ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: BUDOWNICTWO z. 103 Nr kol. 1692

Włodzimierz CZYCZUŁA, Jerzy STAWOWIAK
Politechnika Krakowska
Krzysztof BRODNICKI, Adam JANIK
Zakład Maszyn Torowych, Kraków

WSTĘPNE BADANIA ODPOWIEDZI NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ NA ODDZIAŁYWANIA POZIOME

Streszczenie. Praca zawiera wyniki wstępnych badań odpowiedzi nawierzchni kolejowej na wymuszenia poziome. Przy zadanych wartościach sił poziomych wyznaczono przemieszczenia poprzeczne główki szyny. Wykazano, że zależność pomiędzy siłą poprzeczną a przemieszczeniem jest nieliniowa. Rezultaty badań mogą być przydatne do oceny ekwiwalentnej stożkowatości.

PRELIMINARY INVESTIGATIONS OF TRACK RESPONSE TO LATERAL FORCES

Summary. The paper presents preliminary results of the track response to the impact of horizontal forces. For the assumed force values lateral displacements of the rail head have been determined. The relationship between the lateral force and the displacement has been proved to be nonlinear. The results may be useful for the estimation of equivalent conicity.

1. Wprowadzenie

Badaniom nawierzchni przy oddziaływaniach poziomych poświęcono niewiele prac. Najwięcej prac z tego zakresu dotyczy wyznaczania oporów poprzecznych podsypki (por. np. [2, 5]) oraz sztywności ramowej rusztu torowego (np. [7]). Istnieją także nieliczne prace, dotyczące współdziałania układu pojazd-tor, zwłaszcza pomiarów sił prowadzących na styku koła z szyną (por. [3]), czy też odporności toru na przesunięcie trwałe (tzw. kryterium Prud'homme'a [4], czy też prace japońskie i amerykańskie, dotyczące warunków bezpieczeństwa ruchu z uwagi na wykolejenie - wyniki w [6]).

Wprowadzenie pojęcia „ekwiwalentnej stożkowatości" do Technicznej Specyfikacji Interoperacyjności w odniesieniu do infrastruktury europejskiej sieci kolei dużych prędkości (por. [1]) stwarza konieczność nowego spojrzenia na oddziaływania poziome, tym bardziej, że obowiązujące, normatywne sposoby badania systemów przytwierdzeń ograniczają się określenia skutków długotrwałych badań w oscylatorze nożycowym [8], bez badania charakterystyk w płaszczyźnie prostopadłej do osi toru. Także nowe koncepcje przyjaznych dla środowiska pojazdów i infrastruktur (o niskiej wartości tzw. footprint [9]) wymagają przeprowadzenia badań, zwłaszcza w odniesieniu do słabo poznanej i opisanej mechaniki

nawierzchni z uwagi na oddziaływania poziome. Dotyczy to szczególnie nawierzchni bez - podsypkowych, w których miękkie warstwy podszynowe, przy nie związanych szynach mogą wpływać na zbyt duże przemieszczenia poprzeczne i obroty szyn, co ma bezpośredni wpływ na ekwiwalentną stożkowatość (por. [1]).

Celem pracy jest przedstawienie wstępnych wyników badań odpowiedzi nawierzchni na oddziaływania poziome. Prace zostały przeprowadzone na terenie Zakładu Maszyn Torowych w Krakowie, a pełny cykl badań będzie realizowany w eksploatowanych torach sieci PKP PLK.

2. Metodyka badań

Oddziaływanie poprzeczne koła na główkę szyny powoduje – w ogólności – przemieszczenie poprzeczne rusztu torowego w podsypce oraz skręcanie szyny. Do badań tych zjawisk nie można zatem użyć znanego w pracach doświadczalnych rozpieracza hydraulicznego, oddziałującego na dwa toki szynowe jednego toru. Dlatego też przyjęto –jako model obciążenia – ściągacz, oddziałujący na wewnętrzne toki szynowe dwóch sąsiednich torów.

