

# INNOWACYJNA KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI, ZWIĘKSZAJĄCA SZTYWNOŚĆ RAMY TORU Z PODKŁADAMI BETONOWYMI<sup>1</sup>

---

**Włodzimierz Czyczula**

prof. dr hab. inż., Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Katedra Infrastruktury Transportu Szynowego i Lotniczego, tel.: 012 628 2358, e-mail: czyczula@pk.edu.pl

---

**Łukasz Chudyba**

dr inż., Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Katedra Infrastruktury Transportu Szynowego i Lotniczego, tel.: 012 628 2358, e-mail: lchudyba@poczta.onet.pl

---

***Streszczenie.** W pracy przedstawiono koncepcję i wyniki badań laboratoryjnych innowacyjnej konstrukcji nawierzchni z podkładami betonowymi. Istota koncepcji polega na wzmocnieniu konstrukcji sztabą metalową, usytuowaną w środkowej części toru. Badania laboratoryjne pokazały, że sztywność wzmocnionej ramy na zginanie jest około 3,5-4 krotnie wyższa od typowej konstrukcji nawierzchni na podkładach z betonu sprężonego.*

***Słowa kluczowe:** nawierzchnia szynowa, podkłady betonowe, sztywność ramy torowej, konstrukcja wzmacniająca*

## 1. Wprowadzenie

Sztywność ramy torowej jest jednym z podstawowych czynników, wpływających na stateczność toru bezстыkowego (por. np. [1]). Zwiększenie sztywności ramy torowej jest szczególnie istotne w łukach o małych promieniach. Dotychczas stosowane były następujące sposoby zwiększenia sztywności ramy torowej:

- a) wprowadzenie prowadnicy w postaci typowej szyny lub prowadnicy specjalnej [3,4];
- b) zastosowanie podkładów wzdłużnych lub ramowych [2,5];
- c) zastąpienie nawierzchni podsypkowej nawierzchnią niekonwencjonalną (np. [6]).

Zgodnie z postanowieniami Rozporządzenia MTiGM nr 151 [7] tor bezстыkowy można układać w torach głównych i głównych dodatkowych, jeżeli promień łuku kołowego jest nie mniejszy od 500 m (podkłady drewniane) lub 450 m (podkłady betonowe). Nowela rozporządzenia z 2014 roku [8] dopuszcza zastosowanie toru bezстыkowego w torach o promieniach nie mniejszych od 250 m, ale w przypadku zastosowania rozwiązania zwiększającego stateczność toru lub niezawodność użytkowania i – dodatkowo – wymuszenia temperatury przytwierdzenia +23°C

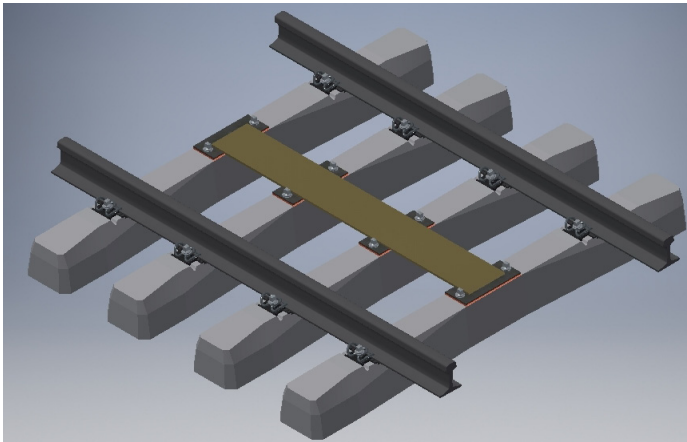
---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Czyczula W. 50 %, Chudyba Ł. 50%

z tolerancją  $3^{\circ}\text{C}$ , w noweli Rozporządzenia 151 dopuszcza się zastosowanie toru bezстыkowego w konstrukcji niekonwencjonalnej (bezpodsypkowej) przy dowolnym promieniu łuku kołowego. Celem pracy jest przedstawienie koncepcji i badań laboratoryjnych innowacyjnej konstrukcji nawierzchni na podkładach z betonu sprężonego, wzmocnionej sztabą stalową.

## 2. Koncepcja

Istota koncepcji polega na wprowadzeniu stalowych sztab, spawanych do płaskowników, mocowanych do podkładów za pomocą wkrętów, zakotwionych w podkładach, wykorzystywanych w typoszeregu podkładów do mocowania szyn odbojnicowych na mostach (podkłady PS-94/M oraz PS-93/M). Płaskowniki o grubości około 12 mm są przykręcane do podkładów strunobetonowych w części obniżonej na długości 400 mm. Następnie, po starannym rozmieszczeniu podkładów i regulacji toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej, do płaskowników są spawane sztaby o grubości również około 12 mm i szerokości 0,25 m (rys. 1).



