

A low-angle, close-up shot of a concrete pump truck's rear section as it lays a textured concrete surface. The truck's mechanical components, including a blue hose reel and various pipes, are visible. The freshly laid concrete shows a distinct, repeating pattern of grooves. The background features a clear blue sky with scattered white clouds and a flat, green landscape under bright daylight.

Ronda betonowe na drogach samorządowych

OAT Sp. z o.o.

Opracowanie: mgr inż. Piotr Heinrich

Plan prezentacji

- Projektowanie
- Obciążenie
- Konstrukcja
- Układ płyt i dylatacje
- Detale – krawężniki, odwodnienie
- Wbudowanie i nacinanie betonu
- Połączenie z naw. asfaltową
- Podsumowanie



Źródło: „Strassenbau Heute. Band 1 Betondecken” Schriftreihe der Zement- und Betonindustrie, Oesterheld, Peck, Villaret, Verlag Bau+Technik GmbH 2018

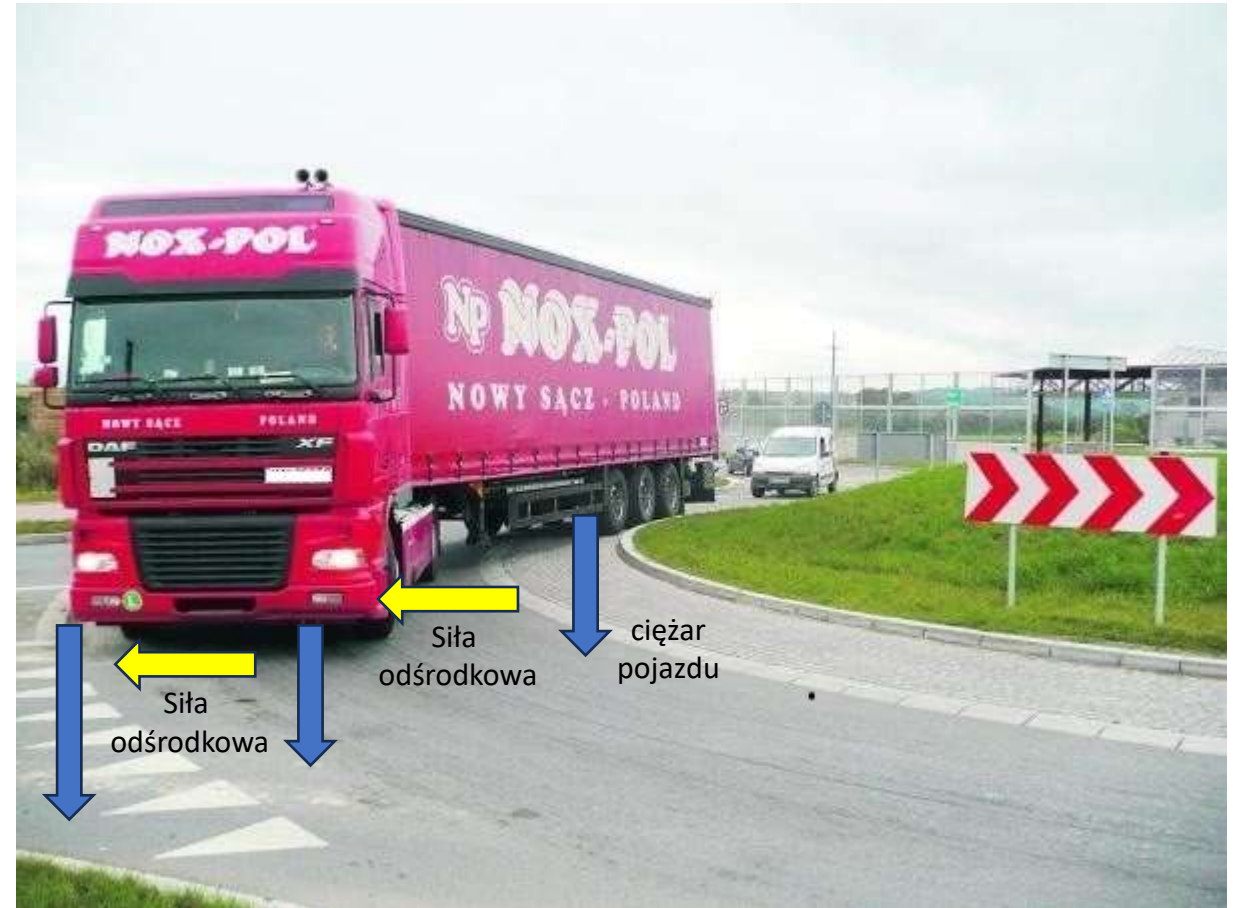
Projektowanie geometryczne

- WR-D-31-3 Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych Cz. 3 Ronda
 - Rozwiązania geometryczne
 - Widoczność i przejezdność
 - Szerokości pasów ruchu
 - Jezdnia i pierścień wewnętrzny
 - Geometria wlotów i wylotów
 - Kształtowanie wyspy centralnej
 - Separatory ruchu
 - Infrastruktura dla pieszych i rowerów
 - ...a technologia ?



