

STEFAN REWIŃSKI<sup>1</sup>

henrieta@tlen.pl

## Nawierzchnia z betonu cementowego z odsłoniętym kruszywem – doświadczenia krajowe. Część 1.

Od grudnia 2011 r. użytkownicy mogą jeździć ponad stu pięćdziesięciokilometrowym odcinkiem autostrady A2 Nowy Tomyśl-Świecko o nawierzchni z betonu cementowego. Przy jego budowie po raz pierwszy w Polsce zastosowano nawierzchnię betonową o tzw. odsłoniętym kruszywie.

Technologia wykonywania nawierzchni z betonu cementowego z odsłoniętym kruszywem (niem. *Waschbeton*, ang. *NTS*) polega na usunięciu, z górnej powierzchni nowo ułożonych płyt betonowych, zaprawy cementowo-piaskowej i pozostawieniu na jej powierzchni wystających ziaren grubego kruszywa związanego z betonem płyty. W efekcie odpowiednich zabiegów technologicznych na powierzchni nawierzchni betonowej uzyskuje się teksturę płukanego betonu, która powoduje obniżenie hałasu na styku opon pojazdów z nawierzchnią, poprawę bezpieczeństwa użytkowników poprzez podwyższoną szorstkość i zmniejszenie zjawiska powstawania akwaplaningu.

Odcinek autostrady A2 Nowy Tomyśl-Świecko o długości 105,9 km, został wybudowany w latach 2009-2011 w systemie koncesyjnym, obejmującym budowę, utrzymanie oraz eksploatację w okresie objętym koncesją, tj. do 2037 r. [1], [2], [3].

### Partnerzy przedsięwzięcia i ich zadania

W imieniu Rządu RP stroną umowy koncesyjnej jest minister właściwy do spraw transportu (w sierpniu 2008 r. umowę podpisał Minister Infrastruktury), natomiast instytucją odpowiedzialną za jej realizację jest Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. Koncesjonariuszem jest spółka Autostrada Wielkopolska II S.A. – spółka celowa powiązana z Autostradą Wielkopolską S.A. Jej akcjonariuszami są: Kulczyk Holding S.A. (40%), Meridiam A2 West S.a.r.l. (40%), Strabag AG (10%) oraz KWM Investment GmbH (10%). Generalnym wykonawcą (spółką realizacyjną) przedsięwzięcia jest spółka celowa A2 Strada, której akcjonariusze to: Kulczyk Holding S.A. (50%) oraz Strabag AG (50%). Spółką eksploatacyjną odpowiedzialną za eksploatację autostrady jest spółka celowa Autostrada Eksploatacja S.A., utworzona przez akcjonariuszy AWSA: Transroute International S.A., Kulczyk Holding S.A. i Strabag AG, należąca do: Kulczyk Holding S.A. (47,5%), Egis Road Operation (42,95%), A-WAY Infrastrukturprojektwicklungs-und-betriebs GmbH (9,55%) oraz Autostrada Wielkopolska S.A. (1%). Wykonawcą nawierzchni betonowej została wybrana firma Heilit & Woerner (grupa Strabag SE).

<sup>1</sup> mgr inż. Stefan Rewiński na budowie odcinka autostrady A2: Nowy Tomyśl-Świecko był inspektorem nadzorującym wykonanie nawierzchni z betonu cementowego z odsłoniętym kruszywem.



Rys. 1. Lokalizacja odcinka A2 od Nowego Tomysła do Świecka [1]

### Terminy realizacji przedsięwzięcia

W przyjętym przez strony harmonogramie ustalono rozpoczęcie budowy w lipcu 2009 r. i oddanie autostrady do ruchu pod koniec listopada 2011 r., a do pełnej eksploatacji jeszcze przed mistrzostwami EURO 2012. Autostrada została oddana do ruchu 1 grudnia 2011 r., początkowo bez poboru opłat. Przez pół roku przejazd odcinkiem A2 Świecko-Nowy Tomyśl był bezpłatny. Punkty poboru opłat zostały uruchomione 21 maja 2012 roku.

### Założenia i cele przedsięwzięcia

Odcinek Świecko-Nowy Tomyśl miał w założeniu uzupełnić brakujące połączenie z granicą polsko-niemiecką, łącząc tym samym tereny Polski zachodniej i centralnej, z krajami Unii Europejskiej za pomocą sieci autostrad, a docelowo – stanowiąc infrastrukturalne zbliżenie między Warszawą i innymi polskimi miastami, a Berlinem. Od 1 grudnia 2011 r. przejazd na trasie Poznań – Berlin ma trwać około 2 h. Odcinek Świecko-Nowy Tomyśl pełnił także znaczącą rolę w komunikacji związanej z EURO 2012.

