

Marian Miciński
Grażyna Skoplak

ZASTOSOWANIE PŁYT Z BETONU PRASOWANEGO DO BUDOWY NAWIERZCHNI DROGOWYCH

(k o m u n i k a t)

Streszczenie. W niniejszym opracowaniu podano dość szczegółową charakterystykę techniczną odcinka doświadczalnego nawierzchni drogowej wykonanej z płyt betonowych typu "PRAS-BET", a w szczególności:

- a). charakterystykę obciążenia ruchem,
- b). sposób obliczania potrzebnej grubości nawierzchni,
- c). konstrukcje nawierzchni i technologię jej wykonania,
- d). obserwacje stanu i zachowania się wykonanej nawierzchni i wynikające stąd wnioski.

1. Wstęp

Nawierzchnie drogowe dróg i ulic miejskich podlegają coraz większym obciążeniom z uwagi na wzrastające natężenie ruchu samochodowego. Nowoczesna nawierzchnia drogowa winna charakteryzować się dużą trwałością, wytrzymałością oraz dużą odpornością na działanie wpływów klimatycznych szczególnie w okresie zimowo - wiosennym. Niebagatelną sprawą jest działanie środków chemicznych używanych w okresie zimowym.

Elementy betonowe galanterii drogowej (krawężniki, obrzeża, opaski kierujące) są szczególnie podatne na działanie soli i innych środków chemicznych, a ich trwałość rzadko przekracza 5 lat. W związku z powyższym zachodzi potrzeba zastosowania takiego tworzywa, z którego wykonane elementy charakteryzowałyby się dużą odpornością na działanie czynników klimatycznych i ruchowych oraz by proces technologiczny prefabrykacji elementów odbywał się w krótszym czasie.

Nowa metoda prefabrykacji zwana technologią PRAS-BET, polegająca na wielostopniowym zagęszczaniu gorącej masy betonowej przez prasowanie z jednoczesnym próżniowaniem, a opracowana przez Laboratorium Badawcze Przemysłowo - Uczelniane przy Politechnice Śląskiej w Gliwicach, skłoniła Instytut Dróg i Mostów Politechniki Śląskiej do przeprowadzenia badań nad zastosowaniem płyt z betonu prasowanego do budowy nawierzchni drogowych. Już na etapie badań laboratoryjnych, przeprowadzonych na próbach o różnym składzie mieszanki betonowej, można zauważyć pewną przewagę technologii PRAS-BET (betonu prasowanego) nad betonem wibrowanym - stąd próba zastosowania jej do formowania płyt na nawierzchnie drogowe i uliczne.

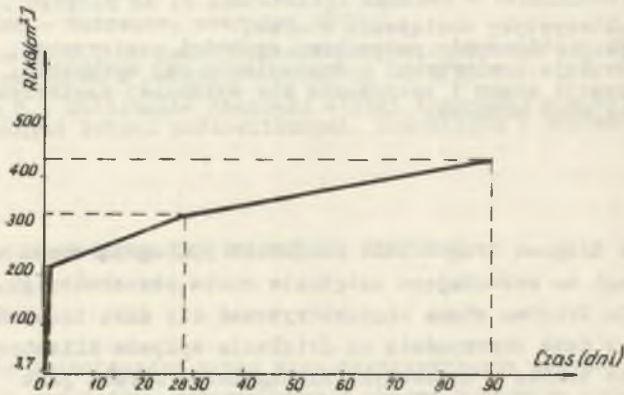
W przyszłości przewiduje się produkcję krawężników, obrzeży, oraz opasek kierujących i innych elementów mających zastosowanie w budownictwie drogowym.

2. Krótką charakterystyka betonu prasowanego

Zastosowane płyty z betonu prasowanego do wykonania nawierzchni ul. Rybnickiej posiadały wytrzymałość $R_{28} = \text{ok. } 300 \text{ kg/cm}^2$.

Średnie ilości materiałów przypadające na 1 m^3 betonu przedstawiają się następująco:

ceмент "350"	292 kg
pył	216 "
piasek	548 "
grys granitowy	1257 "



Rys. 1. Wykres przyrostu wytrzymałości na ściskanie przy średnim składzie mieszanki betonowej: cement 292 kg/m^3 , pył 216 kg/m^3 , piasek 548 kg/m^3 , grys granit. 1257 kg/m^3 i średnim ciężarze obj. betonu prasow. $\gamma_s = 2437 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy w zależności od ilości zastosowanych materiałów wahał się w granicach od 2400 do 2460 kg/cm^3 , wytrzymałość natychmiastowa od $2,6$ do $4,1 \text{ kg/cm}^2$, wytrzymałość R_1 od 190 do 246 kg/cm^2 , zaś R_{28} od 258 do 357 kg/cm^2 .

