

Kazimierz KŁOSEK

Andrzej MAJDE

WPŁYW DEFORMACJI GÓRNICZYCH NA WSPÓLDZIAŁANIE NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ  
Z PODTORZEM W ŚWIETLE PEWNYCH POMIARÓW I OBSERWACJI TERENOWYCH

**Streszczenie.** Wykorzystując fotogrametryczne metody rejestracji ugięć nawierzchni kolejowej wykazano znaczny spadek wartości podatności sprężystej podłoża rusztu torowego na terenach górniczych.

## 1. WSTĘP

Drogi kolejowe, ze względu na swe parametry geometryczne jak i cechy konstrukcyjno-wytrzymałościowe nawierzchni, z punktu widzenia budownictwa na terenach górniczych są zaliczane do obiektów typu liniowego o stosunkowo małej sztywności giętej  $EJ$  oraz określonej sztywności wzdłużnej  $EA$ . Z mechanicznego punktu widzenia zagadnienie współdziałania tego rodzaju obiektów z podłożem górniczym sprowadza się do rozwiązania równania różniczkowego dla odkształceń podłużnych przy uwzględnieniu odpowiednich warunków brzegowych oraz granicznych, co z kolei prowadzi do wyodrębnienia szeregu schematów statycznych uwzględniających teoretycznie możliwe przypadki szczególne zagadnienia [9]. Nie kwestionując w niczym tak sprecyzowanego ogólnego podejścia do zagadnienia, nasuwa się nieodparcie pytanie: czy wpływ parametrów deformacji górniczej podłoża to przede wszystkim wzrost sił osiowych w budowlach typu liniowego, czy też może w specyficznym przypadku drogi kolejowej stanowią one jedynie jeden z przejawów szkodliwego oddziaływania podłoża górniczego na podtorze i nawierzchnię?

W świetle wcześniejszych rozważań teoretycznych [4, 5, 6] wysunięto hipotezę, zgodnie z którą wpływ poziomych odkształceń rozluźniających "ε<sub>r</sub>" górne warstwy podtorza przejawia się w postaci znacznego - długotrwałego obniżenia jego nośności oraz towarzyszącego mu spadku wartości cech sprężystych podtorza.

Celem niniejszej pracy jest prezentacja wyników potwierdzających ww. przypuszczenia, uzupełnione zarysem planowanych prac geodezyjno-pomiarowych dla dalszego etapu rozeznania powyższego zagadnienia.