Na odcinku A2 Świecko-Nowy Tomyśl obowiązuje system wynagradzania spółki oparty o opłatę za dostępność autostrady. Polega on na tym, że zgodnie z umową na budowę i eksploatację Skarb Państwa wydzierżawił AWSA II grunt pod budowę autostrady, powierzając spółce wybudowanie drogi w ciągu 2,5 roku oraz prowadzenie eksploatacji przez kolejne 25 lat, w zamian za to spółka otrzymywać będzie

określoną w umowie opłatę miesięczną za zapewnienie pełnej dostępności autostrady jej użytkownikom. Jako koncesjonariusz AWSA nie staje się właścicielem A2, lecz wypełnia warunki umowy koncesyjnej przez 40 lat, czyli do 2037 r. Grunt pod autostradą przez cały czas pozostaje własnością Skarbu Państwa, od czego spółka co roku odprowadza opłatę dzierżawną w wysokości ponad 7 mln zł. Podstawowym zadaniem AWSA II, zapisanym w umowie koncesyjnej jest zorganizowanie finansowania przedsięwzięcia, wybudowanie autostrady za zgromadzone środki, a następnie utrzymywanie drogi w odpowiednim, wysokim standardzie oraz pobór opłat na rzecz Skarbu Państwa. Za te czynności AWSA II otrzymywać będzie odpowiednie wynagrodzenie od partnera publicznego, które pozwoli na spłatę kredytów i zapewni sponsorom projektu zwrot zainwestowanych środków.

Maksymalną przepustowość dwujezdniowej trasy (roczną średnią liczbę pojazdów na dobę) oszacowano na około 41 tysięcy pojazdów. Zgodnie z prognozami przedstawionymi przez władze polskie ten poziom zostanie najprawdopodobniej osiągnięty, na niektórych fragmentach odcinka Świecko-Nowy Tomyśl, do 2038 r., kiedy to przewiduje się dodanie trzeciego pasa ruchu.

## Podział ryzyk

Ryzyko budowlane ponosi w głównej mierze AWSA II. Jako że koszt budowy został ustalony z góry, koncesjonariusz ponosi ryzyko związane z nieprzewidywalnymi wydarzeniami, takimi jak przekroczenie kosztów budowy, braki projektowe, konieczność przeprowadzenia dodatkowych prac budowlanych, warunki gruntowe, dostępność materiałów i siły roboczej, opóźnienia względem programu prac itd. W tym ostatnim przypadku władze polskie mogły zerwać umowę, co dla AWSA II skutkowało by utratą 30% wniesionego kapitału.

Ryzyko związane z natężeniem ruchu ponosi w głównej mierze państwo. Wysokość opłat za przejazd określa państwo, a przychody z pobieranych opłat przekazywane są do państwa.

## Aspekty finansowe

W dniu 29 czerwca 2009 r. spółka AWSA II podpisała plan finansowy stanowiący integralną część umowy koncesyjnej zawartej z rządem, określający koszty realizacji projektu A2 na odcinku Świecko-Nowy Tomyśl. Cena jednego kilometra autostrady A2 na odcinku Świecko-Nowy Tomyśl wyniosła 9,656 mln euro. Całkowity koszt realizacji projektu określono jako 1,6 mld euro, w tym 84,5% stanowią bezpośrednie koszty budowy i projektowania w pełni wyposażonej i przygotowanej do eksploatacji autostrady, natomiast 15,5% ujęte w Księdze Założeń to:

### 1) w okresie budowy:

- koszty przygotowawcze na potrzeby zamknięcia finansowego (przygotowanie analiz i opracowanie modelu finansowego, doradztwo prawne, finansowe, ubezpieczeniowe, część prac projektowych),
- koszty przygotowania eksploatacji autostrady i zakupu odpowiedniego wyposażenia,

- wynagrodzenie niezależnego inżyniera,
- ubezpieczenie,
- dostosowanie infrastruktury poboru opłat na odcinku Nowy Tomyśl-Poznań do systemu zamkniętego, czyli takiego, który będzie stosowany na nowo budowanym odcinku,
- budowa specjalnych ekranów ochronnych dla nietoperzy oraz poszerzenie przejść dla zwierząt,
- opłaty i odsetki od udzielonych kredytów w okresie budowy ok. 175 mln euro.

### 2) w całym okresie objętym koncesją, tj. do 2037 r.:

- czynsz dzierżawny i opłata koncesyjna,
- opłaty i odsetki od zaciągniętych kredytów i pożyczek,
- wynagrodzenie za utrzymanie autostrady, pobór opłat i zapewnienie bezpieczeństwa;
- koszty napraw i wymiany sprzętu, a w tym malowanie pasów, odnawianie oznakowania drogowego, remonty wia-  
duktów i budynków itp.,
- koszty wybudowania i przebudowy wybranych węzłów i innych obiektów autostradowych,
- przeprowadzenie modernizacji nawierzchni w latach 2025, 2030 i 2035,
- koszty spółki (w tym m.in. wynagrodzenie doradców zarówno koncesjonariusza, jak i banków kredytujących przedsięwzięcie).

Środki finansowe pochodziły z trzech źródeł:

- kredytu udzielonego przez Europejski Bank Inwestycyjny w kwocie 1 mld euro (ok. 62% wartości projektu). To najwyższe i bezprecedensowe zaangażowanie EBI w projekt infrastrukturalny w Polsce;
- kredytów udzielonych przez 11 zagranicznych i polskich banków komercyjnych w kwocie 400 mln euro (ok. 26% wartości projektu); banki udzieliły dodatkowo kredytu na sfinansowanie wydatków VAT w wysokości do 150 milionów zł. Środki finansowe na realizację inwestycji zapewniły następujące banki komercyjne: BBVA S.A., Bank Pekao S.A., BRE Bank S.A., Caja Madrid, Calyon, Deutsche Bank AG, Espirito Santo Investment, KfW IPEX-Bank GmbH, PKO BP, Societe Generale, WestLB;
- środków własnych koncesjonariusza w kwocie 186 mln euro stanowiących ok. 12% całkowitych kosztów realizacji, a w tym:
  - kapitału akcyjnego (50 mln euro);
  - pożyczki od akcjonariuszy (136 mln euro).

