

Krzysztof CHLIPALSKI

Politechnika Śląska

POMIARY GEODEZYJNE W USTALANIU PARAMETRÓW MODELU WSPÓLDZIAŁANIA NAWIERZCHNI DROGOWEJ Z PODŁOŻEM GÓRNICZYM

Streszczenie. Spękania nawierzchni asfaltowych, zwielokrotnione deformacjami górniczymi terenu, mają istotny wpływ na obniżenie ich trwałości. Do analitycznego ujęcia tego problemu autor wykorzystał dane „in situ” uzyskane z pomiarów geodezyjnych na poligonach drogowych.

COOPERATING OF THE PAVEMENT AND MINING BASE – GEODETIC MEASUREMENTS TO OBTAIN THE PARAMETERS OF MODEL

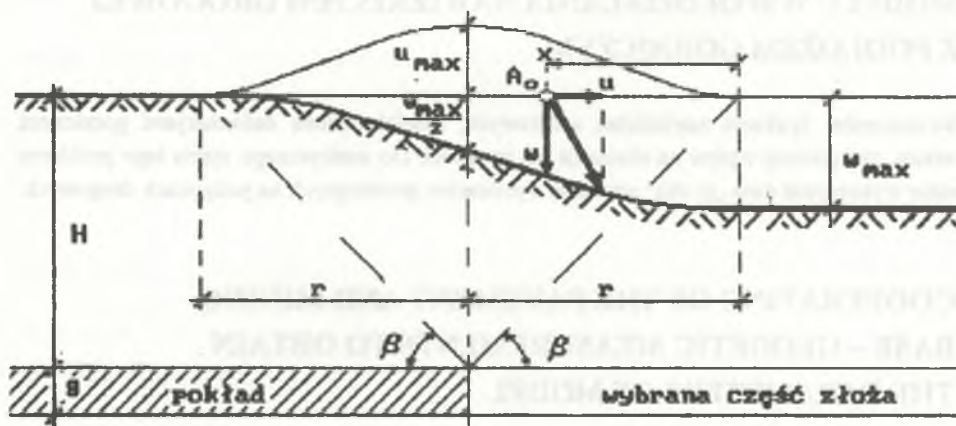
Summary. Surface checking of asphalt pavements, multiplied by mining deformations of the ground, have substantial influence on decrease of their durability. „In situ” data obtained from geodetic measurements at road traverses was used by author in analytic presentation of the problem.

1. WSTĘP

Spękania warstw konstrukcyjnych drogowych nawierzchni podatnych wykonanych z betonu asfaltowego stanowią podstawową formę uszkodzeń, decydującą o trwałości i niezawodności eksploatacyjnej całej konstrukcji jezdni drogowej. W wyniku bowiem powstania i rozwoju rys bądź pęknięć w bitumicznej warstwie jezdnej dochodzi do przyspieszenia procesu destrukcyjnego oddziaływania na jezdnię czynników atmosferycznych i obciążeń spowodowanych ruchem pojazdów drogowych. Efektem tego niekorzystnego zjawiska jest zmniejszenie nośności całej konstrukcji jezdni oraz przyspieszenie procesów niszczenia i degradacji użytkowej (ograniczenia prędkości) nawierzchni. Najwięcej spękań bitumicznych

warstw jezdni drogowych pojawia się w okresach zimy, a więc w czasie występowania temperatur ujemnych, gdy moduł sztywności warstw asfaltowych znacznie wzrasta. Zjawisko spękań jezdni bitumicznych ma również bezpośredni związek z warunkami wodno-gruntowymi panującymi w podłożu, których niekorzystny wpływ na pracę nawierzchni ujawnia się w szczególności w okresach wiosenno-jesiennych.

Na terenach szkód górniczych, oprócz wymienionych wyżej niekorzystnych wpływów, mamy do czynienia z dodatkowym jeszcze czynnikiem, destrukcyjnie oddziałującym na pracę jezdni drogowych, zwłaszcza w zakresie zagrożeń ciągłości ich warstw konstrukcyjnych. Czynnikiem tym są przemieszczenia i odkształcenia podłoża i nawierzchni dróg samochodowych wymuszone przez deformacje górotworu w obszarze zbocza niecki górniczej (rys. 1).



Rys. 1. Zbocze niecki obniżeniowej

Fig. 1. Slope of subsiding trough

Nawierzchnie dróg samochodowych charakteryzujące się wydłużonym kształtem (budowie typu wybitnie liniowego), zróżnicowaną sztywnością w kierunku równoległym i prostopadłym do ich osi podłużnej oraz trwałym ich kontaktem z podłożem, wykazują zwykle małą odporność na wpływy górnicze, w szczególności na wpływy poziomych przemieszczeń podłoża górniczego (składowa u , rys. 1). Mając określoną sztywność i strukturę o odmiennych cechach fizycznych i mechanicznych nawierzchnie dróg ograniczają swobodę przemieszczeń odkształcającego się górniczo podłoża w pewnym obszarze ich oddziaływania. Stanowią więc one swego rodzaju poziome kotwienie podłoża, zaburzając tym samym przebieg jego odkształceń. To współdziałanie konstrukcji nawierzchni z deformującym się górniczo podłożem ma dla niej samej negatywne skutki. Nawierzchnia narażona jest bowiem na działanie poziomych sił tarcia i przyczepności występujących na powierzchni jej styku z poziomo przemieszczającym się podłożem na zboczu niecki (składowa u , rys. 1).

Poziome siły tarcia (styczne oddziaływanie kontaktowe) stanowią układ obciążeń zewnętrznych w stosunku do warstw bitumicznych nawierzchni, wywołują w niej dodatkowe osiowe naprężenia rozciągające (wypukła część zbocza niecki, rys.1) i naprężenia ściskające (wklęsła część zbocza niecki, rys. 1). Dla pracy nawierzchni drogowej szczególnie niebezpieczne są naprężenia rozciągające, które sumując się z naprężeniami od wpływów temperatur ujemnych, w warunkach zmniejszonych granicznych wydłużeń względnych tworzywa, mogą zagrozić wytrzymałości betonu asfaltowego i doprowadzić do licznych pęknięć warstw konstrukcyjnych nawierzchni, a tym samym przyspieszyć degradację konstrukcyjną i użytkową jezdni drogowej. Przy intensywnych wpływach górniczych w części wklęsłej zbocza niecki może wystąpić wypiętrzenie nawierzchni.