Obciążenie nawierzchni

- Zwiększenie nacisku na koła:
 - od siły odśrodkowej:
+ 30% do +50%
 - od pochylenia poprzecznego:
ok. + 2%
 - od siły hamowania i przyspieszania:
ok. + 10%
- obciążenia wynikające z ruchu powolnego
- ruch „skanalizowany”



Obciążenie nawierzchni a konstrukcja

- Brak krajowych wymagań dedykowanych do projektowania konstrukcji rond betonowych
- W KTKNS¹⁾ o rondach nie ma mowy, ale:
w pkt. 6.21. „W przypadku projektowania skrzyżowań kategorię ruchu należy dobierać jak do projektowania konstrukcji nawierzchni najbardziej obciążonego ruchem wlotu drogi.”
- Według WR-D-63²⁾ :
rozdz. 5.5.(4) W przypadku ronda kategoria ruchu przyjęta w celu określania konstrukcji nawierzchni pierścienia jest taka sama, jak kategoria ruchu jezdni.
- Według RStO³⁾ / „Niemieckie wytyczne standaryzacji nawierzchni komunikacyjnych” / na rondach wymagane jest zastosowanie konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu o **jedną klasę wyższej** od konstrukcji najbardziej obciążonego wlotu.⁴⁾



Źródło: FGSV

1) Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014

2) Katalog typowych konstrukcji nawierzchni jezdni przeznaczonych do ruchu bardzo lekkiego oraz innych części dróg. Wzorce i Standardy Rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu. Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych, Warszawa 2022

3) Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“, Ausgabe 2012/Fassung 2024 (RStO 12/24), FGSV Verlag 2024

4) wg: „Strassenbau Heute. Band 1 Betondecken“ Schriftreihe der Zement- und Betonindustrie, Oesterheld, Peck, Villaret, Verlag Bau+Technik GmbH 2018

Wytyczne projektowania konstrukcji

- **KTKNS** - Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014
- **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”
Instrukcja planowania, konstruowania i budowy nawierzchni komunikacyjnych z betonu cementowego
Część 1: Ronda, nawierzchnie autobusowe, parkingi (MOP-y)
- **FHWA Tech Brief** „Jointed Concrete Pavement (JCP) Roundabouts”
Streszczenie techniczne Federalnej Agencji Drogowej „Ronda o nawierzchni z płyt z betonu cementowego”



Źródło: ACPA 2015, GOMACO 2020

Specyficzne wymagania dla rond betonowych

- nawierzchnia betonowa ronda musi obejmować swym zakresem obszar przynajmniej **do punktu rozdzielenia jezdni**
- optyczne rozróżnienie nawierzchni wysp ronda od pierścienia i wlotów (wjazdów) i wylotów (zjazdów) **można wykonać w betonie barwionym**
- **spadek poprzeczny** nawierzchni w obrębie pierścienia powinien być skierowany **na zewnątrz**
- drogi rowerowe i piesze powinny być umieszczone **w rejonie rozdzielenia jezdni** wjazdu/zjazdu

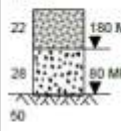
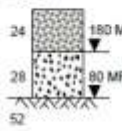
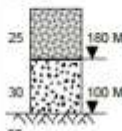
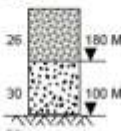
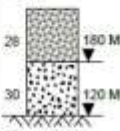
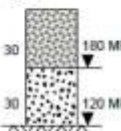
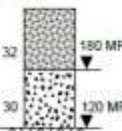


Zdjęcie: „Concrete Roundabout Design and Construction” Iowa Concrete Lunch and Learn Program 2024, Dian King P.E.

Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”, Teil 1. FGSV Verlag 2013

Konstrukcja nawierzchni

- warstwa z **kruszywa stabilizowanego mechanicznie**

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (min osi 100 kN)	$\leq 0,15$	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	$> 101,25$
Ruch projektowy (min osi 115 kN)	$\leq 0,06$	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	$> 38,00$
Typ I							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona

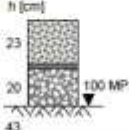
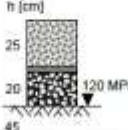
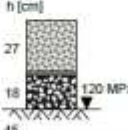
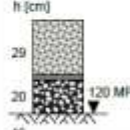
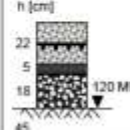


- KTkNS wymaga zastosowanie:
 - skropienia podbudowy (powierzchniowe utwardzenie) dla KR1-KR3
 - geowłókniny dla KR1-KR7
- wytoczne niemieckie i amerykańskie: bez skropienia lub z warstwą podbudowy z mma
- mieszanka mineralna musi mieć odpowiednie uziarnienie i wodoprzepuszczalność

Źródło: Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014

Konstrukcja nawierzchni

- związanego spoiwem hydraulicznym

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7	
Ruch projektowy (min osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 – 0,75	0,75 – 6,39	6,39 – 15,99	15,99 – 42,63	42,63 – 101,25	> 101,25	
Ruch projektowy (min osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 – 0,28	0,28 – 2,40	2,40 – 6,00	6,00 – 16,00	16,00 – 38,00	> 38,00	
Typ III								
				dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	o ciągłym zbrojeniu

- KTKNS wymaga zastosowanie geowłókniny
- stosowanie mma tylko w nawierzchni o zbrojeniu ciągłym