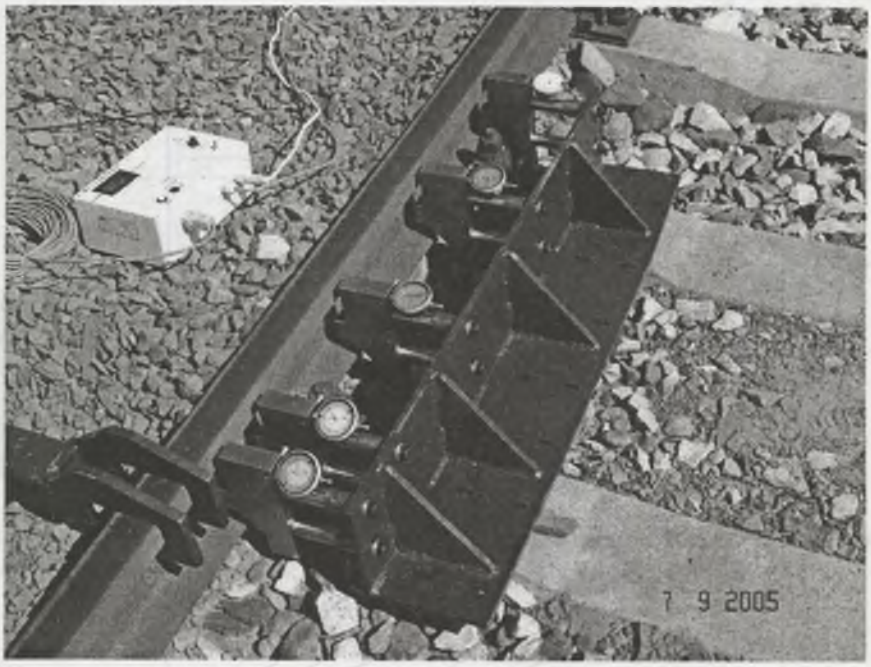
Jeśli dodatkowo uwzględnimy obciążenie pionowe, to możemy wyznaczyć w warunkach statycznych charakterystyki dowolnych typów nawierzchni, z uwagi na oddziaływania poziome.

Wstępne badania przeprowadzono dla nawierzchni nieobciążonej w płaszczyźnie pionowej. W tym celu zaprojektowano i wykonano wspomniany ściągacz, którego widok pokazano na rys.1.

Rys.1. Ściągacz hydrauliczny zastosowany do badań odpowiedzi nawierzchni na wymuszenia poziome

Fig.1. Hydraulic puller used to measure pavement response to horizontal forces

Uchwyty ściągacza obejmują główki szyny, siła oddziaływania wymuszana jest hydraulicznie, a wyznaczana jest na podstawie wskazań miernika analogowego, który stanowi element ściągacza. Przemieszczenia szyny wyznaczane są za pomocą czujników zegarowych, umieszczonych na belce, zakotwionej w podsypce (rys.2).



Rys.2. Belka pomiarowa z czujnikami przemieszczeń
Fig.2. Measuring bar with some displacement sensors

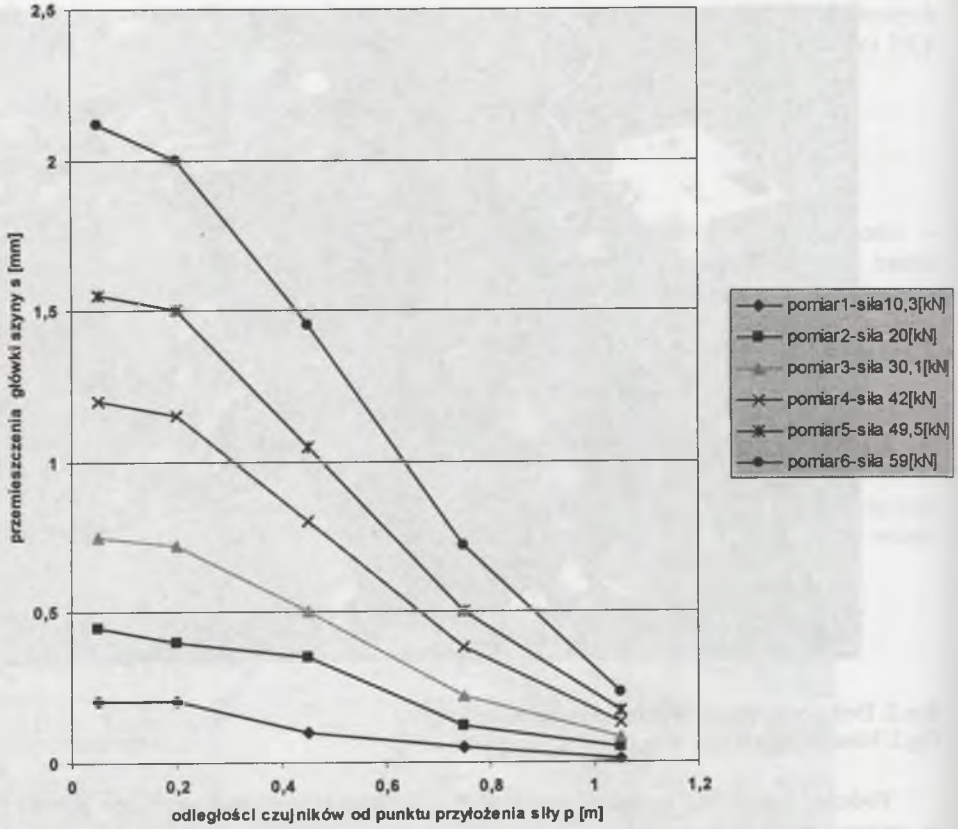
Podczas wstępnych badań mierzono jedynie przemieszczenia poprzeczne główki szyny, w następujących odległościach od „punktu" przyłożenia siły: p = 0,05; 0,2; 0,45; 0,75 i 1,05 m.