Na podstawie opracowanego na cały okres koncesji (do 2037 r.) modelu finansowego, planu wpływów i wydatków związanych z budową, finansowaniem i eksploatacją autostrady płatnej A2 na odcinku Świecko-Nowy Tomyśl, szacuje się, iż AWSA II, Spółka Eksploatacyjna i Spółka Budowlana odprowadzą w okresie trwania koncesji do Skarbu Państwa około 1,3 mld zł z tytułu podatku VAT i dochodowego.

## Najważniejsze daty związane z realizacją odcinków autostrady A2 w systemie koncesyjnym

**1993 r.** – rejestracja spółki Autostrada Wielkopolska SA do wybudowania i eksploatacji pierwszej polskiej autostrady płatnej ze Świecka do Konina.

**1995 r.** – udział i wygrana w dwustopniowym międzynarodowym przetargu na budowę i eksploatację autostrady płatnej A2 ze Świecka do Strykowa. Przetarg ogłoszony był na trzy koncesje: Świecko-Nowy Tomyśl, Nowy Tomyśl-Konin i Konin-Stryków.

**1997 r.** – udzielenie trzech koncesji Autostradzie Wielkopolskiej SA. Podpisanie umowy koncesyjnej i dalsze negocjacje z rządem z uwagi na konieczność ustalenia warunków finansowych inwestycji; podpisanie następujących czterech aneksów do umowy koncesyjnej, stanowiących bazę do uzgodnień i organizacji finansowania.

**1998 r.** – wyłączenie z koncesyjnego zakresu finansowania i budowy 13,3 km odcinka obwodnicy Poznania (sfinansowanego z grantu Phare, pożyczki z Europejskiego Banku Inwestycyjnego i środków z budżetu państwa).

Uchylenie koncesji Konin-Stryków. Ustalenie z rządem, że AWSA zbuduje i będzie eksploatować autostradę A2 od Świecka do Konina (255 km). Przedsięwzięcie zostało podzielone na dwa etapy realizacji:

- budowa autostrady na odcinku Konin – Nowy Tomyśl (149,4 km),
- budowa autostrady na odcinku Nowy Tomyśl – Świecko (105,6 km).

**Październik 2000 r.** – podpisanie planu finansowego (zamknięcie finansowe) stanowiącego integralną część umowy koncesyjnej zawartej z rządem, określającego koszty realizacji projektu A2 na odcinku Nowy Tomyśl-Poznań.

**20 grudnia 2002 r.** – oddanie do eksploatacji I odcinka Konin-Września (47,7 km) – gruntowna modernizacja odcinka.

**12 września 2003 r.** – przejście w utrzymanie obwodnicy Poznania Komorniki-Krzesiny (13,3 km); jest to odcinek bezpłatny dla kierowców nie jadących w transzycie autostradą A2.

**27 listopada 2003 r.** – oddanie do eksploatacji II odcinka A2 Września-Poznań (37,5 km).

**27 października 2004 r.** – oddanie do eksploatacji III odcinka A2 Poznań-Nowy Tomyśl (50,4 km).

**30 sierpnia 2008 r.** – podpisanie z rządem (MI) tzw. warunków komercyjnych na budowę i eksploatację odcinka autostrady A2 z Nowego Tomysła do Świecka, które zakładały podpisanie umów finansowych na marzec 2009 r. (późniejsze przesunięcie terminu na koniec czerwca 2009 r.).

**Luty 2009 r.** – zgodnie z wymaganiami strony rządowej, powołanie spółki celowej Autostrada Wielkopolska II SA (powiązanej z AWSA), w celu budowy i eksploatacji autostrady A2 Świecko-Nowy Tomyśl (105,6 km).

**29 czerwca 2009 r.** – podpisanie umów dotyczących finansowania budowy i eksploatacji autostrady A2 Nowy Tomyśl-Świecko (zamknięcie finansowe).

**Lipiec 2009 r.** – rozpoczęcie budowy A2 do Świecka.

**Luty 2010 r.** – uzyskanie ostatecznych zgód Komisji Europejskiej dotyczących pomocy publicznej i ochrony środowiska.

**Marzec 2010 r.** – uruchomienie finansowania bankowego.

**30 listopada 2011 r.** – oficjalna uroczystość otwarcia autostrady A2 do Świecka.

**1 grudnia 2011 r.** – otwarcie do ruchu autostrady A2 do Świecka.

## Szczegóły prac budowlanych na odcinku A2 Świecko-Nowy Tomyśl

Generalnym wykonawcą odcinka A2 Świecko – Nowy Tomyśl (105,9 km) była spółka A2 Strada. Głównym podwykonawcą w rozumieniu struktury całego projektu był Strabag Sp. z o.o. Podwykonawcą odpowiedzialnym za nawierzchnię na całej długości autostrady była firma Heilit & Woerner. Niezależnym Inżynierem działającym w imieniu stron projektu (strona publiczna, banki, spółka koncesyjna) była firma WS Atkins.

