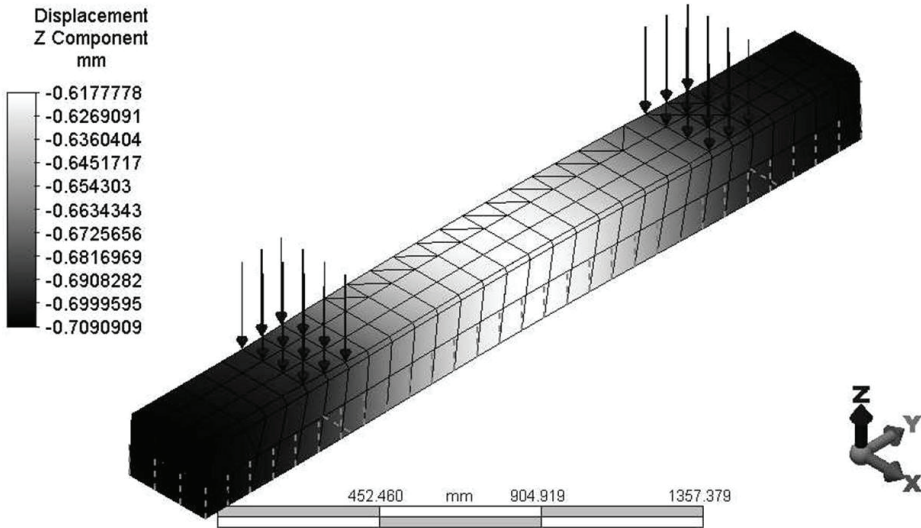
Zastosowanie w modelu prętów sprężonych zmienia kształt linii ugięcia podkładu, należałoby więc podczas modelowania uwzględnić ich występowanie, co zostało wykonane. Różnica pomiędzy przemieszczeniem w środku rozpiętości podkładu pomiędzy przypadkiem obciążenia eksploatacyjnego dla modelu bez i z prętami wynosi 0,01 mm, co stanowi zaledwie 1,5%.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono graficznie wartości przemieszczenia pionowego podkładu dla obu jego wariantów.



Rys. 5. Wartości przemieszczenia pionowego dla podkładu PS-08 z prętami sprężonymi

Źródło: opracowanie własne

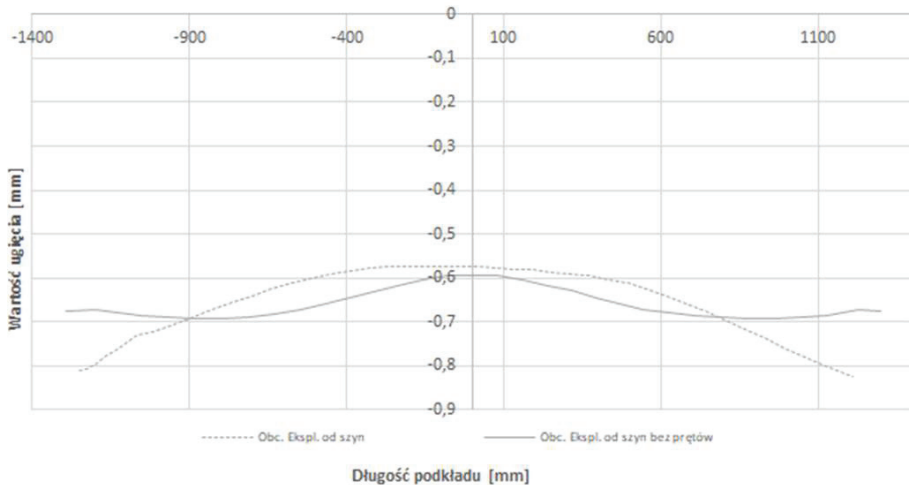


Rys. 6. Wartości przemieszczenia pionowego dla podkładu PS-08 bez prętów sprężonych

Źródło: opracowanie własne

Podkład PS-94 również poddano analizie przy zastosowaniu dwóch wariantów podkładu - jeden z zamodelowanymi prętami sprężonymi drugi bez (sam beton).

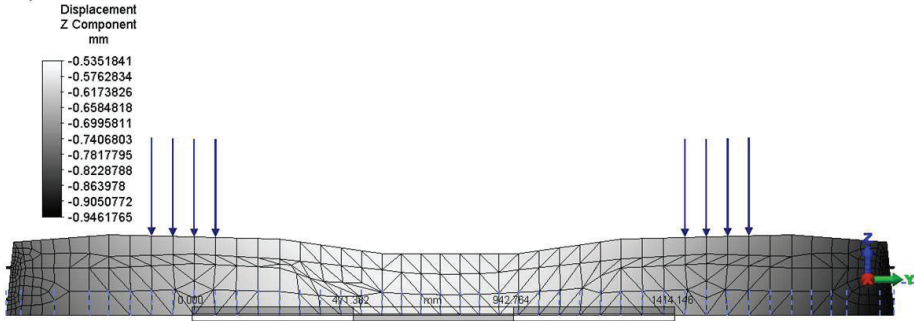
Na rysunku 7 przedstawiono linie ugięcia dla dwóch wariantów podkładu przy obciążeniu eksploatacyjnym, również tutaj można zaobserwować wpływ zastosowania prętów na linię ugięcia podkładu. Różnica wartości w środku rozpiętości podkładu wynosi 0,02 mm co stanowi zaledwie 3,3%, natomiast na końcu podkładu wynosi 0,22 mm i jest to ok. 24% różnicy.