Rys. 1. Koncepcja wzmocnionej konstrukcji nawierzchni na podkładach z betonu sprężonego

Zastosowana konstrukcja zwiększa istotnie sztywność na zginanie stalowych elementów nawierzchni w płaszczyźnie poziomej. Biorąc pod uwagę jedynie momenty bezwładności pojedynczych elementów stalowych, w przypadku dwóch szyn 60E1 otrzymujemy sumę momentów równą  $1026\text{ cm}^4$ . Moment bezwładności sztaby w płaszczyźnie poziomej wynosi około  $1563\text{ cm}^4$ . Łączny moment bezwładności jest zatem około 2,5 krotnie wyższy od momentów bezwładności dwóch szyn. Należy jednak pamiętać, że wzmocniona konstrukcja nawierzchni z podkładami betonowymi jest równoważna podkładom ramowym o podatnych węzłach. Ponieważ trudno ocenić analitycznie sztywność na zginanie takiej konstrukcji, dlatego przeprowadzono badania laboratoryjne, co opisane będzie w toku dalszych rozważań.

Przyjęte rozwiązanie umożliwi normalną pracę maszyn torowych, zwłaszcza podbijarki i zgarniarki tłucznia. Także wymiana pojedynczego podkładu nie będzie nastęrczać żadnych trudności (wycięcie i dospawanie sztaby będzie prostym zabiegiem utrzymaniowym).

W przypadku konieczności zastosowania poszerzenia toru proponuje się przyjęcie przytwierdzeń W14 – w innych przypadkach możliwe będzie zastosowanie typowego przytwierdzenia SB.

Prace nad konstrukcją zwiększającą sztywność ramy torowej Politechnika Krakowska prowadzi w ścisłej współpracy z firmą TrackTec od ponad półtora roku.

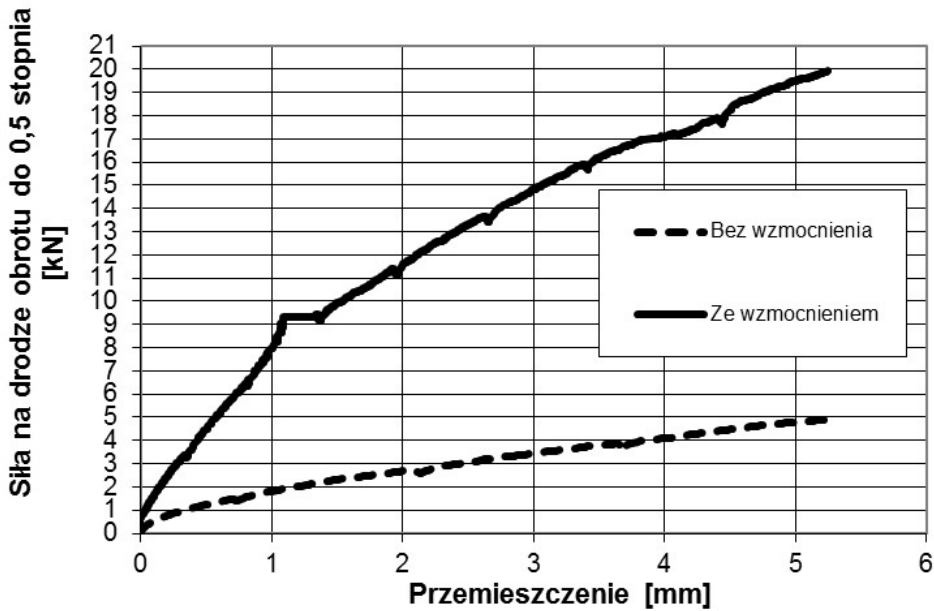
### 3. Badania laboratoryjne

Podstawowe badania laboratoryjne, dotyczące oporu przy przemieszczaniu się podkładów bez wzmocnienia i przy wprowadzeniu konstrukcji z płaskownikiem, zostały już przeprowadzone przez Politechnikę Krakowską w ramach prac własnych w 2015 roku.