Dokładność wskazań czujników przemieszczeń wynosi 0,01 mm, a miernika siły 0,1 kN. Wstępne testy układu pomiarowego wskazały, że praktyczną dokładność metody pomiaru można oszacować następująco: pomiar przemieszczeń 0,05 mm, a pomiar siły 0,3 kN.

3. Wyniki badań i ich analiza

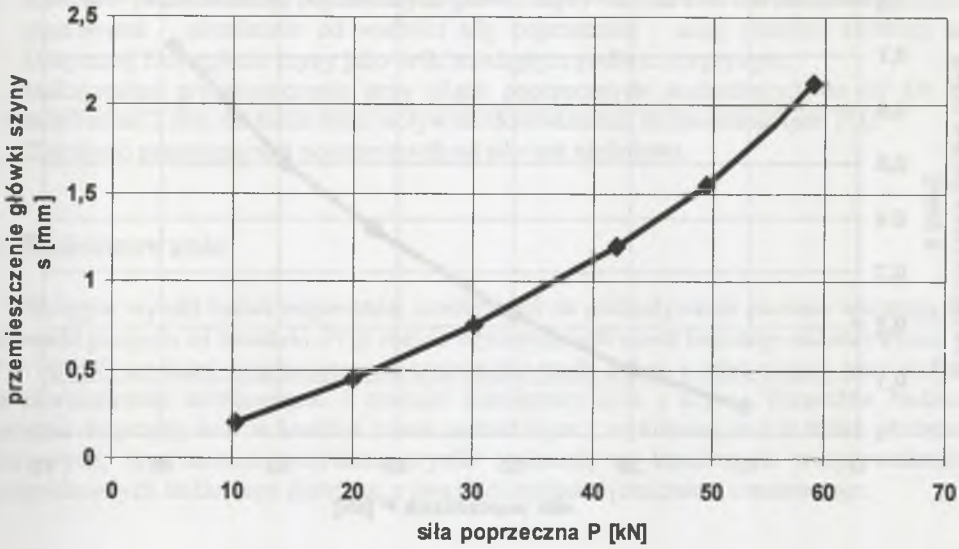
Wstępne badania przeprowadzono dla nawierzchni S-49 na podkładach drewnianych, z przytwierdzeniami typu K i podsypce tłuczniowej. Stan toru można określić jako średni. Rozkłady przemieszczeń wyznaczano w odległościach opisanych w pkt.2, przy następujących wartościach siły poprzecznej: P = 10,3; 20,0; 30,1; 42,0; 49,5 oraz 59,0 kN.

Na rysunku 1 pokazano rozkłady przemieszczeń „s" przy poszczególnych wartościach siły poprzecznej, a na rys. 2 – 5 zależność przemieszczeń główki szyny „s" od siły „P" w czterech wybranych punktach, usytuowanych w odległościach p = 0,05; 0,45; 0,75 oraz 1,05 m.



