

# Sztywność i nośność torowiska po modernizacji nawierzchni

Eugeniusz Skrzyński, Adam Dąbrowski

W referacie przedstawiono rozkłady modułów odkształceń podtorza oraz stosunków naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych pod modernizowaną nawierzchnią kolejową na kilku liniach PKP. Stwierdzono, że długości odcinków wymagających wzmocnień torowisk ze względu na sztywność i nośność podtorza wynoszą 28 – 73% długości linii i zależą przede wszystkim od modułów odkształceń istniejącego podtorza. Wskazano na potrzebę dostosowywania gęstości badań podtorza do jego jednorodności.

\* artykuł jest zmodyfikowaną wersją referatu wygłoszonego na V. Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy modernizacji i budowy podtorza kolejowego” Wrocław - Szklarska Poręba, 14-15 października 2010 r.

Duża liczba badań podtorza wykonanych na modernizowanych liniach kolejowych umożliwiła określenie rozkładów sztywności i nośności torowisk po modernizacji nawierzchni. Przeanalizowano następujące parametry:

- moduły odkształceń podtorza mierzone na torowisku,
- obciążenia gruntów górnych warstw podtorza (stosunki naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych przy prędkościach pociągów  $V = 160 - 200$  km/h).

W analizach uwzględniono wyniki pomiarów modułów odkształceń wykonanych pod nawierzchnią, na międzytorzach i ławach torowisk oraz naprężenia pionowe w gruntach górnych warstw podtorza obliczone w trakcie projektowania wzmocnień torowisk.

Parametry te określono dla stanu po modernizacji nawierzchni, tzn. przy założeniu, że górne warstwy podłoża podkładów zostaną usunięte do głębokości zapewniającej ułożenie nowej nawierzchni, bez zmiany położenia wysokościowego toru, tzn. do głębokości 0,55 - 0,57 m mierzonej od górnych powierzchni istniejących podkładów.

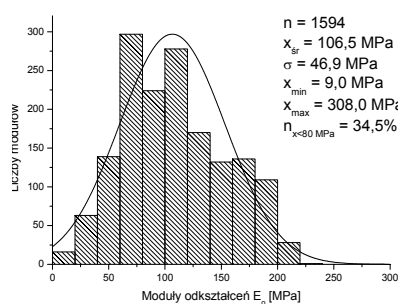
## Moduły odkształceń podtorza

Rozkłady modułów odkształceń na poszczególnych liniach, z uwzględnieniem pomiarów wykonanych na ławach torowisk i na międzytorzach, pokazano na rys. 1 – 4. Z rysunków tych wynika, że:

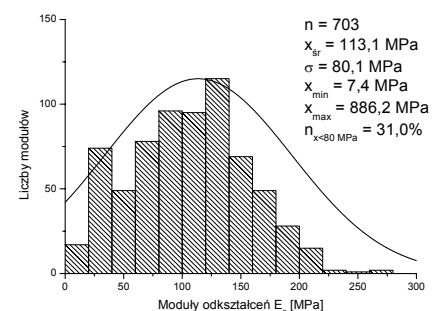
- średnie wartości modułów odkształceń podtorza mierzonych na poziomie projektowanego torowiska na poszczególnych liniach zawierają się w przedziale 78 - 118 MPa,
  - udziały modułów odkształceń mniejszych od 80 MPa, wymaganych najczęściej na liniach eksploatowanych, wynoszą 26 – 64%.
- Z analiz wynika również, że wartości modułów odkształceń w torach tej samej linii mogą się znacznie różnić (tab. 1).

