

Sposób na tanie drogi lokalne – pianobeton i powierzchniowe utrwalenie



tekst: dr inż. **MARCIN BILSKI**, dr inż. **ANDRZEJ POŻARYCKI**,
dr inż. **PRZEMYSŁAW GÓRNAŚ**, Politechnika Poznańska

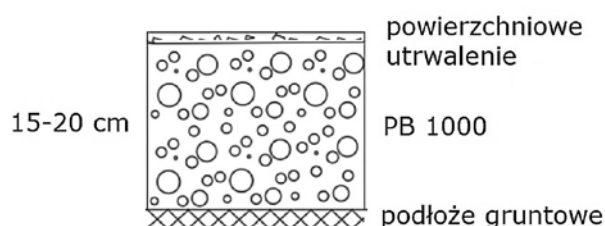
W artykule opisano jeden z wariantów technologii budowy tanich konstrukcji nawierzchni dróg samorządowych. Autorzy przedstawiają wnioski z przeprowadzonych badań nawierzchni odcinka testowego o niestandardowej konstrukcji, na którą składa się warstwa podbudowy z pianobetonu oraz warstwa ścieralna (zamykająca) w technologii powierzchniowego utrwalenia wykonanego dwukrotnie. Nośność niestandardowej konstrukcji nawierzchni obciążonej sporadycznym natężeniem ruchu (\leq KR1) jest zapewniona przez odpowiednią grubość warstwy lub warstw podbudowy wykonanych z pianobetonu, których minimalna sumaryczna grubość jest uzależniona od warunków gruntowo-wodnych: od 15 cm w przypadku podłoża G1 do 50 cm w przypadku podłoża G4.

Wprowadzenie

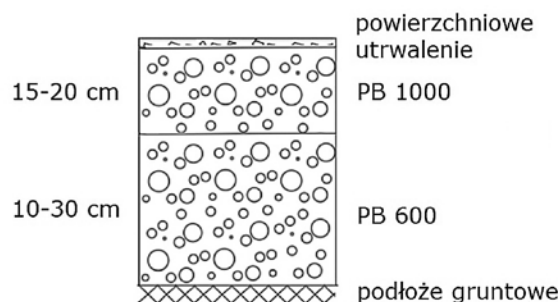
Nieustanny wzrost ceny surowców ropopochodnych oraz kosztów energii na skutek wielu czynników geopolitycznych zmusza wykonawców dróg do poszukiwania nowych rozwiązań. W przypadku nawierzchni półpodatnych [1, 2] przeznaczonych dla dróg samorządowych sumaryczna grubość warstw asfaltowych w porównaniu z rozwiązaniami katalogowymi [3] jest istotnie mniejsza, co znacząco wpływa na koszt wykonania górnych warstw nawierzchni drogowej. W konstrukcji półpodatnej występuje wyłącznie warstwa ścieralna (zamykająca) o grubości 4 cm, wykonana z mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy z klasycznym asfaltem drogowym. W tym rozwiązaniu nie występuje warstwa wiążąca i ewentualna podbudowa z mieszanki mineralno-asfaltowej. Kolejną propozycją modyfikacji półpodatnej konstrukcji nawierzchni drogowej jest układ warstw zaprezentowany w niniejszym artykule, na który składa się wyłącznie warstwa wykonana z pianobetonu PB 1000

(gęstość objętościowa 1000 kg/m^3 , $\pm 10\%$) o grubości 15–20 cm i warstwa ścieralna (zamykająca), co pokazano na rycinach 1 i 2. W zależności od nośności podłoża i obciążenia od ruchu drogowego uzupełnieniem konstrukcji nawierzchni jest dodatkowa warstwa wzmacniająca wykonana z pianobetonu PB 600 (gęstość objętościowa 600 kg/m^3 , $\pm 10\%$) o grubości do 30 cm w przypadku gruntów z grupy nośności podłoża G4. Pianobeton wytwarzany jest w miejscu budowy w sposób ciągły przy zastosowaniu specjalistycznego agregatu pianotwórczego (chroniącego strukturę piany i zapewniającego jednolitą strukturę materiału). Technologia budowy dróg z zastosowaniem pianobetonu dzięki jego zdolności do wypełniania szczelin i nierówności nie wymaga wykonywania kosztownych zabiegów technologicznych związanych z wyrównywaniem podłoża przy użyciu równiarek i walców, co również wpływa na skrócenie czasu inwestycji. W przypadku dróg lokalnych o sporadycznym obciążeniu ruchem (\leq KR1) możliwe jest wykonanie warstwy ścieralnej (zamykającej)

Grupa nośności podłoża G1–G2



Grupa nośności podłoża G3–G4



Ryc. 1. Schemat konstrukcji nawierzchni z pianobetonu i powierzchniowego utrwalenia dla dróg o obciążeniu ruchem KR1



Ryc. 2. Przygotowanie podłoża pod podbudowę z pianobetonu (a) oraz wykonywanie warstwy podbudowy z pianobetonu (b)



