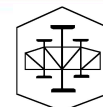




Innowacyjne nawierzchnie betonowe na obiektach mostowych

Prof. dr hab. inż. Antoni Szydło
Politechnika Wroclawska

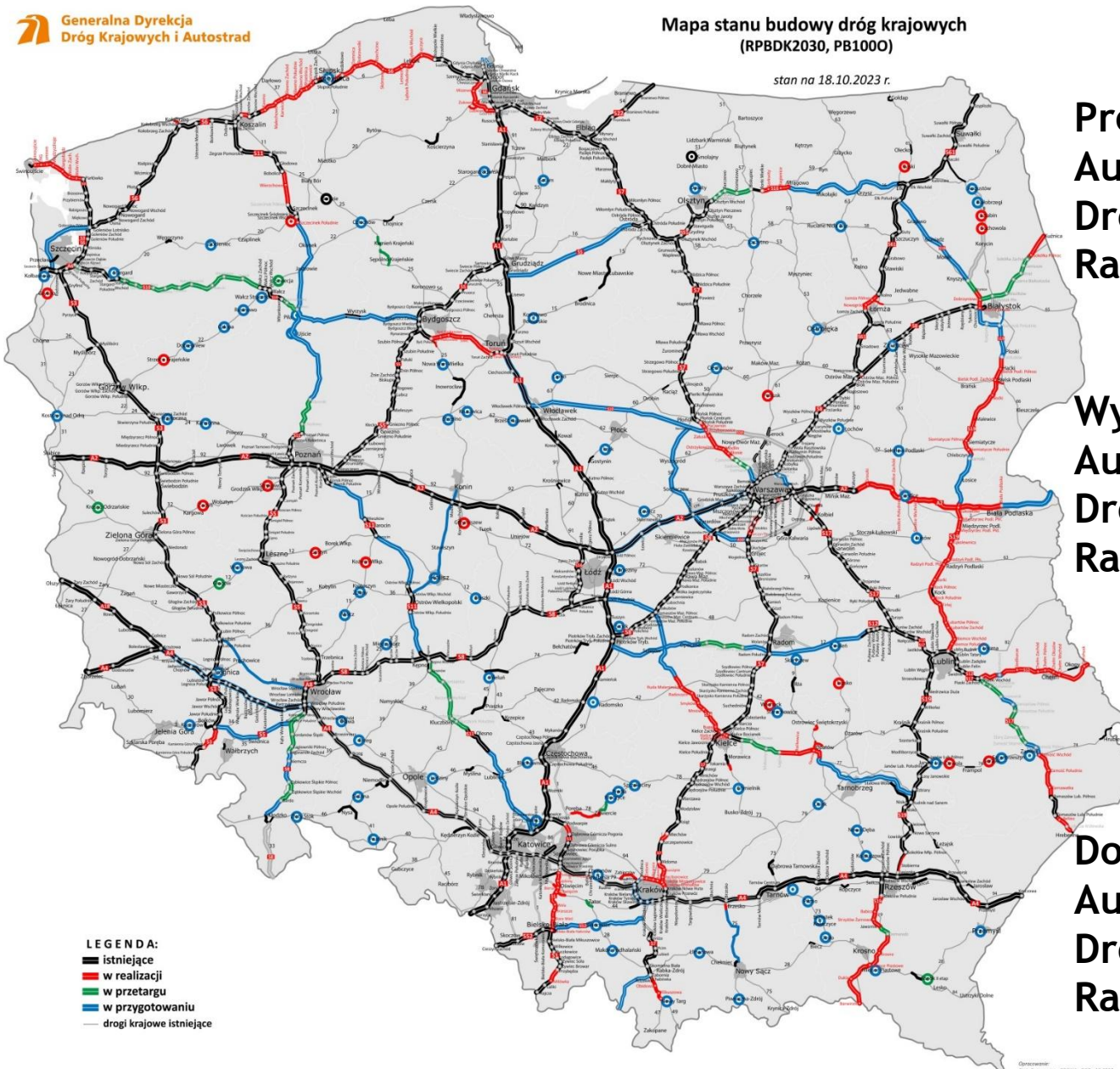
X Międzynarodowa Konferencja, Śląskie Forum
Drogownictwa, Szczyrk 12-14 czerwiec, 2024 r



Plan wystąpienia

1. **Rozwój sieci autostrad i dróg ekspresowych w Polsce**
2. **Rodzaje konstrukcji nawierzchni betonowych**
3. **Nawierzchnie betonowe na obiektach mostowych**
4. **Projekt i budowa innowacyjnych nawierzchni betonowych na obiektach mostowych w ciągu drogi ekspresowej S7**
5. **Nadzór naukowy**
6. **Podsumowanie**





Projektowane:
Autostrady = 2100 km
Drogi Eksp. = 6077 km
Razem = 8177 km

Wybudowane:
Autostrady = 1849 km
Drogi Eksp. = 3266 km
Razem = 5115 km

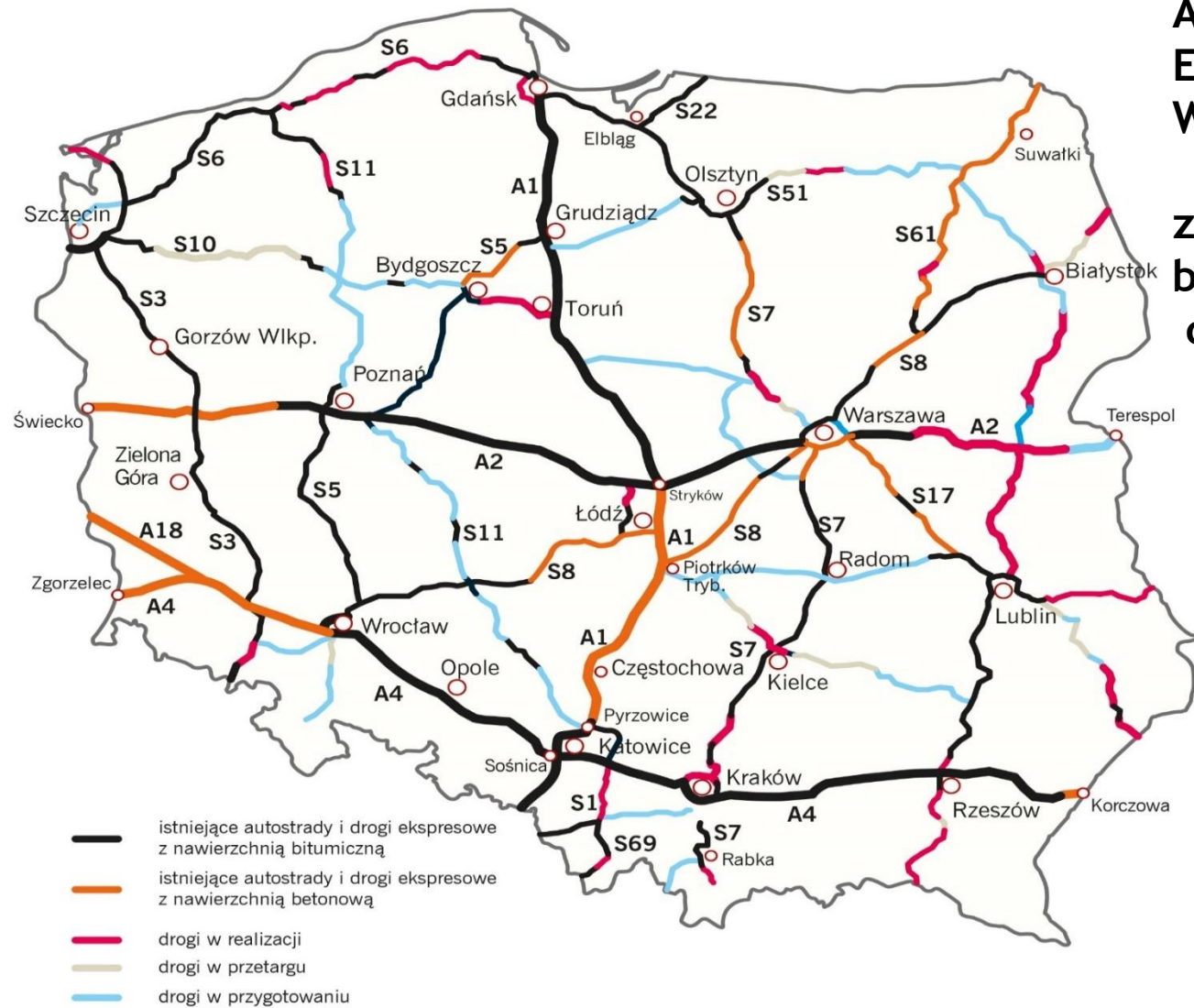
ponad 62% wybud.

