

Marcin GRYGIEREK*
Politechnika Śląska

WPLYW DEFORMACJI PODŁOŻA GÓRNICZEGO NA UGIĘCIA NAWIERZCHNI DROGOWEJ

Streszczenie. Powstająca niecka górnicza w obszarze drogi kołowej powoduje zmianę jej parametrów technicznych. Artykuł przedstawia wstępne wyniki badań wykonywanych na poligonie terenowym.

THE IMPACT OF THE DEFORMED MINING SUBGRADE ON DISPLACEMENTS IN ROAD PAVEMENT

Summary. Mine – induced subsidence trough arising in road area causes changes of road technical parameters. The article describes experimental area preliminary researches results.

1. Wprowadzenie

Funkcjonowanie nawierzchni drogowej uzależnione jest od intensywności czynników degradujących jej stan techniczny. Dla sieci drogowej zlokalizowanej na terenach czynnych górniczo szczególne zagrożenie niosą ze sobą deformacje podłoża gruntowego oraz często towarzyszące im zmiany warunków wodnych. Do tej pory nie prowadzono obserwacji terenowych pozwalających ocenić wpływ postępujących robót górniczych na nośność nawierzchni drogowej. Autor podjął się monitorowania wpływu eksploatacji górniczej na konstrukcję nawierzchni drogowej przez cały okres prowadzenia eksploatacji jednej ze ścian, aż do momentu rozpoczęcia procesu stabilizacji wpływów górniczych. Do oceny wyżej wymienionych wpływów na aktualną nośność nawierzchni wykorzystano metody

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Antoni Motyczka, prof. w Politechnice Śląskiej.

oceny bazujące na pomiarach ugięć konstrukcji nawierzchni drogowej pod wpływem obciążeń siłowych [1], zaliczanych do tzw. badań nieniszczących.

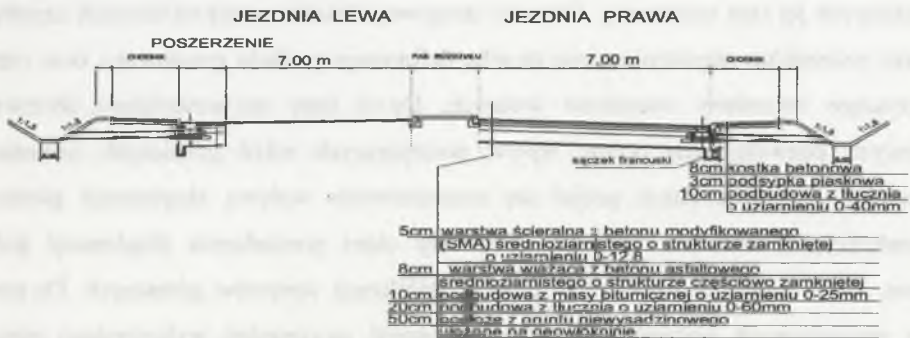
Do najbardziej znanych urządzeń umożliwiających bezpośredni pomiar ugięć konstrukcji zalicza się: płytę VSS, ugięciomierz belkowy (belka Benkelmana) oraz ugięciomierz dynamiczny FWD. Z wyżej wymienionych urządzeń ugięciomierz FWD zapewnia uzyskanie najbardziej dokładnych informacji o aktualnej nośności badanej konstrukcji nawierzchni drogowej.

W niniejszym artykule zostaną przedstawione wyniki pomiarów ugięć nawierzchni drogowej w różnych etapach oddziaływania na nią postępującego frontu robót górnicych. Pomiary ugięć wykonywano ugięciomierzem FWD na poligonie terenowym założonym przez autora.

Artykuł jest kontynuacją analizy wpływu kształtującej się niecki górnicych na nawierzchnię drogową, zapoczątkowanej charakterystyką uwarunkowań terenowych oraz analizą wstępnych badań prezentowanych przez autora w pracach [2, 3].