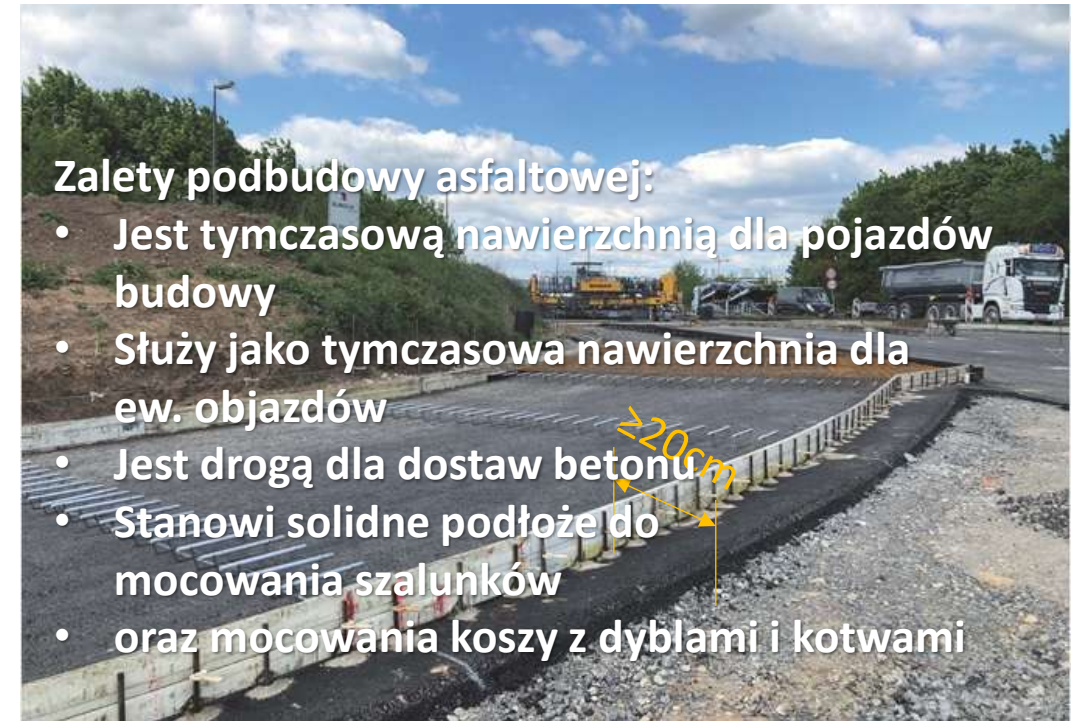
Zdjęcie: własność BUDPOL Sp. z o.o., betonowanie: BUDPOL Sp. z o.o., nacinanie: REKMA Sp. z o.o.

Źródło: Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014

Konstrukcja nawierzchni

- w **podbudowie** może zostać zastosowana warstwa **asfaltowa**,
- Rodzaje mieszanek asfaltowych dla warstwy:
 podbudowy: AC 22 TL; AC 32 TL - $V_{\max}$ 5,5 [vol. %]
 separacyjnej: AC 11 DN - $V_{\max}$ 4,0 [vol. %]
 poślizgowej (PL): AC 8 S lub AC 11 S - $V_{\max}$ 3,0 [vol. %]
- warstwa **podbudowy** - **powinna być ≥ 20 cm szersza**

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	$\leq 0,15$	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 125,25	$\geq 125,25$
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	$\leq 0,06$	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	$> 38,00$
Typ II							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona



Zalety podbudowy asfaltowej:

- Jest tymczasową nawierzchnią dla pojazdów budowy
- Służy jako tymczasowa nawierzchnia dla ew. objazdów
- Jest drogą dla dostaw betonu
- Stanowi solidne podłoże do mocowania szalunków
- oraz mocowania koszy z dyblami i kotwami

Zdjęcie: „Das M VaB Teil 1 – ein Erstes Resümee nach 5 Jahren”, Dipl. Ing. Martin Peck, Straße & Autobahn 01.2021, Kirchbaum Verlag

Źródło: 1) Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014

Konstrukcja nawierzchni

■ Geometria płyt

- płyty powinny mieć kształt zbliżony do prostokątnego
- długość krawędzi ≤ 20 -krotności grubości płyty .
- krawędź płyty ≥ 50 cm.
- unikać płyt w kształcie klinów i ostrych kątów z uwagi na ryzyko odłamania.
- płyty o proporcji wymiarów długości do szerokości $> 1,5$ oraz **z narożami o ostrych kątach powinny być zbrojone¹⁾**
- nieregularnie ukształtowane płyty powinny mieć możliwie zbliżone wymiary.
- szczeliny powinny przebiegać prostopadle do osi lub do krawędzi bocznej jezdni.



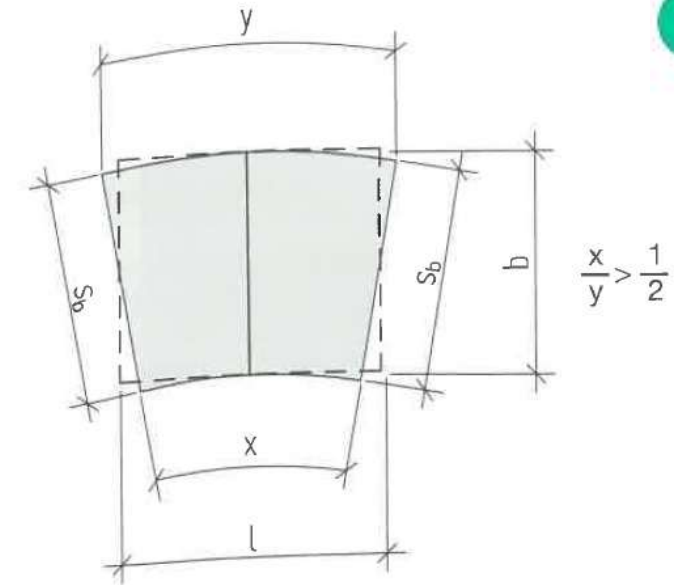
Zdjęcie: „Concrete Roundabout Design and Construction” Iowa Concrete Lunch and Learn, Dian King P.E.