## Naprężenia w gruntach górnych warstw podtorza

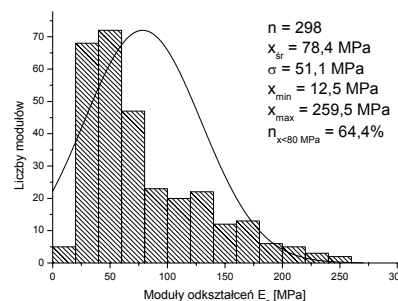
Rozkład stosunków pionowych naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych



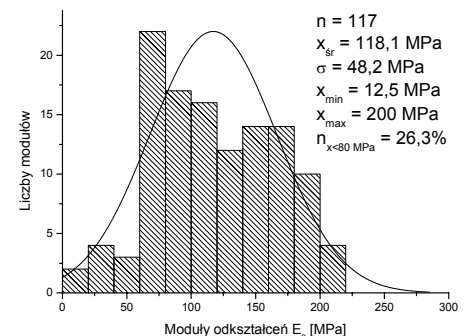
1. Histogram modułów odkształceń torowiska na linii E20



3. Histogram modułów odkształceń torowiska na linii E65



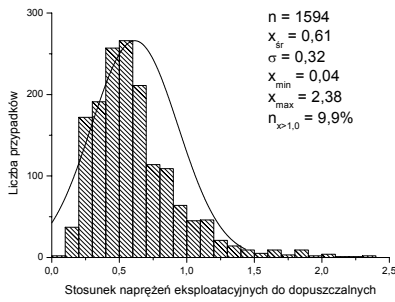
2. Histogram modułów odkształceń torowiska na linii E30



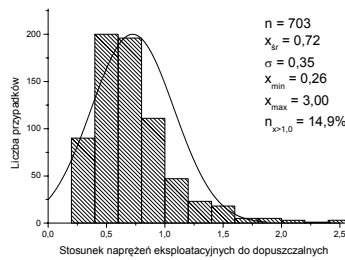
4. Histogram modułów odkształceń torowiska na linii Warszawa-Łódź

Tab. 1. Moduły odkształceń podtorza na poziomie modernizowanego torowiska (bez pomiarów na ławach torowisk i międzytorzach)

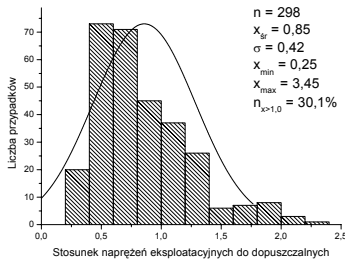
Linia	Tor nr	Liczba pomiarów	Wartości modułów odkształceń $E_0$ [MPa]				Procentowe udziały modułów mniejszych od 80 MPa
			minimalne	maksymalne	średnie	odchylenia standardowe od średnich	
E20	1	652	10	215	108	45,5	29,6
	2	615	9	200	109	46,9	30,7
E30	1	149	17	259	67	50,1	75,8
	2	149	12	245	89	49,6	53,0
E65	1	84	8	387	86	68,7	51,2
	2	87	16	340	106	71,5	43,7
Warszawa-Łódź	1	59	27	200	127	48,3	22,0
	2	58	12	196	108	45,9	29,3



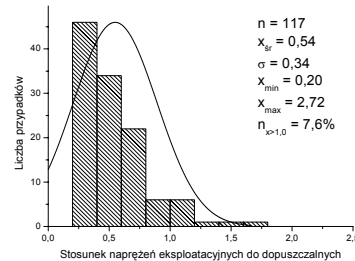
5. Histogram stosunków naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych na linii E20



7. Histogram stosunków naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych na linii E65



6. Histogram stosunków naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych na linii E30



8. Histogram stosunków naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych na linii Warszawa-Lódź

Tab. 2. Niedostateczna sztywność i nośność torowiska po modernizacji nawierzchni (w procentach liczb pomiarów lub długości linii)

Linia	Wady torowiska		
	moduły odkształceń $E_0 < 80$ MPa i przekroczone naprężenia dopuszczalne dla $V = 160 - 200$ km/h	moduły odkształceń $E_0 < 80$ MPa albo przekroczone naprężenia dopuszczalne dla $V = 160 - 200$ km/h	Razem (kol. 2+3)
1	2	3	4
E20	7,8	26,7	34,5
E30	21,9	51,0	72,9
E65	11,0	23,7	34,7
Warszawa – Łódź	5,9	22,0	27,9

Tab. 3. Prawdopodobieństwa wystąpienia modułów odkształceń mniejszych od 80 MPa przy różnych odległościach pomiędzy kolejnymi pomiarami

