



Autostrada betonowa  
zbudowana w latach 30.  
ubiegłego wieku

foto: Zbigniew Piłch

# Drogi wszech czasów

*Pierwszą milę drogi betonowej na świecie wybudowano w powiecie Wayne w Stanach Zjednoczonych. Droga kosztowała 13.537 dolarów.*

W światowej technice drogowej występują dwa zasadnicze rodzaje nawierzchni drogowych: z warstwą ścieralną z mieszanki mineralno-asfaltowej oraz z betonu cementowego. W krajach o wysokim poziomie motoryzacji oraz rozwiniętej sieci drogowej wykorzystuje się oba rodzaje nawierzchni. W Polsce począwszy od lat powojennych budowano jedynie nawierzchnie z warstwą ścieralną z mieszanki mineralno-asfaltowej. Opublikowany w 2001 roku „Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych” stwarza szansę upowszechnienia budowy nawierzchni z betonu cementowego.

## Jak na świecie bywało

Pierwowzorów dzisiejszych nawierzchni betonowych należy poszukiwać w starożytności. Rzymianie do spajania żwirów oraz kamieni stosowanych w warstwach podbudów wykorzystywali wapno palone zmieszane z wodą i piaskiem. Do spajania płyt kamiennych tworzących górną warstwę nawierzchniową (narażoną na działanie wody) używali wapna zmieszanego z popiołem wulkanicznym. Aktywne tlenki krzemu i glinu znajdujące się w popiele reagowały z wapnem tworząc produkt, który nazywano „cementem pucolanowym”. Nazwa wywodzi się od miejscowości Pozzuoli pod Wezuwiuszem, skąd pochodził użyty po raz pierwszy popiół. Spoiwa te w konstrukcjach przetrwały do dnia dzisiejszego. Na rysunku przedstawiono schemat starożytnych rzymskich nawierzchni [2].

Wynalezienie prototypu nowoczesnego cementu w 1845 roku przez Izaaka Johnsona [3] oraz pojawienie się w 1885 roku pierwszych pojazdów samochodowych napędzanych silnikiem spalinowym dało asumpt do budowy nowych nawierzchni drogowych.

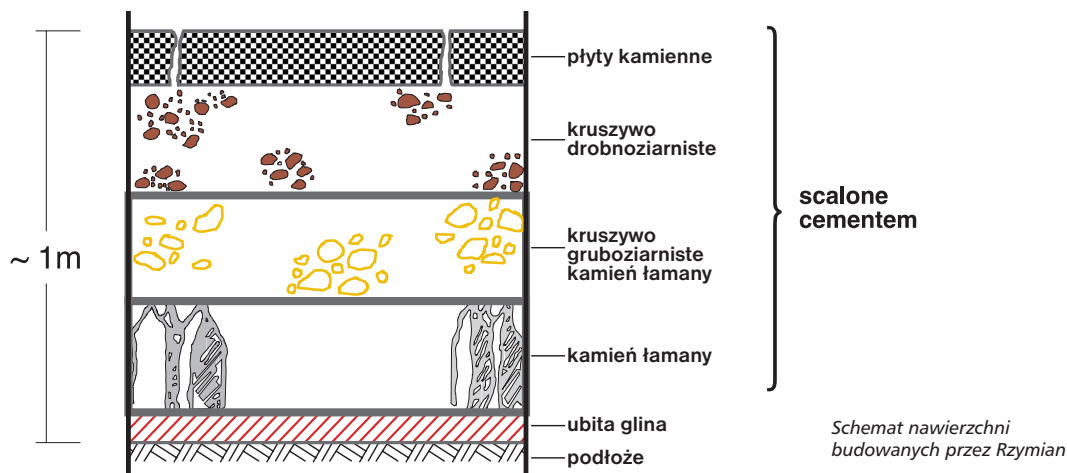
W 1888 roku [2] we Wrocławiu (Breslau) wybudowano pierwszą w Niemczech nawierzchnię z makadamu cementowego, był to fragment placu Blüchera. Ten typ nawierzchni na drogach niemieckich stosowano do I wojny światowej.