Odcinek autostrady A2 Świecko-Nowy Tomyśl został podzielony na siedem pododcinków, na które AWSA II otrzymała sukcesywnie pozwolenia na budowę.

Na terenie woj. lubuskiego odcinek A2 Świecko-Nowy Tomyśl podzielony był na sześć pododcinków projektowych:

- 5.1. Świecko – Rzepin (17 km),
- 5.2 Rzepin – Torzym (14,5 km),
- 5.3. Torzym – Łagów (16 km),
- 5.4. Łagów – Jordanowo (14,8 km),
- 5.5. Jordanowo – Trzciel:
  - 5.5.1. Jordanowo – Myszęcina (9,5 km),
  - 5.5.2. Myszęcina – Trzciel (17,033 km).

Na terenie województwa wielkopolskiego przebiegał jeden pododcinek autostrady: Trzciel – Nowy Tomyśl (16,4 km).

Prace na odcinku Świecko-Nowy Tomyśl objęły budowę:

- 105,9 km autostrady o nawierzchni betonowej, w tym 18,5 km przebudowy istniejącej drogi krajowej nr 2,
- 87 mostów i wiaduktów,
- 2 obwodów utrzymania autostrady (Ilanka, Biały Mur),
- 8 pełnych węzłów autostradowych (Nowy Tomyśl, Trzciel, Jordanowo, Torzym, Rzepin, Świecko),
- 10 miejsc obsługi podróżnych (Rogoziniec, Chociszewo, Koryta, Walewice, Sosna, Gnilec) wyposażonych w parkingi, toalety, place zabaw dla dzieci, a także 4 bary i 4 stacje benzynowe,
- zamkniętego systemu poboru opłat, tj. pięć miejsc poboru opłat: jeden plac poboru opłat w ciągu autostrady – Tarnawa, 4 Stacje Poboru Opłat na węzłach autostradowych – Nowy Tomyśl, Trzciel, Jordanowo, Torzym – kierowcy zapłacą za rzeczywiście przejechane kilometry, pobierając bilet na autostradzie i uiszczając opłatę przy wyjeździe na węzłach,
- pełnego wyposażenia w urządzenia ochrony środowiska (zbiorniki ekologiczne, ekrany akustyczne, zieleń izolacyjna, przepusty dla zwierząt, urządzenia bezpieczeństwa – kolumna alarmowa co 2 km, ogrodzenie autostrady na całej długości – z wyjątkiem przerw na węzłach).

## Ochrona środowiska

- ✓ 85% trasy do granicy z Niemcami przebiega przez tereny leśne, w tym obszary chronione Natura 2000.
- ✓ 25% kosztów budowy stanowią koszty przeznaczone na ochronę środowiska, co daje kwotę ok. 1, 3 mld zł (co czwarta złotówka przeznaczona została na ochronę środowiska).
- ✓ Wzdłuż 106-kilometrowego odcinka powstało:
  - 35 przejść dla dużych i średnich zwierząt (w postaci wiaduktów i mostów),

- 71 przejść dla małych zwierząt,
- 48 przepustów dla płazów,
- ekrany akustyczne,
- ekrany ochronne dla nietoperzy,
- ogrodzenia długości 232 km,
- nasadzanie zieleni,
- systemy odwodnienia (zbiorniki ekologiczne, separatory, oczyszczalnie ścieków).

Program ochrony środowiska związany z inwestycją objął także:

- plany ochrony środowiska i działań społecznych,
- lokalizację obszarów monitoringu przyrodniczego,
- wycinkę drzew i krzewów,
- monitoring siedliskowy roślin i zwierząt,
- program ratowania płazów i gadów,
- monitoring ornitologiczny, żerowisk nietoperzy i siedlisk bobra,
- ochronę mrowisk,
- gospodarkę odpadami.

Firma Strabag Sp. z o.o. powołała koordynatora do spraw ochrony środowiska i zatrudniła firmę ECO III, w ramach której działał zespół naukowców odpowiedzialnych za poszczególne zakresy środowiskowe.

Zespół naukowy powołany został do nadzoru i monitoringu stanu środowiska przyrodniczego podczas budowy oraz kontroli zgodności prowadzenia budowy w zakresie przepisów o ochronie środowiska wraz z warunkami nałożonymi przez wojewodów i Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska (RDOŚ) w procesie uzyskiwania pozwoleń na budowę. Umowy z pracownikami naukowymi zostały podpisane na cały okres budowy.

W wyniku podjętych działań uratowano ponad 10 000 płazów i gadów, rozszerzono granice dwóch istniejących obszarów chronionych (Nietoperek i Ujście Ilianki) oraz zaplanowano stworzenie dwóch kolejnych (Stara Dąbrowa w Korytach i Rynna Jezior Rzepińskich).

## Nawierzchnia autostrady A2 na odcinku Świecko-Nowy Tomyśl

Nawierzchnia betonowa wykonana w technologii odsłoniętego kruszywa na omawianym odcinku była układana jednocześnie w dwóch warstwach z różnych mieszanek betonowych, w technologii „mokre na mokre”. Pod płytą betonową nawierzchni ułożono podbudowę o grubości 20 cm z chudego betonu, na przygotowanej wcześniej warstwie mrozoochronnej o grubości 32 cm. Przed rozpoczęciem układania płyty betonowej na podbudowie z chudego betonu ułożono geowłókninę, która działa jak warstwa oddzielająca i odwadniająca, a jednocześnie hamuje hydrodynamiczną erozję powierzchni chudego betonu, spowodowaną przez wodę ulegającą sprężaniu pod działaniem ruchu drogowego, na styku płyt betonowych i podbudowy.