Źródło 1): **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”, Teil 1. FGSV Verlag 2013

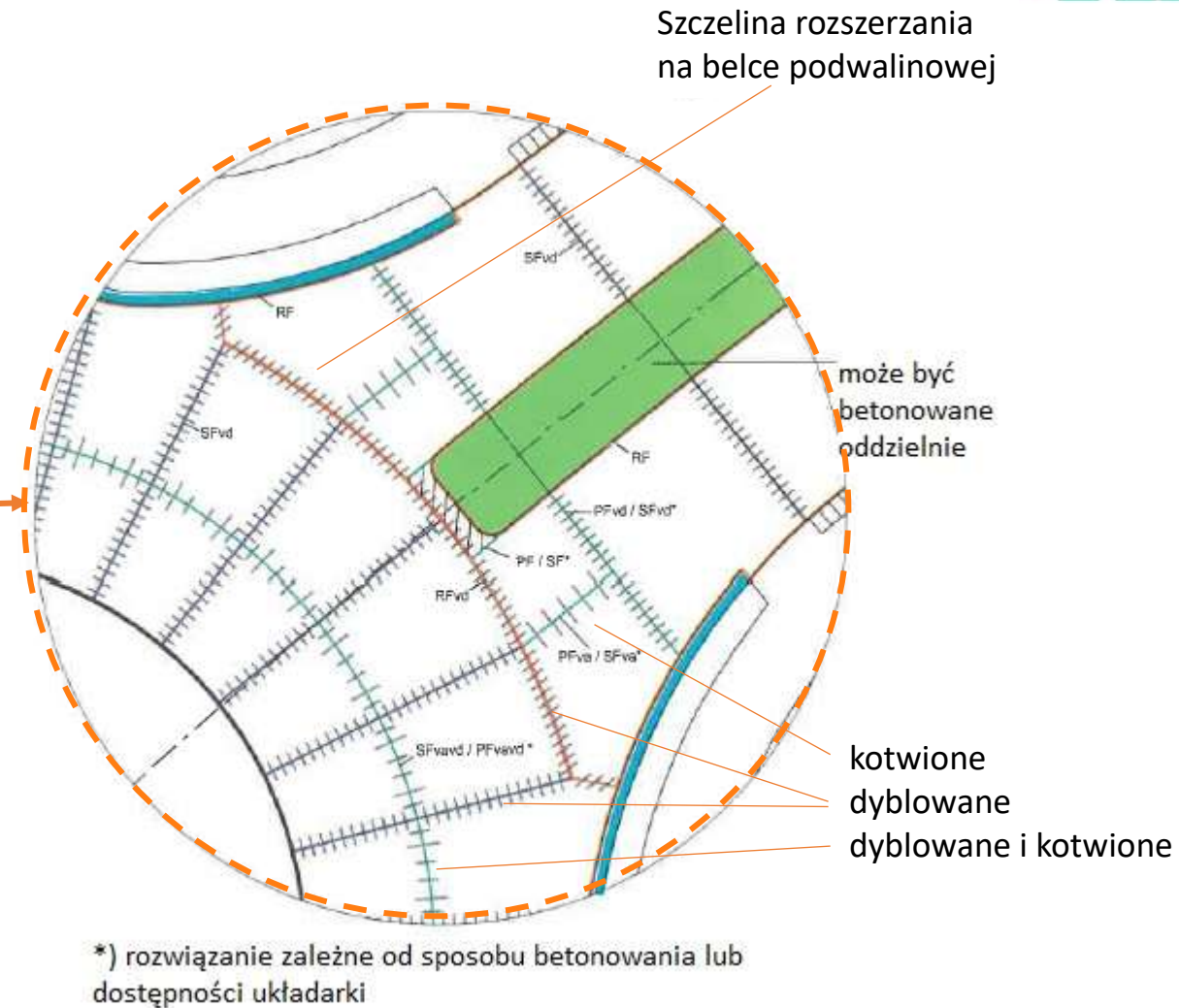
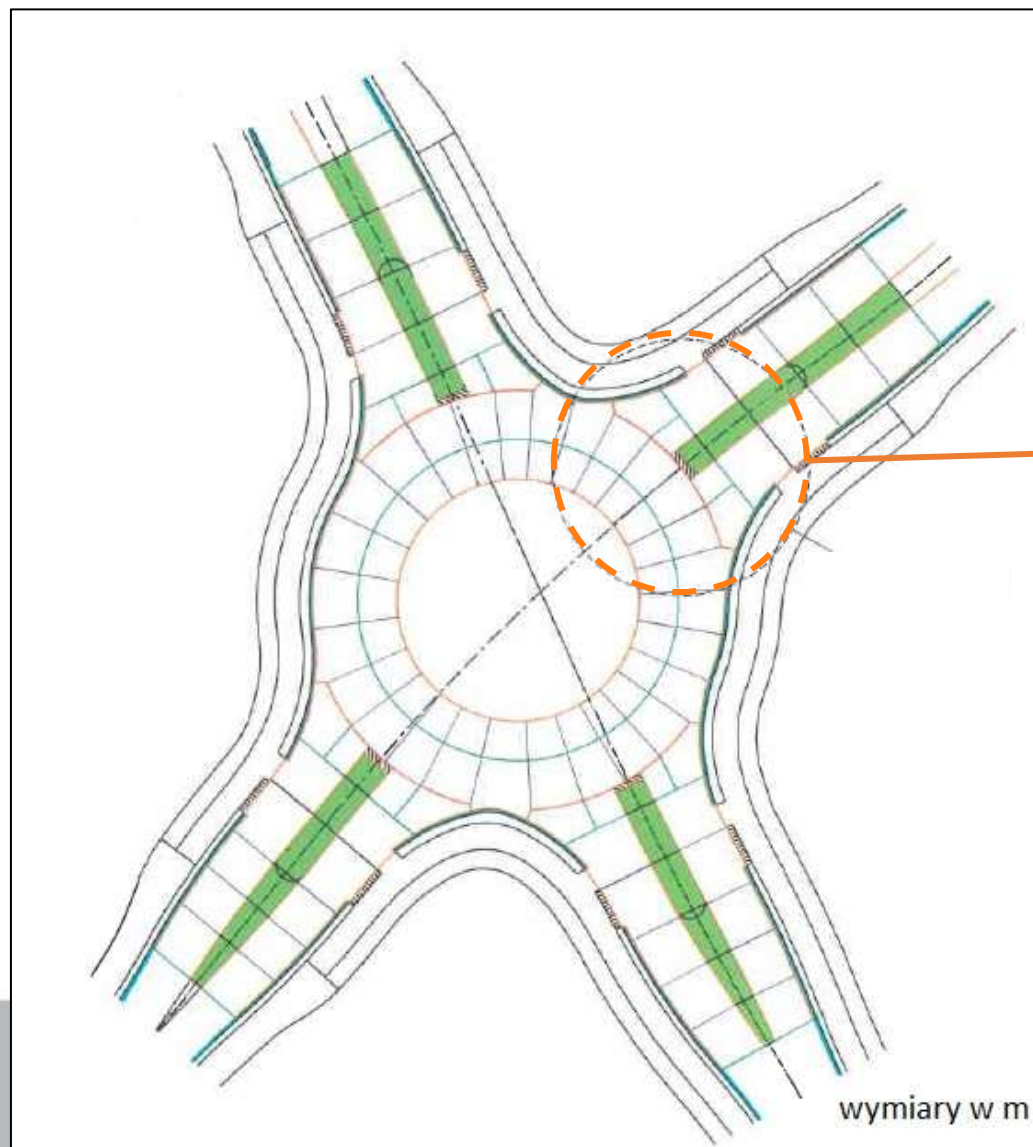
Układ płyt i dylatacje

