



TECHNICKÁ ŘEŠENÍ A SPECIFIKA VYUŽITÍ RŮZNÝCH STAVEBNÍCH RECYKLÁTŮ KONSTRUKCE VOZOVEK VE SMĚSÍCH PRO STMELENÉ VRSTVY VČETNĚ UPRAVENÝCH TYPŮ RECYKLACE ZA STUDENA

Zpracovali: Ing. Dušan Stehlík, Ph.D., Ing. Petr Pácha; Ing. Karel Pecha (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Cílem je aplikace tříděného betonového recyklátu vzniklého recyklací stavebního a demoličního odpadu do asfaltových směsí vozovek s nízkým dopravním zatížením a pro jiné dopravní plochy. Součástí řešení jsou návrhy asfaltových směsí s využitím recyklátu, funkční zkoušení vybraných návrhů směsí a posouzení srovnáním s výsledky běžně používaných asfaltových směsí.

Oblast použití

Aplikace nových poznatků z řešení této aktivity centra CESTI bude využitelná při využití recyklátů do nízkonákladových konstrukcí vozovek, o které je rostoucí zájem, který se zvyšuje úměrně s cenou vstupních přírodních stavebních materiálů. Jedná se zejména o využití pro silnice III. tříd, místních účelových komunikací, menších parkovišť a odstavných dopravních ploch.

Metodika a postup řešení

Ze zjištěných vlastností recyklovaného kameniva vyrobeného z betonového recyklátu byly v průběhu řešení sledovány ty, které nevyhovují požadavkům platných norem a předpisům o použití do vrstev krytu netuhých vozovek. Při návrzích a posouzení asfaltové směsi s recyklátem jsme se tak soustředili především na funkčnost a trvanlivost těchto směsí, které byly zkoušeny jednak klasickými empirickými zkouškami (především samotné recyklované kamenivo), a dále funkčními zkouškami, které simulují dynamické dopravní zatížení na navržené asfaltové směsi.

Výsledky

V první fázi práce bylo důležité ověřit vlastnosti používaného recyklovaného betonu. Pro výzkum použití recyklátů byla použita homogenní frakce 0/32, která byla rozdělena do úzkých frakcí 0/4; 4/8; 8/16 a 16/32. Tvarový index byl zjištěn pro frakci 8/16 s výsledkem SI 13, což vyhovuje meznímu požadavku pro kameniva do obrusných asfaltových

vrstev SI₂₅. Dalším důležitým parametrem je charakteristika jakosti jemných částic betonového recyklátu, která byla provedena zkouškou metylénové modři s výslednou spotřebou 5,9 g/kg roztoku. Výsledná hodnota MB 5,9 vyhovuje požadavku pro kamenivo do obrusných vrstev MB₁₀. U fyzikálně mechanických zkoušek byly dle všeobecně známých skutečností očekávány problémy s dodržením požadavků pro směsi s recyklátem. Při stanovování odolnosti proti drčení referenční metodou Los Angeles na frakci betonového recyklátu 8/16 mm bylo dosaženo výsledné hodnoty LA 31 pro směsi. Požadavek LA30, případně LA25.

U betonového recyklátu byl předpoklad zvýšené nasákavosti, proto byla zkouška provedena na dvou navážkách frakce 4/8 mm a 8/16 mm. Předpoklad se potvrdil, a kvůli nevyhovujícím hodnotám nasákavosti 6,7 % a 5,6 % suché hm. (požadavky jsou WA_{24,2}, případně i WA_{24,1}), bylo nutno ověřit mrazuvzdornost kameniva zkouškou odolnosti proti zmrazování a rozmrazování nebo zkouškou síranem hořečnatým. Objemová hmotnost zrn bez pórů se u frakcí 4/8 mm a 8/16 mm pohybovala kolem 2650 kg/m³, objemová hmotnost vysušených zrn s póry kolem 2300 kg/m³. Zkouška odolnosti proti zmrazování a rozmrazování byla provedena na doporučené frakci 8/16 mm. Úbytek hmotnosti 11,3 % opět několikanásobně překročil požadavky směsí

(F4, příp. F2). Proto byla provedena i zkouška síranem hořečnatým. Při zkoušce síranem hořečnatým na frakci 10/14 mm vyrobené z frakce 8/16 mm byla zjištěná hodnota ztráty hmotnosti 19,0 %.

V rámci první části práce byly zkoušeny čtyři návrhy různých asfaltových směsí za horka s využitím betonového recyklátu. Jednalo se o:

- ACO 8 CH, 50/70, ČSN EN 13108-1
 - 55% hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 0/4 mm
 - 45 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 4/8 mm

- pojivo 50/70, stanovené ideální množství 7,1 % hmotnosti asfaltové směsi
- ACL 16, 50/70, ČSN EN 13108-1
 - 45 % hm. směsi kameniva přírodní kamenivo Luleč frakce 0/4 mm
 - 20 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 4/8 mm
 - 35 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 8/16 mm
 - pojivo 50/70, stanovené ideální množství 6,5 % hmotnosti asfaltové směsi
- PA 16, CRmB, ČSN EN 13108-7, TP 148
 - 10 % hm. směsi kameniva přírodní kamenivo Luleč frakce 0/4 mm
 - 90 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 8/16 mm
 - pojivo CRmB, použité množství 7,0 % hmotnosti asfaltové směsi
- ACO 8, CRmB, ČSN EN 13108-1, TP148
 - 25% hm. směsi kameniva přírodní kamenivo Luleč frakce 0/4 mm
 - 75 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 4/8 mm
 - pojivo CRmB, stanovené ideální množství 8,0 % hmotnosti asfaltové směsi.