Rys. 7. Wartości przemieszczenia pionowego dla podkładu PS-94

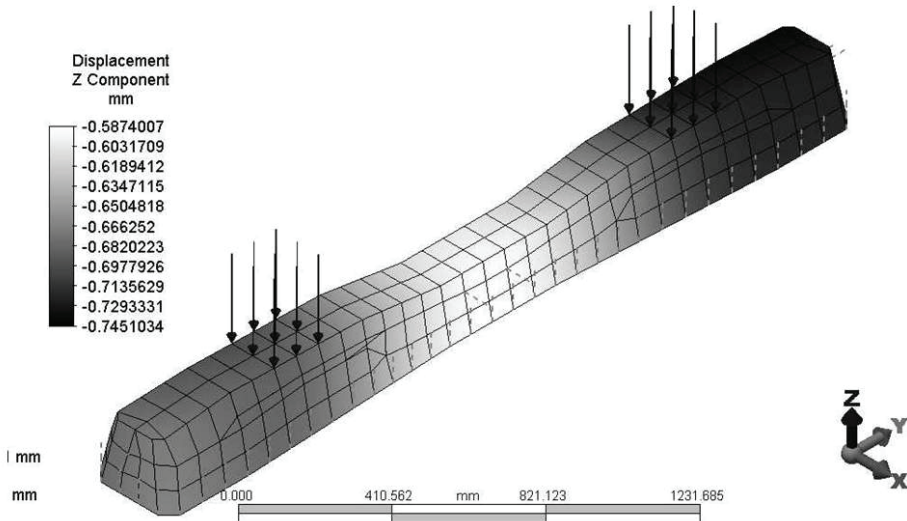
Źródło: opracowanie własne

Graficzna prezentacja wyników analizy (rys. 8) pokazuje, że najmniejsza wartość przemieszczenia pionowego występuje w środku rozpiętości podkładu. Różnica pomiędzy przemieszczeniami końca i środka podkładu wynosi 0,35 mm dla modelu z prętami sprężonymi, taka wartość może wpłynąć na zmianę kąta nachylenia szyn względem siebie (zmianę rozstawu).



Rys. 8. Wartości przemieszczenia pionowego dla podkładu PS-94 z prętami sprężonymi dla obciążenia eksploatacyjnego
Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 9 przedstawiono wyniki przemieszczenia pionowego dla podkładu bez prętów sprężonych, obciążonego eksploatacyjnie. Różnica pomiędzy przemieszczeniem środka i końca podkładu wynosi zaledwie 0,01 mm.



Rys. 9. Wartości przemieszczenia pionowego dla podkładu PS-94 bez prętów sprężonych dla obciążenia eksploatacyjnego
Źródło: opracowanie własne

4. Wnioski

Zastosowanie w modelu trójwymiarowym podkładu - prętów zbrojeniowych, wpływa na zmianę wartości maksymalnych ugięcia oraz zmienia przebieg linii ugięcia. Pominięcie prętów sprężonych w modelu numerycznym nie ma znaczącego wpływu na wartość maksymalną ugięcia, jednak wpływa na różnice wartości w środku i na końcu podkładu.

Uproszczenie modelu podkładu poprzez pominięcie prętów może wpłynąć na analizę zachowania się modelu całej nawierzchni. Dalsze analizy będą prowadzone dla modeli zawierających pozostałe elementy nawierzchni oraz uzupełnione będą o badania eksploatacyjne i analizy teoretyczne.

Bibliografia

- [1] Kukulski J., Wybrane aspekty modelowania nawierzchni kolejowej, jej części składowych oraz podtorza. *Problemy kolejnictwa* 148 (2009): 207-228.
- [2] Surowiecki A., Zieliński M., Numeryczne modelowanie stanu odkształcenia podkładu kolejowego w zmiennych warunkach podparcia na podpypce. *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne* 3 (102) (2013): 367-374.
- [3] Sołkowski J., Kudła D., Wykonawstwo stref przejściowych do obiektów mostowych i aspekty modelowania numerycznego oddziaływania pojazd-nawierzchnia-podtorze. *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne* 2 (101) (2013): 275-289.
- [4] Bednarek W., Wpływ pionowych odkształceń nawierzchni i podtorza na pracę toru bezстыkowego. *Rozprawy Politechniki Poznańskiej*, nr 506, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2013.
- [5] Dziewoński P., Analiza pracy wybranych podkładów kolejowych jako konstrukcji przestrzennej pod obciążeniem termicznym i mechanicznym, *Praca dyplomowa*, Politechnika Krakowska, Kraków 2018.
- [6] Oleszek R., Modelowanie mostowych konstrukcji sprężonych w środowisku MES SOFiSTiK. *Mosty* (2016).
- [7] Buda-Ożóg L., Numeryczna i doświadczalna analiza zginanych, skręcanych i ścinanych belek żelbetowych. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury* (2017).

