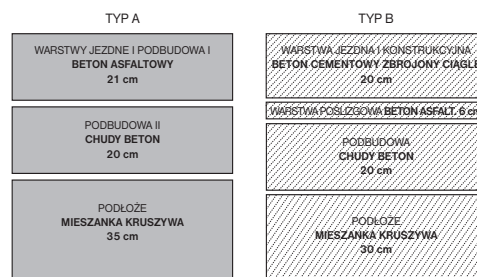


# Asfalt czy beton – doświadczenia belgijskie

Zeszyt techniczny nr 19 (czerwiec 2002) Walońskiego Ministerstwa Infrastruktury i Transportu (MET) przynosi interesujące porównanie efektywności ekonomicznej budowy i eksploatacji odcinków autostrad betonowych i asfaltowych w Belgii. Warto przyrzeć się doświadczeniom kraju, w którym obie technologie od lat współistnieją, stwarzając pole dla obiektywnych analiz.



Rys. 1 – Przyjęte konstrukcje nawierzchni

## Autostrady w Belgii

Belgowie dość wcześnie dostrzegli konieczność równoważnego traktowania technologii betonowej i bitumicznej w budownictwie drogowym. Efektem tego jest powstanie kilku tysięcy kilometrów różnego typu autostrad, wykonywanych ściśle jedną metodą, bądź też łączących je ze sobą, nawet na jednym odcinku. Połączenie takie mogło dotyczyć:

- pionowego układu konstrukcyjnego, kiedy na podbudowie z chudego betonu układano warstwę poślizgową z betonu asfaltowego, wyżej zaś płytę betonową, tu zwykle zbrojoną ciągle (z tak wykonanej warstwy poślizgowej, nie zawsze zresztą sprawdzającej się, zrezygnowano w 1981 roku, co było z kolei powodem powstania zniszczeń płyty betonowej)
- przekroju poprzecznego drogi, w przypadku zastosowania na jego najbardziej obciążonych elementach (jednym lub kilku pasach ruchu) konstrukcji z płytą betonową, zaś na mniej obciążonych (pasach awaryjnych, opaskach) – warstw bitumicznych.

Do zebrania danych dla sporządzenia omawianej analizy wybrano dwa odcinki autostrady A15, położonej w ciągu międzynarodowej trasy E42, prowadzącej od wybrzeża francuskiego na wschód od Calais, przez Lille i Mons, do węzła autostradowego w okolicach stolicy Walonii – Liège. Odcinki te, o długości 20 km każdy, zostały zbudowane w alternatywnych technologiach na początku

lat siedemdziesiątych i położone są pomiędzy miastami Namur i Charleoi. Ponadtrzydziestoletni okres eksploatacji w tych samych warunkach ruchowych i klimatycznych dostarczył tu bardzo wiarygodnych informacji na temat zakresu i częstości wykonywanych robót utrzymaniowych i posłużył do sporządzenia scenariuszy dla przyjętych do rozważań konstrukcji.

## Konstrukcje nawierzchni

Porównaniu poddano typowe w Belgii konstrukcje nawierzchni sztywnej i podatnej, o tej samej całkowitej grubości. Cechą dla nich wspólną jest zastosowanie podbudowy z chudego betonu na podłożu z mieszanki kruszywa o zróżnicowanym uziarnieniu. Przekroje konstrukcyjne tych nawierzchni przedstawione są na rys. 1.

Zdefiniowane konstrukcje znalazły zastosowanie w różnych wariantach przekrojów poprzecznych jezdni autostrad (rys. 2), zgodnych z najczęściej spotykanymi w kraju i zarazem będących, po części, odzwierciedleniem odcinków drogi A15:

- WARIANT 1 – płyta betonowa (szer. 7,20 m) tylko na nawierzchni jezdni, pas awaryjny i opaska wewnętrzna – asfaltowe; to dość chętnie stosowane rozwiązanie ograniczało koszty budowy drogi, niestety obniżało też trwałość płyty w strefie krawędziowej, którą prowadził ślad kół pojazdów ciężkich
- WARIANT 2 – płyta betonowa (szer. 8,00 m) na powierzchni jezdni i częściowo na pasie awa-

Rys. 2. Typy konstrukcji nawierzchni w poszczególnych wariantach przekrojów poprzecznych autostrad podlegających porównaniu