Bliższe dane dotyczące istoty i problematyki PRAS-BET zawarte są w publikacji [3].

3. Charakterystyka odcinka doświadczalnego

Z uwagi na zasadnicze walory, tj. dużą wytrzymałość i dużą szczelność płyt z betonu prasowanego, przeprowadzono próbę zastosowania ich do budowy nawierzchni ul. Rybnickiej w Gliwicach na odcinku o długości 80 m i szerokości jezdni wynoszącej $10,50 \text{ m}$.

Wybór odcinka doświadczalnego nie był przypadkowy.

Zgodnie z przewidywaniami, potwierdzonymi przeprowadzonym cyklem pomiarów ruchu, ulica Rybnicka jest najbardziej obciążoną trasą wylotową z miasta Gliwic, a stan istniejącej nawierzchni kostkowej wskazuje na przeciążenie ruchem.

W tabelicy nr 1 zestawiono wartości natężenia i obciążenia ruchem w całym przekroju jezdni w godzinie szczytu i w ciągu całej doby.

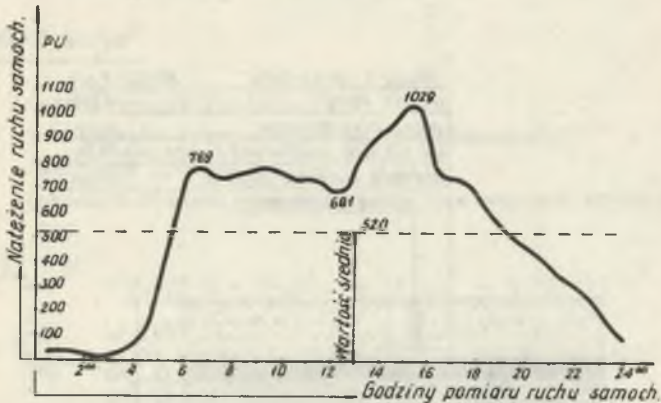
Tabela 1

Wartości natężenia i obciążenia ruchem w przekroju jezdni
z dnia 10.IX.1971 r.

Wyszczególnienie	Obciążenie w tonach	
	w ciągu doby	w godz. szczytu
Liczba jednostek rzeczywistych	8621	737
Liczba jednostek umownych	12267	1029
Obciążenie ruchem w tonach	33022	2802

Z powyższej tabeli wynika, że obciążenie ruchem w przekroju jezdni można zakwalifikować do obciążenia b. ciężkiego.

Ilustrację graficzną przeprowadzonych pomiarów ruchu samochodowego na ulicy Rybnickiej w Gliwicach stanowi krzywa potoków ruchu wg pomiarów wykonanych w dniu 10.IX.1971 r. (rys. 2).



Rys. 2. Krzywa potoków ruchu samochodowego w pojazdach umownych na ulicy Rybnickiej w Gliwicach

Przekrój konstrukcyjny istniejącej nawierzchni ul. Rybnickiej przedstawia się następująco:

- kostka granitowa nieregularna 9/11 cm,
- podsyпка żwirowo-piaskowa 6 cm,

podbudowa kamienna	28 cm,
warstwa pyłów dymnicowych z żużlem i piaskiem	50 cm.

Na podstawie wierceń geologicznych, wykonanych przez Wojewódzkie Biuro Projektów w Zabrze, nie stwierdzono obecności wody gruntowej do głębokości 4,0 m.

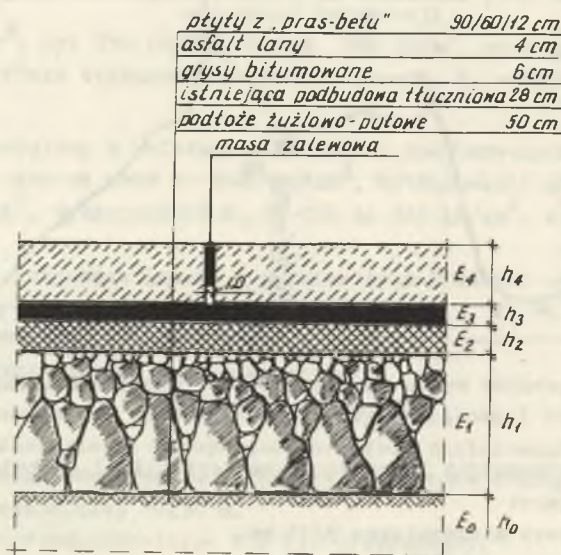
W oparciu o określone przez Laboratorium PRAS-BET własności wytrzymałościowe oraz geometrię płyt wynikającą z możliwości wykonawczych, wyniki technicznych badań podłoża odcinka doświadczalnego oraz wyniki pomiarów ruchowych, zaprojektowano kilka wariantów nawierzchni o zróżnicowanej konstrukcji poszczególnych warstw podbudowy, a także różnej grubości płyt.