2. Charakterystyka obserwowanego pasa drogowego

Obserwacji poddano odcinek drogi o długości 1,150 km (rys. 2). Układ warstw konstrukcji nawierzchni na tym odcinku prezentuje rys. 1, który odpowiada nawierzchni dla obciążenia ruchem KR3 [7]. Z powodu występującego poszerzenia na jezdni lewej dalszą analizę ograniczono tylko do jezdni prawej, charakteryzującej się na swej szerokości jednorodną budową nawierzchni.



Rys. 1. Przekrój typowy obserwowanej drogi [5]. W szczegółowych analizach uwzględniano jezdnię prawą

Fig. 1. The typical cross-section of the examined road. In-depth analysis are made with respect to the right-hand side of the carriageway

Na analizowanej jezdni występują dwa pasy ruchu: pas zewnętrzny o długości 1,150 km oraz pas wewnętrzny o długości 0,600 km, zanikający na wysokości skrzyżowania w 189,074 km. Monitorowany odcinek drogi był poddany wpływom deformacji górniczych generowanych głównie przez eksploatację ściany S-2. W późniejszym okresie obserwacji (maj 2006) rozpoczęła się eksploatacja ściany B-1 (rys. 2). Rozpoczęcie eksploatacji drugiej ściany w tym rejonie spowodowało nakładanie się wpływów górniczych dwóch ścian. Ściana S-2 przebiegała pod kątem $\sim 60^\circ$ w stosunku do osi drogi. Eksploatacja była prowadzona na głębokości 810 m ze sposobem likwidacji przestrzeni poeksploatacyjnej na zawal ($a = 0,7 \div 0,85$) [6].