TYP KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI						
PAS DZIELĄCY		JEZDNIA			PAS AWARYJNY	WARIANT PRZEKROJU POPRZECZNEGO
ZIELEŃ	OPASKA	PAS RUCHU	PAS RUCHU	PAS AWARYJNY		
	1,25 m	3,60 m	3,60 m	2,80 m		
SZEROKOŚĆ ZMIENNA	TYP BA	TYP B			TYP BA	1
	TYP BA	TYP B			TYP BA	2
	TYP BA	TYP B				3
		TYP B				4
		TYP A				5

W typie BA płyta betonowa na pasie awaryjnym i/lub opasce wewnętrznej, zastąpiona jest warstwami asfaltowymi

ryjnym i opasce wewnętrznej, które w zasadniczej swojej części pozostają asfaltowe; zastosowanie tego wariantu minimalizuje efekt krawędziowy, a jednocześnie w budowie jest tańsze od płyty na całej szerokości przekroju

- WARIANT 3 – płyta betonowa (szer. 10,30 m) na powierzchni jezdni i pasa awaryjnego oraz częściowo na opasce wewnętrznej
- WARIANT 4 – płyta betonowa na całej szerokości przekroju (szer. 11,05 m); obecnie jest to rozwiązanie preferowane przy budowie nowych odcinków autostrad
- WARIANT 5 – nawierzchnia bitumiczna na całej szerokości przekroju (szer. 11,05 m); będąca standardowym sposobem wykonania autostrad asfaltowych.

### Założenia obliczeniowe

Analiza efektywności ekonomicznej w odniesieniu do obiektów drogowych jest wielokryterialną oceną

wymagającą uwzględniania wielu czynników w odpowiednio długim czasie. W Polsce jeden ze sposobów jej wykonywania podaje instrukcja wydana przez GDDP. Analiza belgijska została ograniczona do porównania kosztów budowy drogi (tylko konstrukcji nawierzchni – bez robót ziemnych, obiektów inżynierskich i innych urządzeń) i jej eksploatacji (również tylko w zakresie nawierzchni). Wykonano ją przy ogólnych założeniach:

a) warunków ruchowych autostrady A15, tj. około 40-46 tys. pojazdów na dobę w obydwu kierunkach w roku 1999 i wzroście ruchu 3,7-4,3% rocznie w latach 1990-1999

b) okresu obliczeniowego o długości 50 lat

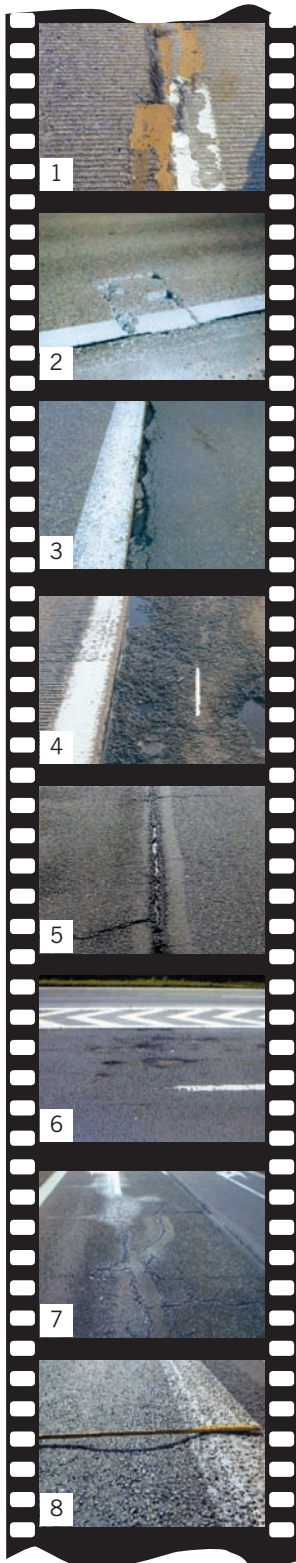
c) belgijskich warunków finansowych i wynikającego z nich czynnika dyskontującego (2,6 %), służącego do sprowadzenia kosztów do przyjętego do obliczeń roku 2001.