W 1892 roku w miejscowości Bellefontaine (Ohio – USA) wybudowano nawierzchnię z betonu cementowego z następujących materiałów: cement, piasek, kruszywo kamienne o wzajemnym stosunku jak 1: 1,5: 3. Nawierzchnia składała się z płyt o wymiarach 1,5x1,5 m. Wykonane w 1962 odwierty w nawierzchni wykazały, że wytrzymałość tych płyt betonowych wynosi ok. 56 MPa [2].

W tym miejscu można wspomnieć, że w 1837 roku na placu de la Concorde w Paryżu ułożono pierwszą nawierzchnię z płyt asfaltowych, a w 1858 r. – również w Paryżu – zbudowano jezdnię o nawierzchni, w której spoiwem był asfalt.

Pierwsza nawierzchnia betonowa – w dzisiejszym tego słowa znaczeniu – pojawiła się w Stanach Zjednoczonych w 1909 roku, w powiecie Wayne (północna część dzisiejszego miasta Detroit, kolebki amerykańskiego przemysłu samochodowego). Nawierzchnia miała długość jednej mili, szerokość 4,5 m, grubość płyt betonowych wynosiła 17,5 cm, szczeliny rozszerzania z drewnianymi wkładkami występowały co 7,5 m. Skład betonu był podobny jak w Bellefontaine [4]. Warto wspomnieć, że w tym samym roku w zakładach Forda w Detroit rozpoczęto seryjną produkcję samochodu, tzw. modelu T.

W północnej części miasta Detroit w pobliżu Pal-



mer Park znajduje się tablica, na której widnieją słowa (w tłumaczeniu na język polski):

„W 1909 roku w powiecie Wayne wybudowano pierwszą milę drogi betonowej w świecie, tu w Woodward, między drogami Six i Seven Mile. Z dalszych i bliższych okolic przybywali budowniczy dróg, aby zobaczyć, jak droga zachowywała się pod ciężkim ruchem tego czasu. Sukces tego eksperymentu przyspieszył rozwój nowoczesnych dróg samochodowych. Droga kosztowała 13.537 dolarów, włączając w to 1000 dolarów pomocy państwa. Droga została zastąpiona w 1922 roku przez szeroką arterię”.

Amerykanie w latach 20. XX wieku wybudowali wiele odcinków dróg z nawierzchniami betonowymi. Równocześnie prowadzili prace studialne w zakresie projektowania grubości tych nawierzchni. W 1926 roku prof. Westergaard [5] podał teorię płyt o skończonych wymiarach leżącą na podłożu typu Winklera i obciążoną w trzech charakterystycznych punktach: w środku, na krawędzi i w narożu. Teoria ta została zweryfikowana w 1930 roku na poligonie Arlington w USA. Do dnia dzisiejszego projektanci korzystają z wyników prac prof. Westergaarda.

W ramach realizowanego programu budowy autostrad Interstate Highway System (w skrócie IHS) w Stanach Zjednoczonych, rozpoczętego w 1956 roku, a zakończonego w 1972 roku, gdzie łączna długość sieci autostrad międzystanowych wynosiła 75 000 km, 75% tych autostrad miało nawierzchnię betonową.

Duży wpływ na rozwój nawierzchni betonowych wywarły badania prowadzone na wielką skalę na poligonach drogowych, głównie w USA. Do bardziej znanych należą: badania na poligonie w Arlington, gdzie zweryfikowano model Westergaarda oraz badania na poligonach WASHO (1953 r.) i AASHO (1958-1962).

Niemcy przed II wojną światową w latach 1926-1933, jako pierwsze państwo na świecie, opracowały sieć autostrad o docelowej długości 14 tys. km. W 1925 roku powstały pierwsze w Niemczech wytyczne do budowy nawierzchni drogowych z betonu cementowego opracowane przez drogowe biuro studyjno-projektowe (Studiengesellschaft für Automobilstrassen – STUFA) [2]. W 1933 roku pojawiły się pierwsze wytyczne do budowy nawierzchni betonowych na autostradach.

Do 1939 roku Niemcy wybudowali 52 mln m kw. dróg o nawierzchni betonowej, z czego ok. 41 mln m kw. na autostradach.