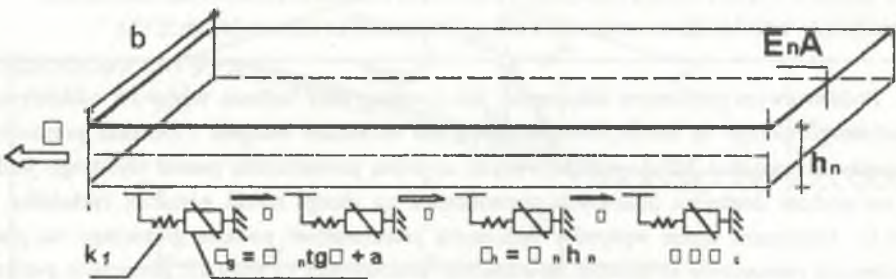
2. ANALITYCZNO-DOŚWIADCZALNY SPOSÓB OSZACOWANIA PARAMETRÓW MODELU WSPÓLDZIAŁANIA NAWIERZCHNI Z PODŁOŻEM GÓRNICZYM

Podstawowym problemem statycznym, jaki powstaje przy badaniu wpływów oddziaływań podłoża górniczego na nawierzchnię drogową, jest określenie wartości i rozkładu poziomych naprężeń stycznych t [MPa], przekazywanych na dolną powierzchnię pasma płytowego jezdni przez podłoże doznające poziomych przemieszczeń na zboczu niecki górnicznej (składowa u , rys.1). Analityczne ujęcie wpływów poziomych przemieszczeń podłoża górniczego na prace podatnych nawierzchni drogowych powszechnie stosowanych na terenach górniczych pozwala wyjaśnić przebieg mechanizmu złożonych zjawisk towarzyszących przenoszeniu się poziomych przemieszczeń i odkształceń podłoża górniczego na nawierzchnię, traktowaną tutaj jako odkształcalną w kierunku podłużnym, długą budowlę liniową. W analizie uwzględnia się zarówno statyczne, jak i dynamiczne warunki pracy nawierzchni współdziałającej z odkształcającym się poziomo podłożem górnicznym w obrębie wpływów zbocza niecki. Pomija

się tym samym wpływ sił pionowych od wygięć terenu ($R = (\frac{d^2 w}{dx^2})^i$, składowa w , rys.1)

na pracę nawierzchni, który to problem został rozpatrzony w pracy [2], przyjmując umownie do obliczeń, że analizowane podłoże pozostaje stałe płaskie. Błąd wynikający z takiego założenia nie przekracza 1%. Aby rozwiązać analizowane zagadnienie – na użytek praktyki inżynierskiej – w sposób przybliżony, przyjmujemy pewne założenia upraszczające. Zakłada się mianowicie, że w danym punkcie styku nawierzchni z podłożem opór tego podłoża w kierunku poziomym jest proporcjonalny do jego przemieszczenia względem nawierzchni w tym punkcie, co oznacza modelowanie podłoża w postaci szeregu nieskończenie wielu poziomych sprężyn (rys.2), o stałej sprężystości k_t [MN/m³], charakteryzującej poziomą sztywność podłoża gruntowego. Podłoże takie zalicza się do typu podłoża jednoparametrowego i w literaturze nosi nazwę podłoża winklerowskiego. Ponadto biorąc pod uwagę, że poziome przemieszczenia podłoża występujące na zboczu niecki wystarczają do tego, aby wyzwolić pełne tarcie na powierzchni styku

z nawierzchnią, uwzględniono na rys. 2 dodatkowo także element plastyczny, połączony szeregowo z elementem sprężystym, tworząc w ten sposób model podłoża sprężysto plastycznego. Parametry tego modelu: k_1 , u_p , t_p , można wyznaczyć na podstawie wyników badań doświadczalnych, laboratoryjnych bądź terenowych, z których bezpośrednio otrzymujemy rzeczywistą nieliniową charakterystykę poziomego oporu podłoża, opisywaną następnie modelem. Badania przeprowadzone w pełnym cyklu, to jest: analizę teoretyczną zagadnienia, oraz badania doświadczalne: laboratoryjne i terenowe, wykonane na odcinkach obserwacyjnych nawierzchni dróg podlegających wpływom konkretnej eksploatacji górniczych, przedstawia autor w pracy [1].

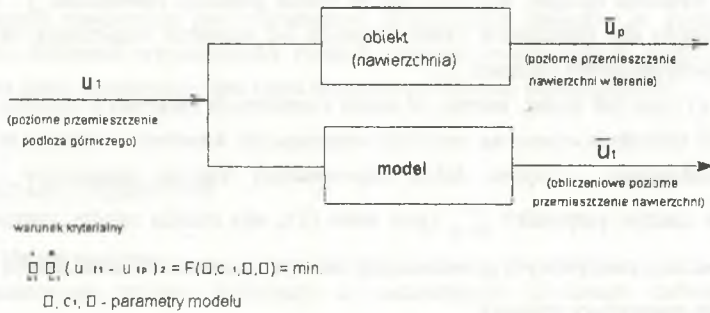


Rys. 2. Schemat obliczeniowy

Fig. 2. Calculating scheme

Wykorzystując wyniki pomiarów rzeczywistych przemieszczeń poziomych nawierzchni na odcinku doświadczalnym w terenie, przedstawiono sposób oszacowania wiarygodnych wartości parametrów modelu współdziałania układu nawierzchnia–podłoże, opracowanego w ramach analizy teoretycznej, dla konkretnych warunków górniczych i eksploatacyjnych drogi, przy zadanej charakterystyce mechanicznej podłoża gruntowego i nawierzchni (rys.3).

Podstawową tezę wysuniętą w pracy [1], leżącą u podstaw całej koncepcji rozwiązania analitycznego, jest stwierdzenie: „o zróżnicowanym stanie poziomych przemieszczeń podłoża i nawierzchni na zboczu niecki”. Wskutek różnicy przemieszczeń dochodzi do odkształceń postaciowych warstwy podłoża przylegającej bezpośrednio do nawierzchni, którym odpowiadają oddziaływania styczne t , stanowiące układ obciążeń zewnętrznych (powierzchniowych) w stosunku do nawierzchni.



Rys. 3. Ideowy schemat identyfikacji obiektu (nawierzchni)

Fig. 3. Object (pavement) identification schematic diagram

W zależności od wielkości poziomych przemieszczeń górniczych, podłoże pracuje w stadium sprężystym ($t < t_g$), przy zachowaniu niezmienności relacji styku: nawierzchnia–podłoże, oraz w stadium sprężysto-plastycznym ($t \geq t_g$), w którym dochodzi w pewnych obszarach do pokonania sił tarcia i przyczepności, i towarzyszących temu zjawisku lokalnych poślizgów. Z przeprowadzonej w pracy analizy i badań doświadczalnych wynika, że podłoże nawierzchni dróg kołowych pracuje w zasadzie w zakresie tylko stadium sprężystego, co odróżnia je od innych budowli liniowych, takich jak: tory kolejowe, rurociągi.

Uwzględniając warunki terenowe pracy nawierzchni na odcinku doświadczalnym, dla $\alpha_0 = \frac{\Pi}{2}$, otrzymujemy dla studium sprężystej pracy podłoża wymuszone poziome przemieszczenia osiowe nawierzchni w obszarze zbrocza niecki opisane wg następującej funkcji:

$$\bar{u}_{ij} = \delta_j \bar{u}_i \quad (1)$$

gdzie:

$$\delta_j = \frac{c_1}{1 - \frac{c_1}{\eta}} (e^{-c_1 \xi_j} - e^{-\eta \xi_j}) \quad (1a)$$

$$\bar{u}_i = \frac{u_{max}}{2} \left[-e^{-\kappa \xi} \frac{\left(\frac{\Pi}{\kappa}\right)^2}{1 + \left(\frac{\Pi}{\kappa}\right)^2} \cosh \kappa \xi + \frac{\cos \frac{\Pi}{2} \xi}{1 + \left(\frac{\Pi}{\kappa}\right)^2} + 1 \right] \quad (1b)$$

przy czym: t – wskaźnik odciętej, wyróżnionego w terenie przekroju nawierzchni, j – wskaźnik cyklu pomiarowego dla przedziałów czasu liczonych od momentu rozpoczęcia eksploatacji górniczej, k – bezwymiarowy parametr [1].