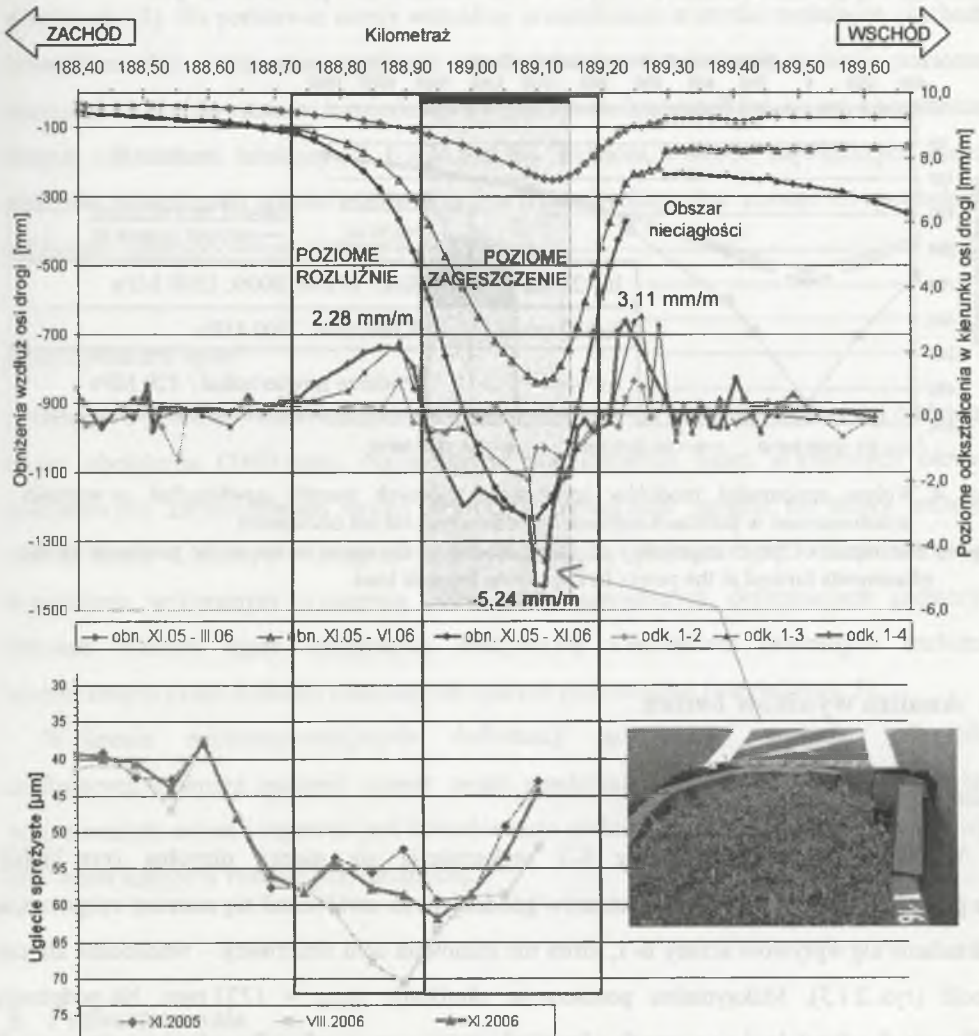
3. Wykonane badania – wyniki

Pomiar ugięć nawierzchni

Pomiar ugięć nawierzchni został wykonany z zastosowaniem ugięciomierza dynamicznego FWD. Pomiar ten polega na wywołaniu obciążenia dynamicznego oddziałującego na powierzchnię nawierzchni drogowej przez układ płyt wraz z odbojnikami [4]. W momencie oddziaływania obciążenia zestaw geofonów dokonuje pomiaru przemieszczeń powierzchni nawierzchni z dokładnością $\pm 1 \mu\text{m}$. W każdym punkcie pomiarowym realizowane były 3 cykle obciążeniowe. Po drugim cyklu obciążeniowym następuje stabilizacja przemieszczeń sprężystych [8].

Pomierzone przez geofony przemieszczenia powierzchni nawierzchni tworzą tzw. czaszę ugięć, której krańcowe punkty (rys. 4), np. geofon oddalony od osi obciążania o 1800 mm, dokonują w znaczącym stopniu pomiaru reakcji podłoża gruntowego nawierzchni drogowej. Rysunek 4 przedstawia kształt czaszy ugięć zależny tylko i wyłącznie od modułów sprężystości warstw bitumicznych nawierzchni drogowej. Pozostałe warstwy podbudowy pomocniczej oraz podłoża nawierzchni mają stałą wartość modułu sprężystości. Analizując wykresy przedstawione na rys. 4 możemy zauważyć, iż przy zmieniających się tylko modułach górnych warstw nawierzchni, wartości przemieszczeń zanotowanych na geofonach najbardziej oddalonych charakteryzują się bardzo zbliżonymi wartościami – różnica wynosi ok. $2 \mu\text{m}$. Wyżej przedstawione spostrzeżenie pozwoliło na wstępne wytypowanie odcinków jednorodnych (rys. 3) pod względem wzrostu pomierzonych ugięć w okresie prowadzonych obserwacji (listopad 2005 – listopad 2006). Pomiary ugięć FWD wykonywano w śladzie

prawego koła co 50 m, z obciążeniem nominalnym 50 kN. W trakcie prowadzonych obserwacji wykonano 3 pomiary ugięć nawierzchni: listopad 2005 – przed pojawieniem się wpływów górniczych w pasie drogowym, sierpień 2006 – w trakcie ujawniania się na powierzchni terenu intensywnych wpływów górniczych, listopad 2006 – po wstępnej stabilizacji oddziaływań górniczych.