4. Projektowanie grubości płyty

Projektowaną nawierzchnię potraktowano w ogólności jako sztywną na podatnym, wielowarstwowym podłożu.

Grubości poszczególnych warstw podbudowy oraz grubość warstwy jezdnej obliczono w oparciu o połączone teorie wytrzymałości nawierzchni podatnych oraz wytrzymałości nawierzchni sprężystych.

Obliczenia wykonano dla różnych przekrojów konstrukcyjnych nawierzchni. Do dalszych opracowań przyjęto przekrój konstrukcyjny przedstawiony na rysunku 3, a moduły dla poszczególnych warstw nawierzchni przyjęto jako równe:



Rys. 3. Przekrój konstrukcyjny nawierzchni jezdni ul. Rybnickiej

- $E_0 = 260 \text{ kG/cm}^2$ - pył dymnicowy z żużlem,
 $E_1 = 1200 \text{ kG/cm}^2$ - tłuczeń granitowy,
 $E_2 = 2500 \text{ kG/cm}^2$ - grysy otaczane bitumem na gorąco,
 $E_3 = 2600 \text{ kG/cm}^2$ - asfalt lany.

Moduły zastępcze poszczególnych warstw podbudowy obliczono metodą kolejnego wyznaczania modułu odkształcania przy pomocy następującego wzoru:

$$E_z = \frac{E'_z}{n^{2,5} \left[1 - \frac{2}{3} \left(1 - \frac{1}{n^{3,5}} \right) \arctg n \frac{h}{B} \right]},$$

gdzie:

$$n = 2,5 \sqrt{\frac{E_z}{E_0}}$$

E'_z - moduł warstwy lub moduł zastępczy warstw leżących niżej.

Moduł zastępczy E_z wszystkich warstw podbudowy wynosi zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami 845 kG/cm^2 .

Założone grubości płyt betonowych sprawdzono wzorami Westergaarda przyjmując, że wartość dopuszczalna naprężenia rozciągającego dla betonu płyty wynosi 40 kG/cm^2 [7].

Obliczenia przeprowadzono dla dwóch wartości modułu sprężystości betonu: $E_b = 210000 \text{ kG/cm}^2$ i $E_b = 300000 \text{ kG/cm}^2$.

dla $E_b = 210000 \text{ kG/cm}^2$

- $\mu = 0,10$ (współczynnik Poissona)
 $P = 4000 \text{ kG}$ (obciążenie przypadające na koło samochodu)
 $h = 12 \text{ cm}$ (założona grubość płyty)
 $R = 15 \text{ cm}$ (promień równoważnej zastępczej powierzchni styku koła z płytą)

$$b = \sqrt{1,6 R^2 + h^2} - 0,675 h = 14,35 \text{ cm (dla } R < 1,724 h)$$

$$k = \frac{0,65 E_0}{h} \sqrt[3]{\frac{E_z}{E_0}} = 7,28 \text{ kG/cm}^3 \text{ (współczynnik reakcji podłoża)}$$

- maksymalne naprężenia rozciągające w środkowej partii płyty

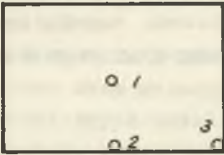
$$\sigma_1 = \frac{0,275 P}{h^2} (1 + \mu) \log_{10} \frac{Eh^3}{kb^4} = 27,7 \text{ kG/cm}^2$$

- maksymalne naprężenia rozciągające wzdłuż krawędzi płyty

$$\sigma_2 = \frac{0,529 P}{h^2} (1 + 0,54 \mu) \log_{10} \frac{Eh^3}{kb^4} - 0,71 = 38,1 \text{ kG/cm}^2$$

- maksymalne naprężenie rozciągające w sąsiedztwie narożnika

$$\sigma_3 = \frac{3P}{h^2} \left\{ 1 - \left[\frac{12(1-\mu^2)k}{E_b h^3} \right]^{0,15} [R\sqrt{2}]^{0,6} \right\} = 30,8 \text{ kg/cm}^2$$



Rys. 4. Charakterystyczne miejsca położenia koła obciążającego na płycie jezdni

$$\text{dla } E_b = 300000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{i } k &= 6,47 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_1 &= 29,5 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 41,3 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_3 &= 34,7 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

Tak więc przyjętą do obliczeń grubość płyty równą 12 cm można uważać za wystarczającą.