Wyrażenie (1) jest, jak widać, zależne od trzech niezależnych parametrów modelu: h , c_t , k , których sposób obliczenia oparto na metodzie najmniejszych kwadratów. Metoda ta pozwala na takie ukształtowanie – poprzez dobór odpowiednich wartości parametrów – funkcji przybliżenia, w naszym przypadku \bar{u}_{ij}^t (por. wzór (1)), aby różnice między wartościami tej funkcji i wartościami rzeczywistych przemieszczeń osiowych nawierzchni zmierzonych w terenie (\bar{u}_{ij}^p) spełniały następujący warunek:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\bar{u}_{ij}^t - \bar{u}_{ij}^p \right)^2 = F(\eta, c_1, \kappa, \xi) = \min \quad (2)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \eta} = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial c_1} = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial \kappa} = 0 \quad (3)$$

Parametry modelu wyznacza się z układu trzech równań nieliniowych:

Równania (3) rozwiązujemy przy wykorzystaniu EMC metodą Monte Carlo lub metodą systematycznego przeszukiwania. Parametry modelu obliczono na podstawie następujących danych, uzyskanych z obserwacji odcinka doświadczalnego nawierzchni drogowej w terenie (poligon w Przyszowicach, por. rys.4 do 7):

$$\begin{aligned} r &= 322\text{m}, u_{\max} = 50,65\text{cm}, n = 7, m = 3, \\ x_t &= (-0,27; -0,17; -0,08; 0,0; 0,10; 0,19; 0,38), \\ t_s &= (0,92; 1,17; 1,5) [\text{rok}], \end{aligned}$$

$$\underline{[\bar{u}_{ij}^p]} = \begin{bmatrix} 17,01 & 27,30 & 34,85 & 38,46 & 36,29 & 27,56 & 7,55 \\ 25,09 & 35,68 & 42,89 & 48,19 & 45,31 & 34,61 & 13,14 \\ 26,50 & 36,56 & 44,17 & 49,41 & 46,69 & 36,79 & 13,42 \end{bmatrix} [\text{cm}].$$

Dla powyższych danych, z układu równań (3) oblicza się:

$$h = 0,2748\text{rok}^{-1}, c = 4,7944\text{rok}^{-1}, k = 39,4153, \text{ oraz } t_{gr} = 0,63\text{rok}, d_{\max} = 0,84.$$

Na uwagę zasługuje tutaj ponadto fakt, że obok obliczonej – na podstawie pomierzonych przemieszczeń poziomych nawierzchni – wartości parametru k , zostały określone również i inne parametry rzutujące na pracę warstw konstrukcyjnych jezdni drogowej, a mianowicie: współczynnik czasu c_t , zależny od rodzaju górotworu zalegającego pod drogą oraz współczynnik

wibropelzania nawierzchni pod obciążeniem dynamicznym pojazdów h . Znajomość h i c_1 umożliwia obliczenie współczynnika redukcji naprężeń rozciągających d dla dynamicznych warunków pracy nawierzchni oraz czasu wystąpienia naprężeń ekstremalnych.

3. BADANIA TERENOWE

3.1. Uwagi wstępne

Podstawowym źródłem informacji o zachodzących procesach deformacji podłoża i nawierzchni wywołanych wpływami podziemnej eksploatacji górniczej kopalni są wyniki obserwacji i pomiarów przemieszczeń tych obiektów prowadzonych metodami geodezyjnymi. Wyniki te, po odpowiednim przetworzeniu, stanowią empiryczny obraz przebiegu zjawiska w wybranych punktach przestrzeni i czasu. Analiza porównawcza uzyskanych w ten sposób danych stanowi podstawę do formułowania lub sprawdzenia teoretycznych opisów przebiegu zjawiska. Jednym z takich właśnie opisów jest opracowany mechaniczno-matematyczny model współdziałania nawierzchni drogowej z deformującym się poziomo podłożem górniczym, przedstawiony w pracy [1]. W celu oszacowania wiarygodnych parametrów tego modelu wykonano m.in. metodami geodezyjnymi pomiary poziomych przemieszczeń nawierzchni na zboczu niecki, których wyniki wykorzystano przykładowo w p.2.

Głównym celem badań terenowych było określenie wartości i rozkładów rzeczywistych poziomych przemieszczeń nawierzchni drogowej wzdłuż jej osi podłużnej na zboczu stacjonarnej niecki górniczej. Posłużyły one następnie, w konfrontacji z wynikami pomiarów poziomych przemieszczeń podłoża na zboczu niecki, za podstawę m.in. oszacowania wiarygodnych wartości parametrów mechaniczno-matematycznego modelu współdziałania rozważanego układu: nawierzchnia – podłoże górnicze, opracowanego w ramach analizy teoretycznej, przy uwzględnieniu warunków górniczych i eksploatacyjnych drogi oraz charakterystyki mechanicznej podłoża i nawierzchni (por. rys.3 i p.2). Pomiarów przemieszczeń punktów obserwacyjnych osi jezdni i innych wybranych punktów terenowych oraz wyrównania wyników, zgodnie z obowiązującymi wytycznymi, dokonał, jak wspomniano już wcześniej, Zakład Geodezji Katedry Komunikacji Lądowej Politechniki Śląskiej. Należy tutaj zaznaczyć, że zarówno program prowadzonych pomiarów, jak też wybór odcinków doświadczalnych oraz stabilizacja sieci punktów pomiarowych w terenie zostały dokonane przez autora.

3.2. Metodyka badań

Przemieszczenia poziome punktów sieci obserwacyjnych dróg określa się na podstawie pomiarów geodezyjnych, dokonując pomiarów liniowo-kątowych. Na potrzeby przeprowadzonej w pracy analizy wystarczające jest wyznaczenie lokalnych przemieszczeń, czyli przemieszczeń względnych. Lokalne współrzędne x , y , w kolejnych cyklach pomiarowych wyznaczono przy założeniu "stałości" jednego z punktów ciągu głównego i znanego (wprowadzonej do obliczeń) wartości azymutu jednego boku powiązanego z punktem „stałym”.