Do wybudowania:
Autostrady = 251 km
Drogi Eksp. = 2811 km
Razem = 3062 km

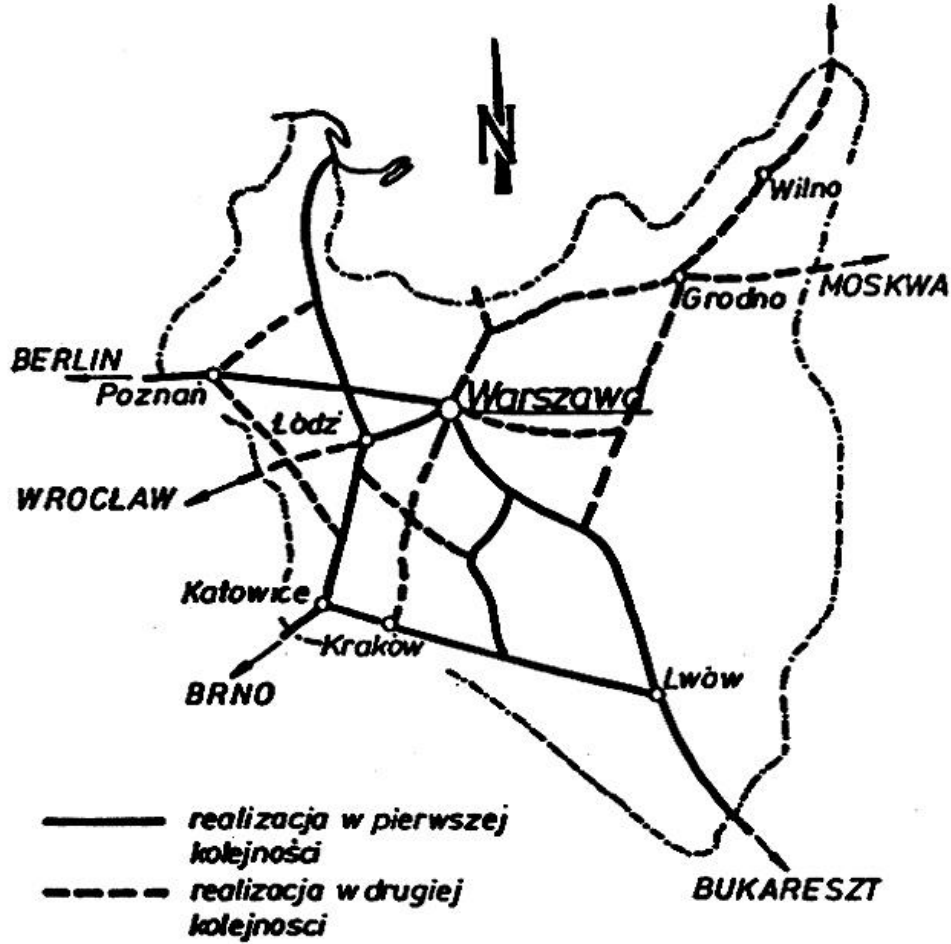
Rodzaje nawierzchni

Autostrady + Drogi
Ekspresowe =
Wybudowane = 5115 km

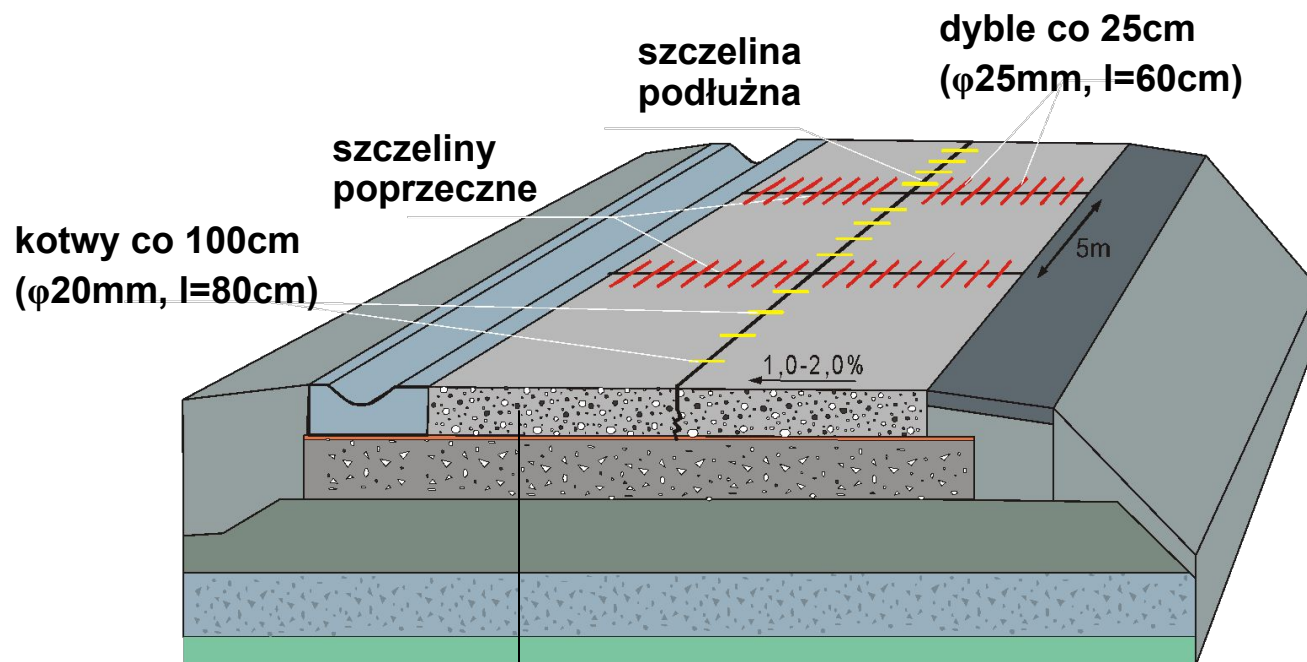
z tego nawierzchni
betonowych 1168 km
co stanowi 22,8%



Program budowy sieci dróg ruchu szybkiego w Polsce opracowany w 1938 roku opracowany przez prof. Nestorowicza (4500 km)



