ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2001
Seria: TRANSPORT z. 42 Nr kol. 1524

Jerzy PAWLICKI, Ján MANDULA

ODDZIAŁYWANIE PODSYPKI NA PODKŁAD JAKO CZYNNIK WPŁYWU NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ KOSZTÓW UTRZYMANIA DROGI KOLEJOWEJ – CZĘŚĆ I

Streszczenie. W artykule przedstawiono problematykę modelowania i metodę obliczania wielkości statycznych naprężenia zginającego podkładów z uwzględnieniem zmian reologicznych występujących na powierzchni oparcia podkładu. Wobec braku badań eksperymentalnych dotyczących naprężenia zginającego podkładów leżących na lepkosprężystym podłożu, przebieg zmian wielkości statycznych w czasie zaprezentowano za pomocą obliczeń parametrycznych.

THE INFLUENCE OF SLEEPER BED ON A SLEEPER AS AN ELEMENT OF EFFECT ON THE RAILWAY SUPPORT COST TRENDING – PART I

Summary. The paper deals with the modelling and calculation methods of static quantities which characterise the bending stress of sleepers while the rheological changes of the sleeper bearing area are taken into account. Since there is the lack of experimental results the parametrical calculations have been carried out and they indicate that the static quantities of bending stress of sleepers change in time.

1.WPROWADZENIE

Nawierzchnia kolejowa poddawana jest działaniu chwilowych i długotrwałych obciążeń od przemieszczających się po niej pojazdów szynowych. W większości opracowań dotyczących współdziałania podkładu z podłożem wykorzystuje się liniową teorię sprężystośc Ponieważ podkład i jego wielowarstwowe podłoże charakteryzują się znacznymi właściwościami relaksacyjnymi, korzystniej byłoby, w celu uchwycenia czasowej zmienności cech statycznych, traktować ten ośrodek jako lepkosprężysty.

W celu określenia naprężenia zginającego podkładu posłużono się (na podstawie [2]) sprężysto - lepkosprężystą analogią. Zależność wyjściową stanowiło równanie całkowe Volterry drugiego rodzaju, z jądrami zawierającymi skończoną liczbę parametrów ustalonych

eksperymentalnie. Obciążenie, które zacznie działać w czasie t=0, pozostanie stałe dla wszystkich t>0. Własności reologiczne materiałów będą dodatkowo spotęgowane stopniowym quasi-reologicznym powiększaniem powierzchni spoczywającego podkładu. Sytuacja taka odpowiada ułożeniu podkładu podczas podbijania (t=0), które w miarę upływu czasu w wyniku eksploatacji opiera się całą powierzchnią na wierzchniej warstwie podsypki.

Przedstawiona problematyka stanowi kontynuację badań dotyczących współdziałania elementów nawierzchni kolejowej i podtorza [1,3,4,5,6].

2. LEPKOSPRĘŻYSTE WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻA PODKŁADÓW

Do opisu podstawowych lepkosprężystych cech materiałów wykorzystano całkowe formy konstytutywnych równań liniowej teorii lepkosprężystości. Postać funkcji pełzania oraz wielkości stałe, które to równanie zawiera,przyjęto z [2].

Materiały podłoża posiadają niezmienny w czasie moduł sprężystości. Dlatego odkształcenia nie zależą od starzenia się materiału, ale wyłącznie od czasu działania obciążenia. Całkowite odkształcenie ε(t) można określić za pomocą zależności:

$$\varepsilon(t) = \sigma(t) \cdot D(t-\tau) \ , \tag{1}$$

gdzie:

D – funkcja pełzania.

Funkcja, którą posłużono się przy modelowaniu lepkosprężystego podłoża, ma postać:

$$D_c(t-\tau) = D_c(\varphi) = \frac{1}{E_z} \cdot \left(1 + \frac{\delta_1}{\delta_2} \cdot \left(1 - e^{-\delta_2 (t-\tau)}\right)\right) \tag{2}$$

Różniczkując funkcję (2) otrzymano jądro pełzania materiału podłoża:

$$K_c(t-\tau) = K_c(\varphi) = \delta_1 \cdot e^{-\delta_2 \cdot \varphi} \ , \tag{3}$$

gdzie:

δ_1 i δ_2 [1/czas] – parametry pełzania.