Azymut ten określano obserwując w każdym cyklu ze stanowiska w punkcie „stałym” odległe punkty orientacyjne, dla których przeprowadzano analizę ich stałości. Kąty w sieci obserwacyjnej i kierunki nawiązania mierzono teodolitem Zeissa Theo 010B, w dwóch seriach, ze średnim błędem $15''$. Odległości pomiędzy punktami sieci, z wyjątkiem gniazd, mierzono dalmierzem elektronicznym firmy Wild DI 1000, dwukrotnie w kierunkach „tam” i „z powrotem”. Średni błąd pomiaru długości dalmierzem wynosił ± 1 mm. Odległości między punktami tworzącymi gniazda mierzono taśmą inwarową wyposażoną w nakładki milimetrowe. Dokładność pomiarów liniowych w gniazdach wynosiła $\pm 0,5$ mm. Wyniki pomiarów kątowo liniowych wyrównano metodą pośrednią wyznaczając współrzędne x, y punktów w kolejnych cyklach pomiarowych. Do obliczeń wyrównania wyników pomiarów użyto również komputera IBM PC. Wyrównane współrzędne z dwóch cykli pomiarowych wykorzystano do określenia poziomych przesunięć u_x, u_y punktów sieci wg następujących wzorów:

$$u_x = \bar{x}' - \bar{x}$$

$$u_y = \bar{y}' - \bar{y}$$

Do realizacji pomiarów terenowych przyjęto sieci składające się z ciągów głównych wzdłuż osi drogi oraz ciągów kontrolnych poza zewnętrzną krawędzią rowów. W celu wyznaczenia lokalnych deformacji powierzchni drogi utworzono tzw. gniazda pomiarowe wokół kilku wybranych punktów ciągów głównych. Przyjęte długości boków ciągów mieszczą się w przedziale 27 – 33 m, zaś odległości między punktami w gniazdach wynoszą 1,5 , 2,5 m.



Rys. 4. Szkic lokalizacji sieci obserwacyjnej w Przystowicach

Fig. 4. Draft of location of observing net in Przystowice

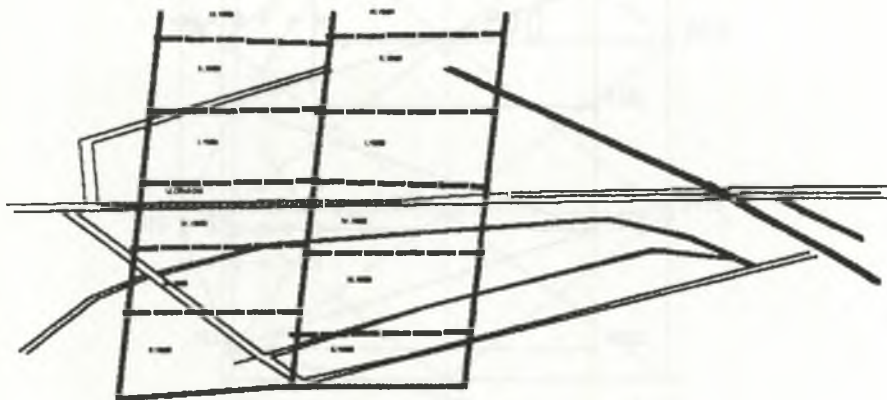
3.3. Stanowiska badawcze

Założono dwie sieci obserwacyjne: w Przystowicach i Knurowie. W artykule, ze względu na ograniczenia formalne, omówiona będzie tylko sieć w Przystowicach.

Sieć obserwacyjna w Przyszowicach

Badany odcinek drogi o długości około 270 m usytuowany był w ciągu drogowym trasy Gliwice – Mikołów. Szkic lokalizacji przedstawiono na rys. 4. Na drodze tej występuje obciążenie ruchem bardzo ciężkim, przekrój drogowy $2 \times 3,5 + 2 \times 1,5$ m, konstrukcja nawierzchni: pięć warstw grubości 6,0 cm każda z betonu asfaltowego, 20 cm podbudowy kamiennej, 15 cm warstwy odsączającej z piasku. Badany odcinek poddany był wpływom eksploatacji górniczej prowadzonej przez KWK „Sośnica”. Budowa geologiczna nadkładu (głównie utwory trzeciorzędowe) charakteryzuje się grubą warstwą ilów plastycznych 200-300 m. Pokład o średniej miąższości 2,8 m, położony na głębokości średniej 650 m, eksploatowano w kierunku prostopadłym do osi drogi, przy założonym współczynniku eksploatacji $a = 0,7$, 0,75. Prognozowana deformacja terenu odpowiada kategorii III szkód górniczych.

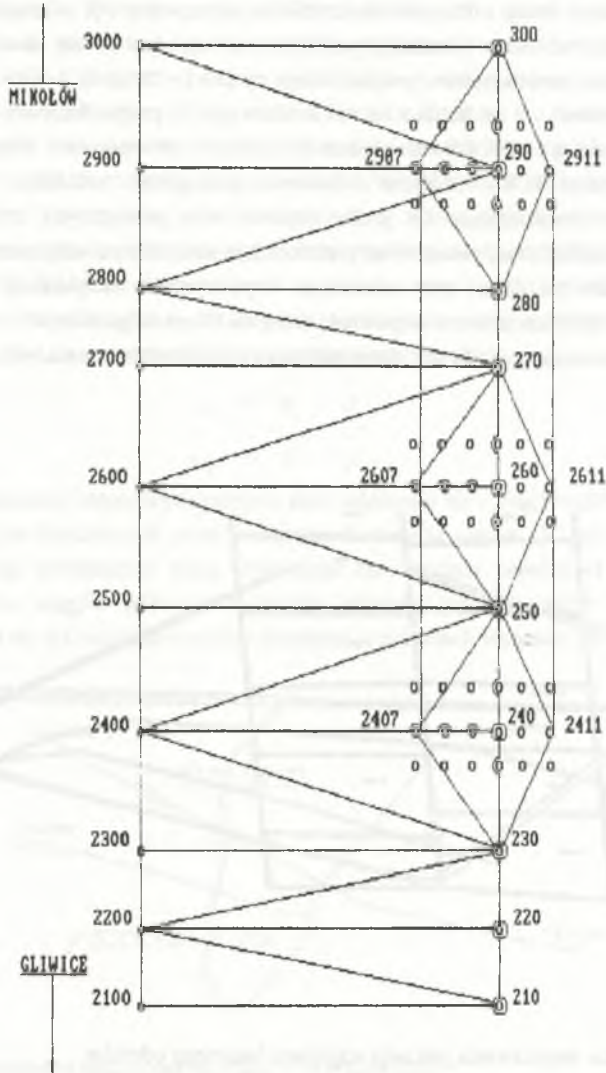
Szkic usytuowania pokładu względem badanego odcinka przedstawia rys. 5.