Sama nawierzchnia z dyblowanych i kotwionych płyt betonowych, o wymiarach w planie 500 × 375 cm, składa się z dwudziestotrzycentymetrowej dolnej warstwy betonu oraz pięciocentymetrowej górnej warstwy betonu B40.

W ramach robót drogowych wykonanych przez firmę Strabag ułożono ponad 2,2 mln m<sup>2</sup> chudego betonu. Na całym

odcinku A2 Nowy Tomyśl-Świecko ułożono 580 tys. m<sup>2</sup> nawierzchni asfaltowej i aż ponad 2 mln 300 tys. m<sup>2</sup> nawierzchni betonowej. Tym samym na A2 powstał najdłuższy w Polsce odcinek autostrady o nawierzchni betonowej z odsłoniętym kruszywem, w tym 18,8 km odcinek przebudowy istniejącej dwujezdniowej drogi krajowej nr 2, w pobliżu granicy polsko-niemieckiej, w technologii betonowej zwanej *white-topping*, gdzie istniejąca nawierzchnia z mma została wykorzystana jako podbudowę pod nawierzchnię z betonu cementowego.

Zarówno mieszanka chudego betonu do wykonania podbudowy, jak i mieszanka betonu B40 przeznaczonego do wykonania nawierzchni była wytwarzana w pięciu stacjonarnych wytwórniach betonu o wydajności 200 m<sup>3</sup> na godzinę.

Mieszanka chudego betonu wbudowywana była w podbudowę rozkładarką mieszanki betonowej o deskowaniu ślizgowym (fot. 1.) oraz przy zastosowaniu dwóch rozkładarek do mieszanek mineralno-asfaltowych poruszających się jedna obok drugiej (fot. 2.).



Fot. 1. Układanie podbudowy z chudego betonu z zastosowaniem rozkładarki do betonu cementowego (fot. St. Rewiński)



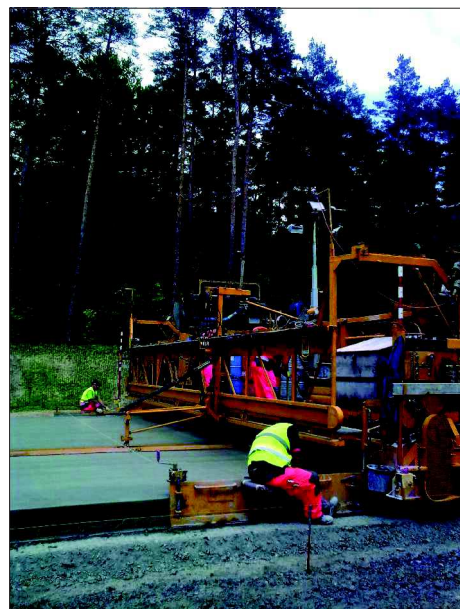
Fot. 2. Wykonanie podbudowy z chudego betonu z zastosowaniem dwóch układarek do mma (fot. St. Rewiński)



Fot. 3. Układanie oraz mocowanie geowłókniny (fot. St. Rewiński)



Fot. 4. Układanie dolnej warstwy nawierzchni wraz z wbudowywaniem dybli i kotew (fot. St. Rewiński)



Fot. 5. Układanie warstwy górnej nawierzchni (fot. St. Rewiński)

Na podbudowie z chudego betonu układano i mocowano geowłókninę (fot. 3.) o masie jednostkowej 450–550 g/m<sup>2</sup> i wytrzymałości na rozciąganie > 10 kN/m.

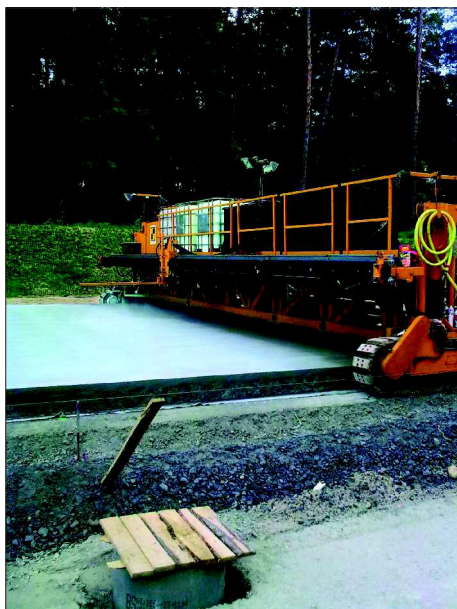
Dolna warstwa nawierzchni betonowej o grubości 23 cm wbudowywana była samojezdzną rozkładarką mieszanki betonowej o deskowaniu ślizgowym (fot. 4.), która jednocześnie wbudowywała dyble i kotwy stalowe.