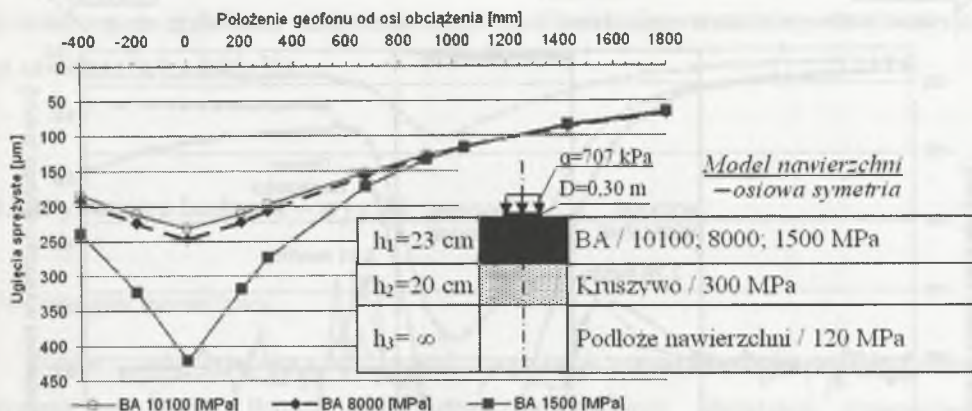


Rys. 3. Przedstawienie wskaźników deformacji górniczych (w , ϵ) wraz z przemieszczeniami pomierzonymi na ostatnim geofonie (rys. 4) w okresie prowadzonych obserwacji listopad 2005 – listopad 2006

Fig. 3. The parameters of mine-induced deformations and the displacements which have been registered on the last geophone (Fig. 4). The measurement was carried out during the observation which took place from November 2005 to November 2006

Pomiary geodezyjne

W trakcie prowadzonych obserwacji wykonano cztery pomiary geodezyjne współrzędnych x, y, z . Dokładne daty wymienionych pomiarów, w nawiązaniu do postępu robót górniczych, zostały przedstawione na rys. 2. Na podstawie pomierzonych współrzędnych w układzie odniesienia 1965 wyznaczono bezwzględne wartości wskaźników deformacji górniczej. Wyznaczone wartości obniżenia w oraz odkształceń ε przedstawia rys. 3.



Rys. 4. Wpływ zmienności modułów sprężystości górnych warstw nawierzchni na wartości przemieszczeń w punktach najbardziej oddalonych od osi obciążenia

Fig. 4. The impact of the changeability of elastic moduli in the upper layers of the pavement on the placements formed at the points farthest from the axle load

4. Analiza wyników badań

Dane górnicze

W wyniku eksploatacji ściany S-2 wykształciła się niecka niepełna (rys. 3), [6]. Na podstawie analizy kolejnych pomiarów geodezyjnych uwidocznił się moment rozpoczęcia nakładania się wpływów ściany B-1, która nie stanowiła celu obserwacji – wschodnie zbocze niecki (rys. 2 i 3). Maksymalne pomierzone obniżenie $w_{\max} = 1233 \text{ mm}$. Na podstawie obliczonych odkształceń poziomych ε [mm/m] wyznaczono strefy odkształceń rozciągających i ściskających (rys. 3). W strefie poziomych rozluźnień maksymalne wartości odkształceń wynoszą: zbocze zachodnie – $\varepsilon_{\max} = 2,28 \text{ mm/m}$, zbocze wschodnie – $\varepsilon_{\max} = 3,11 \text{ mm/m}$. Z powodu nakładających się krawędzi kolejnych eksploatowanych ścian [9] na zboczu wschodnim ujawniły się deformacje nieciągłe o dużej intensywności – niewspółmiernie duże

do wyznaczonych wartości odkształceń. Wyżej wymieniony charakter deformacji górniczych nie stanowi przedmiotu podjętych przez autora rozważań badawczych, dlatego odcinek ten nie będzie poddawany szczegółowej analizie.