Badaniom poddano dwa podkłady PS-94/M z odcinkami szyn 60E1 i przytwierdzeniami SB-07. Jeden z podkładów był utwierdzony w podłożu, a drugi obciążano wzdłuż osi wywołując przemieszczenie, odpowiadające kątowi obrotu podkładu względem szyny o maksymalną wartość  $0,5^\circ$ . Mierzono wartość siły i przemieszczenie wzdłuż osi podkładu, a także przemieszczenia poprzeczne podkładu przy zastosowaniu sztaby i bez niej. Na rys. 2 pokazano widok badanego układu, a na rys. 3 przedstawiono podstawowy efekt badań, tzn. zależność siły od przemieszczenia wzdłużnego podkładu przy zastosowaniu wzmocnienia i typowej konstrukcji.



Rys. 2. Widok badanego układu z dwoma podkładami i sztabą wzmacniającą



Rys. 3. Zależność siły obciążającej podkład od przemieszczenia wzdłużnego podkładu – ze wzmocnieniem i typowej konstrukcji

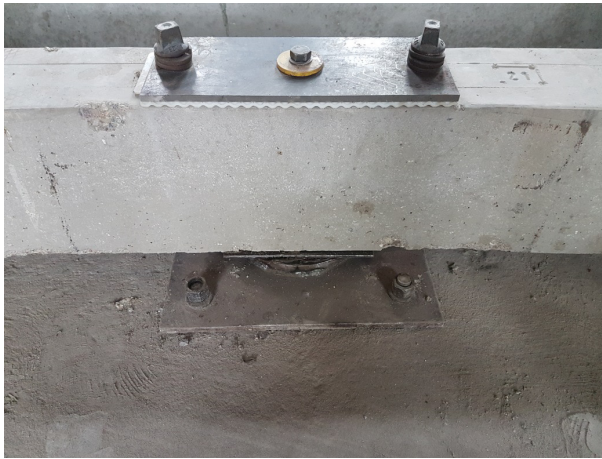
Jak widać efekt wzmocnienia jest znaczący: przy małych obrotach podkładu względem szyny (przemieszczenia wzdłużne podkładu poniżej 0,5 mm) siła, odpowiadająca temu samemu przemieszczeniu przy wzmocnieniu jest 3-3,5 krotnie wyższa od siły dla układu typowego, natomiast przy wyższych wartościach przemieszczeń stosunek siły przy wzmocnieniu do siły dla układu typowego wynosi 4- 4,3.

Oprócz badań, przeprowadzonych dla dwóch podkładów w laboratorium Politechniki Krakowskiej, wykonano badania przęsła torowego w zakładzie produkcyjnym Track Tec w Goczałkowie. Celem badań było porównanie sztywności ramowej przęsła wzmocnionego i typowego. Ruszt torowy do badania został zbudowany z 16-tu podkładów strunobetonowych PS-93M. Szyny zostały przymocowane za pomocą węzłów przytwierdzenia W14. Do podkładów przymocowano blachy stalowe wykorzystując dyble polietylenowe osadzone w podkładach. Do wykonania wzmocnienia użyto pasów blachy stalowej (3 odcinki) o przekroju 250x12 mm (rys. 4). Podkłady posadowiono na blachach stalowych, rozłożonych na posadzce betonowej. Zostały one oparte na kulkach łożyskowych o średnicy 20 mm (każdy podkład na 2-ch kulkach). Dla oparcia kulek o podkłady, do ich dolnej powierzchni przyklejono nakładki z blachy stalowej. Skrajne podkłady zostały zamocowane do podłoża. Z jednego końca w sposób stały, a z drugiego z możliwością przemieszczania się podkładu wzdłuż osi toru (rys. 5).





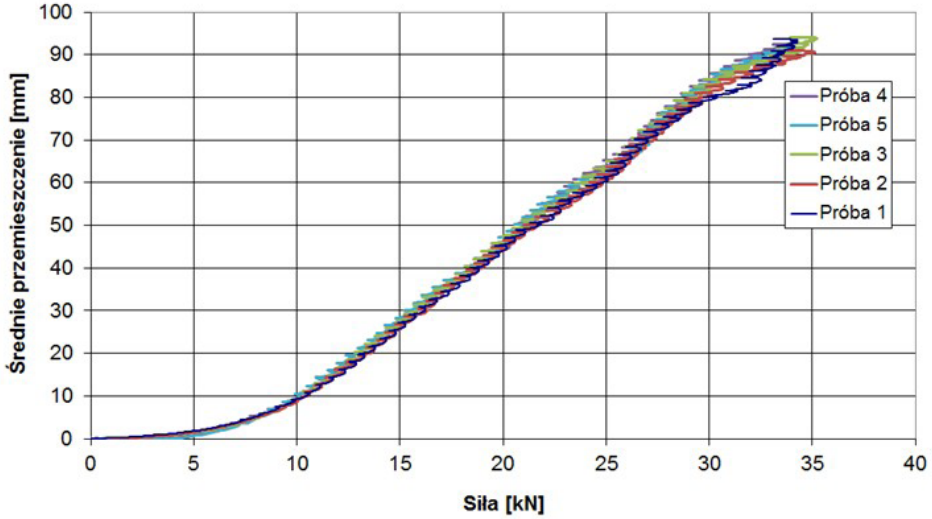
*Rys. 4. Widok ramy torowej ze wzmocnieniem {9}*