## 2. WPŁYW DEFORMACJI GÓRNICZYCH NA NAWIERZCHNIĘ I PODTORZE W ŚWIETLE BADAŃ POLIGONOWYCH

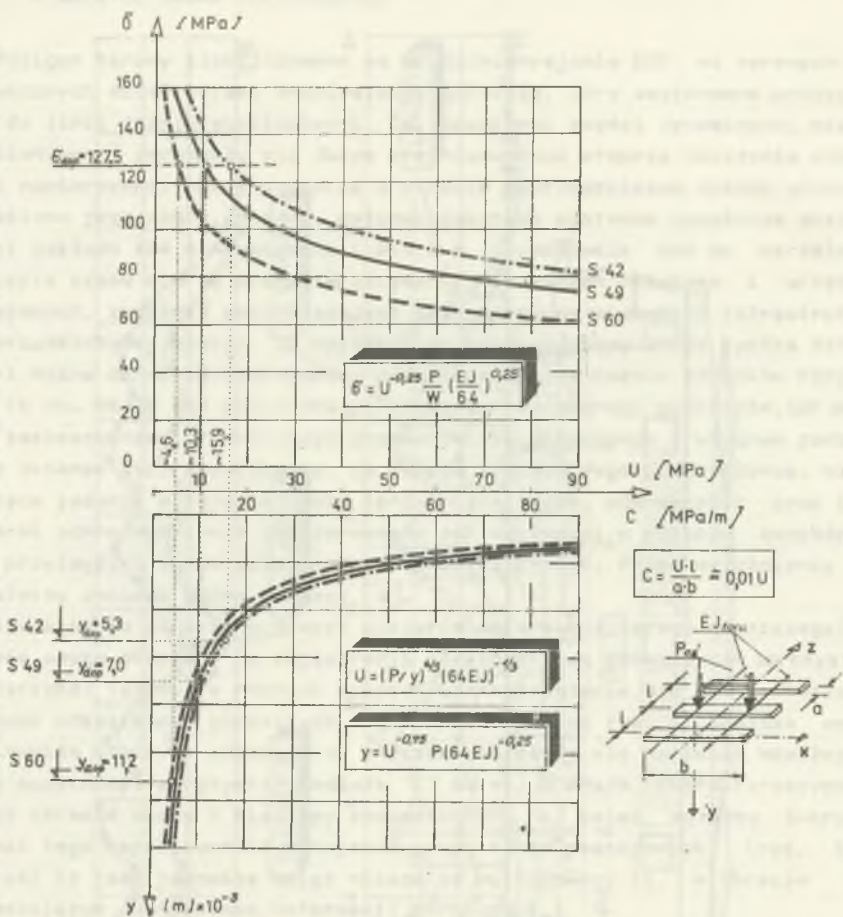
Poligon torowy zlokalizowano we wschodnim rejonie GOP na terenach nie naruszonych wcześniejszą eksploatacją górniczą. Tory usytuowane prostopadłe do linii frontu eksploatacji (w środkowej części dynamicznej niecki obniżeniowej) cechowały się dużym zróżnicowaniem stopnia natężenia ruchu. Stan nawierzchni, jak i podtorza w okresie poprzedzającym wpływy górnicze określono jako dobry. Pod ww. rejonem dokonano systemem zawałowym eksploatacji pokładu 404 o miąższości 1,8-2,0 m. Spowodowała ona po określonym odstępie czasu szereg charakterystycznych uszkodzeń obiektów i urządzeń kolejowych, znacznie pogarszających stan użytkowy elementów infrastruktury przedmiotowej stacji. Za najbardziej spektakularny efekt tychże deformacji można uznać zaobserwowane, poziome przemieszczenia odcinków ramy torów (o ok. 25-35 cm) połączone ze zniszczeniem szeregu podkładów, ich znacznym zeskosowaniem, równoległym przesunięciem połączonym z wyporem podsypki z okienek itp. Zjawiska te, co wymaga szczególnego podkreślenia, miały miejsce jedynie w rejonie grupy torów postojowych, odstawkowych oraz tzw. żeberek ochronnych, nie zaobserwowano ich natomiast w rejonie bezpośrednio przyległych torów szlakowych i komunikacyjnych. Próbę wyjaśnienia tego efektu znaleźć można w pracy [4].

Niezależnie od standardowych pomiarów deformacji terenu górniczego (PRG) główną uwagę skupiono na rejestracji lokalnych osi odkształceń sprężystych nawierzchni (szyny) w różnych etapach uzewnętrzniania się na powierzchni wpływów odkształceń górniczych, co zilustrowano na rys. 1. Analiza wyników tychże pomiarów wskazuje na znaczne obniżenie się wartości współczynnika podatności sprężystej podłoża "C" do ok. 8 MPa/m. Charakterystyczne, że po okresie około 5 miesięcy zaobserwowano z kolei wyraźny 3-krotny wzrost tego współczynnika w rejonie grupy torów postojowych (rys. 1a). Wartość ta jest jednakże wciąż niższa od wyjściowej, tj. w okresie poprzedzającym wystąpienie deformacji górniczych.

Znacznie szybszy wzrost wartości współczynnika C można było z kolei zaobserwować w torach szlakowych (rys. 1b), co tłumaczy się przede wszystkim dużym wpływem oddziaływań dynamicznych (pulsujących) pochodzących od ruchu ciężkiego taboru kolejowego kursującego po tych torach. Przyspieszały one bez wątpienia proces wtórnej konsolidacji podtorza i odbudowy jego pierwotnej sztywności a w konsekwencji i nośności.