W strefie poziomych rozluźnień maksymalna wartość odkształcenia wynosi $\epsilon_{\max} = -5,24$ mm/m. Przedstawione wartości odkształceń sytuują analizowany obszar w II (strefa poziomych rozluźnień) i w III (strefa poziomego zagęszczenia) kategorii terenów górniczych [3]. Na podstawie oceny wizualnej stwierdzono: w strefie rozluźnień (zachodnia krawędź niecki) – brak dostrzegalnych oznak działalności górniczej, w strefie poziomego zagęszczenia – sfalowania na nawierzchni i wypiętrzenia krawężników, co jest konsekwencją dużych odkształceń ściskających (-5,24 mm/m). Ponadto, w strefie największych obniżen nastąpiło odwrócenie spadków niwelety (w tym niwelety dna rowu), co spowodowało zakłócenie funkcjonowania systemu odwodnienia.

Dane z pomiaru ugięć

Na rys. 3 przedstawiono wartości pomierzonych ugięć na geofonie najbardziej oddalonym od osi obciążenia (1800 mm). Na podstawie pomierzonych ugięć w kolejnych okresach pomiarowych zarysowały się strefy, w których pomierzone ugięcia nie uległy zmianom, a także strefy z istotnym wzrostem ugięć. Największy przyrost ugięć został zanotowany w pomiarze wykonanym w sierpniu 2006, przy największych deformacjach górniczych. Odcinek wzrostu ugięć sprężystych pokrywa się z odcinkiem poziomych rozluźnień wyznaczonym przez dodatnie wartości odkształceń poziomych ϵ [mm/m] (rys. 3).

W okresie najintensywniejszych deformacji górniczych, w strefie odkształceń ściskających również nastąpił wzrost ugięć nawierzchni. Zjawisko to wystąpiło wbrew oczekiwaniom autora i zapewne jest konsekwencją podniesionego poziomu wód gruntowych (np. woda stojąca w rowach przydrożnych).

5. Podsumowanie

Prezentowane wyniki pomiarów, obejmujące strefy deformacji ciągłych, w sposób przekonywujący świadczą o negatywnym wpływie deformacji górniczych na stan techniczny nawierzchni. Należy jednak zaznaczyć, iż degradujące oddziaływanie ma miejsce w okresie najbardziej intensywnego kształtowania się niecki górniczej i zanika w momencie

ustabilizowania się wpływów górniczych. W okresie występowania wygaszających wpływów eksploatacji ściany S-2 nastąpiło częściowe odtworzenie nośności podłoża gruntowego nawierzchni. W świetle dotychczasowych doświadczeń rodzi się zatem pytanie, w jakim stopniu parametry podłoża mogą ulec odtworzeniu i w jakim stopniu to okresowe osłabienie wpływa na żywotność nawierzchni drogowej? Nie do pominięcia pozostaje również konieczność oceny wpływu wartości obniżen w, powodujących odwrócenie przepływu wód i nadmierne zawilgocenie podłoża nawierzchni drogowej.

Dalsza praca będzie ukierunkowana na próbę oceny zmian żywotności nawierzchni po przejściu frontu eksploatacyjnego.

LITERATURA

1. Stypułkowski B. i inni: Zagadnienia utrzymania i modernizacji dróg i ulic. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
2. Grygierek M.: Wpływ kształtującej się niecki górniczej na nawierzchnię drogową w świetle badań terenowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Budownictwo, zeszyt: 109, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2006, s. 109 - 116.
3. Grygierek M.: Wpływ kształtującej się niecki górniczej na nawierzchnię drogową – badania wstępne. Bezpieczeństwo obiektów budowlanych na terenach górniczych – szkody górnicze. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górniczego, Ustroń 20-21.11.2006.
4. www.dynatest.com.
5. Dokumentacja projektowa ABJ – Zakład Projektowania dróg i ulic. Modernizacja ul. Pszczyńskiej, Zabrze 2001.
6. Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Praca zbiorowa pod red. J. Kwiatka. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górniczego, Katowice 1997.
7. Katalog nawierzchni podatnych i półsztywnych. GDDP – IBDiM, Warszawa 1997.
8. Szydło A.: Statyczna identyfikacja parametrów modeli nawierzchni lotniskowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1995.
9. Dokumentacja udostępniona przez zakład górniczy. Jastrzębie Zdrój 2005.