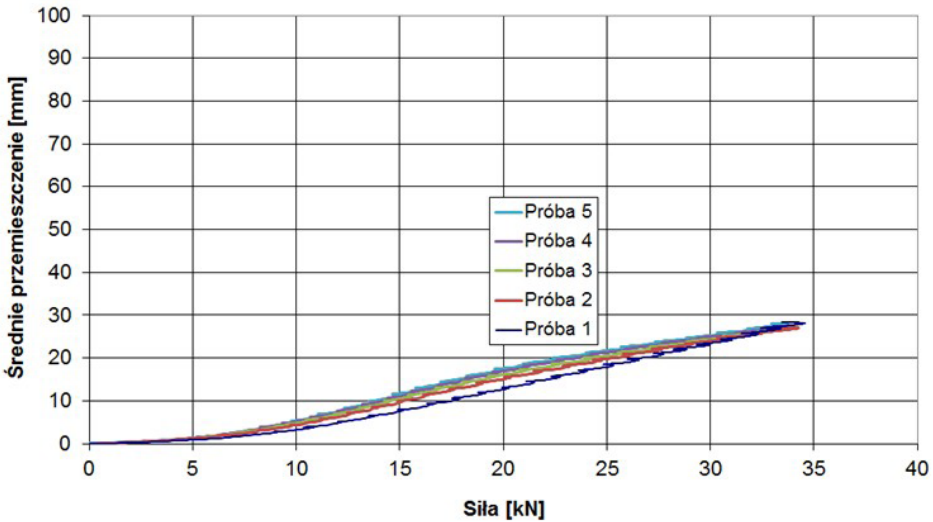
*Rys. 5. Widok zespołu mocującego ramę torową na skrajnych podkładach {9}*

W środkowym punkcie przęśła umieszczono siłownik hydrauliczny o maksymalnej wartości wymuszanej siły równej 50 kN. Mierzono przemieszczenia punktu środkowego oraz w kilku innych punktach, rozmieszczonych symetrycznie po obu stronach środka przęśła. W celu określenia powtarzalności wyników wykonano 5 prób dla konstrukcji bez wzmocnienia i ze wzmocnieniem.

Na rys. 6 oraz rys. 7 przedstawiono przemieszczenia punktu środkowego (punktu przyłożenia siły) odpowiednio dla przemieszczenie ramy bez wzmocnienia oraz przemieszczenia ramy ze wzmocnieniem.

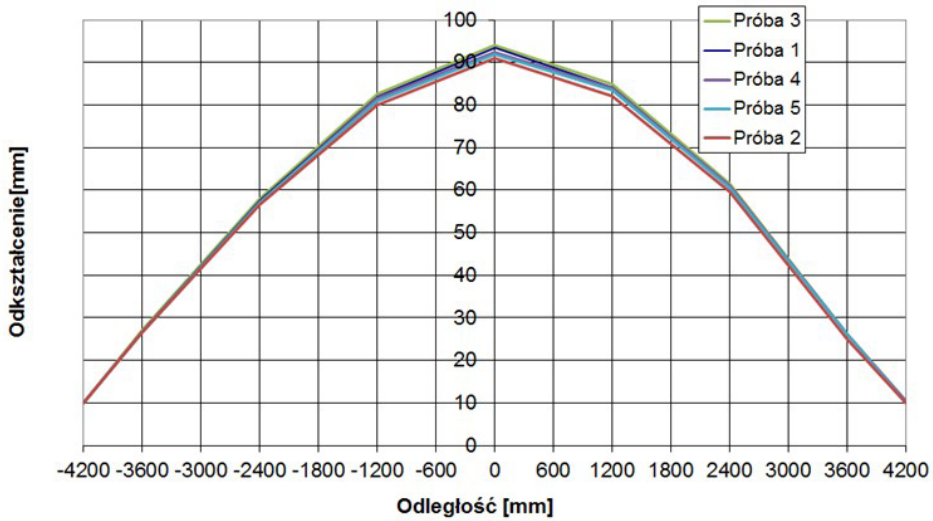


Rys. 6. Przemieszczenia punkt środkowego w funkcji siły (układ bez wzmocnienia) {9}