Rys. 5. Szkic usytuowania pokładu względem badanego odcinka

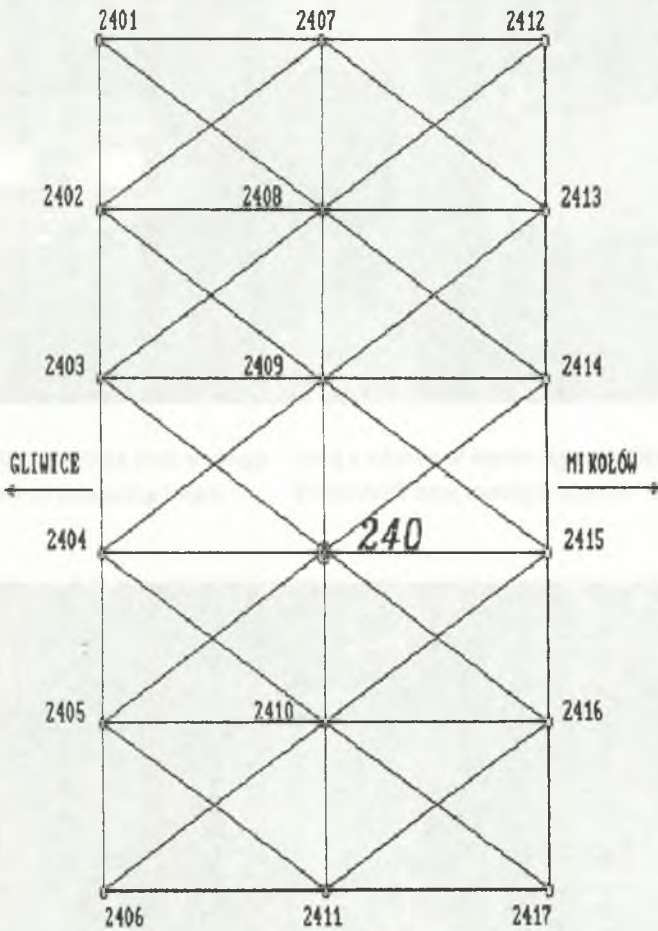
Fig. 5. Draft of the ledge situation against considered section

Sieć obserwacyjną wykonano wg schematu pokazanego na rys. 6.



Rys.6. Schemat sieci obserwacyjnej odcinka w Przyszowicach
 Fig.6. Scheme of Przyszowice section observing net

Ciąg główny składa się z kolejnych 10 punktów o numerach 210, 220...290, 300; podobnie ciąg kontrolny z 10 punktów o numerach 2100, 2200...2900, 3000. Założono na ciągu głównym w otoczeniu punktów 240, 260 i 290 trzy gniazda po 18 punktów (rys. 7).

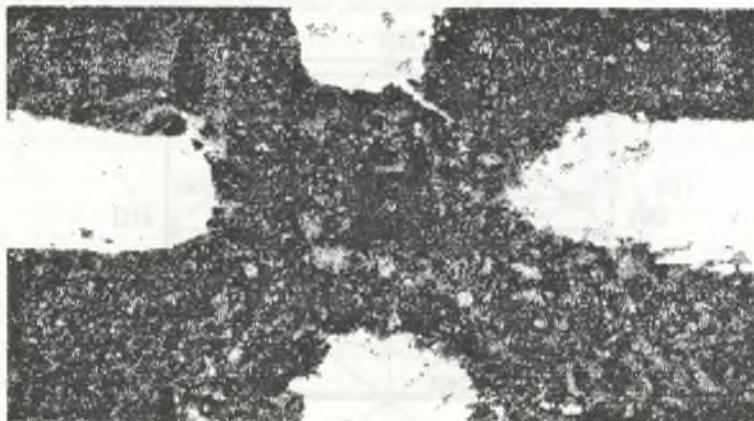


Rys. 7. Schemat położenia punktów w gnieździe sieci

Fig. 7. Scheme of points' position in the net socket

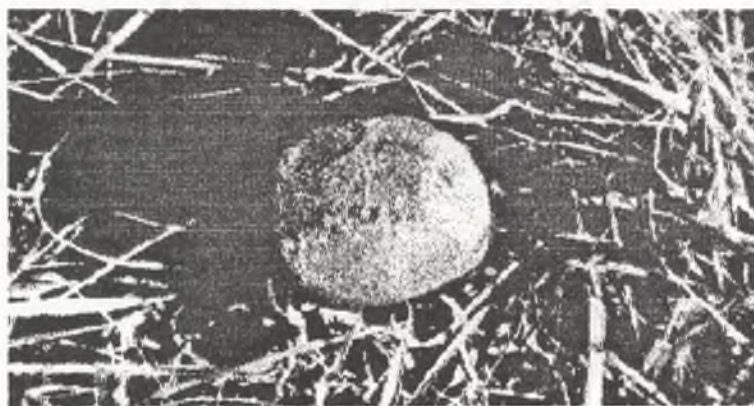
Punkty ciągu głównego i gniazd stabilizowano trzpieniami stalowymi $\varnothing 10$ wprowadzonymi w nawiercone w masie bitumicznej otwory (rys. 8).

Natomiast punkty ciągu kontrolnego stabilizowano kotwionymi prętami stalowymi $\varnothing 30$ o długości 1,2 m. Na rys. 9 pokazano punkt kontrolny w widoku z góry.



Rys. 8. Punkt ciągu głównego w widoku z góry

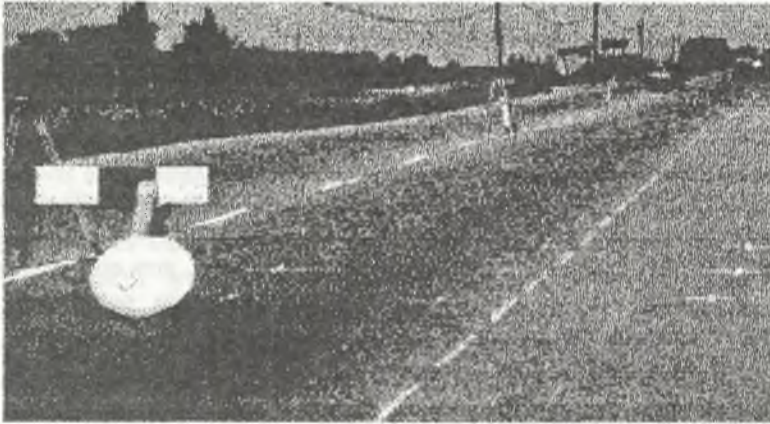
Fig. 8. Point of main sequence seen from above



Rys. 9. Punkt kontrolny w widoku z góry

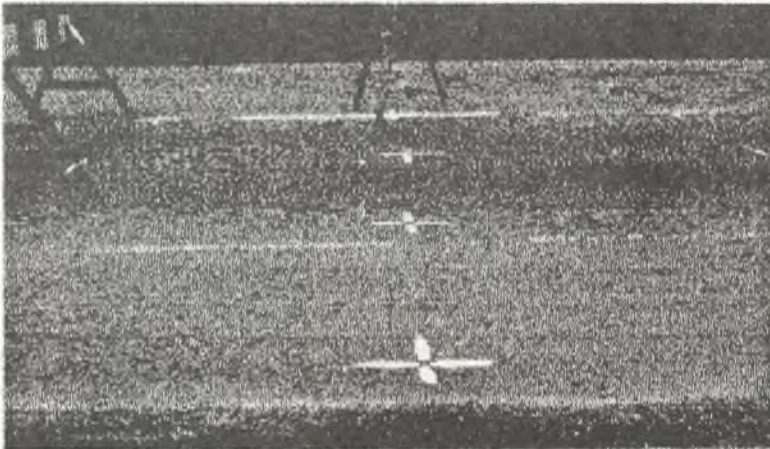
Fig. 9. Checkpoint seen from above

Zastabilizowano łącznie 71 punktów, w tym 61 w nawierzchni i 10 w gruncie. Widok rozmieszczenia punktów pomiarowych w gnieździe i w osi drogi ujęto na rys.10 i 11.