Ze wzoru (3) wynika, że jądro pełzania $K_c(\varphi)$ nie zależy od charakterystyk sprężystości podłoża podkładów. Parametry δ_1 i δ_2 określa się na podstawie pomiarów. W obliczeniach wykorzystano wartości zaczerpnięte z [2].

3. OBLICZENIOWY MODEL NAPRĘŻEŃ W PODKŁADACH

Proponowany sposób obliczeń naprężania podkładów leżących na ciągłym sprężystym podłożu jest wyprowadzony z hipotezy Winklera. Podkład uważany jest za belkę o skończonej długości ułożonej na podłożu charakteryzowanym przez współczynnik podatności C [kNm $^{-3}$]. Przyjmując, że długość oparcia podkładu o podsypkę wynosi b (rys. 2), otrzymuje się równanie:

$$EI(x)\cdot\frac{d^4w(x)}{dx^4}+b\cdot C\cdot w(x)=q(x)\,, \tag{4}$$

gdzie:

EI(x) – sztywność podkładu.

Przy uwzględnieniu lepkosprężystych właściwości podłoża, charakteryzowanego przez jądro K_c , zależność będzie miała postać:

$$EI(x)\cdot\frac{d^4w(x,t)}{dx^4}=q(x)-p(x,t)\,, \tag{5}$$

a także:

$$b\cdot C(t)\cdot w(x,t)=p(x,t)+\int_{t_0}^{t}p(x,\tau)\cdot K_c(t,\tau)d\tau \tag{6}$$

Do rozwiązania (6) posłużono się całkowym przekształceniem Laplace'a. Ostatecznie, po dokonaniu przekształcenia odwrotnego, równanie naprężenia zginającego podkładu na lepkosprężystym podłożu przyjmuje kształt:

$$\frac{\lambda^4}{4}\cdot\frac{d^4w(x,t)}{dx^4}+w(x,t)=\frac{\lambda^4}{4}\cdot q(x) \tag{7}$$

przy:

$$\lambda=\sqrt[4]{\frac{4\cdot EI(x)}{b\cdot C(t)}}\;;\qquad \alpha=\frac{x}{\lambda}\qquad \text{i}\qquad C(t)=\frac{C}{1+\frac{\delta_1}{\delta_2}\cdot\left(1-e^{-\delta_2\cdot t}\right)}\,.$$

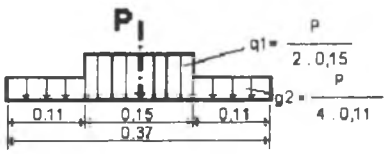
Do obliczeń wielkości statycznych w podkładzie ułożonym na podłożu lepkosprężystym można więc użyć zależności stosowanych przy określaniu naprężenia zginającego podkładu na sprężystym podłożu. Obliczanie tych wielkości przeprowadzono za pomocą metody macierzy przenoszenia, zgodnie z [7] i [8].

4. OPIS I WYNIKI DOŚWIADCZENIA

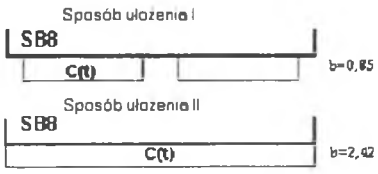
Decydujący wpływ na stan naprężeń w podkładzie mają obciążenia pionowe. Ich zakładany rozkład pod podkładką pokazano na rysunku 1. Obciążenie dla wszystkich czasów $t \geq 0$ jest stałe. Statyczne obciążenie modelu wyprowadzono z maksymalnego nacisku statycznego lokomotywy równego 105 kN. Zależności quasi-reologiczne badano przy dwóch sposobach ułożenia podkładu na tłuczniowej podsypce (por. rys. 2).

Uwzględnienie rozkładu obciążenia i zmienności przekroju poprzecznego podkładu SB-8 wymagało jego podzielenia na 30 odcinków. Pozwoliło to, poprzez zmianę współczynnika podłoża C(t), na uwzględnienie całego zakładanego przebiegu naprężania we wbudowanym podkładzie. Dla obu sposobów ułożenia podkładu przyjęto w obliczeniach współczynnik podatności C=42600 kNm^{-3}, przy założeniu spodniej szerokości podkładu s=0,284 m. Parametry funkcji pełzania miały wartości δ_1=0,15/dzień i δ_2=0,02/dzień.