Pominięcie pozostałych czynników, szczególnie mających związek z warunkami lokalnymi, wpływa

Tab. 1. Scenariusze zabiegów utrzymaniowych wraz z ich kosztami

Lp.	USZKODZENIE	SPOSÓB NAPRAWY	PRZYJĘTA CZĘSTOTLIWOŚĆ I ZAKRES WYKONYWANIA	KOSZT NAPRAW DLA 1 km AUTOSTRADY W OKRESIE 50 LAT [euro/km]	
<b>NAWIERZCHNIE BETONOWE - WARIANTY 1-4</b>					
1	<b>Uszkodzenia wypełnień</b>	Oczyszczenie i wypełnienie szczelin masą zalewową	Co siedem lat od trzynastego roku od budowy; na 1 950 m (warianty 3, 4) lub 1 300 m (warianty 1, 2) na km każdej jezdni	Wariant 1 Wariant 2 Wariant 3 Wariant 4	29 184,02 29 184,02 35 790,35 35 790,35
2	<b>Uszkodzenia płyty betonowej</b>	Usunięcie uszkodzonej nawierzchni, doraźne zabezpieczenie, naprawa w technologii betonowej	Zróżnicowany w zależności od wariantu - co 3 do 10 lat; na 9m <sup>2</sup> na km każdej jezdni	Wariant 1 Wariant 2 Wariant 3 Wariant 4	101 604,21 35 679,54 28 365,59 28 365,59
3	<b>Uszkodzenia naw. bitum. pasa awaryjnego i opaski oraz ich połączeń z nawierzchnią betonową</b>	Wymiana nawierzchni bitumicznej na szerokości 1 m, wypełnienie nowego połączenia masą zalewową	Zróżnicowany w zależności od wariantu - co 7 do 20 lat, oprócz roku, w którym wykonywany jest zabieg nr 4	Wariant 1 Wariant 2 Wariant 3 Wariant 4	330 473,44 191 259,31 39 496,48 0,00
4	<b>Koniec okresu eksploatacji nawierzchni bitumicznej pasa awaryjnego</b>	Wymiana 5 cm warstwy ścieralnej na szer. 2,50 m	W 30. roku eksploatacji	Wariant 1 Wariant 2 Wariant 3 Wariant 4	14 930,00 13 236,56 0,00 0,00
<b>RAZEM</b>				<b>Wariant 1 Wariant 2 Wariant 3 Wariant 4</b>	<b>476 191,67 269 359,42 103 652,41 64 155,93</b>
<b>NAWIERZCHNIE BITUMICZNE - WARIANT 5</b>					
5	<b>Uszkodzenia szwów wzdłużnych</b>	Oczyszczenie i uszczelnienie szwu masą bitumiczną	Co 4 lata od budowy lub wykonania zabiegów nr 8 lub 9, na pełnej długości dwu szwów każdej jezdni		13 093,42
6	<b>Wyboje</b>	Usunięcie uszkodzonej nawierzchni, doraźne zabezpieczenie, naprawa na gorąco	Co rok od czwartego roku od budowy lub wykonania zabiegów nr 8 lub 9, jedna naprawa na km każdej jezdni		6 961,27
7	<b>Spękania (w tym spękania odbite)</b>	Usunięcie warstwy spękanej i ułożenie nowej	Co rok od czwartego roku od budowy lub wykonania zabiegów nr 8 lub 9, na 100 m <sup>2</sup> na km każdej jezdni		95 266,17
8	<b>Koleiny powierzchniowe i strukturalne</b>	Wymiana warstwy 4 cm pasa słabiej obciążonego (lewego) i 16 cm pasa bardziej obciążonego (prawego)	Co siedem lat oprócz roku całkowitej wymiany nawierzchni (zabieg nr 9)		672 218,12
9	<b>Koniec okresu eksploatacji</b>	Wymiana warstw konstrukcyjnych: 4 cm warstwy ścieralnej na całej szerokości (wymiana na mieszankę SMA) 12 cm niższych warstw na pasie prawym	W 28. roku eksploatacji		122 122,38

Rys. 3. Uszkodzenia nawierzchni betonowych i asfaltowych (numery wg opisu w tab. 1)



na większą uniwersalność uzyskanych wyników. Nie należy jednak zapominać o uwzględnianiu ich w szczegółowych analizach. Dotyczy to m.in.:

- kosztów ruchu pojazdów, także dla różnych rodzajów nawierzchni
  - kosztów ograniczeń ruchu drogowego wynikających z przeprowadzania zadań konserwacyjno-remontowych, w częstości adekwatnej do zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych
  - kosztów wypadków drogowych
  - kosztów uciążliwości dla środowiska naturalnego, związanych z pozyskiwaniem i produkcją materiałów do budowy dróg, emisją spalin przez pojazdy poruszające się drogą i innych.
- Dla niektórych wymienionych wyżej czynników można, nawet bez sporządzania szczegółowych kalkulacji, wskazać konsekwencje finansowe wyboru danego typu nawierzchni. Przykładowo według badań kanadyjskich z roku 2000, zużycie paliwa przez samochody ciężarowe poruszające się w okresie letnim na konstrukcji podatnej jest większe niż na konstrukcji sztywnej.