Rodzaje nawierzchni betonowych dyblowana i kotwiona



Beton cementowy klasy B40, 0,27 m

Geowłóknina

Chudy beton $R_m=6-9$ MPa, 0,20 m

Warstwa mrozoochronna, 0,30 m

Grunt stab. cementem $R_m = 2,5$ MPa, grubości 0,15 lub 0,25 m

Podłoże gruntowe



Rodzaje nawierzchni betonowych



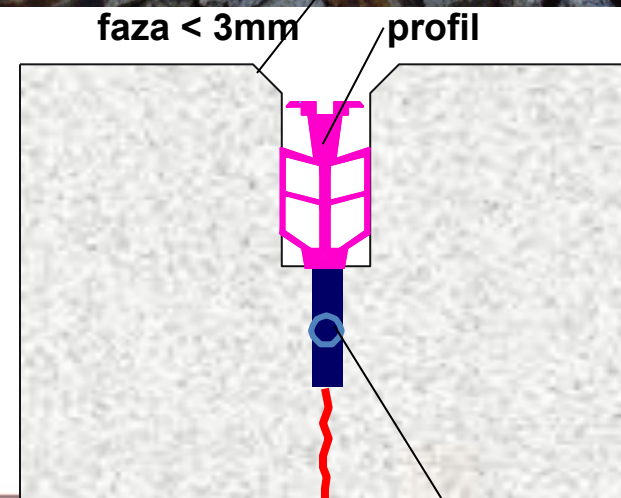
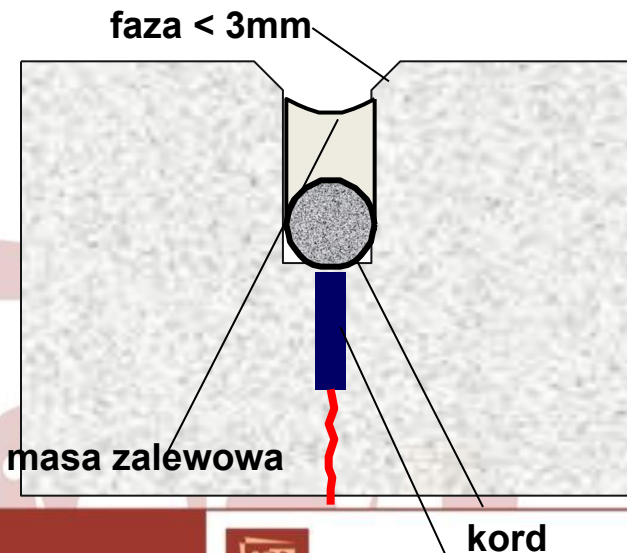
Rodzaje nawierzchni betonowych