Bezpośrednio za pierwszą rozkładarką poruszała się druga rozkładarka mieszanki betonu cementowego, która wbudowywała beton w górną warstwę nawierzchni grubości 5 cm (fot. 5.). Ta rozkładarka wyposażona była dodatkowo w mechaniczne urządzenie do wygładzania powierzchni zagęszczającej mieszanki betonowej oraz urządzenie do skrapiania wbudowanej mieszanki środkiem opóźniającym wiązanie cementu na powierzchni wbudowanej warstwy betonu (fot. 6.). Po skropieniu powierzchni warstwy środkiem opóźniającym wiązanie cementu, powierzchnia nawierzchni betonowej skrapiana była środkiem powłokotwórczym zapobiegającym odparowaniu wody zarobowej z betonu.

Pierwsze cięcie twardniejącego betonu cementowego, które zapobiega powstawaniu niekontrolowanych spękań (tzw. „dzikich”), wykonywano (fot. 7.) na głębokość ok. 10 cm, w zależności od temperatury otoczenia, po kilku lub kilkunastu godzinach od wbudowania betonu w nawierzchnię. Bezpośrednio po nacięciu betonu była wciskana w szczelinę wkładka z porowatej gumy

neoprenowej o średnicy większej o 20% od szerokości nacięcia wstępnego (przy szerokości nacięcia wstępnego równej 3 mm, średnica wkładki wynosiła 4 mm) Wkładka ta zapobiega zanieczyszczeniu wykonanego nacięcia ziarnami piasku i szlamem powstającym przy poszerzaniu szczelin przed ich późniejszym uszczelnieniem.

Po kilkunastu godzinach od wbudowania nawierzchni sprawdzano (fot. 8.) czy z powierzchni nawierzchni może być już wymieciona, za pomocą szczotek mechanicznych (fot. 9),



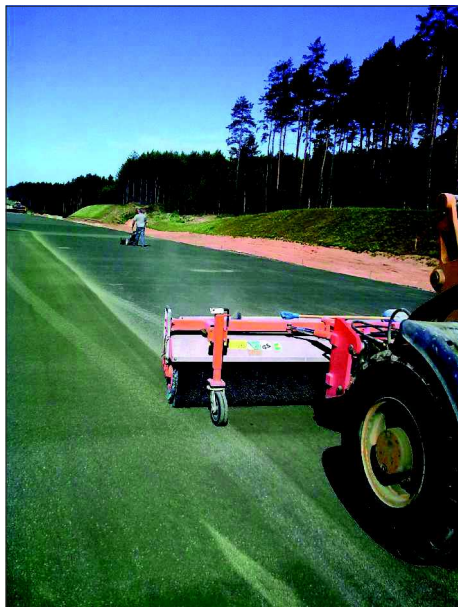
Fot. 6. Spryskiwanie środkiem spowalniającym wiązanie zaprawy cementowo-piaskowej na powierzchni nawierzchni, a następnie środkiem powłokotwórczym zapobiegającym odparowaniu wody zarobowej z betonu (fot. St. Rewiński)



Fot. 7. Wstępne nacinanie nawierzchni na głębokość 10 cm (fot. St. Rewiński)



Fot. 8. Testowanie powierzchni nawierzchni przed zmiataniem warstwy zaprawy cementowo-piaskowej (fot. St. Rewiński)



Fot. 9. Zmiatanie szczotkami mechanicznymi niezwiązanej warstewki zaprawy cementowo-piaskowej z powierzchni nawierzchni; odsłanianie kruszywa (fot. St. Rewiński)



Fot. 10. Usuwanie warstewki niezwiązanej zaprawy cementowo-piaskowej strumieniem wody pod ciśnieniem (po awarii szczotek) (fot. St. Rewiński)

niezwiązana zaprawa cementowo-piaskowa znajdująca się pomiędzy górnymi powierzchniami ziaren grubego kruszywa, bez wrywania tych ziaren z płyty betonowej. W przypadku awarii zamiatarki mechanicznej stosowano usuwanie niezwiązanej warstewki zaprawy cementowo-piaskowej przy pomocy strumienia wody pod ciśnieniem (fot. 10.).

Po uzyskaniu wytrzymałości betonu w nawierzchni ok. 15 MPa wykonywano poszerzanie naciętych wstępnie szczelin do wymiarów przewidzianych w dokumentacji technicznej. Górne powierzchnie krawędzi wyciętych szczelin zostały sfazowane dyskami diamentowymi pod kątem 45° na głębokość i szerokość ok. 3 mm



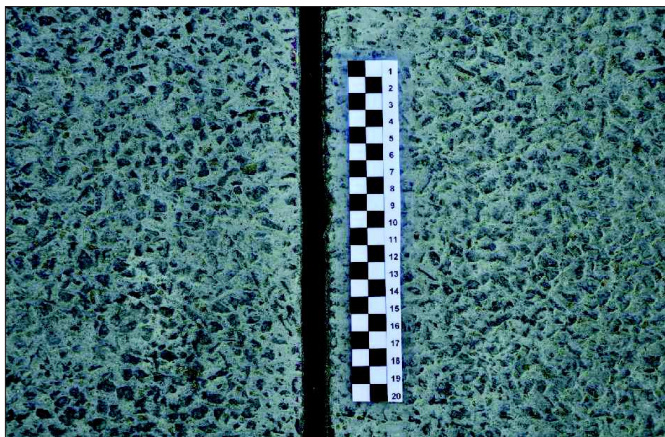
Fot. 11. Wciskanie wkładki uszczelniającej z gumy neoprenowej w naciętą szczelinę w nawierzchni betonowej (fot. St. Rewiński)