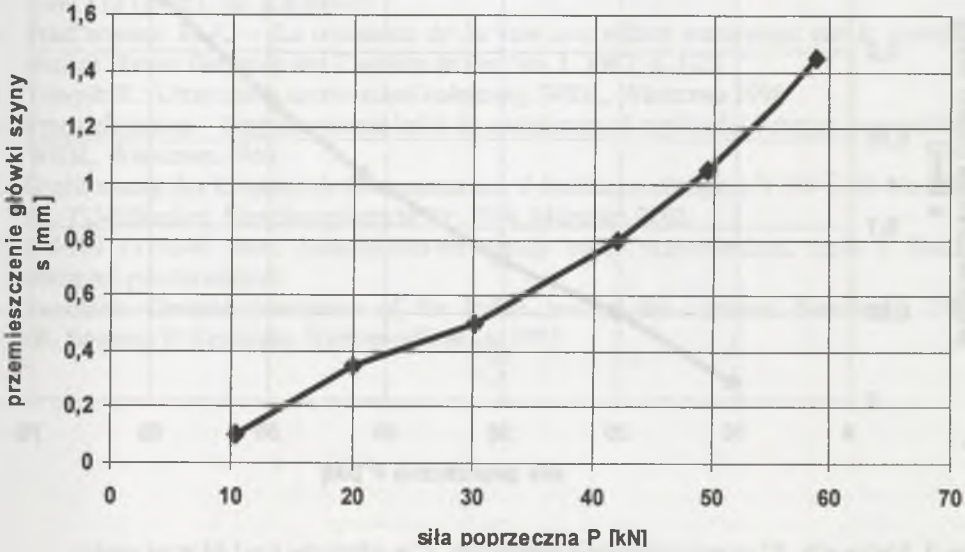
Rys.3. Rozkłady przemieszczeń poprzecznych główki szyny „s" w zależności od odległości od „punktu" przyłożenia siły „p" przy różnych wartościach siły oddziaływania P

Fig.3. Distribution of rail head 's' lateral displacements according to the distance from the "point" of force "p" application due to various values of the operating force P



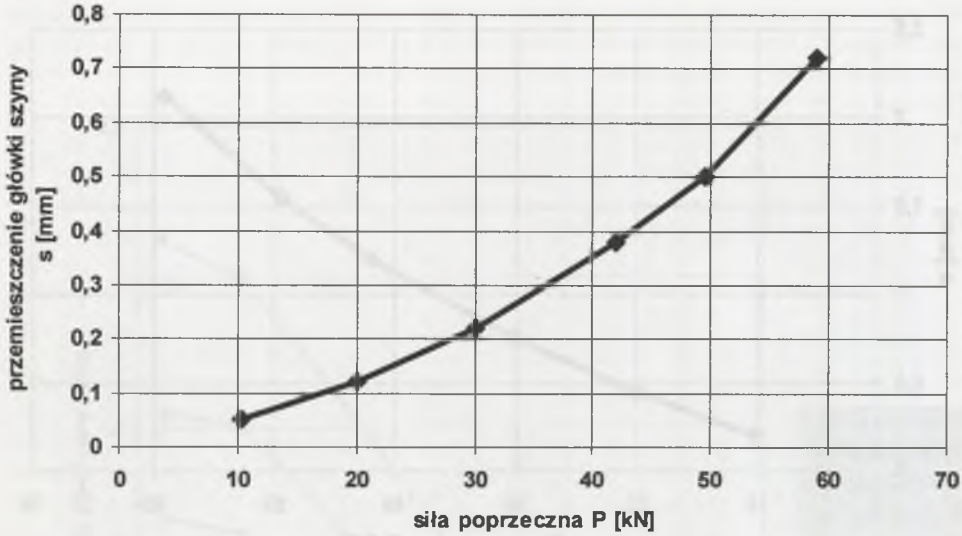
Rys.4. Wpływ siły „P" na przemieszczenie poprzeczne „s" w odległości p = 0,05 m od punktu przyłożenia siły

Fig.4. Influence of force „P" on lateral displacement „s" in the distance p=0,05m from the point of force application