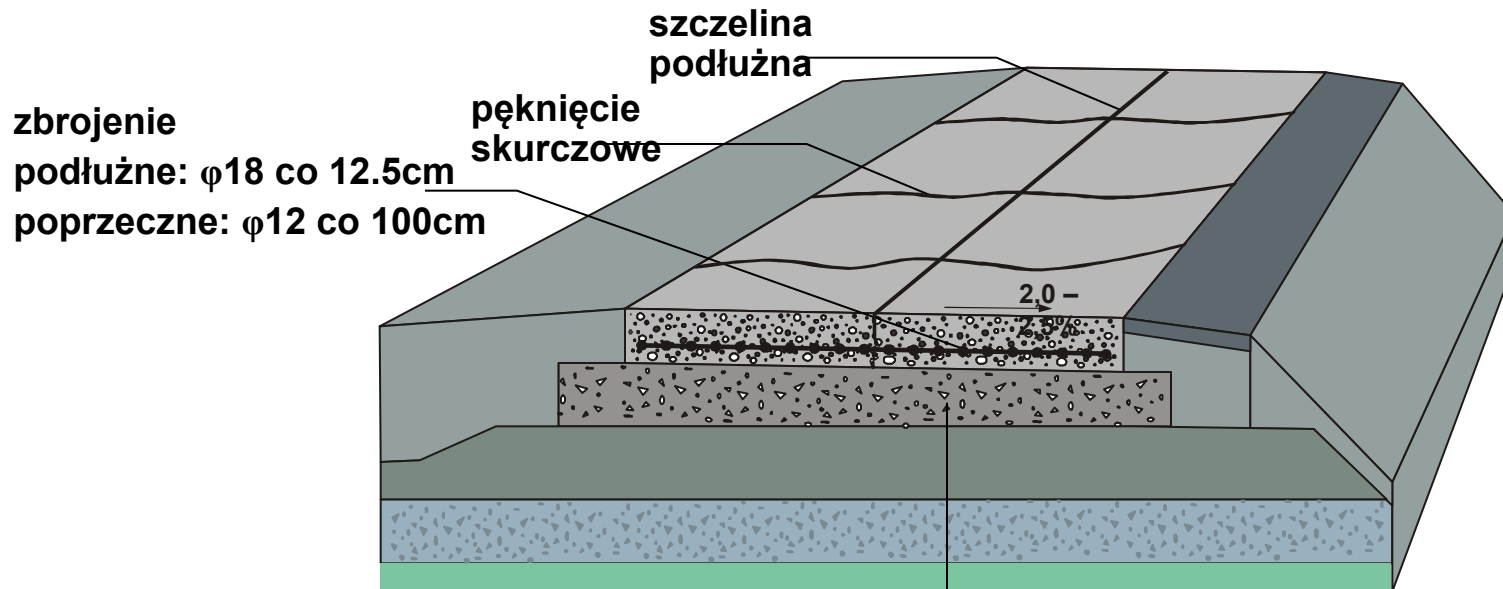
Rodzaje nawierzchni betonowych



Rodzaje nawierzchni betonowych



Rodzaje nawierzchni betonowych o ciągłym zbrojeniu



Beton lasy B40, 0,23 m

Chudy beton $R_m=6$ -cementowy k9 MPa, 0,20 m

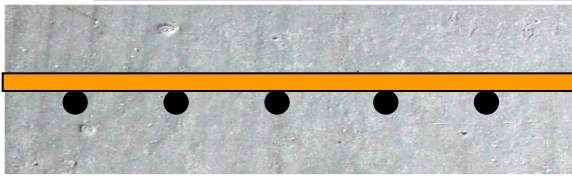
Warstwa mrozoochronna, 0,35 m

Grunt stab. cementem $R_m = 2,5$ MPa

Podłoże gruntowe



Rodzaje nawierzchni betonowych



Beton o ciągłym zbrojeniu, B40, 23cm



Chudy beton, $f_c = 6 - 9$ MPa, 20cm



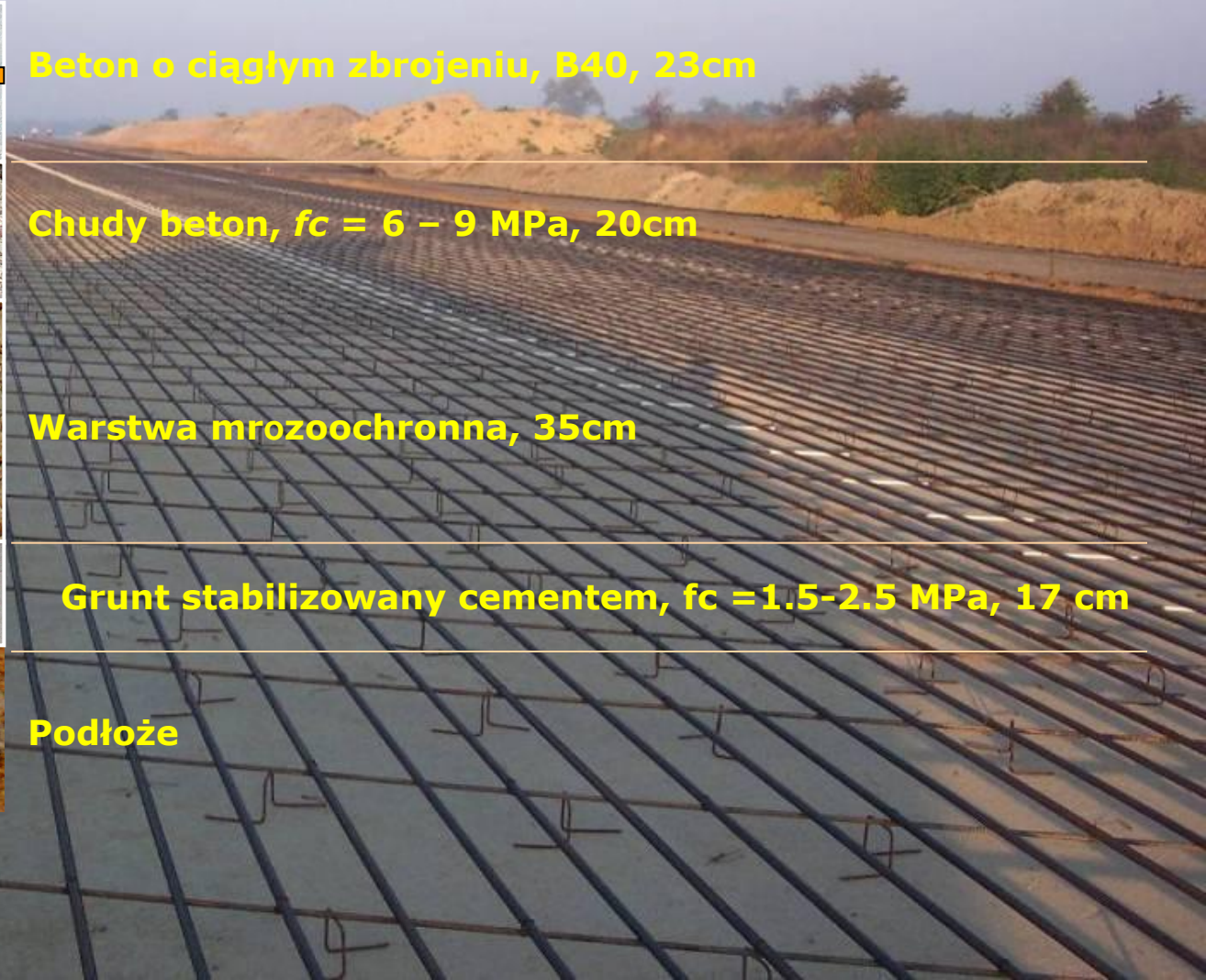
Warstwa mrozoochronna, 35cm



Grunt stabilizowany cementem, $f_c = 1.5 - 2.5$ MPa, 17 cm



Podłoże



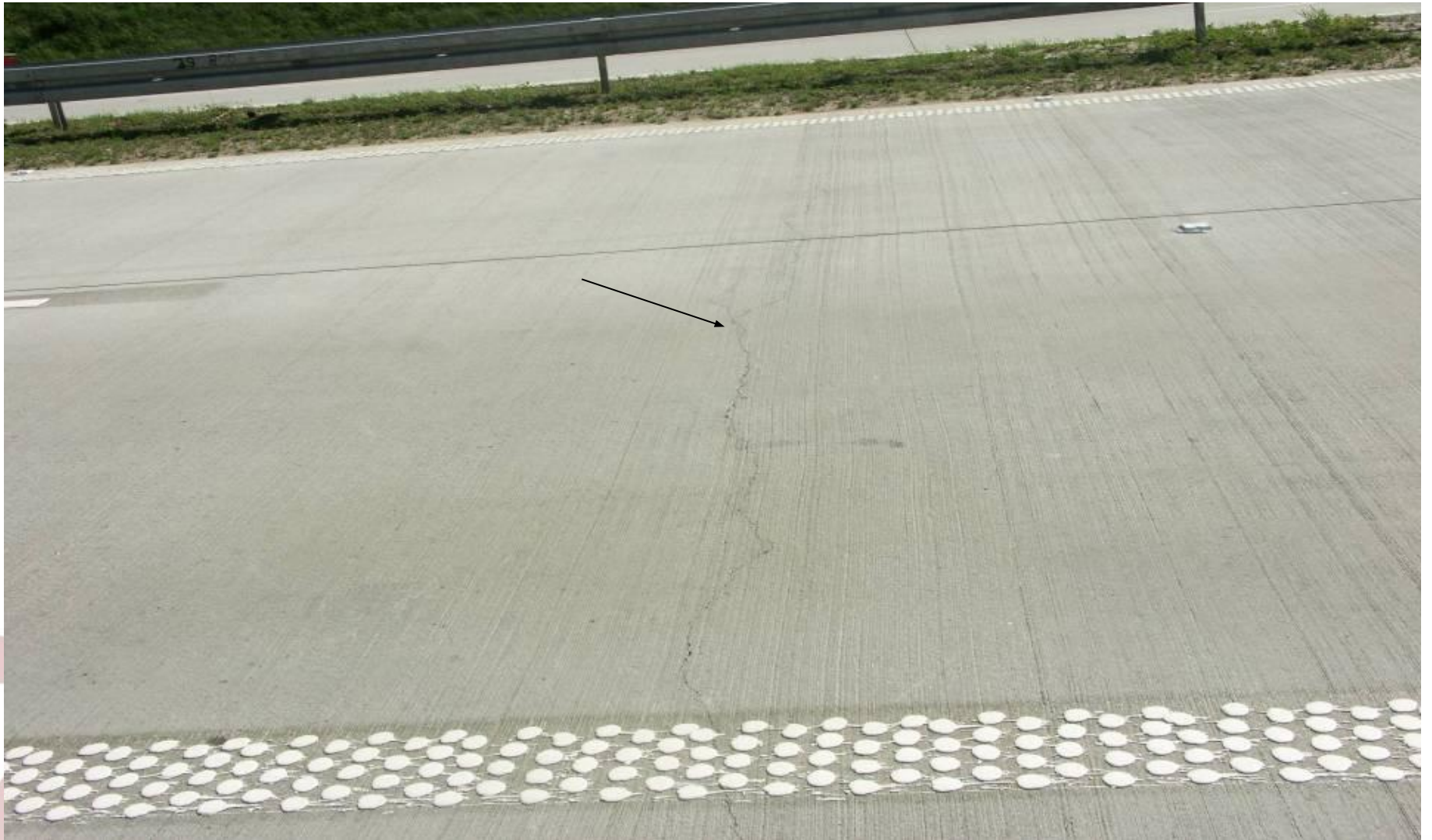
Rodzaje nawierzchni betonowych A4, 2004 rok



Rodzaje nawierzchni betonowych A4, 2004 rok



Rodzaje nawierzchni betonowych A4



Rodzaje nawierzchni betonowych A2, 2012 r.