Na zdjęciach przedstawiono widok nawierzchni betonowej wybudowanej przez Niemców przed II wojną światową.

Wybudowana w 1934 roku pierwsza autostrada francuska biegnąca z Paryża na zachód (l'autoroute de l'ouest) miała również nawierzchnię betonową.

### Rozwój nawierzchni betonowych w Polsce

W Polsce pierwszą nawierzchnię betonową wybudowano w 1912 roku w Krakowie [6]. Na szerszą skalę nawierzchnie te stosowano na ulicach Krakowa od 1924 roku. W 1935 roku powstały pierwsze „Wytyczne budowy nawierzchni betonowych” opracowane w Drogowym Instytucie Badawczym. Jednym z pierwszych odcinków wybudowanych zgodnie z tymi przepisami był odcinek drogi Radzymin – Wyszaków. W latach 50. wybudowano w Polsce ok. 700 km dróg o nawierzchni z betonu cementowego. Niestety, nawierzchnie te nie były odporne na działanie soli używanej podczas zimowego utrzymania i uległy korozji. Pierwsza norma do budowy nawierzchni pojawiła się w 1953 roku, a ostatnia jej wersja w 1975 roku i obowiązuje do dnia dzisiejszego.

W latach 70. i 80. nawierzchnie betonowe budowano w Polsce jedynie na lotniskach. Dopiero w 1995 roku wybudowano 17 km dwujezdniowej drogi A18 o nawierzchni z betonu cementowego wykorzystując m.in. materiał pochodzący ze starych recyklowanych płyt betonowych.

Obecnie został rozstrzygnięty przetarg na modernizację fragmentu autostrady A4 na odcinku Wrocław – Legnica (jezdnia południowa), gdzie będzie budowana konstrukcja nawierzchni z betonu cementowego.

### Rozwój konstrukcji

Nawierzchnie betonowe przeszły ewolucję i rewolucję technologiczną w porównaniu do swoich pierwowzorów z początku lat 20. XX wieku.

Już w latach 30. na podstawie obliczeń Westergaarda uznano, że odstęp między szczelinami poprzecznymi powinny być krótkie. Mimo to stosowano odstęp od 8 do 25 m. Taki wybór spowodowa-

ny był mniejszymi nakładami na wykonanie i utrzymanie szczelin. Odstęp między szczelinami rozszerzania wynosiły od 3- do 10-krotności odstępów między szczelinami pozornymi. Jednakże z czasem powszechny stał się pogląd, że nawierzchnie betonowe można także budować bez szczelin rozszerzania, gdyż beton bez uszczerbku przenosi siły ściskające.

Od lat 30. poza dyskusją pozostaje konieczność dyblowania i kotwienia płyt. Niezbędną liczbę dybli i kotew określano różnie, zmieniając ich rozstaw. Ochronę dybli i kotew przed korozją, któremu to zagadnieniu początkowo nie poświęcano uwagi, obecnie zapewnia się poprzez ich powleczenie warstwą sztucznego tworzywa.

Ponieważ przy stosowaniu długich płyt obserwowano ich pęknięcia poprzeczne, zaczęto stosować wkładki stalowe, a z czasem zbrojenie ciągłe. W Europie prace w tym zakresie podejmowane były na początku lat 50., głównie w Niemczech. W niektórych krajach, np. Belgii, technologia ta z powodzeniem stosowana jest do dnia dzisiejszego.

Problem likwidacji pęknięć długich płyt próbowano rozwiązać nie tylko poprzez zbrojenie ciągłe, ale również poprzez zastosowanie betonu sprężonego. Na początku lat 50. wykonano odcinki próbne na drogach w Wielkiej Brytanii oraz Niemczech. Po tych próbach zaniechano stosowania betonu sprężonego w drogownictwie. Wykonano natomiast wiele nawierzchni lotniskowych. Pierwsze prace prowadzone były we Francji na lotnisku Orly przez Freyssineta.