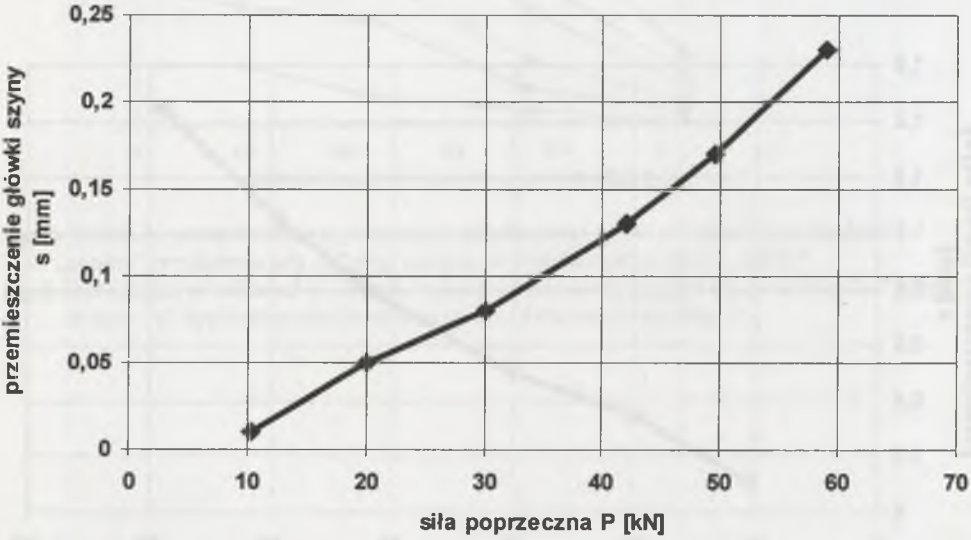
Rys.5. Wpływ siły „P" na przemieszczenie poprzeczne „s" w odległości p = 0,45 m od punktu przyłożenia siły

Fig.5. Influence of force „P" on lateral displacement „s" in the distance p=0,45m from the point of force application



Rys.6. Wpływ siły „P" na przemieszczenie poprzeczne „s" w odległości p = 0,75 m od punktu przyłożenia siły

Fig.6. Influence of force „P" on lateral displacement „s" in the distance p=0,75m from the point of force application



Rys.7. Wpływ siły „P" na przemieszczenie poprzeczne „s" w odległości p = 1,05 m od punktu przyłożenia siły

Fig.7. Influence of force „P" on lateral displacement „s" in the distance p=1,05m from the point of force application

Z przedstawionych danych wynika, że:

1. Rozkłady przemieszczeń poprzecznych główki szyny wzdłuż toru nie obciążonego siłami pionowymi – niezależnie od wartości siły poprzecznej - mają charakter zbliżony do klasycznej linii ugięcia szyny jako belki na ciągłym podłożu sprężystym.
2. Maksymalne przemieszczenia przy siłach poprzecznych dochodzących do 60 kN są większe od 2 mm, co może mieć wpływ na ekwiwalentną stożkowatość (por. [1]).
3. Zależność przemieszczeń poprzecznych od siły jest nieliniowa.

4. Podsumowanie

Wstępne wyniki badań odpowiedzi nawierzchni na oddziaływania poziome wskazują na celowość podjęcia tej tematyki. Przy realnie występujących siłach bocznego oddziaływania (P = 60 kN) uzyskano przemieszczenia poprzeczne rzędu 2 mm, a więc mogące mieć wpływ na ekwiwalentną stożkowatość i warunki współpracy koła z szyną. Wprawdzie badania wstępne dotyczyły toru w średnim stanie technicznym i wykonano je przy braku obciążeń pionowych, tym niemniej uzyskane wyniki wskazują na konieczność przeprowadzenia kompleksowych badań tego zjawiska, z uwzględnieniem wyznaczenia obrotów szyn.

Literatura

1. Czyczuła W., Stawowiak J.: Ocena ekwiwalentnej stożkowatości jako parametru interoperacyjności infrastruktury kolei dużych prędkości. Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP, 2005
2. Czyczuła W.: Tor bezstykowy, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2002
3. Müller R.: Die Problematik der Berührungsgeometrie Rad/Schiene. ZEV + DET Glas. Ann. 118 (1995), Nr. 3, s. 86-99
4. Prud'homme M.A. – La resistance de la voie aux efforts transveraux par la material roulant. Revue Generale des Chemins de Fer, No. 1, 1967, p. 1-23
5. Towpik K.: Utrzymanie nawierzchni kolejowej. WKiŁ, Warszawa 1990
6. Praca zbiorowa – Przystosowanie kolei do zwiększonych szybkości i dużych przewozów. WKiŁ, Warszawa 1969
7. Bestimmung des Ersatzträgheitsmoments am Y-Stahlschwellengleis Y-SW-S 15 No-650-54. TU-München, Forschungsbericht Nr. 1944, München 2002
8. PN-EN 13146-4: 2003. Kolejnictwo-tor-metody badań przytwierdzeń, część 4, Skutki obciążeń powtarzalnych
9. Footprint. General description of the Polish part of the project, Eureka E! 2486 (R. Bogacz, W.Czyczuła, Warszawa/Kraków 2005