Geometria płyt

- płyty na rondzie są wycinkami pierścienia
- grubości płyty należy je przeliczyć na prostokąty zastępcze według schematu:
- gdy szczelina podłużna przebiega w śladzie kół
= **musi być dyblowana i kotwiona jednocześnie (rozstaw co 50 cm)**
- pierścień wewnętrzny z betonu barwiony lub prefabrykowany (odmienna tekstura)



Plan dylatacji



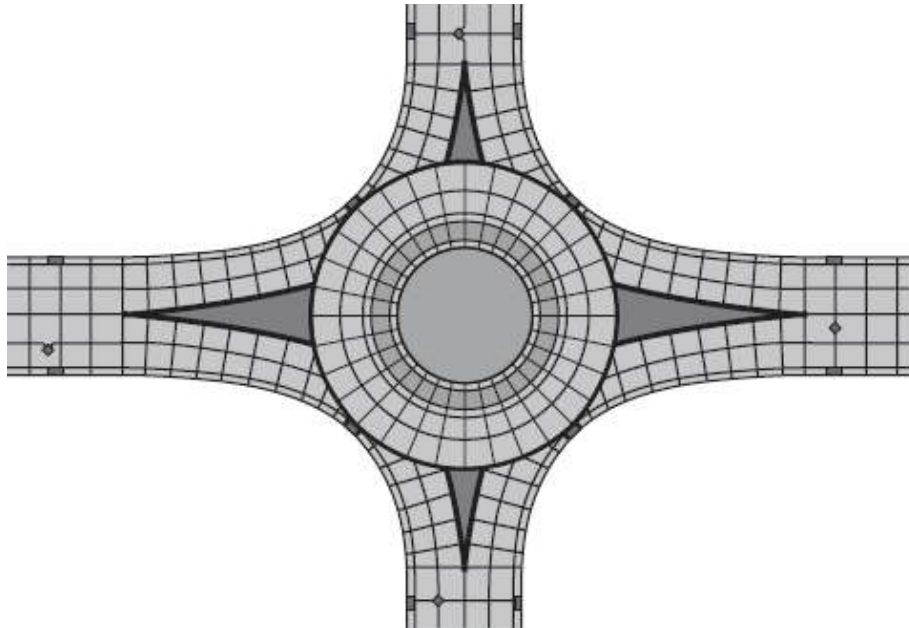
Źródło: M VaB Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton", Teil 1. FGSV Verlag 2013

Plan dylatacji

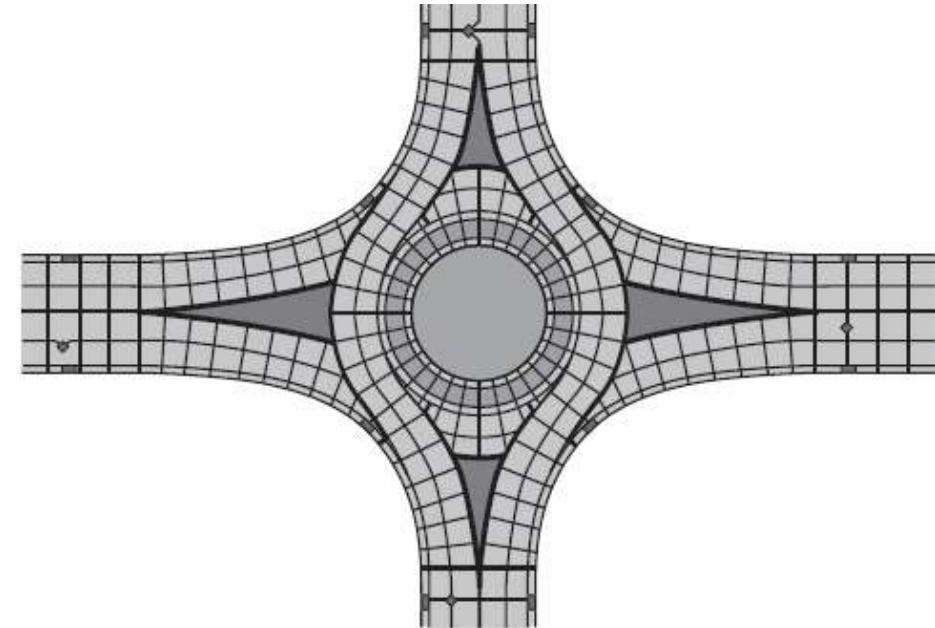
Należy zdecydować o sposobie realizacji:

- z izolowaną wyspą
- betonowane w ciągu
- inny

Wyspa izolowana



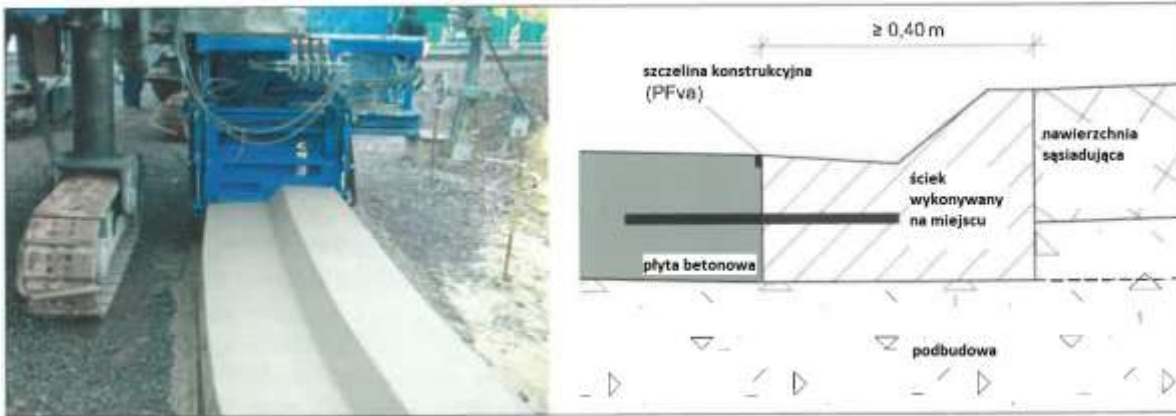
Betonowanie w ciągu



Źródło: „Concrete Roundabout Design and Construction” Iowa Concrete Lunch and Learn, Dian King P.E.

Detale - krawężniki

Krawężniki (ze ściekiem) w technologii ślizgowej:



Krawężnik klejony:

- przygotowanie powierzchni klejonych:
 - szlifowanie
 - śrutowanie
 - hydromonitor
- Zastosowanie kleju 2-składnikowego:
 - epoksydowy
 - PU
- Warunki montażu:
 - wilgotność
 - temperatura

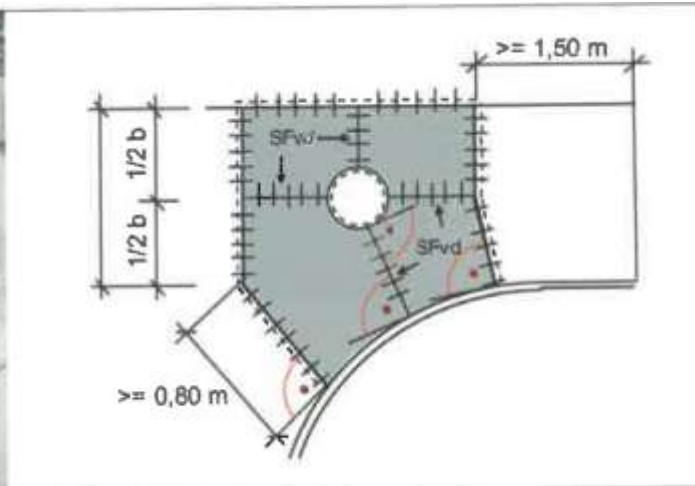
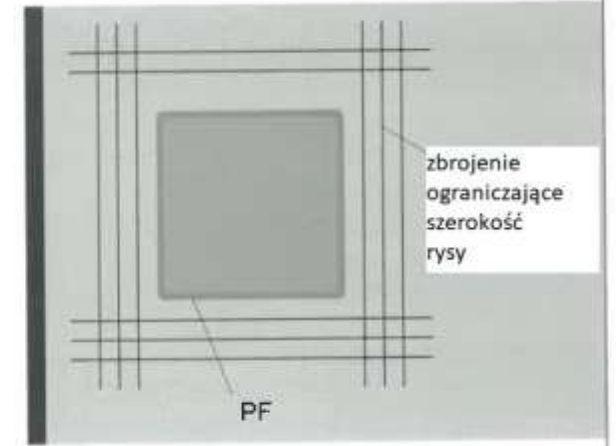


Zdjęcie: „Das M VaB Teil 1 – ein Erstes Resümee nach 5 Jahren”, Dipl. Ing. Martin Peck, Straße & Autobahn 01.2021, Kirchbaum Verlag

Źródło: M VaB Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”, Teil 1. FGSV Verlag 2013

Detale - odwodnienie

- Studzienki powinny być zlokalizowane na skrzyżowaniu szczelin
- W obrębie płyty powinny mieć minimalny odstęp $\geq 1,2$ m od szczeliny