Za przełomowe wydarzenia w historii budowy dróg o nawierzchni betonowej należy uznać zmniejszenie odległości pomiędzy szczelinami poprzecznymi do 5 m, wprowadzenie podbudów płyt betonowych, wprowadzenie obowiązku stosowania domieszek napowietrzających beton oraz zastosowanie środków pielęgnacji świeżego betonu. W dzisiejszych czasach podstawowym problemem związanym z budową nawierzchni betonowych jest wykonanie betonu charakteryzującego się wysoką odpornością na zamarzanie, oblodzenie oraz środki zimowego utrzymania.

Dzisiaj mieszankę betonową wykonuje się w zautomatyzowanych nowoczesnych węzłach betoniarских, a samochody transportują ją na niewielkie odległości. Nowoczesne rozkładarki z deskowaniami ślizgowymi sterowane są elektronicznie z wielką precyzją. Nawet wielowarstwowe nawierzchnie betonowe mogą być układane w jednym ciągu technologicznym. Wydajność maszyn układających znacznie wzrosła, czas budowy się obniżył, a równość znacznie polepszyła. Współczesne maszyny mogą układać nawierzchnię o szerokości ponad 15 m przy dziennym tempie sięgającym 1200 m.

Po prawie 100 latach eksploatacji drogowych nawierzchni betonowych współcześnie można wyróżnić następujące ich rodzaje:

- niezbrojone i niedyblowane
- niezbrojone, ale dyblowane
- zbrojone ze szczelinami dyblowanymi
- ze zbrojeniem ciągłym
- z betonu wałowanego
- z betonu sprężonego.

## Podstawowe zalety

- Poprawnie zaprojektowana i wykonana nawierzchnia betonowa posiada wiele zalet. Należą do nich:
- wysoka nośność i zdolność przenoszenia obciążeń
  - odporność na odkształcenia trwałe
  - jasny kolor
  - dobre cechy eksploatacyjne
  - niskie koszty utrzymania.

Nawierzchniowa płyta betonowa przenosi obciążenia samoistnie, redukując w znacznym stopniu obciążenie podbudów, co przyczynia się do znacznego obniżenia ich odkształceń. Nawierzchnie betonowe charakteryzują się wysoką zdolnością do przenoszenia obciążeń, nawet w przypadku obciążeń punktowych. Wzrost grubości pociąga za sobą znaczne zwiększenie zdolności do przenoszenia obciążeń, co jest bardzo korzystne w odniesieniu do wzrastających obciążeń osiowych i ogólnego wzrostu natężenia ruchu.

Poprawnie zbudowana nawierzchnia betonowa bez problemu osiąga 20-letni okres użytkowania, a standardem jest okres 30-letni.

Drogi o nawierzchniach betonowych odznaczają się wysoką odpornością na odkształcenia w pełnym zakresie temperatur. Nie powstają na nich koleiny, a woda powierzchniowa spływa bez problemów.

Jasny kolor betonowej nawierzchni drogi przyczynia się do bezpieczeństwa ruchu drogowego, szczególnie podczas jazdy o zmroku lub w deszczu – przeszkody są na drodze szybciej i lepiej rozpoznawalne. Jasna barwa betonu pozwala zredukować koszty oświetlenia drogowego. Według badań szwajcarskich, koszty oświetlenia przy nawierzchniach betonowych stanowią jedynie 43% kosztów oświetlenia dróg o nawierzchniach wykonanych z mieszanek mineralno-asfaltowych.

Nawierzchnie betonowe uchodzą za bezpieczne ze względu na dostateczną szorstkość i szczepność, co związane jest z możliwością szybkiego odprowadzania wody spod kół samochodów.

**prof. nadzw. dr hab. inż. Antoni Szydło**  
**Instytut Inżynierii Lądowej**  
**Politechniki Wrocławskiej**

## Literatura

1. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych, GDDP, Warszawa 2001
2. Eisenmann J., Betonfahrbahnen. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf 1979
3. Neville A. M. Właściwości betonu, Polski Cement, Kraków 2000
4. Concrete International. The first mile of concrete highway, nr 10/1979
5. Westergaard H. M., Theory of concrete pavements design, Proc. HRB 1927
6. Rolla S., Nowoczesne nawierzchnie betonowe, WKiŁ, Warszawa 1983