Wyniki numerycznych obliczeń wpływu powierzchni oparcia podkładu o podsypkę na wielkości statyczne w zależności od czasu przedstawiono w tablicy 1.



Rys. 1. Schemat obciążeń pod podkładką
Fig. 1. Scheme of loads under a cleat



Rys. 2. Sposób oparcia podkładu o podsypkę
Fig. 2. Way of sleeper bearing on sleeper bed

Tablica 1

Porównanie statycznych wielkości naprężenia zginającego podkładu

t [dni]	Sposób ułożenia I			Sposób ułożenia II			Sposób ułożenia II		
	w [mm]	M [kNm]	T [kN]	w [mm]	M [kNm]	T [kN]	w [mm]	M [kNm]	T [kN]
	pod szyną			pod szyną			w środku podkładu		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	2,92	5,991	-1,71	2,21	6,312	-6,16	1,55	-10,12	0
3	4,19	5,991	-1,74	3,12	5,961	-7,53	2,37	-11,30	0
30	12,71	5,989	-1,81	9,17	5,088	-10,85	8,20	-14,10	0
90	21,16	5,988	-1,83	15,04	4,840	-11,77	14,01	-14,87	0

cd. tablicy 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
360	24,65	5,987	-1,83	17,56	4,78	-11,99	16,52	-15,06	0
1000	24,67	5,987	-1,83	17,57	4,78	-11,99	16,53	-15,06	0

Źródło: Opracowanie własne

5. WNIOSKI

Z rozważań nad wpływem konsolidujących się materiałów podłoża na naprężenie zginające wynika między innymi, że:

- lepkosprężyste właściwości podłoża podkładu powodują z upływem czasu przede wszystkim wzrost ugięć, ale także sił poprzecznych;
- powiększanie się powierzchni oparcia o podsypkę wyraźnie zwiększa przyrost momentów zginających w środkowej strefie podkładu, które dodatkowo ulegają zwiększeniu na skutek reologicznych zmian właściwości materiału.

Literatura

1. Iżvolt L., Turinič Ž., Baslik R.: Geogrid reinforces subgrade instead of traditional solutions in the railway track foundation. Geosynthetic conference 2001, Portland, Oregon, USA, 12-14.2.2001, s. 23-36.
2. Jendželovský N.: Väzkopružný kontaktný problém nosnika a podložia. Stavebnícky časopis, ročník 39/6.
3. Maliček I., Pawlicki J.: Sprężyste przytwierdzenie szyny w małowymiarowych płytach żelbetowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport, z.30, Gliwice 1998, s.109-119.
4. Mandula J.: Vplyv úložnej plochy na ohybové namáhanie podvalu. Zborník prednášok zo VI. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, TU-SvF Košice, 6-8.5.1997, s. 133-136.
5. Pawlicki J., Mandula J.: Kontrola parametrów jakościowych nawierzchni drogowych metodą prędkości fazowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport, z. 38, Gliwice 1999, s. 73-80.
6. Pawlicki J., Iżvolt L.: Metody diagnostyki podtorza. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport, z. 38, Gliwice 1999, s. 55-60.

7. Sobota J., Dický J.: Maticová analýza konštrukcií. MPM. ES STU Bratislava, 1985.
8. Tesár A., Fillo Ľ.: Metóda prenosových matíc. VEDA Bratislava, 1985.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

In calculations of the railway surface construction models basing on the resilience theory are usually used. Models basing on the viscoelasticity theory could have got systems similar to the elastic systems, but quantities characterising elastic features of layers are replaced with suitable rheological models.

The paper deals with the modelling and calculation methods of static quantities which characterise the bending stress of sleepers while the rheological changes of the sleeper bearing area are taken into account. Since there is the lack of experimental results the parametrical calculations have been carried out and they indicate that the static quantities of bending stress of sleepers change in time.

Pracę wykonano w ramach BW-429/RM10/2001