Rodzaje nawierzchni betonowych A2



Widok autostrady A4



A4/A18/A2



A4/A18

A2



Nawierzchnie mostowe w ciągu nawierzchni betonowych



Dotychczasowe rozwiązania nawierzchni na mostach w Polsce

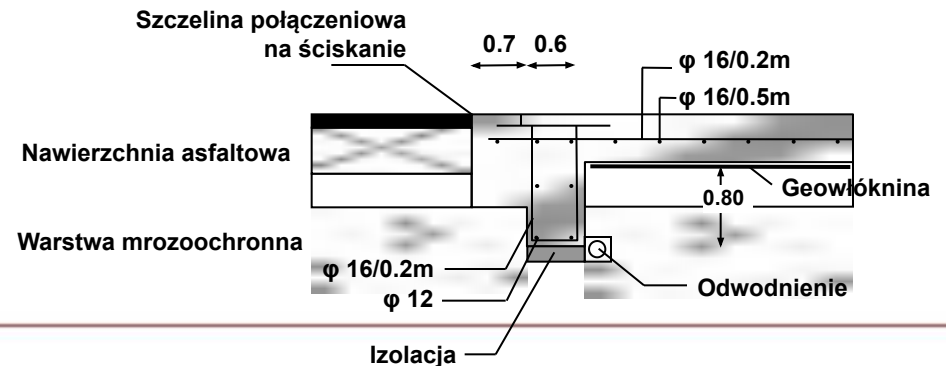
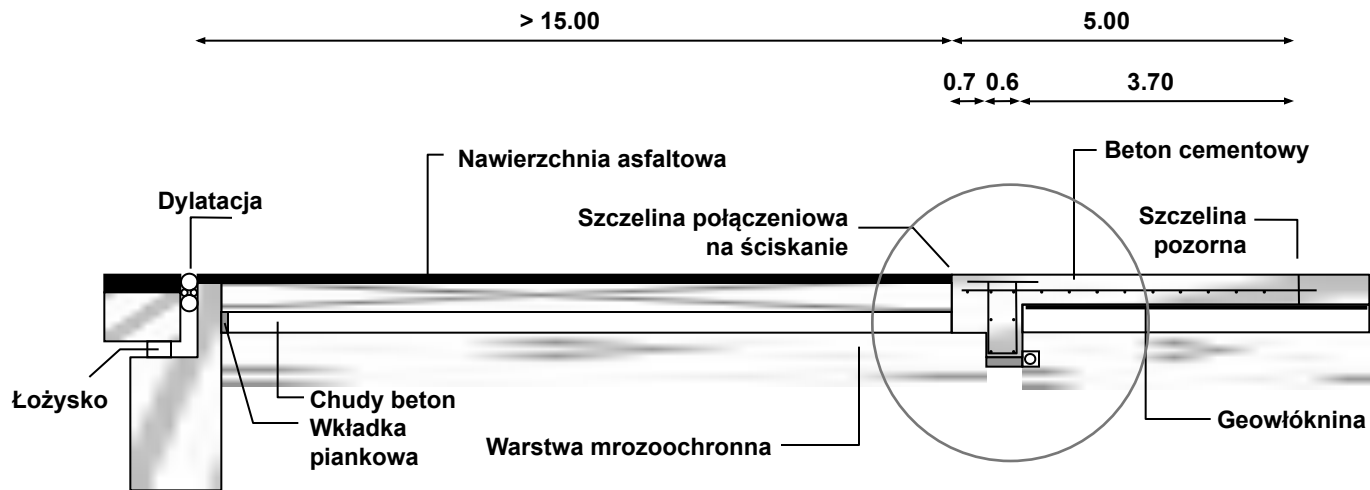
W ciągu drogi o nawierzchni betonowej dotychczasowe zastosowania to nawierzchnie z mieszanek mineralno asfaltowych na płytach pomostowych:

- warstwa ścieralna (SMA, MA, AC),
- warstwa ochronna (MA, SMA, AC)
- hydroizolacja

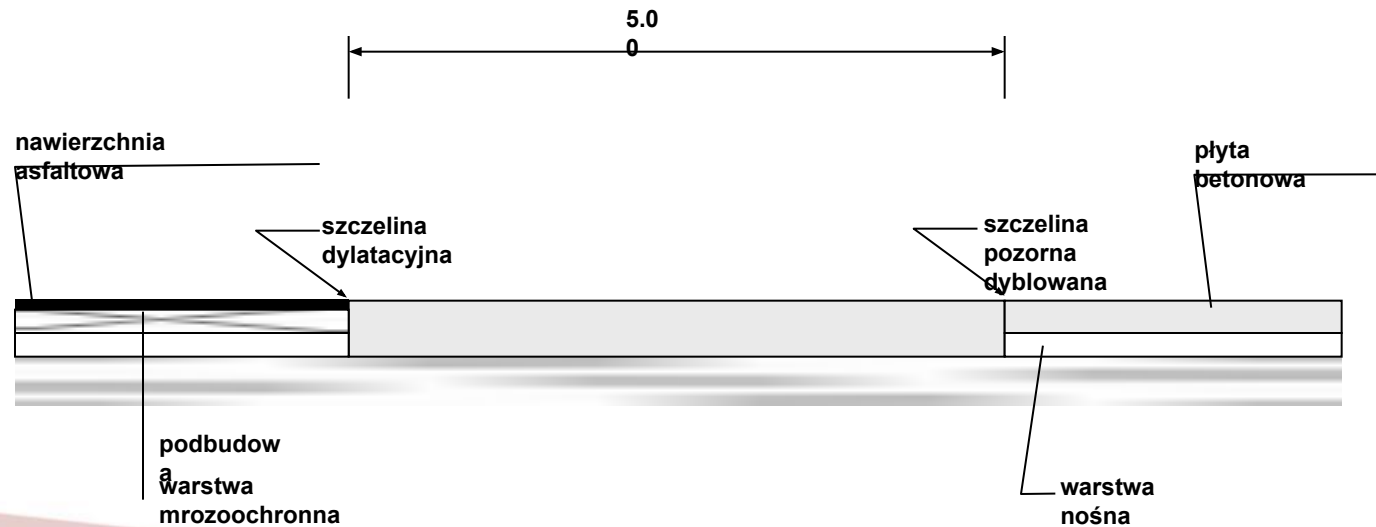
Nawierzchnie te są wydłużane ok. 15 m z każdej strony obiektu.



Połączenia nawierzchni betonowej z nawierzchnią z mma przed i za obiektem mostowym



Połączenie nawierzchni betonowej z nawierzchnią z mma przed obiektem mostowym



Dotychczasowe rozwiązania nawierzchni na mostach



Dotychczasowe rozwiązania nawierzchni na mostach



Dotychczasowe rozwiązania nawierzchni na mostach



Dotychczasowe rozwiązania nawierzchni na mostach w Polsce

Wadą dotychczasowych rozwiązań są:

- niejednorodność nawierzchni pod względem makrotekstury,
- niejednorodność nawierzchni pod względem współczynników tarcia,
- wybrzuszenie się nawierzchni z mma na styku z nawierzchnią betonową,
- uskoki na styku.



Historia rozwoju nawierzchni betonowych na mostach w Polsce, doświadczenia na A4 i A18

Podczas realizacji A4 w latach 2005 - 2007 zastosowano nawierzchnię betonową na odcinku Wrocław - Legnica na przepustach ramowych o długości 5 m

W 2007 roku opracowano projekt nawierzchni dla A18 Krzywa - Olszyna. Na jezdni południowej zaprojektowano eksperymentalnie na dwóch obiektach:

WA - 24 - dług, 8,7 m

WA - 25 - dług. 6,6 m

Realizacja w 2022 roku



Innowacyjne nawierzchnie betonowe na mostach na drodze S7

GDDKiA podjęła w 2014 roku decyzję, że wybuduje innowacyjne nawierzchnie betonowe na obiektach mostowych na drodze S7 na odcinku Pieńki - Płońsk w ilości sztuk - 10.

Obowiązujące Warunki techniczne nakazywały budowę nawierzchni na obiektach mostowych z mieszanek mineralno-asfaltowych.



Historia pozwolenia na nawierzchnie betonowe na mostach na S7

- Opracowanie koncepcji programowej dla S7 odc. Pieńki - Płońsk w km 57+461,64 do 71+213,82 - grudzień 2015 rok,
- Wniosek GDDKiA o odstąpienie - 12.07. 2016,
- Opinia IBDIM - negatywna - 7.09.2016 r,
- Odmowa odstąpienia przez Wojewodę - 12.12.2016 r.,
- Opinia A. Szydło - pozytywna - styczeń 2017r.
- Odwołanie GDDKiA - luty 2017 r,
- Zgoda na odstąpienie - 1.03. 2017 r.



Rodzaje nawierzchni betonowych

Obiekty inżynierskie **z nawierzchnią z betonu cementowego** zrealizowane w ramach inwestycji pn. „*Budowa drogi ekspresowej S7, odc. Pieńki-Płońsk*”; długość odcinka drogi ok. 14 km;

- Z pogrubioną płytą pomostową,
- Z nawierzchnią o ciągłym zbrojeniu.