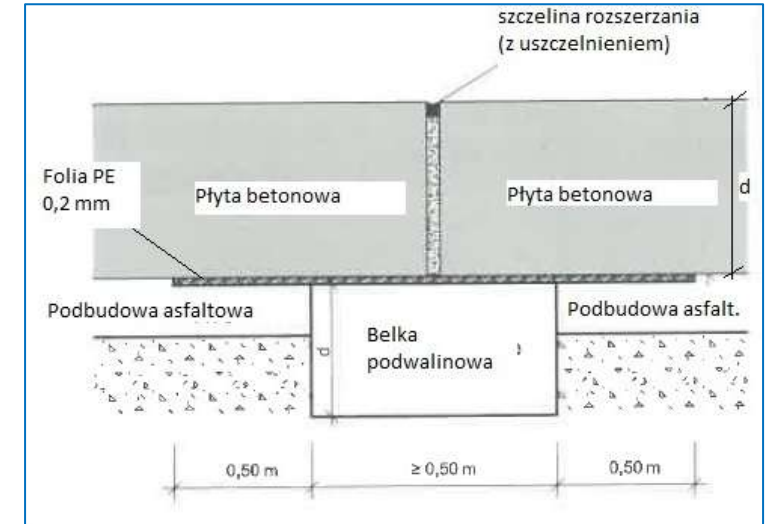
Symbole rodzajów szczelin:

- szczeliny pozorne (SF),
dyblowane (SFvd); kotwione (SFva);
kotwione i dyblowane (SFvavd),
- szczeliny konstrukcyjne (PF)*:
dyblowane (PFvd); kotwione (PFva);
kotwione i dyblowane (PFvavd),
- szczeliny rozszerzania (RF)*,
dyblowane (RFvd)

Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton", Teil 1. FGSV Verlag 2013

Wykonawstwo

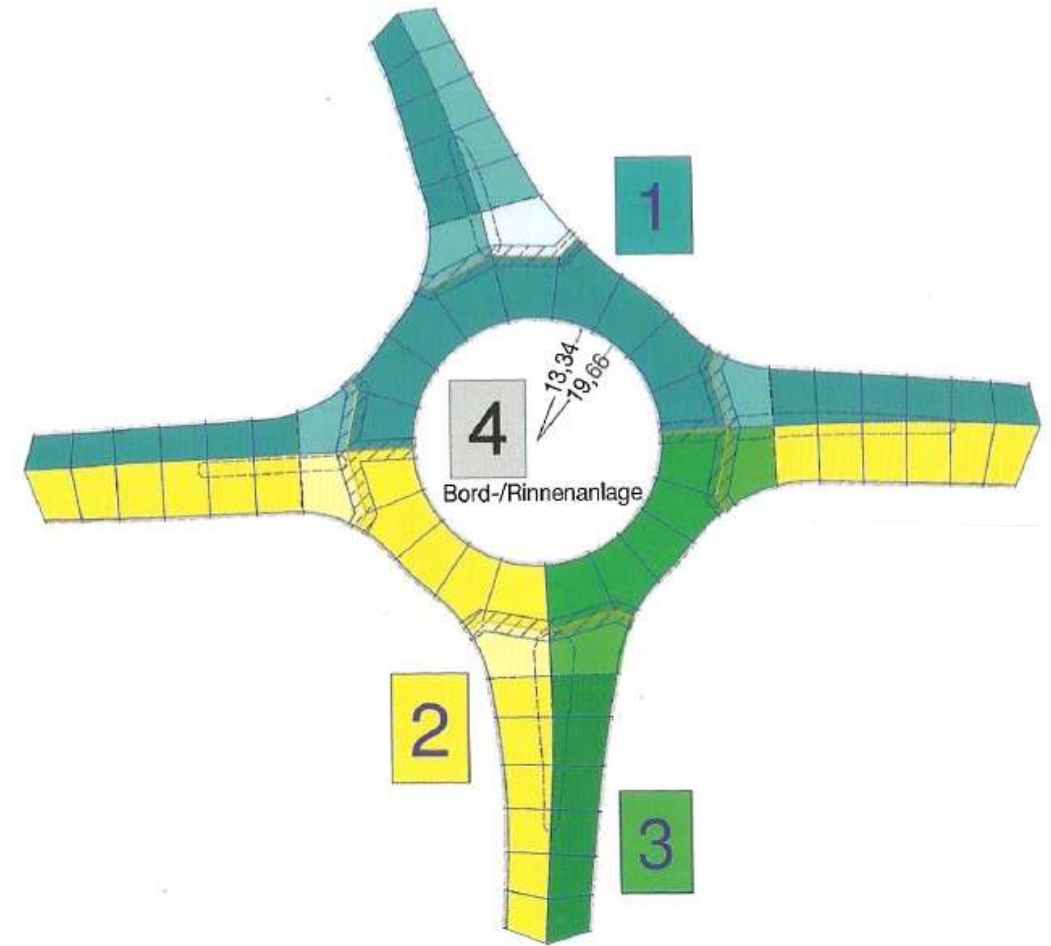
- We wszystkich możliwych przypadkach należy układać nawierzchnię **w jednej warstwie**.
- Stosuje się z reguły w szalunki stałe.
- Dyble i kotwy umieszcza się w koszach mocowanych do podłoża
- Szczeliny rozszerzania umieszcza się **na belkach podwalinowych**
- Konsystencja mieszanki betonowej powinna być dostosowana do technologii wbudowania.



Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton", Teil 1. FGSV Verlag 2013

Wykonawstwo

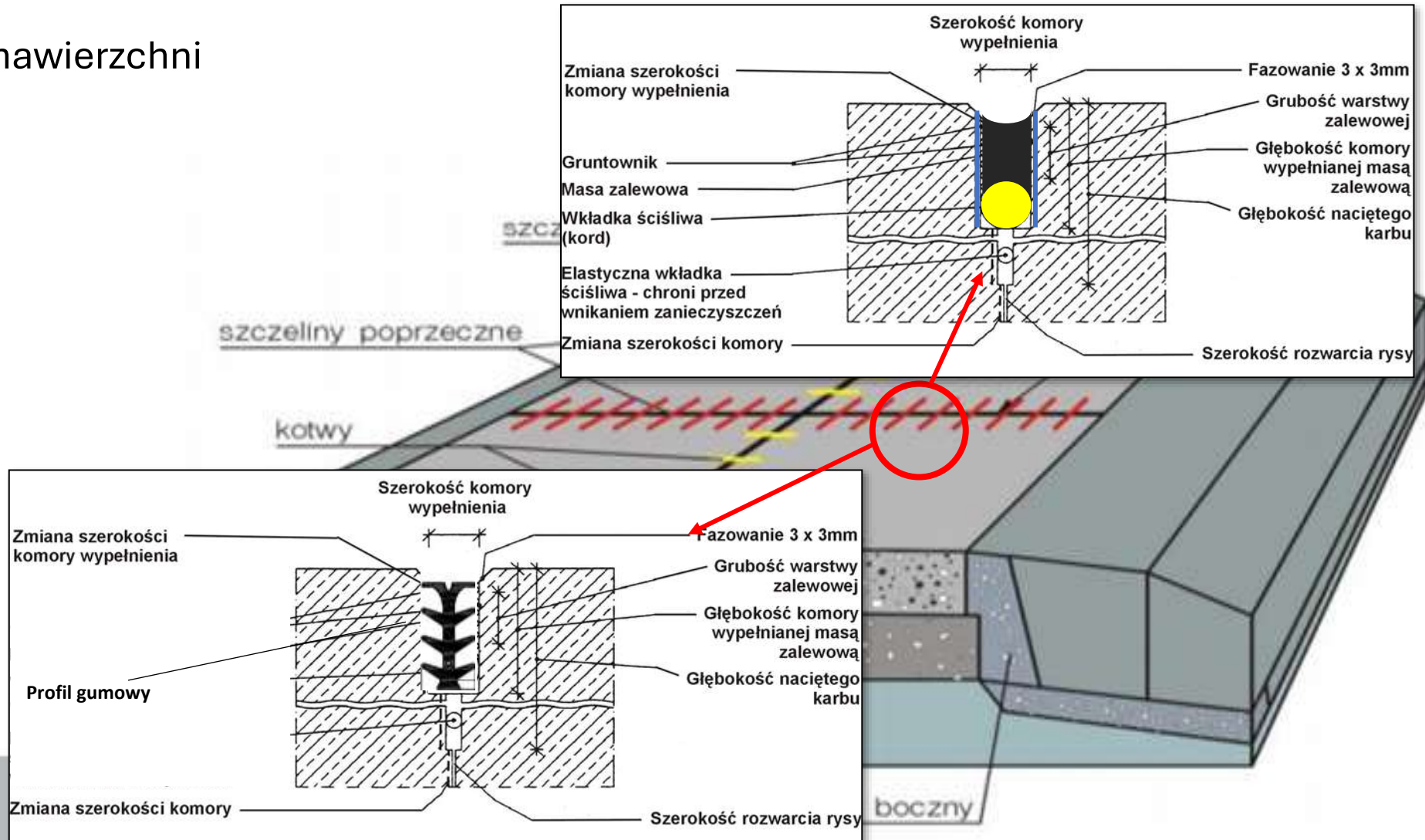
- harmonogram budowy - przerwy technologiczne i objazdy (element projektu)
- wykończenie powierzchni:
 - wygładzanie rotacyjne **nie jest dopuszczalne**
 - szczotkowanie (poprzecznie) ma pierwszeństwo przed innymi metodami teksturowania



Źródło: M VaB Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton", Teil 1. FGSV Verlag 2013

Wykonawstwo

Dylatacje w nawierzchni betonowej



Wykonawstwo

Pierwsze cięcie płyty
nawierzchni betonowej:

- po 6 - 48 godz. od
wbudowania
- gdy beton osiągnie
wytrzymałość na ściskanie 8 –
10 MPa
- tarczą o grubości 3 mm
- na głębokość 1/3 grubości
płyty

Po osiągnięciu wytrzymałości na
ściskanie ≥ 26 MPa nacina się
komory wypełnienia

- ... i uszczelnia



Wykonawstwo

- Uszczelnia się profilem:



- lub masą zalewową np. „na gorąco”
- kord (tzw. wkładka ściśliwa) służy do podparcia masy i nadania jej odpowiednich wymiarów



Połączenie asfalt / beton

- należy unikać połączeń prostopadłych do osi jezdni – korzystne jest połączenie ukośne (pod kątem ok. 70-75°)
- przy łączeniu nawierzchni asfaltowej z betonową o różnych grubościach dopasowanie wykonuje się po stronie nawierzchni asfaltowej.
- kolejność wbudowania jest ważna: np. asfalt/odcięcie/beton
- gdy spadki przebiegają w kierunku połączenia nawierzchni, należy zapewnić odwodnienie szczeliny konstrukcyjnej.
- na związanych warstwach podbudowy odwodnienie można zrealizować za pomocą drenu pod szczeliną konstrukcyjną



Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton“, Teil 1. FGSV Verlag 2013

Podsumowanie

Nawierzchnia betonowa dobrze sprawdza się w konstrukcji rond ponieważ:

- jest odporna na powolny ruch i skręcanie pojazdów, szczególnie ciężarowych
- nie wymaga kosztownych zabiegów utrzymaniowych
- zapewnia najniższe koszty eksploatacji w długiej perspektywie (life cycle cost)
- **największym wyzwaniem jest prawidłowe zaprojektowanie konstrukcji oraz przebiegu dylatacji**



Zdjęcie: „Concrete Roundabout Design and Construction” Iowa Concrete Lunch and Learn, Dian King P.E.



Dziękuję za uwagę

www.oat.pl

piotr.heinrich@oat.pl