Rys .10. Widok odcinka pomiarowego

Fig .10. View of measuring length



Rys. 11. Widok rozmieszczenia punktów pomiarowych w gnieździe

Fig. 11. View of lay-out of measuring points in the socket

3. 4. Przebieg badań

Dla sieci w Przyszowicach przyjęto jako „stały” punkt 210, natomiast kierunek boku 210–300 wyznaczano w każdym cyklu pomiarowym w odniesieniu do odległych punktów

orientacyjnych. Jako punkty orientacyjne przyjęto: szyb V kopalni „Sośnica”, kościół w Przyszowicach, kościół w Gierałtowicach, szyb kopalni „Makoszowy”, słupy linii wysokiego napięcia WN1, WN2. Pomiary wykonano w sześciu cyklach pomiarowych realizowanych w następujących terminach:

cykl 1 – maj, cykl 2 – wrzesień, cykl 3 – listopad 1988 r.,

cykl 4 – kwiecień, cykl 5 – lipiec, cykl 6 – listopad 1989 r.

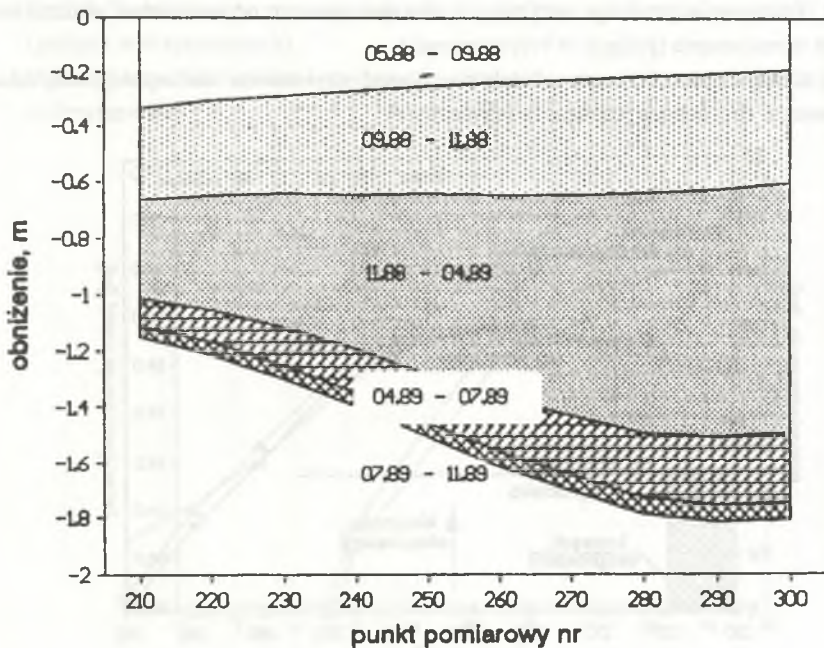
Przemieszczenia oraz wskaźniki deformacji terenu określono w odniesieniu do wyników pomiaru wyjściowego wykonanego w maju 1988 r., tj. cyklu nr 1. Terminy kolejnych cykli pomiarowych były dostosowane do postępu eksploatacji górniczej, przy czym pierwszy cykl wykonano przed pojawieniem się wpływów tej eksploatacji na powierzchnię, ostatni – po wygaśnięciu wpływów głównych w rozpatrywanym rejonie.

3. 5. Wyniki badań i ich analiza

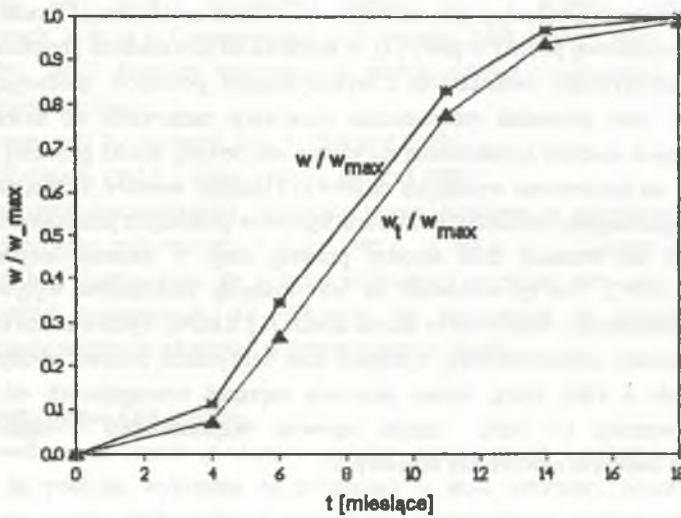
Przeprowadzone w terenie geodezyjne pomiary przemieszczeń i odkształceń nawierzchni drogowej i jej podłoża, wykonane na poligonach w skali naturalnej, dostarczyły cennych informacji do oceny parametrów i weryfikacji opracowanego modelu obliczeniowego: współdziałania nawierzchni z podłożem górniczym, a także – posłużyły do ogólnej oceny zachowania się eksploatowanej nawierzchni drogowej w rzeczywistych warunkach obciążeń górniczych terenu. Pełne zestawienie wyników pomiarów i rezultaty analityczno-graficznego opracowania, wykonanego przy użyciu komputera IBM PC, ze względu na swą znaczną objętość są jedynie do wglądu w Zespole Budowy Dróg Katedry Komunikacji Lądowej Politechniki Śląskiej. Podstawowe rezultaty badań przedstawiono w postaci wykresów i tablic. Wybiórczo, na rysunkach od 12 do 18, pokazano część wyników pomiarów wykonanych na poligonie doświadczalnym zlokalizowanym w Przyszowicach.

Szczególnie interesujące i cenne są wyniki pomiarów poziomych przemieszczeń nawierzchni drogowej, wykonanych w ramach trzech cykli pomiarowych, które pokazano na rys. 13. Dały one podstawę do określenia wiarygodnych parametrów opracowanego modelu współdziałania układu: nawierzchnia–podłoże górnicze, a następnie do obliczenia przyrostu wartości dodatkowych naprężeń rozciągających w nawierzchni od wpływów górniczych. Przyrost ten określono na poziomie 1,7MPa [1], co stanowi około 33% wartości wytrzymałości nawierzchni bitumicznej na rozciąganie w niskich temperaturach. Na rys. 14 przedstawiono natomiast porównanie przebiegów pomierzonych przemieszczeń nawierzchni drogowej i jej podłoża (ciąg pomiarowy usytuowany poza pasem drogowym równolegle do ciągu w osi drogi (por. rys. 6)). Jak widać z rysunku, przemieszczenia nawierzchni nie nadążają za przemieszczeniami podłoża, wymuszonymi przez ruchy górotworu. Potwierdza to w pełni tezę leżącą u podstaw podanego rozwiązania analitycznego problemu o: „różnicowanym stanie przemieszczeń nawierzchni i podłoża, wynikającym z ich różnej sztywności w kierunku poziomym”. Wyniki pomiarów odkształceń poziomych nawierzchni drogowej i jej podłoża, dla różnych cykli pomiarowych, przedstawiono przykładowo na rys. 15 i 16. Natomiast na rys. 12 pokazano charakterystyczne przesunięcie ekstremum funkcji pomierzonych przemieszczeń nawierzchni i jej podłoża