Wykaz obiektów o nawierzchni betonowej na S7

Nawierzchnie z pomostem betonowym bez izolacji i warstw z mma:

- PZS 59.4 - przejście dla zwierząt, jednoprzęsłowy, km 59+166,10; - 2 szt. (17 m).
- WS - 62 - łącznica węzła, jednoprzęsłowy, km 62+061,64; - 2 szt. (28 m).
- PZS-68 - przejście dla zwierząt, jednoprzęsłowy, 68+056,62; - 2 szt. (17 m)



Wykaz obiektów o nawierzchni betonowej na S7

Nawierzchnie z płytą o ciągłym zbrojeniu:

- MS/PZSp - 61.7 - rzeka,
trójprzęsłowy, km 61+760,27; - 2 szt. (50 m)
- PZS-64.9 - przejście dla zwierząt,
jednoprzęsłowy, km 64+953,62; - 2 szt. (16 m)

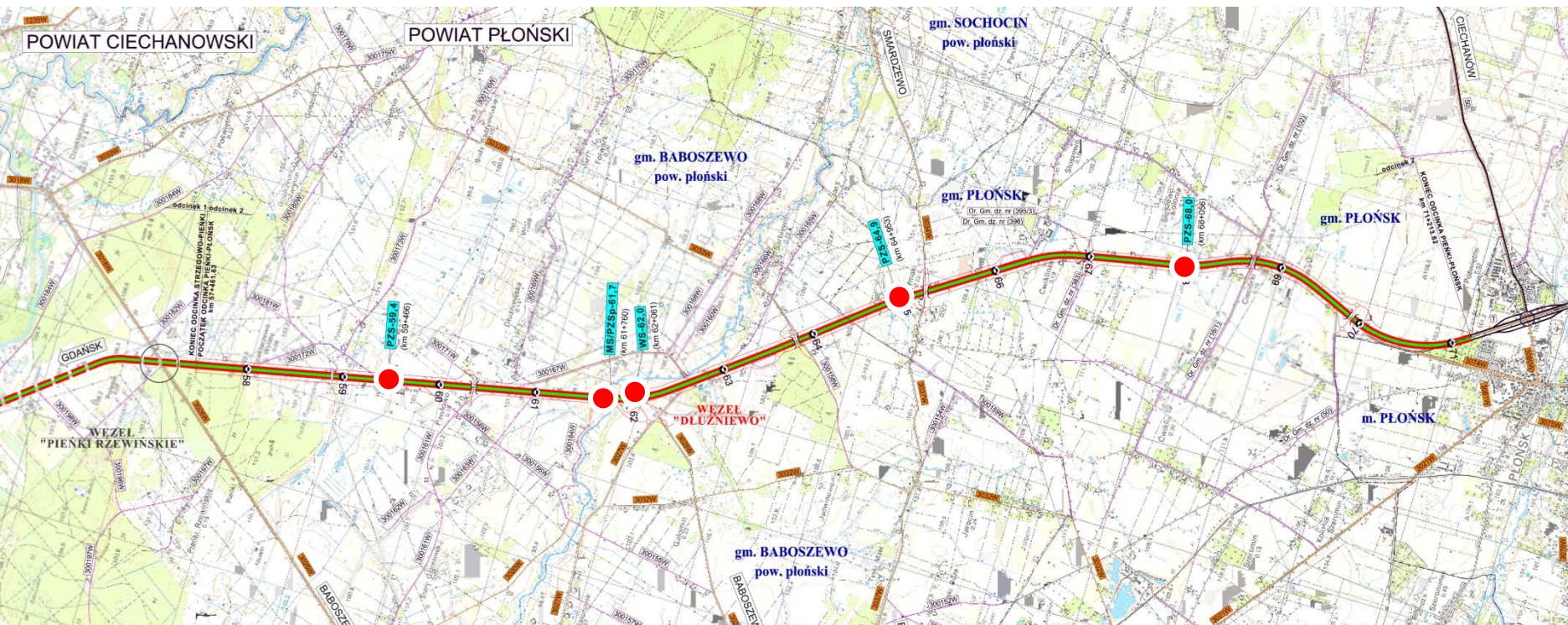
Nadzór naukowy warunków Ministra:

Prof. dr hab. inż. Tomasz Siwowski - P.Rz.

Prof. dr hab. inż. Antoni Szydło - P.Wr.



Lokalizacja obiektów



Rodzaje nawierzchni betonowych

Obiekty inżynierskie z nawierzchnią z betonu cementowego zrealizowane w ramach inwestycji pn. „Budowa drogi ekspresowej S7, odc. Pieńki-Płońsk”; długość odcinka drogi ok. 14 km;

10 obiektów inżynierskich w ciągu drogi ekspresowej (obie jezdnie) ma nawierzchnię z betonu cementowego:

- 6 obiektów mają nawierzchnię z betonu cementowego stanowiącą jednocześnie pogrubioną płytę pomostu (bez warstw pośrednich) - wariant 1;



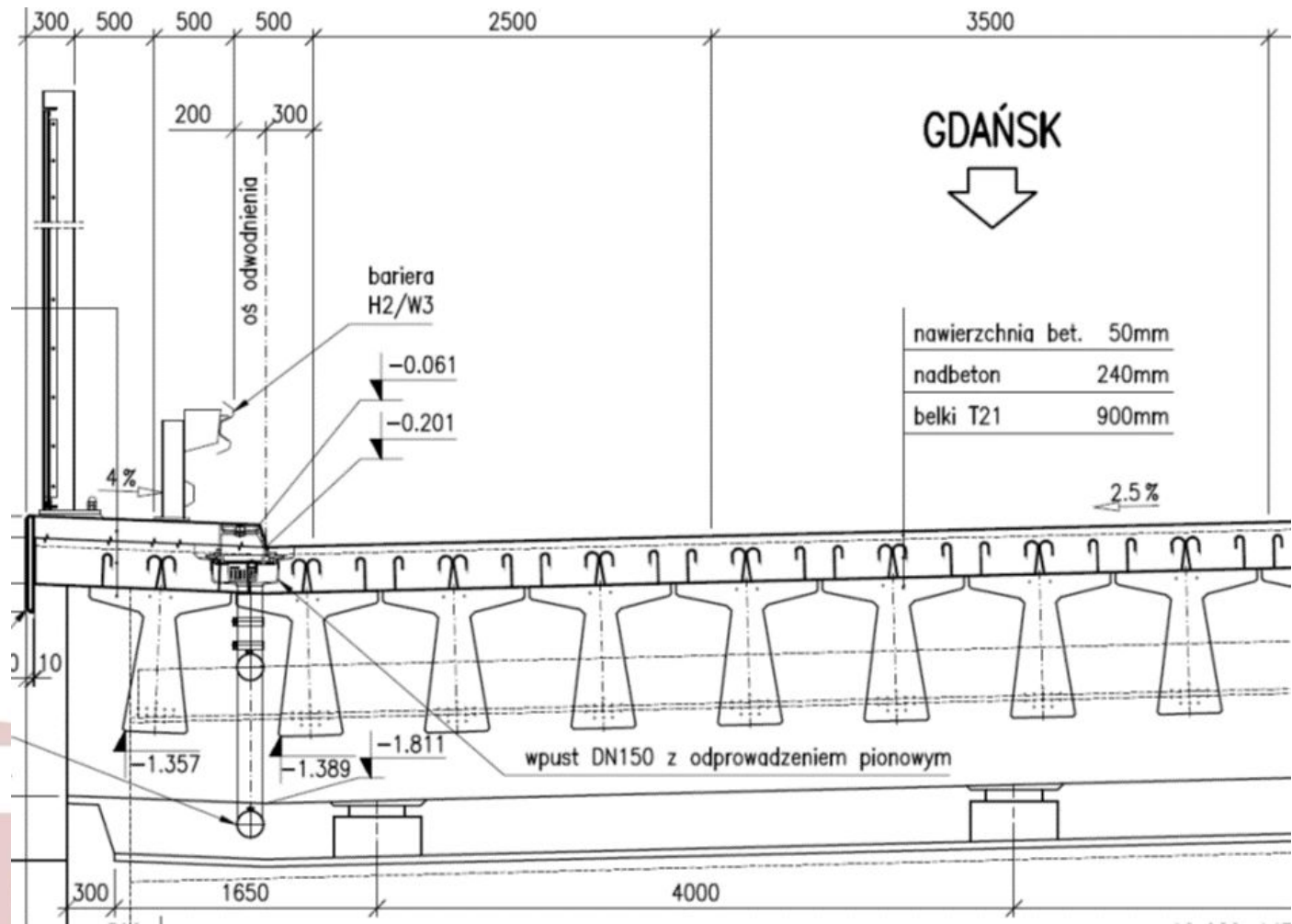
Rodzaje nawierzchni betonowych

- 4 obiekty mają nawierzchnię z betonu cementowego o ciągłym zbrojeniu na warstwie poślizgowej z asfaltu lanego i izolacji z MMA - wariant 2;
- wszystkie obiekty mają **przęsła z prefabrykowanymi belek typu T** z nominalną płytą żelbetową o grubości 240 mm;
- najdłuższy z obiektów ma **długość ok. 50 m**;