5. Technologia wykonawstwa

Istniejąca nawierzchnia kostkowa wraz z podsypką piaskową została usunięta, a na istniejącej podbudowie tłuczniowej ułożono warstwę grysów bitumowanych o grubości 6 cm.

Na tak przygotowanym podłożu rozścielano warstwę asfaltu lanego na całej szerokości jezdni i długości około 1,20 (na szerokość 2 płyt) w kierunku podłużnym.

Na warstwie gorącego jeszcze asfaltu lanego układano płyty o wymiarach 60 x 90 x 12 cm z betonu prasowanego przy pomocy specjalnego dźwigu o zawieszaniu w przyssawkę.

Na rysunku 5 przedstawiono ogólny widok dźwigu podnoszącego płytę. Zdjęcie wykonano na terenie Laboratorium PRAS-BET w Gliwicach.

Płyty były niejako wprasowane w asfalt lany - uzyskano w ten sposób idealne przyleganie płyty do podłoża bitumicznego.

Spoiny między płytami o szerokości 1 cm zostały wypełnione gorącym asfaltem D-200 i będą musiały być uzupełnione w okresie jesiennym.

Widok ogólny jezdni ul. Rybnickiej wykonanej z płyt betonu prasowanego przedstawiono na rysunku 6.

Wykonawcą robót był Miejski Zarząd Ulic i Mostów w Gliwicach i dzięki zaangażowaniu Dyrekcji oraz Działu Eksploatacji nawierzchnia została wykonana szybko i w miarę dokładnie.

6. Wnioski

Wykonana nawierzchnia jest eksploatowana ponad 2,5 roku i jak dotąd nie wykazuje żadnych odkształceń zarówno w planie, jak i w profilu podłużnym i poprzecznym.



Rys. 5. Sposób układania płyt z betonu prasowanego - widok ogólny



Rys. 6. Widok wykonanej nawierzchni ul. Rybnickiej - wzdłuż osi jezdni

Obawy odnośnie deformacji w planie na skutek działania sił stycznych (przesunięć płyt w kierunku jazdy) nie spełniły się, nawierzchnia nie wykazuje żadnych przesunięć.

Równość nawierzchni jest także zadowalająca.

Wykonany odcinek nawierzchni ulicy Rybnickiej w Gliwicach może stanowić przyczynek do dalszych badań nad zastosowaniem płyt z betonu prasowanego do budowy nawierzchni drogowych o dużym obciążeniu ruchem.

Zważywszy zaledwie 2,5-letnią eksploatację nawierzchni oraz małe doświadczenia użytkowania jej w warunkach zimowych, zbyt wcześnie jest mówić o jej spodziewanych walorach.

Wydaje się jednak, że dla przyspieszenia tempa prac oraz dla uzyskania lepszej równości nawierzchni wskazane byłoby zastosowanie płyt o większych wymiarach w planie.

LITERATURA

- [1] Buszma E., Domaradzki J., Rolla S.: Budowa dróg. Cz. 1 i 2 - Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego 1970;
- [2] Iwanow N. N.: Budowa dróg samochodowych. Cz. 1 i 2 - Wydawnictwa Komunikacyjne Warszawa 1952;
- [3] Mikoś J., Loska B., Wolny Cz.: Technologia FRAS-BET oraz istota i problemy badawczo wdrożeniowe - Biuletyn Branżowy Zjednoczenia Przemysłu Betonu rok VIII nr 2/30/72;
- [4] Praca zbiorowa: Drogi, lotniska, koleje, budowle podziemne. Budownictwo Betonowe tom XV - Arkady Warszawa 1970;
- [5] Praca zbiorowa: Podręcznik drogowy. Tom IV - Wydawnictwa Komunikacyjne Warszawa 1959;
- [6] Problemy projektowania dróg i mostów - Centralne Biuro Studiów i Projektów Dróg, Mostów i Lotnisk Warszawa 4/1970;
- [7] Konferencja naukowo-techniczna: Problemy projektowania i budowy autostrad. Katowice 24-25 czerwca 1971 r.