### Wyniki porównań

Obliczone koszty budowy kilometra nawierzchni dwu jezdni autostrady o ustalonym przekroju konstrukcyjnym i poprzecznym zostały zestawione na rys 4. Dla różnych wersji nawierzchni betonowych układają się one, zgodnie z przewidywaniami, na poziomie 30-40% wyższym niż dla konstrukcji asfaltowej (wariantu nr 5). Wynika to z większej energochłonności produkcji cementu i betonu, jak również specyfiki nawierzchni betonowej, zwykle wymagającej ukształtowania szczelin dylatacyjnych, a tu zbrojonej zbrojeniem ciągłym.

Obliczenie kosztów utrzymania zostało wykonane przy założeniu scenariuszy zabiegów utrzymaniowych, na podstawie doświadczeń z odcinków drogi A15. Scenariusze wraz z wyliszczonymi dla nich kosztami na 1 km dwujezdniowej autostrady, w okresie 50-letniej jej eksploatacji, zestawiono w tab. 1, a odpowiadające im uszkodzenia zobrazowano na rys. 3. Należy podkreślić, że uwzględnienie kosztu całkowitej wymiany części warstw konstrukcyjnych po upływie ich obliczeniowego okresu trwałości (poz. 4 i 9) jest również poprawne, jak powszechna (choćby w Polsce – niestety) jest praktyka eksploataowania na-

wierzchni daleko powyżej czasu, na jaki jest projektowana, kosztem jej totalnej degradacji. Podobna uwaga dotyczyć może pozostałych zabiegów utrzymaniowych. W efekcie, na skutek przyjęcia zbyt „wyidealizowanych” scenariuszy, sumaryczne koszty utrzymania podane w tabeli mogłyby być bardziej zbliżone do stanu pożądanego niż faktycznego. Z drugiej jednak strony efekt ten po części kompensowany jest przyjętymi zawyżonymi – choćby w porównaniu z wytycznymi polskimi – okresami eksploatacji drogi.

Jak łatwo zauważyć na rys. 4, koszty utrzymania dla konstrukcji bitumicznej są od blisko dwu- do czternastokrotnie wyższe niż odpowiedniego wariantu betonowego. Czynnikiem cenotwórczym decydującym o takich proporcjach jest konieczność wykonywania napraw kolein. Superpozycja kosztów budowy i eksploatacji wskazuje na ekonomiczne uzasadnienie budowy każdego z wariantów drogi betonowej, w porównaniu z droższą o 16 do 55% drogą asfaltową. Jednocześnie pozornie „oszczędne” warianty przekrojów dróg betonowych z pasami awaryjnymi i opaskami wewnętrznymi z konstrukcji podatnej, okazują się w konsekwencji nawet o 33% droższe od przekroju wykonanego w całości z betonu.

### Podsumowanie

Wnioski płynące z analizy materiału zamieszczonego w zeszycie MET nr 19/2002 potwierdzają słuszność wyboru typu konstrukcji nawierzchni na nowo budowanych drogach belgijskich, takich jak autostrada E429 Bruksela – Tournai czy droga szybkiego ruchu Antwerpia – Knooke. Zastosowano tam rozwiązania z płytą betonową o zbrojeniu ciągłym, na całej szerokości przekroju (wariant nr 4). Doświadczenia belgijskie powinny również skłaniać do przemyśleń związanych z naszym programem budowy autostrad i dróg szybkiego ruchu. Każde przedsięwzięcie powinno poprzedzać wykonanie rzetelnej oceny efektywności ekonomicznej alternatywnych wariantów, będącej później przesłanką do realizacji rozwiązania tańszego w całym okresie pracy drogi. Jak się bowiem okazuje, wybudowanie nawierzchni tańszej potrafi skutkować bardzo wysokimi kosztami jej eksploatacji.

inż. Jan Kuczałek

Rys. 4. Koszt budowy i utrzymania 1 km nawierzchni autostrady w ustalonym wariantcie w okresie 50 lat