Rodzaje nawierzchni betonowych

Wariant 1 - pogrubiona płyta pomostu



Rodzaje nawierzchni betonowych

- Wymagania GDDKiA – wariant 1
- minimalna klasa betonu płyty pomostu **C50/60**;
- grubość dodatkowej warstwy betonu (nawierzchni) **50 mm**; układanej „mokre na mokre”, zbrojonej przeciwskurczowo, polimerowe zbrojenie. Plus ok. 1,5 do 2 cm na profilowanie.
- nasiąkliwość betonu poniżej **4%**;
- ciężkie kruszywo o ciężarze właściwym min. $2,90 \text{ t/m}^3$ i odporności na rozdrabnianie kategorii nie wyższej niż LA 15;
- użycie dodatku w postaci **mikrokrzemionki**;
- *M.13.01.01 Beton konstrukcyjny + wymagania funkcjonalne dla nawierzchni;*
- *D.05.03.04. Nawierzchnia z betonu cementowego;*



Rodzaje nawierzchni betonowych

Parametry betonu płyty pomostowej

- **Wytrzymałość na ściskanie (28 dni): 75.1 MPa**
- **Nasiąkliwość: 3.7 %**
- **Penetracja wody: 21 mm**
- **Wodoszczelność: W10**
- **Mrozoodporność: F200**