względem krawędzi pola górniczego, potwierdzające mechanizm rzeczywistego kształtowania się zbocza niecki obniżeniowej podany w pracy [3], w stosunku do powszechnie przyjmowanego do analizy opisu teoretycznego. Jednocześnie z wykonywaniem pomiarów geodezyjnych przez Zakład Geodezji, autor prowadził systematycznie obserwacje zachowania się nawierzchni na poligonie w różnych stadiach kształtowania się zbocza stacjonarnej niecki górniczej. W ocenie makroskopowej nie stwierdzono wyraźnych zarysowań i pęknięć warstwy jezdnej nawierzchni, których morfologia mogłaby świadczyć o skutkach wpływów poziomych przemieszczeń podłoża górniczego. Fakt ten tłumaczy dość łagodny przebieg zimy, o ujemnej temperaturze nie przekraczającej -10°C , co spowodowało, że nie wystąpiły ekstremalne wpływy skurczu termicznego w nawierzchni. Potwierdza to bliższa analiza [1], z której wynika, że dla temperatury -10°C w nawierzchni asfaltobetonowej występuje dość duża jeszcze rezerwa wytrzymałości na rozciąganie, rzędu 4 MPa, która, wobec przyrostu naprężeń rozciągających od wpływów górniczych o wartości 1,7 MPa, mogła zapewnić bezpieczeństwo i ciągłość warstw konstrukcyjnych badanych nawierzchni drogowych.

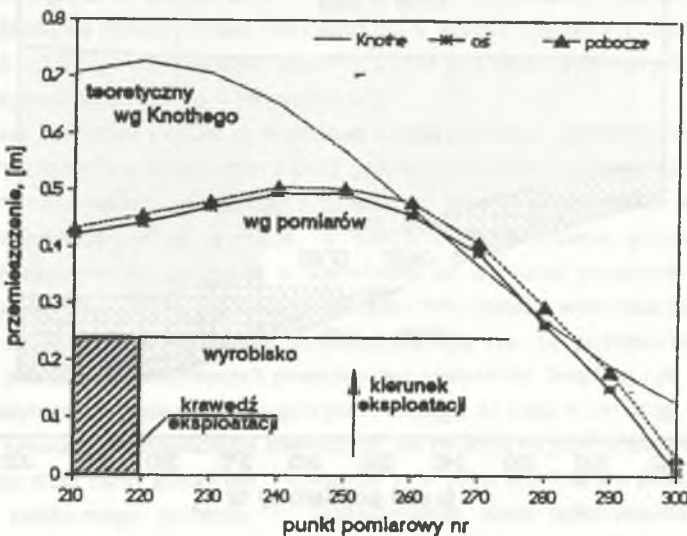


Rys.12. Przyrosty obniżień górniczych nawierzchni poligonu w Przyszowicach
 Fig.12. Increments of mining depression in traverse pavement in Przyszowice



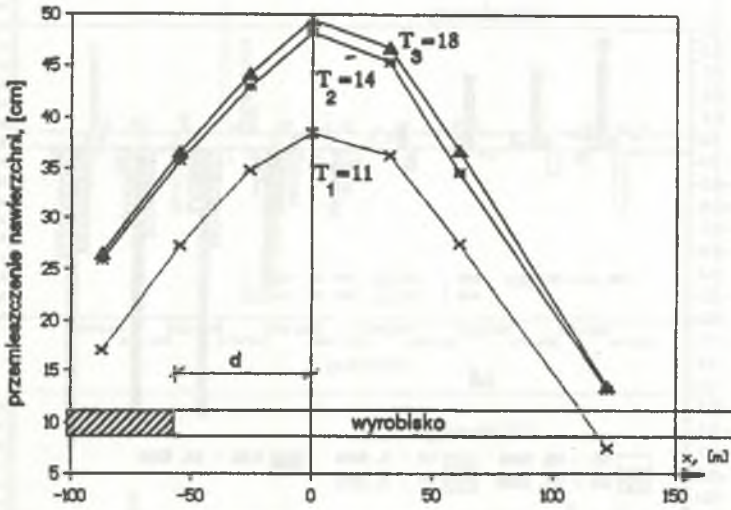
Rys.13. Porównanie przebiegu względnych obniżzeń terenu z odpowiednimi wielkościami obniżzeń teoretycznych (poligon w Przyszowicach)

Fig.13. Comparison of course of relative ground depressions and appropriate values of theoretical depressions (traverse in Przyszowice)



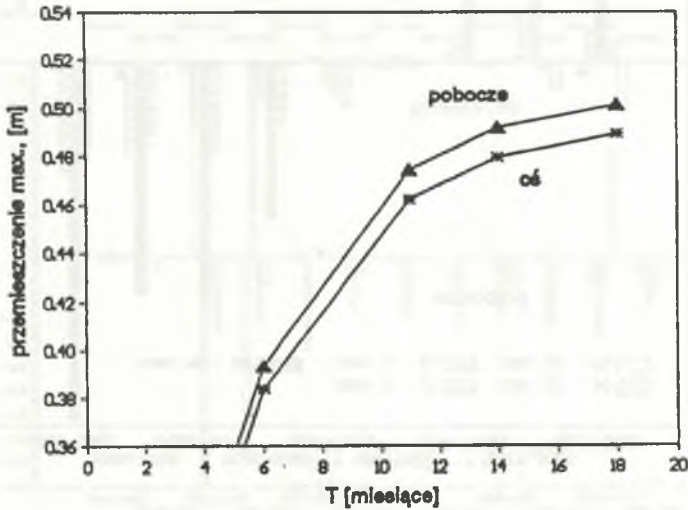
Rys.14. Analiza pomierzonych poziomych przemieszczeń nawierzchni i pobocza (poligon w Przyszowicach) w stosunku do wyników teoretycznych

Fig.14. Analysis of measured horizontal pavement and shoulder dislocation (traverse in Przyszowice) against the theoretical data