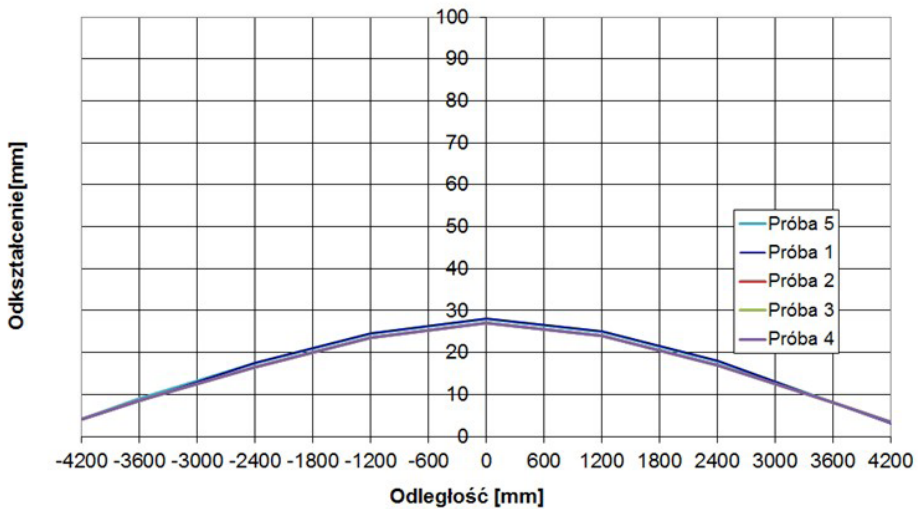


Rys. 7. Przemieszczenia punkt środkowego w funkcji siły (układ ze wzmocnieniem) {9}

Natomiast na rys. 8 i rys. 9 kształt linii przemieszczeń szyn ramy bez wzmocnienia i ze wzmocnieniem.



Rys. 8. Kształt linii przemieszczeń przy maksymalnej wartości siły (układ bez wzmocnienia) {9}



Rys. 9. Kształt linii przemieszczeń przy maksymalnej wartości siły (układ ze wzmocnieniem) {9}

Jak wynika z danych, pokazanych na rysunkach 6-9 wzmocnienie konstrukcji znacząco wpływa na sztywność ramy – maksymalne wartości przemieszczeń przy tych samych wartościach siły ramy wzmocnionej są 3-3,5 krotnie niższe w odniesieniu do konstrukcji typowej.

#### 4. Podsumowanie

W pracy przedstawiono koncepcję i wyniki badań laboratoryjnych, związanych z porównaniem sztywności na zginanie ramy toru z podkładami z betonu sprężonego w odniesieniu do typowej konstrukcji. Pokazano, że mierniki sztywności na zginanie (także oporu na obrót podkładu względem szyny) we wzmocnionej konstrukcji są w granicach 3-4,5 krotnie wyższe od tych mierników dla konstrukcji bez wzmocnienia. Obecnie trwają prace analityczne, związane z określeniem odporności na wyboczenie wzmocnionej konstrukcji w zastosowaniu do łuków kołowych o promieniach 300 m i poniżej. Ponadto trwają przygotowania do pilotażowego wdrożenia w łuku kołowym o małym promieniu.

#### Bibliografia

- [1] Czyczuła W., Tor bezстыkowy. Książka akademicka, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2002.
- [2] Czyczuła W., Bogacz R. i wsp., Nawierzchnia kolejowa o podwyższonym standardzie i zmniejszonym oddziaływaniu na środowisko. Raport Politechniki Krakowskiej, Kraków 2013.
- [3] Podkład SP-06a/K/60E1. Karta techniczna Strunbet sp. z o.o. (strona internetowa z dnia 30.09.2017)
- [4] Extended use of long rails for sharp curves on ballast ladder track. RTRI Reports, Tokyo, Japan 2006.
- [5] Basiewicz T., Nawierzchnia kolejowa z podkładami betonowymi. WKiŁ, Warszawa 1969.
- [6] Sołkowski J., Efekt progowy w nawierzchniach szynowych. Monografie Politechniki Krakowskiej, nr 435, Kraków 2013.
- [7] Rozporządzenie MTiGM z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dz.U. nr 151, poz. 987.
- [8] Rozporządzenie MliR z dnia 5 czerwca 2014 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dz.U. poz. 867.
- [9] Określenie sztywności ramy torowej typowej konstrukcji i wzmocnionej. Sprawozdanie z badań z Politechniki Krakowskiej, z dnia 14.09.2017.