Linia	Tor nr	Odległość pomiędzy pomiarami [m]		
		100	200	300
1	2	3	4	4
E20	1	24,8%	23,7%	30,9%
	2	22,3%	20,6%	24,2%
E30	1	27,8%	44,4%	55,6%
	2	30,4%	33,3%	38,2%

przy prędkościach pociągów  $V = 160 - 200$  km/h pokazano na rys. 5–8. Z rysunków tych wynika, że:

- średnie stosunki naprężeń eksploatacyjnych do naprężeń dopuszczalnych zawierają się w przedziale 0,54–0,85,
- udziały naprężeń eksploatacyjnych przekraczających naprężenia dopuszczalne wynoszą 7–30%, a więc są znacznie mniejsze od udziałów zbyt małych modułów odkształceń.

### Wymagany zakres wzmocnień torowisk ze względu na sztywność i nośność

Pokazane rozkłady modułów odkształceń i stosunków naprężeń nie umożliwiają okre-

ślenia długości odcinków wymagających wzmocnień torowisk ze względu na sztywność i nośność. Dlatego w tab. 2 zestawiono łączne i rozłączne udziały tych parametrów na poszczególnych liniach.

Z zestawienia tego wynika, że długości odcinków, na których konieczne są wzmocnienia torowisk, wynoszą 28–73% długości linii.

### Ocena stanu torowiska przed modernizacją

Z rozkładów analizowanych parametrów wynika, że odchylenia standardowe od wartości średnich są bardzo duże i nie jest możliwe określenie jednego, stałego odstępów pomiędzy badaniami dla każdej z linii.

Pewien podgląd na dobór odstępów daje ocena prawdopodobieństwa napotkania modułów odkształceń mniejszych od wymaganych przy różnych odległościach pomiędzy kolejnymi badaniami (ocena taka pozwala uwzględnić jednorodność konstrukcji podtorza na długości toru). Odpowiednie prawdopodobieństwa określono metodą porównywania wyników kolejnych pomiarów wzdłuż linii przy założeniu, że moduł odkształcenia torowiska w poprzednim pomiarze jest wynosi co najmniej 80 MPa (tab. 3).

Komputerowa symulacja wykazała, że prawdopodobieństwo wystąpienia w następnym pomiarze modułu mniejszego od 80 MPa jest bardzo duże, nawet przy odstępach pomiędzy pomiarami wynoszących 100 m. Najbardziej odpowiednie odległości pomiędzy pomiarami powinny być więc określane metodami praktycznymi, uwzględniającymi konstrukcję podtorza i miejscowe warunki wodno-gruntowe.

### Wnioski

Długości odcinków, na których wymagane są wzmocnienia torowisk ze względu na moduły odkształceń i przeciążenia gruntów górnych warstw podtorza, wynoszą 28–73% długości linii. Długości te zależą przede wszystkim od modułów odkształceń istniejącego podtorza (mniejszy wpływ mają przeciążenia gruntów). W praktyce długości odcinków wymagających wzmocnienia muszą być większe z powodu przemarzania i niestabilności gruntów znajdujących się bezpośrednio pod podsypką.

Ze względu na duże zróżnicowanie parametrów, określenie metodami statystycznymi jednego, stałego odstępów pomiędzy badaniami dla każdej z linii nie jest możliwe. Gęstość badań górnych warstw podtorza powinna być więc zmienna, dostosowywana do konstrukcji podtorza i miejscowych warunków wodno-gruntowych. Na odcinkach niejednorodnych celowe jest zmniejszanie odległości pomiędzy miejscami badań do 50 m. Postępowanie takie ograniczy ryzyko pominięcia odcinków ze słabym podtorzem i nie zwiększy kosztów modernizacji linii, gdyż koszt badań geotechnicznych w porównaniu z nakładami na modernizację jest znikomy. ◀

### Literatura:

- [1] Id-3 Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego. Załącznik do Zarządzenia nr 9 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 4 maja 2009 r.
- [2] Skrzyński E.: Wyniki obliczeń wzmocnień torowisk z lat 1993 - 2009

dr inż. Eugeniusz Skrzyński  
mgr inż. Adam Dąbrowski  
Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów  
Instytut Kolejnictwa