Przytoczonych tu zmian wartości współczynnika C nie można w żadnym przypadku tłumaczyć innymi czynnikami ubocznymi jak np. dodatkowym zawilgoceniem podtorza, zmianą warunków obciążenia, błędami pomiarowymi itp. Wyżej wymienione obserwacje znajdują potwierdzenie zarówno w wynikach innych rozpoznawczych badań terenowych [3], jak i badań laboratoryjnych np. [1, 10]. Te ostatnie, będąc związane z analizą zmian wartości modułu pionowej ścisłości gruntu na terenach górniczych, wskazują na podobne jakościowo procesy.





Rys. 2. Wpływ sprężystości podparcia toru na jego ugięcie oraz naprężenia zginające w szynie

Obniżenie wartości cech sprężystych podłoża podkładów do granicy ok. 10 MPa/m prowadzić musi, rzecz oczywista, do znacznego pogorszenia warunków pracy nawierzchni kolejowej, głównie zaś toków szynowych. Nawet przy pominięciu wpływu efektu dodatkowego (nierównomiernego) osiadania toru szczególnie niebezpieczny staje się wzrost naprężeń zginających "G" w szynie. Mierzalnym źródłem wzrostu tychże naprężeń były rejestrowane ugięcia sprężyste toru "y". Relacje wiążące te wielkości w ujęciu metody Zimmermanna przedstawiono na rys. 2. Obliczone wg wymienionej metody wartości U (wsp. sprężystości podparcia szyny) lub  $C = f(y)$  a następnie  $\sigma = f(U)$ , zostały zapisane w postaci, w której niewiadomą jest wartość ugięcia szyny. Wielkość ta, dająca się z kolei łatwo zarejestrować np. metodami fotogrametrycznymi, może stanowić główne źródło informacji o wielkości aktualnie panujących w nawierzchni naprężeń zginających, jak i statystycznej korelacji między tymi wielkościami na długości toru [2].

Reasumując powyższe, należy stwierdzić, że zarejestrowany rząd wielkości współczynnika C, mogący doprowadzić w skrajnych warunkach (superpozycji innych czynników, np. temperatura, dodatkowe siły osiowe od "rozpełniania", siły od hamowania itp.) do przekroczenia naprężeń dopuszczalnych  $\sigma_{rzecz} \geq \sigma_{dop}$ , stanowi realne zagrożenie dla pracy nawierzchni kolejowej na terenach górniczych. Czynnikiem ten nie znalazł jak dotąd właściwego odzwierciedlenia w merytorycznej analizie zagadnienia, skupionej głównie wokół grupy podstawowych parametrów deformacji terenu górniczego. Konieczność uwzględnienia wpływu zmian parametru C na charakter współpracy toru z podłożem górniczym dystansuje merytorycznie ten typ budowli liniowej od innych obiektów zaliczanych do ww. grupy, jak np. rurociągi, kolektory, tunele itp.

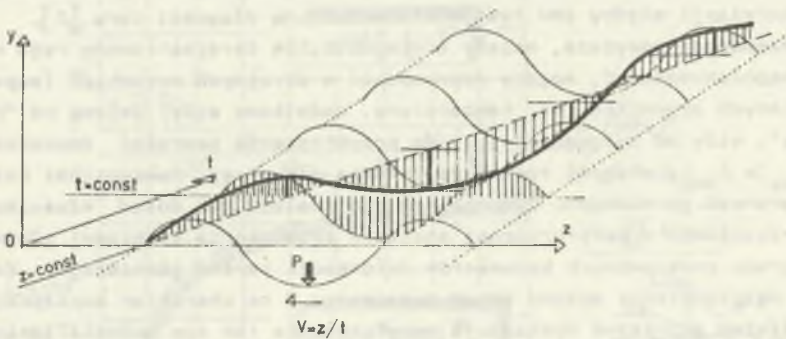
### 3. PROBLEMY DYNAMICZNEJ REJESTRACJI ODKSZTAŁCENIA SZYNY KOLEJOWEJ W WARUNKACH OBCIĄŻEŃ RUCHOWYCH

Podejmując próbę merytorycznej dokumentacji procesu środkami współczesnej fotogrametrii - jak się wydaje jedynej dziś metody gwarantującej uzyskanie zadowalającego opisu - można wyróżnić dla przedmiotowego zagadnienia trzy warianty jego rozwiązania.