Ryc. 3. Wykonywanie powierzchniowego utrwalenia (a) i nawierzchnia odcinka testowego po siedmiu dniach od oddania odcinka do eksploatacji (b)

w technologii powierzchniowego utrwalenia, które sprowadza się do spryskiwania warstwy nawierzchni emulsją asfaltową (szybko rozpadową, bez lub z polimerami), a następnie rozkładaniu oraz zawałowaniu drobnego kruszywa i gysu. Technologia ta jest wykorzystywana do zabezpieczenia spękanych nawierzchni asfaltowych przed przenikaniem wody do dolnych warstw lub do poprawy szorstkości nawierzchni. W przedstawianym przypadku konstrukcji nawierzchni półpodatnej powierzchniowe utwalenie wykorzystano jako klasyczną warstwę ścieralną (zamykającą) wykonaną na podbudowie z pianobetonu, która wymaga zabezpieczenia przed ścieraniem się na skutek ruchu pojazdów.

Odcinek testowy

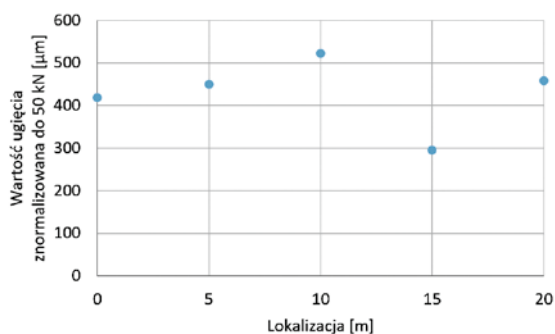
W celu sprawdzenia w warunkach rzeczywistych omówionego we wprowadzeniu przypadku półpodatnej konstrukcji nawierzchni wykonano odcinek testowy na drodze osiedlowej w jednej z wielkopolskich gmin. Na rycinie 2a przedstawiono przygotowanie podłoża gruntowego pod wykonanie niestandardowej konstrukcji nawierzchni. Następnie na podstawie przeprowadzonych badań nośności podłoża przy zastosowaniu urządzenia ZiSPON (zintegrowany system precyzyjnej oceny nawierzchni), a konkretnie modułu pomiarowego UGN (pomiar ugięć dynamicznych

odpowiadający pomiarowi urządzeniem typu FWD), ustalono, że podłoże charakteryzuje się wartościami wtórnego modułu odkształcenia na poziomie $EV2 \geq 80$ MPa. Bazując na ocenie nośności podłoża i zgodnie z opracowanymi wariantami (por. ryc. 1), zdecydowano się wykonać wyłącznie jedną warstwę z pianobetonu PB 1000 o grubości 20 cm. W kolejnym etapie prac przy użyciu agregatu pianotwórczego wylano do powstałego koryta pianobeton. Po upływie siedmiu dni wykonano mikrofrezowanie górnej powierzchni warstwy wykonanej z pianobetonu w celu uzyskania większej chropowatości powierzchni. Ostatni etap prac (ryc. 3a) stanowiło wykonanie warstwy w technologii podwójnego powierzchniowego utrwalenia (dwa razy wykonywano spryskanie emulsją asfaltową oraz zawałowanie kruszywa).

Analiza nośności nawierzchni

Podstawę oceny nośności nawierzchni odcinka testowego stanowiły wyniki pomiarów ugięć dynamicznych wykonanych urządzeniem ZiSPON, które przeprowadzono po 14 dniach od wykonania podbudowy z pianobetonu i siedmiu dniach od oddania odcinka do eksploatacji. Zdjęcie nawierzchni odcinka testowego w dniu pomiarów oraz po dziewięciu miesiącach od oddania do użytkowania przedstawiono na rycinie 5.

Zakres zrealizowanych pomiarów ugięć dynamicznych dotyczył jednego z pasów ruchu, na którym w pięciu punktach zlokalizowanych w odległości co 5 m wykonano sekwencję sześciu obciążeń w konfiguracji kolejno zadanych wartości siły: 57,5; 57,5; 70,0; 70,0; 70,0 i 57,5 kN. Na rycinie 4 przedstawiono maksymalne wartości zarejestrowanych dynamicznych ugięć nawierzchni w osi obciążenia odczytane z ostatniego (szóstego) obciążenia z sekwencji pomiarowej wykonywanej kolejno w każdym punkcie pomiarowym, które znormalizowano według zależności przedstawionej w pracy [4] do wartości obciążenia odpowiadającej 50 kN.