Fot. 12. Wypełnianie gorącą zalewą drogową poszerzonej do 8, 10 lub 12 mm szczeliny w nawierzchni betonowej (głębokość poszerzonych szczelin, zależna od wymaganej szerokości szczeliny, od 27 do 40 mm, a grubość zalewy na wkładkę z gumy neoprenowej: 15 do 20 mm) (fot. St. Rewiński)



Fot. 13. Widok z boku wciśniętej wkładki uszczelniającej z gumy neoprenowej w naciętą szczelinę w nawierzchni betonowej oraz uszczelnienie zalewą drogową na gorąco (fot. St. Rewiński)



Fot. 14. Widok prawidłowo wykonanej nawierzchni betonowej z odstoniętym kruszywem; widoczne jest również prawidłowe wypełnienie szczeliny skurczowej zalewą drogową (fot. St. Rewiński)



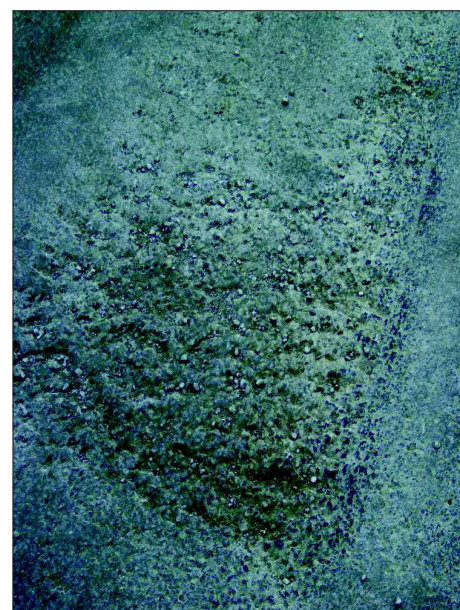
Fot. 15. Nierówności podbudowy z chudego betonu (fot. St. Rewiński)

Poszerzone i sfazowane szczeliny w nawierzchni były czyszczone szczotkami mechanicznymi wyposażonymi w wirujące dyski z drutów stalowych oraz suszone gorącym, sprężonym powietrzem, a po wciśnięciu na odpowiednią głębokość wkładki z porowatej gumy neoprenowej, o szczelnej powierzchni walcowej i o średnicy większej o 20% od szerokości szczeliny (fot. 11.), pokrywano boczne ścianki szczeliny odpowiednim gruntownikiem (zapewniającym bardzo dobrą przyczepność zalewy drogowej do ścianek szczeliny) i wypełniano je, z zachowaniem menisku wklęsłego, asfaltopolimerową zalewą drogową na gorąco (fot. 12. i 13.). Wygląd poprawnie wykonanego uszczelnienia płyt nawierzchni betonowych z odstoniętym kruszywem przedstawiono na fotografii 14.

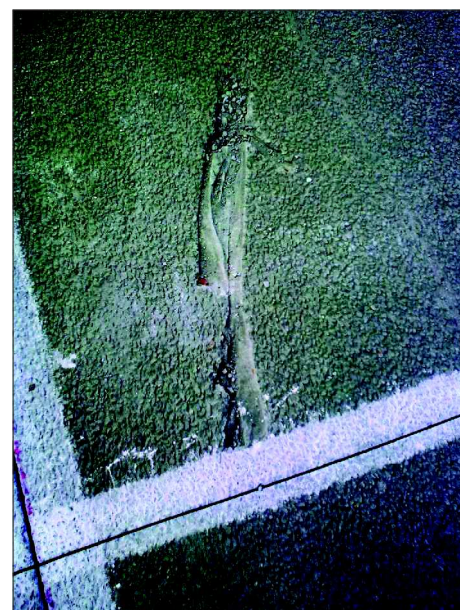
## Uszkodzenia nawierzchni powstałe w trakcie wykonywania robót

Autor artykułu, który był inspektorem nadzoru nad robotami nawierzchniowymi, sformułował 10 „grzechów” głównych popełnianych przez ekipę (25 osób) układającą nawierzchnię betonową:

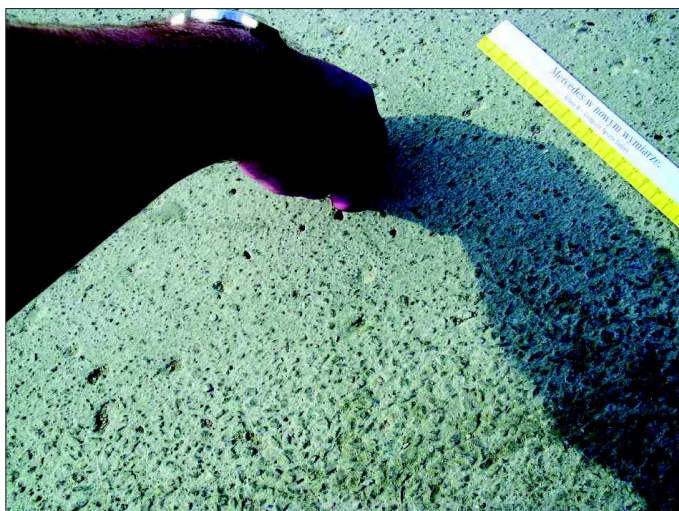
- wbudowywanie mieszanki betonowej o niewłaściwej konsystencji,
- nierównomierne dostawy mieszanki betonowej,
- niezatrzymywanie ruchu belki wyrównującej nawierzchnię w czasie krótkich postojów maszyny,
- nieregularne usuwanie młeczka cementowego gromadzącego się przed belką wyrównującą,
- niedostateczny docisk pacy mechanicznej urządzenia do wygładzania powierzchni zagęszczonej mieszanki betonowej,
- niestaranna praca robotników wyrównujących boczne partie nawierzchni,
- brak wystarczającej uwagi operatora urządzenia do skrapiania, wbudowanej mieszanki środkiem opóźniającym wiązanie cementu oraz środkiem powłokotwórczym, na ew. usterki i uszkodzenia ułożonej warstwy nawierzchni,
- układanie nawierzchni w czasie deszczu,