Wariant pierwszy (rys. 3) to pomiar zjawiska w przekroju  $t = \text{const}$ , czyli po prostu rejestracja migawkowa lub błyskowa chwilowego stanu odkształcenia osi toru w dowolnym momencie " $t_1$ " jego eksploatacji. Quasi-statyczny pomiar stanowi dobre, pierwsze przybliżenie rejestracji - odwzorowane w płaszczyźnie (y,z). Znaczny format kamer fotogrametrycznych (13x18 cm) umożliwia uzyskanie dużej skali odwzorowania, a więc i gwarantuje oczekiwaną dokładność. Atrakcyjność tego sposobu w stosunku do tradycyjnej niwelacji precyzyjnej polega na możliwości odtworzenia w dowolnym czasie przebiegu zjawiska oraz na opracowaniu wyników w warunkach ka-

meralnych. Wadą tego podejścia jest uchwycenie obrazu stacjonarnego zjawiska, o losowo dobranej lokalizacji. Dopiero przy nieograniczonej, a praktycznie bardzo gęstej rejestracji można mówić o pomiarze ciągłym.

Wariant drugi zakłada pomiar w przekroju  $z = \text{const}$ , czyli rejestrację filmową bardzo wąskiego fragmentu toru. Mały fragment nawierzchni jest tu niezbędny ze względu na nieznaczne wymiary kadru i konieczność odwzorowania w odpowiednio dużej skali (teleobiektyw), co z kolei jest niezbędne ze względu na stawiane wymagania dokładnościowe. Wykorzystanie kamer specjalnych, np. Pentazet, Hyspeed itp., o dużej częstotliwości filmowania do kilkudziesięciu tys. Hz) pozwala mówić o pomiarze ciągłym [7, 8]. Wadą ww. podejścia jest to, że zamierzona obserwacja jednej dynamicznej osi odkształcenia nawierzchni składa się z szeregu odrębnych krzywych.



Rys. 3. Dynamiczna rejestracja osi odkształcenia szyny kolejowej

Trzecim wariantem byłoby przeprowadzenie pomiaru w przestrzeni ( $y, z, t$ ) względnie ( $y, x, z, t$ ), co odpowiadałoby rejestracji odkształceń obu toków szynowych. Podstawowe wymagania stawiane temu sposobowi rejestracji to możliwie duża skala odwzorowania obrazu (kwestia dokładności) oraz odpowiednio duża częstotliwość rejestracji (gęstość pomiaru). Pewne aspekty realizacyjne tego zamyśłu, związane z wykorzystaniem specjalnych kamer o dużej szerokości kadru, kamer lotniczych sprzężonych z układem lamp stroboskopowych (zdjęcia wykonywane nocą), przystawek stereoskopowych czy wręcz pęku lunet z odpowiednimi teleobiektywami przedstawiono w pracy [8]. Zagadnienia te stanowią oddzielny, złożony, aczkolwiek nie pozbawiony realności, problem techniczny. Próba uogólnienia płynących stąd wniosków wymagałaby, rzecz oczywista, weryfikacji na innych odcinkach badawczych, w różnych okresach uzewnętrznienia się na powierzchni wpływów deformacji terenu górniczego.

## 6. WNIOSKI

Specyficzne warunki współpracy nawierzchni drogi kolejowej z podtorzem na terenach górniczych wymagają uwzględnienia zmian charakterystyk tego współdziałania, głównie wskutek znacznego obniżenia wartości cech sprężystych podłoża rusztu torowego. Zmiany te, niezależnie od innych obciążeń dodatkowych, mogą prowadzić w skrajnych (realnych) przypadkach do przekroczenia dopuszczalnych naprężeń zginających w szynie.