Rodzaje nawierzchni betonowych



Rodzaje nawierzchni betonowych



Rodzaje nawierzchni betonowych

Szlifowanie - grinding



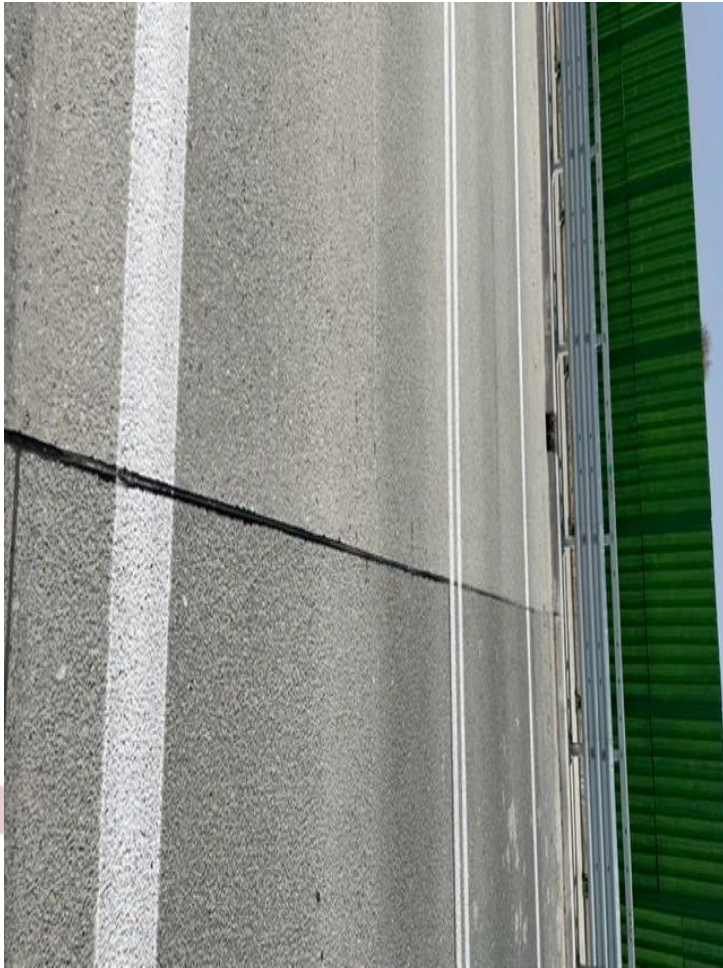
Śrutowanie



Rodzaje nawierzchni betonowych



Rodzaje nawierzchni betonowych



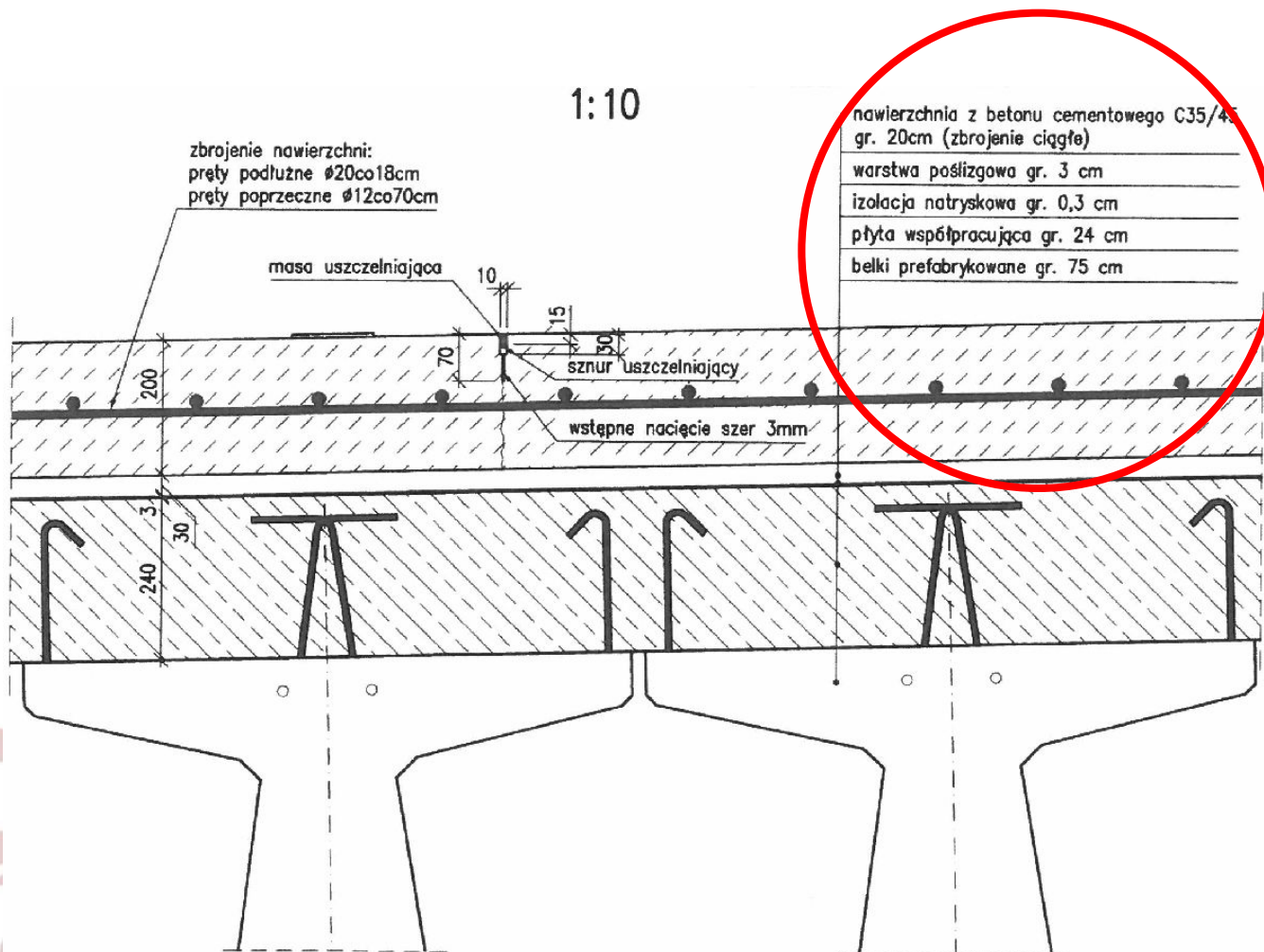
Rodzaje nawierzchni betonowych



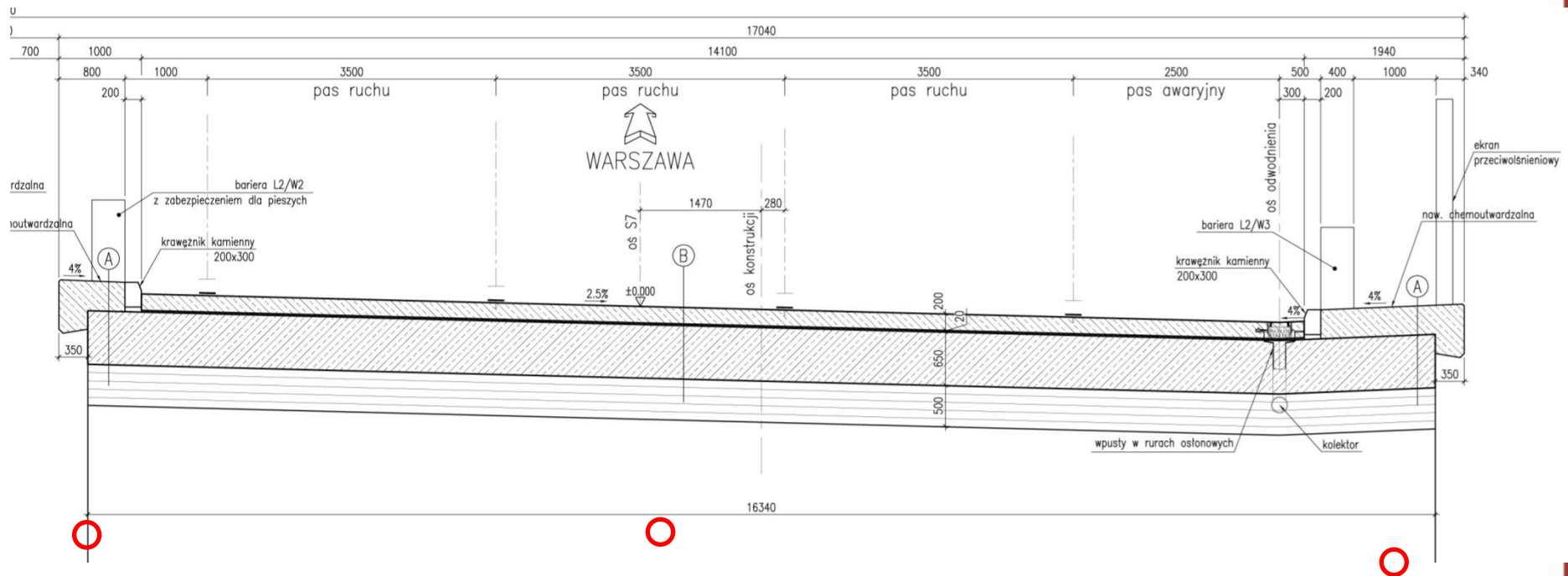
Rodzaje nawierzchni betonowych



Rodzaje nawierzchni betonowych płyta o ciągłym zbrojeniu



PZS - 64.9 - nawierzchnia o ciągłym zbrojeniu



(A)	(B)
5 nawierzchnio-izolacja	200 nawierzchnia betonowa z ciągłym zbrojeniem – C35/45
betonowa kapa chodnikowa	20 warstwa posłizgowa – asfalt lany
min 3 izolacja natryskowa pomostu MMA	min 3 izolacja natryskowa pomostu MMA
650 płyta żelbetowa ustroju	650 płyta żelbetowa ustroju



Rodzaje nawierzchni betonowych

Wariant 2 - wymagania GDDKiA

- - minimalna klasa betonu nawierzchni **C35/45**;
- - grubość nawierzchni betonowej **200 mm**;
- - konwencjonalne zbrojenie stalowe, ciągłe;

- *D.05.03.04 Nawierzchnia z betonu cementowego;*
- *M.15.07.01. Nawierzchnia z asfaltu lanego;*
- *M.15.02.02. Izolacja natryskowa płyty pomostu;*



Parametry betonu nawierzchniowego

- **Wytrzymałość na ściskanie (28 dni): 64.3 MPa**
- **Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu (28 dni): 8.9 MPa**
- **Wytrzymałość na rozciąganie przy ściskaniu (28 dni): 4.30 MPa**
- **Wodoszczelność: W10**
- **Mrozoodporność: F200**



Warstwa poślizgowa, MA



Widok ułożonego zbrojenia



Widok ułożonej nawierzchni



Obiekt MS/PZS km 61+720 - ciągłe zbrojenie



Widok obiektu



Tablica informacyjna



Wyniki badań

Nr	Pas ruchu	Współczynnik tarcia	Makrotekstura (MPD _{av}) [mm]	International roughness index (IRI _{av}) [mm/m]
Most: PZSp-59.4 – płyta pomostowa betonowa				
1	wolny	0.533	1.38	1.0
Most: WS-62 – płyta pomostowa betonowa				
2	wolny	0.496	1.49	1.1
Most: PZSp – 68 – płyta pomostowa betonowa				
3	wolny	0.492	1.43	1.1
Dop. wartości		min. 0.44	min. 0.7	max. 1.3



Wyniki badań

Nr	Pas ruchu	Współczynnik tarcia	Makrotekstura (MPD_{av}) [mm]	International roughness index (IRI_{av}) [mm/m]
Most: MS/PZDdp – 61,7 – nawierzchnia ciągłe zbrojenie				
1	wolny	0.517	1.43	1.1
Most: PZSp – 64.9 – nawierzchnia ciągłe zbrojenie				
2	wolny	0.494	1.28	1.2
Dop. wartości		min. 0.44	min. 0.7	max. 1.3



Podsumowanie

1. Pilotażowe krajowe wdrożenie **nawierzchni z betonu cementowego** w 10 obiektach inżynierskich w ciągu drogi ekspresowej S-7 zakończyło się sukcesem (22 marca 2024 r. przegląd obiektów po 2-letniej eksploatacji).
2. Technologia ta daje określone korzyści zwłaszcza w fazie budowy jak i eksploatacji (utrzymanie jest jednolite).



Podsumowanie

3. **Atrakcyjna jest technologia pogrubionej płyty gdyż wpływa na zmniejszenie obciążenia stałego mostu, oraz na obniżenie kosztów budowy, eliminuje izolacje.**
4. **Stosowanie natomiast konwencjonalnych nawierzchni tj. ciągłe zbrojenie lub płyty dyblowane pozwala na jednolitą technologię układania nawierzchni w ciągu drogi.**



Podsumowanie

5. Komfort jazdy jednakowy na obiekcie i w ciągu drogi
6. Porównywalne są cechy powierzchniowe na obiekcie i przed oraz za obiektem (równość, makrotekstura)
7. Mniejszy jest koszt utrzymania nawierzchni
8. Wykonawcą kontraktu była firma Strabag
9. Nowe PTB nie narzucają rodzaju nawierzchni



Dziękuję za uwagę!