Fot. 16. Niejednorodna tekstura nawierzchni betonowej, rakowiny (fot. St. Rewiński)



Fot. 17. Ślad po „wbudowanej” kamizelce ostrzegawczej (fot. St. Rewiński)



Fot. 18. Porowata powierzchnia nawierzchni betonowej (fot. St. Rewiński)

- nieregularne mycie maszyn,
- zbyt wczesne lub zbyt późne wykonanie wymięcenia szczotkami mechanicznymi niezwiązanej zaprawy cementowo-piaskowej znajdującej się pomiędzy górnymi powierzchniami ziaren grubego kruszywa.

Przykładowe wady i usterki zauważone na budowie (fotografie 15., 16., 17., 18.).

## Podsumowanie

Nawierzchnie betonowe o odsłoniętym kruszywie są w tej chwili najnowocześniejszym rozwiązaniem w technologii budowy nawierzchni betonowych, gdyż pozwalają na uzyskanie bardziej komfortowych warunków ruchu dla użytkowników dróg i mogą zmniejszyć emisję hałasu do środowiska. Wymagają jednak od wykonawców dużego doświadczenia oraz ścisłego przestrzegania reżimu technologicznego zarówno na etapie wytwarzania mieszanki betonowej, jak i wbudowywania betonu w nawierzchnię, a także zapewnienia doskonałej logistyki wszystkich środków produkcji.

Jakiegokolwiek odstępstwa od wymagań skutkują powstawaniem wad trudnych do usunięcia.

Naprawa powstałych uszkodzeń nawierzchni betonowej na omawianym odcinku będzie przedmiotem części 2 artykułu.

## Bibliografia

- [1] PPPortal.pl FOTO – [www.autostrada-a2.pl](http://www.autostrada-a2.pl)
- [2] [http://www.nbi.com.pl/assets/NBI-pdf/2012/1\\_40\\_2012/pd](http://www.nbi.com.pl/assets/NBI-pdf/2012/1_40_2012/pd)
- [3] W. Zawadzka – Odcinek A2 Nowy Tomyśl – Świecko w technologii waschbeton. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne Styczeń, Luty 2012 ■



PIOTR ZIELŃSKI

Politechnika Krakowska  
pzielin@pk.edu.pl

## Badania wpływu wybranych czynników na koleinowanie mieszanek mineralno-asfaltowych

Odporność mieszanek mineralno-asfaltowych (mma) na powstawanie deformacji trwałych jest jednym z podstawowych warunków prawidłowej eksploatacji nawierzchni asfaltowych, rzutującym na zachowanie bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Istnieją dwie podstawowe grupy metod badań kumulacji deformacji trwałych w mieszankach mineralno-asfaltowych, tj. oparte na badaniach pełzania (statyczne i dynamiczne) oraz metody symulacyjne, wykorzystujące laboratoryjne urządzenia do badania koleinowania. W latach poprzednich normy dotyczące nawierzchni asfaltowych przewidywały oznaczenie modułu sztywności lepkiej w warunkach pełzania statycznego, w temperaturze 40°C. Obecnie w Polsce powszechnie wykorzystuje się do tego celu badanie w małym aparacie do koleinowania (tzw. brytyjskim) wg PN-EN 12967-22 [9], co wynika z zapisów WT-2 [11]. Badanie wpływu składu mma na jej odporność na deformacje trwałe było już tematem szeregu publikacji, np. [1], [4], [5], [6], [7], [8]. Celem niniejszej publikacji jest

przedstawienie wyników badań odporności na koleinowanie wybranych mieszanek mineralno-asfaltowych, w których określono m.in. wpływ rodzaju i ilości asfaltu a także rodzaju mączki wapiennej i krzywej uziarnienia mieszanki mineralnej na parametry koleinowania, tj. proporcjonalną głębokość koleiny (PRD) oraz szybkość przyrostu koleiny (WTS).

### Uzasadnienie doboru mma do badań koleinowania

Czynniki wpływające na podatność mma na odkształcenia trwałe zostały już opisane w pracach IBDiM w latach 90-tych przez J. Zawadzkiego [12]. Są to czynniki związane z tarcieniem wewnętrznym (tekstura i kształt ziaren kruszywa, uziarnienie mm, ciśnienie między ziarnami, grubość powłoki lepiszcza na ziarnach), kohezją mma (konsystencja i lepkość lepiszcza oraz jej zmiany wraz z temperaturą, adhezja lepiszcza do kruszywa, powierzchnia właściwa mieszanki mineralnej – mm)