Jako najbardziej przydatny praktycznie sposób oceny progresji ww zmian sztywności podparcia rusztu torowego należy uznać, dla warunków quasi-statycznych obciążeń, pomiar odkształceń sprężystych szyn metodami fotogrametrycznymi, w dalszej zaś perspektywie z uwzględnieniem osiągnięć fotogrametrii dynamicznej. Określenie cech sprężystych podtorza zalecanymi dotąd metodami, jak np. płyta VSS, uznać należy za dopuszczalne jedynie w zakresie zmian jakościowych. W zakresie pomiarów ilościowych metoda ta jest nieprzydatna, jako że prowadzi do ustalenia parametrów sprężystości podtorza o wartościach kilkakrotnie (3-4-krotnie!) przekraczających rzeczywiste cechy podatności sprężystej podłoża rusztu torowego.

## LITERATURA

- [1] Glinko H.: Rozpełzanie gruntu w świetle jego reologicznych własności. Praca doktorska, GIG, Katowice 1973.
- [2] Horvath A., Szatmari I.: Zależność statystyczna pomiędzy naprężeniami zginającymi w szynie i ugięciami nawierzchni. Drogi Kolejowe Nr 7 1984.
- [3] Kawczyński A.: Określenie zmian współczynnika podłoża w warunkach oddziaływań górniczych. Praca badawcza WSI, Lublin (maszynopis) 1975.
- [4] Kłosek K., Rosikoń A.: Analiza wpływu deformacji terenu górniczego na nawierzchnię kolejową w warunkach oddziaływań eksploatacyjnych taboru. Kwartalnik Ochrona Terenów Górniczych, z. 64, 1983.
- [5] Kłosek K.: Dyskretyzacja modelu współdziałania rusztu torowego z jego bezpośrednim podłożem oraz podtorzem gruntowym. Mat. I - Sem. Probl. Resort. RI-18 pt. "Podstawy modelowe kształtowania i utrzymania dróg szynowych". IDiM - Warszawa 1983.
- [6] Kłosek K.: Model nawierzchni i podtorza drogi kolejowej z uwzględnieniem specyfiki terenów górniczych. Mat. II - Sem. Probl. Resort. RI-18 pt. "Podstawy modelowe kształtowania i utrzymania dróg szynowych". IDiM - Warszawa 1984.
- [7] Majde A.: Metodyka pomiaru fotogrametrycznego zjawisk dynamicznych. Geodezja i Kartografia, rocznik XXXIX, Nr 1, 1980.
- [8] Majde A.: Jak podwyższyć dokładność dynamicznego pomiaru większych obiektów. Zeszyty Naukowe AGH - Geodezja, z. 84, Kraków 1984.
- [9] Szumierz W.: Statyka budowli liniowych poddanych działaniu sił poziomych od pełzania podłoża górniczego. Prace GIG, Seria dodatkowa, Katowice 1980.
- [10] Wasilkowski F.: Zabezpieczenie budowli przed pełzaniem gruntu na terenach górniczych. Inżynieria i Budownictwo z. 3, 1954.

ВРЕДНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК  
НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ  
И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Р е з ю м е

Указано, что снижение упругих свойств основания подрабатываемого железно-  
нодорожного пути т.е. коэффициента постели шпал, имеет основное влияние на  
перераспределение внутренних воздействий в рельсах.

INFLUENCE OF THE MINING DAMAGES ON TRACK STRUCTURE  
IN SOME FULLSCALE OBSERVATION

S u m m a r y

On the base of fullscale observation additional forces (bending stress)  
acting in the railway track structure located on mining areas have been  
found. It has been indicated that the decrease of subsoil coefficient of  
elasticity has an essential influence on the redistribution of internal  
actions in the rails.