Ryc. 4. Znormalizowane do wartości obciążenia 50 kN maksymalne wartości ugięć nawierzchni w osi obciążenia

Ocenę nośności nawierzchni odcinka testowego przeprowadzono na podstawie analizy wartości pomierzonych ugięć [5, 6, 7]. W pierwszej kolejności dla wartości przedstawionych na rycinie 4 obliczono wartości średniej i odchylenia standardowego, które wykorzystano do obliczenia wartości ugięcia miarodajnego według wzoru 1:

$$U_m = U_{\text{śred}} + 2 \cdot S_U = 428,9 + 2 \cdot 83,5 = 595,9 \mu\text{m} \quad (1)$$

Następnie wartość ugięcia miarodajnego z pomiarów metodą FWD ($U_{m,\text{FWD}}$) przeliczono według wzoru 2 zgodnie z załącznikiem C [5] do wartości odpowiadającej metodzie pomiaru ugięć belką Benkelmana ($U_{m,\text{BB}}$):

$$U_{m,\text{BB}} = U_{m,\text{FWD}} \cdot 1,31 = 595,9 \mu\text{m} \cdot 1,31 = 780,6 \mu\text{m} \quad (2)$$

Ostatecznie, wykorzystując wzór nr 3, obliczono wartości ugięcia obliczeniowego:

$$U_{\text{obl, BB}} = U_{m,\text{BB}} \cdot f_T \cdot f_S \cdot f_P = 780,6 \mu\text{m} \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,2 = 1077,3 \mu\text{m} \quad (3)$$

gdzie:

U_{obl} – ugięcie obliczeniowe [μm],

U_m – ugięcie miarodajne [μm],

f_T – współczynnik temperaturowy, ze względu na brak warstw, których sztywność zależy od temperatury (asfaltowych), przyjęto $f_T = 1,0$ [-],

f_S – współczynnik sezonowości, pomiary wykonano w lipcu, przyjęto $f_S = 1,15$ [-],

f_P – współczynnik podbudowy, nawierzchnia z podbudową z pianobetonu, przyjęto $f_P = 1,2$ [-].

Obliczone wartości odniesiono do:

1) granicznych wartości ugięć miarodajnych według [5], na podstawie wartości $U_{m,\text{BB}} = 780,6 \mu\text{m}$, klasyfikacji nośności

nawierzchni do KR3 ($U_{m,\text{BB}} < 0,8 \text{ mm}$) oraz najbardziej niekorzystnej wartości $U_{\text{obl, BB}} = 1077,3 \mu\text{m}$ do KR2 ($U_{m,\text{BB}} < 1,1 \text{ mm}$);

2) wartości progów klas nośności nawierzchni asfaltowych KR1-2 ($w_p = 550 \mu\text{m}$; $w_{os,t} = 790 \mu\text{m}$; $w_{kryt} = 1100 \mu\text{m}$) według [6], na podstawie wartości $U_m = 595,9 \mu\text{m}$, klasyfikacji nośności nawierzchni do klasy B.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule rozwiązanie dotyczące konstrukcji nawierzchni drogowej opracowanej z myślą o drogach samorządowych charakteryzuje się z jednej strony prostotą i szybkością wykonania, a z drugiej – niższą ceną budowy w porównaniu z rozwiązaniami katalogowymi. W przypadku dróg lokalnych o sporadycznym ruchu (\approx KR1) tego typu konstrukcje mogą stanowić atrakcyjne rozwiązanie problemu związanego z budową nawierzchni utwardzonych przy stosunkowo niskich kosztach wykonania. Przeprowadzone badania przy wykorzystaniu technologii ZiSPON potwierdziły, że zbudowana nawierzchnia osiągnęła założoną nośność odpowiadającą kategorii ruchu KR1. Technologia powierzchniowego utrwalania może być z powodzeniem zastosowana jako warstwa ścieralna (zamykająca) dróg lokalnych na podbudowie wykonanej z pianobetonu. Korzyścią wynikającą z użycia tej technologii jest również fakt, że w przypadku wzrostu natężenia ruchu na danej drodze można wzmocnić taką konstrukcję przez wykonanie na niej klasycznego pakietu warstw z mieszanki mineralno-asfaltowej bez konieczności ingerencji w warstwę podbudowy.



Ryc. 5. Nawierzchnia odcinka testowego po dziewięciu miesiącach od oddania odcinka do eksploatacji

Literatura

- [1] Bilski M., Pożarycki A., Górnaś P.: *Katalog nawierzchni Politechniki Poznańskiej*. Poznań 2022.
- [2] Bilski M., Pożarycki A., Górnaś P.: *Tańsze drogi i inne korzyści z zastosowania pianobetonu w drogownictwie*. „Magazyn Autostrady” 2022, nr 4, s. 37–40.
- [3] *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*. Załącznik do zarządzenia nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16 czerwca 2014 r.
- [4] Pożarycki A., Górnaś P.: *Zagadnienia liniowej normalizacji wartości ugięć nawierzchni jezdni poddanej obciążeniom ponadnormatywnym*. „Drogownictwo” 2014, nr 11, s. 353–361.
- [5] *Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych*. IBDiM. Warszawa 2001.
- [6] *Diagnostyka stanu nawierzchni*. GDDKiA. Warszawa 2012.
- [7] *Katalog przebudów i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych*. GDDKiA, IBDiM. Warszawa 2013.

www.pianobeton.pl



Czytaj więcej