Ve všech směsích kromě směsi ACO 8 CH, 50/70 bylo drobné kamenivo frakce 0/4 mm nahrazeno přírodním kamenivem z kamenolomu Luleč stejné frakce. K obalení směsi byl použit běžně používaný silniční asfalt 50/70 mm nebo asfalt modifikovaný pryžovým granulátem z pneumatik (CRmB). Směs PA 16, CRmB se kvůli nevyhovující odolnosti proti drčení nepodařilo úspěšně ztuhnout, proto nebyla dále zkoumána.

Na vyrobených směsích byly prováděny empirické zkoušky a funkční zkoušky – stanovení modulu tuhosti a odolnosti zkušební tělesa vůči vodě. Z empirických požadavků bylo zásadním problémem nedodržení maximální přípustné mezerovitosti (u směsi ACO 8 CH, 50/70 překročení o 1,2 procentního bodu, u směsi ACO 8, CRmB dokonce 11,7 procentního bodu), u směsi ACO 8 CH, 50/70 ještě nebyl dodržen požadavek minimálního hmotnostního obsahu pojiva (pouze o 0,1 procentního bodu).

Odolnost proti trvalým deformacím (i když pro tyto směsi není požadována) ve všech případech vyhověla. Požadavek na odolnost vůči vodě (ITSR) je dán pouze pro směs ACO 8, CRmB

(ITSR 73,7 % pevnosti), který byl splněn (min. ITSR 70 % pevnosti).

Zjištěné moduly tuhosti (S_m) splňovaly u asfaltových směsí s pojivem gradace 50/70 mm minimální požadovanou tuhost S_{min} o hodnotě 7000 MPa (ACO 8 CH, 50/70 – 8877 MPa; ACL 16, 50/70 – 8103 MPa). Směs ACO 8, CRmB ($S_m = 4274$ MPa) požadavek na tuhost o hodnotě 4500 MPa nesplňuje. Na základě vesměs nevyhovujících výsledků zkoušených asfaltových směsí s recykláty pro obrusné vrstvy byla navržena druhá fáze výzkumu recyklátů do netuhých krytů s cílem ověřit využití do ložných příp. podkladních (hrubozrnných) asfaltových vrstev. Byly navrženy další tři směsi. V prvním případě asfaltová směs s použitím 98 % betonového recyklátu fr. 0/16 z podílu kameniva se ukázalo, že nejlepší výsledky dosahuje tato směs s dávkováním až 9,0 % asfaltu. Tato směs splňuje všechny požadavky na provedené zkoušky, uvedené v normě ČSN EN 13108-1 pro vrstvy ACL 16 a ACL 16+. U této směsi se potvrdila vysoká hodnota nasákavosti betonových recyklátů.

V další asfaltové směsi pro ložné vrstvy, která měla za cíl zredukovat množství pojiva, bylo použito 73 % betonového recyklátu fr. 0/16 z podílu kameniva. Optimální výsledky dosahovala tato směs se 7,3 %, splňovala všechny požadavky na provedené zkoušky, uvedené v normě ČSN EN 13108-1 pro vrstvy ACL 16 a ACL 16+. V třetím návrhu asfaltové směsi pro ložné vrstvy méně zatížených dopravních ploch bylo z betonového recyklátu fr. 0/16 odstraněna fr. 0/4, kvůli potřebě vyšší dávky asfaltu. Frakce 0/4 byla nahrazena přírodním kamenivem. Po optimalizaci křivky zrnitosti vznikla asfaltová směs se 47 % betonového recyklátu fr. 4/16 z podílu kameniva. Z tří různých dávkování asfaltu u této asfaltové směsi se na základě zkoušení ukázalo, že nejvhodnější je směs s obsahem 6,4 % asfaltu. Kromě nižších hodnot ITSR tato směs splňuje všechny ostatní požadavky na ACL 16 a ACL 16+. Co se týká odolnosti vůči mrazovým trhlinám a trvalým deformacím, vykazovaly všechny směsi velmi dobré výsledky.

Literatura

- [1] WILCZEK, M., Recyklovaná kameniva a materiály do asfaltových vrstev vozovek pozemních komunikací, diplomová práce, VUT FAST Brno, 2011.
- [2] KROPÁČ, P., Recyklované kamenivo do asfaltových směsí pozemních komunikací, diplomová práce, VUT FAST Brno, 2012.