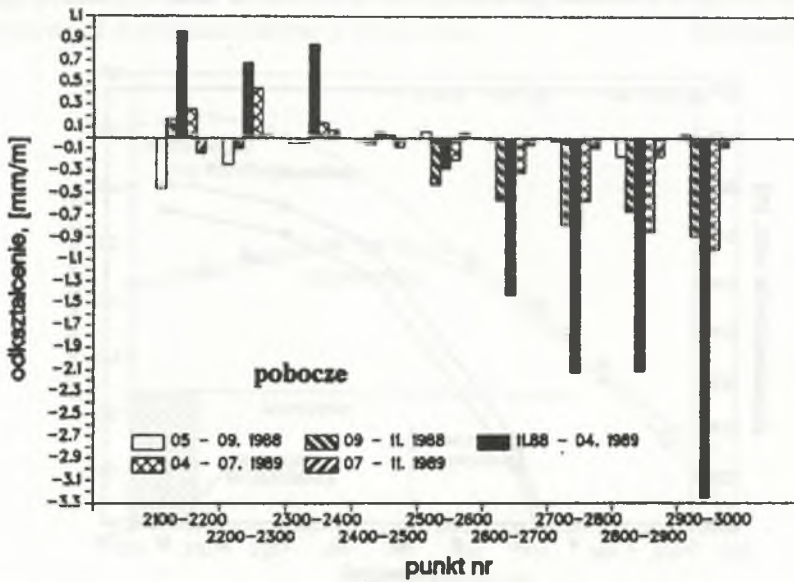
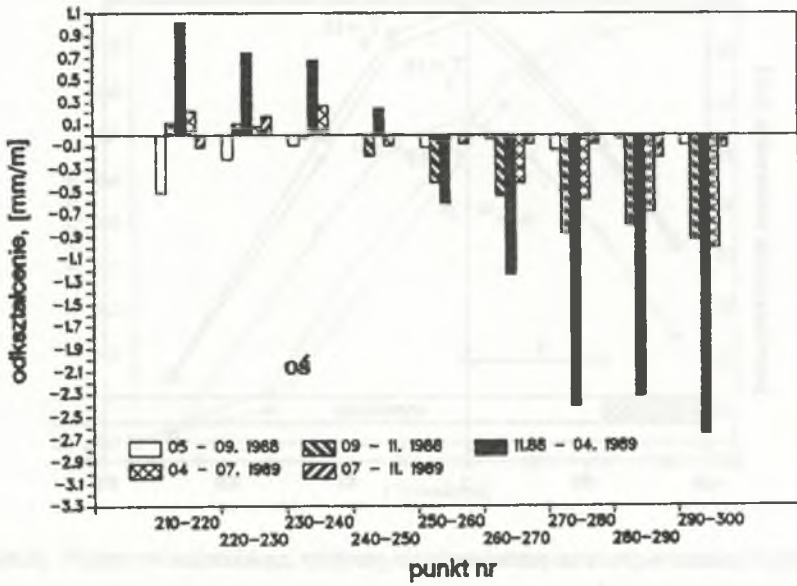
Rys.15. Pomierzone poziome przemieszczenia punktów nawierzchni w czasie T_i (miesiące), (poligon w Przyszowicach)

Fig.15. Measured horizontal pavement points dislocation in time T_i (months) (traverse in Przyszowice)



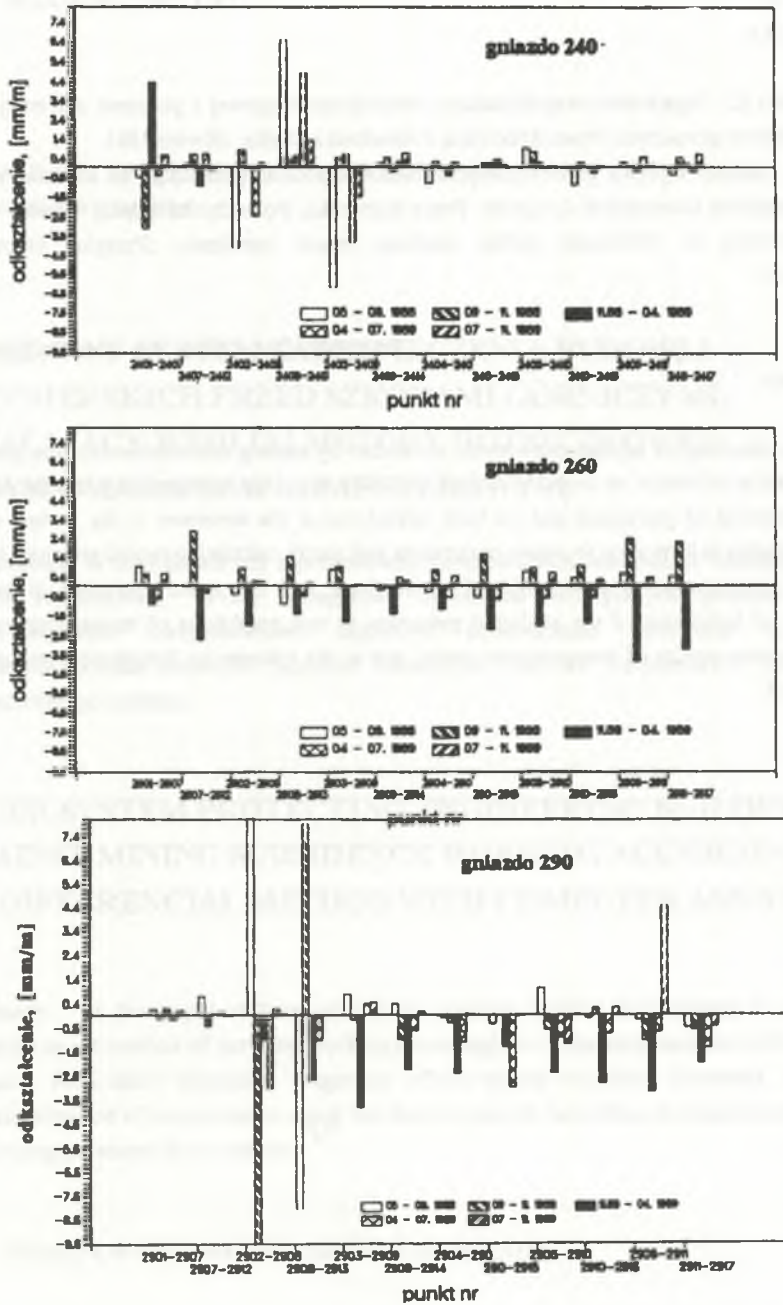
Rys.16. Przebieg zmian w czasie maksymalnych pomierzonych wielkości poziomych przemieszczeń nawierzchni i podłoża (pobocza), (poligon w Przyszowicach)

Fig.16. Course of maximal measured values of horizontal pavement and shoulder dislocations in time (traverse in Przyszowice)



Rys.17. Wyniki pomiarów odkształceń poziomych (poligon w Przyszowicach)

Fig.17. Horizontal deformations measurements results (traverse in Przyszowice)



Rys.18. Wyniki pomiarów odkształceń poziomych (poligon w Przyszowicach)

Fig.18. Horizontal deformations measurements results (poligon w Przyszowicach)

LITERATURA

1. Chlipalski K.: Zagadnienie współdziałania nawierzchni drogowej z poziomo deformującym się podłożem górnictwem. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 1994.
 2. Żak A.: Analiza wpływu pionowych przemieszczeń podłoża górnictwa na stan naprężenia i odkształcenia nawierzchni drogowej. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 1992.
- Skinderowicz B.: Równanie pełnej ustalonej niecki osiadania. „Przegląd Górniczy” 1977, nr 2.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Wiesław Szumierz

Abstract

Surface checking of asphalt pavements, multiplied by mining deformations of the ground, have substantial influence on decrease of their durability. Geodetic measurements of dislocations and deformations of pavement and its base carried out at the traverses in the natural scale, brought valuable information to assess parameters and verify calculating model prepared by the author [1]: cooperation of pavement and mining base, and they were also used in general assessment of behaviour of the exploited pavement in real conditions of mining depressions ground. Chosen results of measurements carried out at the traverse in Przyszowice are shown on Fig.12-18.