

Konferenz BETONFAHRBAHNEN 2002

24. Oktober 2002, Olomouce, Tschechische Republik

WASCHBETONOBERFLÄCHE

Dipl.-Ing. Dr. Johannes Steigenberger

Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, A – Wien

Einleitung

Betondecken sind hinsichtlich Festigkeit, Lastverteilung, Griffigkeit, Verschleiß- und Verformungswiderstand für alle Verkehrsflächen geeignet. Sie stellen für das hochrangige Straßenverkehrsnetz mit dem stark zunehmendem Schwerlastanteil und dem sich ständig erhöhenden Verkehrsaufkommen, insbesondere aus Gründen der Verkehrssicherheit, des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit, eine optimale Lösung dar.

Seit Jahrzehnten ist im österreichischen Autobahnbau kein Jahr ohne eine Betondeckenherstellung vergangen. Diese Kontinuität macht es möglich, daß auf Problemstellungen und Entwicklungen in der Praxis rasch reagiert und Vorschriften und Richtlinien schnell an den Stand der Technik angepaßt werden.

Die Waschbetonoberfläche zählt mit ihren Eigenschaften Lärminderung und Griffigkeit nun schon seit Jahren zum Stand der Technik, ebenso das Recycling – Konzept zur Erneuerung bestehender Betonstraßen.

Stand bei der Einführung dieser Technik der Lärmschutz im Vordergrund, so findet die Waschbetonbauweise nun auch aus Gründen der Griffigkeit bei Strecken mit geringeren Lärmanforderungen Anwendung.

Aufbau der Betondecke - Grundsätze

Die österreichischen Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS 3.63, Oberbaubemessung [1]) sehen für die Betondecke in der höchsten Lastklasse (Lastklasse S mit über 18 Millionen Bemessungsnormallastwechsel) eine 25 cm dicke Betondecke vor. Die Betondecke wird nicht bewehrt, sie enthält stets Dübel in den Querfugen und Anker in den Längsfugen (Abbildung 1).

Abbildung 1: Die österr. Betondeckenbauweise, Beispiel „Generalerneuerung“.

Der Querschnittsabstand (Feldlänge) beträgt in der Regel 5,5 m (maximal 6,0 m) bzw. die 25-fache Deckendicke. Als Unterlage wird stets eine 5 cm dünne, bituminöse Tragdeckschicht eingebaut. Sie ist erosionsbeständig und schützt die darunter liegenden Tragschichten und den Untergrund vor Wasser und Tausalz. In manchen Fällen (z. B. vor Steigungsstrecken) kann sie leicht angefräst auch zum Mittragen herangezogen werden, um die Längskräfte (das sogenannte Schieben der Decke) aufnehmen zu können. Dieser gute Verbund zwischen Asphalt und Beton führt auch dazu, daß die Scheinfugen gleichmäßig reißen und ein Paketreißen verhindert wird.

Die Querschnitte erhalten Hohlraumfugenbänder, die Längsfugen werden mit bituminösen Vergußmassen verschlossen. Die Entwässerung der Deckenunterlage an den Tiefpunkten erfolgt durch Einlegen von Flachdrains, die am besten gleich in die Asphaltunterlage angefräst werden.

Betonzusammensetzung und Anforderungen [2]

Der Beton muß neben der Festigkeit (Verkehrslasteinwirkung) auch folgende Anforderungen erfüllen: Verschleißfestigkeit, Frost- und Witterungsbeständigkeit, Frost-Tausalzbeständigkeit, etc. Die hochwertigen, polier- und verschleißfesten Gesteinskörnungen sind teuer und werden daher nur für den Oberbeton verwendet. Der Unterbeton kann mit lokal verfügbaren preisgünstigeren Gesteinskörnungen oder auch mit Recyclingzuschlägen aus der alten Betondecke hergestellt werden. Ober- und Unterbeton enthalten künstliche Luftporen.

Für die Betondeckenherstellung ist ein Portlandhüttenzement CEM II A-S (DZ), Festigkeitsklasse 32,5 oder 42,5 [3, 4] zu verwenden. Die Biegezugfestigkeit im Alter von 28 Tagen, geprüft nach EN 196-1 [5] muß mindestens 7 N/mm² betragen. Die Mahlfineinheit, bestimmt als spezifische Oberfläche nach Blaine darf 3.500 cm² nicht überschreiten, der Erstarrungsbeginn (20°C) soll 120 Minuten nicht unterschreiten.

Die Betonzusammensetzung ist in Abbildung 2 dargestellt, die Anforderungen in Abbildung 3.

Abbildung 2: Richtwerte für Zementgehalt, Luftgehalt, Wasser-Zement-Wert [2].

Abbildung 3: Anforderungen an den Beton [2].

Betoneinbau

Die Betondecke mit Waschbetonstruktur wird im allgemeinen in zwei Schichten (Ober- und Unterbeton) frisch auf frisch eingebaut (siehe Abbildung 4). Beim einschichtigen Einbau (z.B. kurze Tunnelstrecken) muß der Beton hingegen über die gesamte Dicke Oberbetonqualität aufweisen.

Das Mischgut ist gleichmäßig einzubringen und zu verteilen. Eine Durchmischung von Oberbeton-/Unterbetonmischgut, bzw. die Ausbildung von Rüttelgassen ist durch entsprechende Wahl von Konsistenz des aufzubringenden Betonmischgutes, sowie durch geeignete Verdichtungsgeräte (Anordnung, Frequenz, Amplitude) zu verhindern. Eine Anreicherung von Feinmörtel über dem groben Korngest ($> 4 \text{ mm}$) ist zu vermeiden.

Abbildung 4: Einbau mit Gleitschalungsfertiger; dargestellt *von links nach rechts*: Oberbetoneinbringung, händisches Einrichten der Anker, automatisches Versetzen der Dübel.

Oberflächenstruktur

Die Oberfläche einer Betondecke kann nach RVS 8S.06.32 [2] konventionell mit Besenstrich oder Jutetuch bzw. mit einer lärmindernden Waschbetonoberfläche ausgeführt werden.

Bei den in konventioneller Technik (also ohne Waschbetonstruktur) hergestellten Betonfahrbahndecken mit Größtkorn 22 mm waren in den letzten Jahren immer wieder Probleme aufgetreten [6].

Gerade deshalb, weil die Jutetuch- oder Besenstrichstruktur relativ kurzen Bestand aufweist (Abbildung 5), wurde in Österreich bereits 1990 die Waschbetonbauweise mit Größtkorn 8 mm eingeführt – vor allem in Hinblick auf die guten lärmindernden Eigenschaften [7].

Abbildung 5: Kombination Jutetuch und Plastikamm [7].

Zur Herstellung der Betonoberfläche mit Waschbetonstruktur ist auf dem fertig eingebauten, verdichteten und geglätteten Oberbeton ein Kontaktverzögerer und ein geeigneter erster Verdunstungsschutz gleichmäßig aufzusprühen. Nach etwa 8 bis 24 Stunden (je nach Witterung) wird der Feinmörtel weggebürstet, so-

daß eine Rauhtiefe von beispielsweise etwa 0,9 mm bei Größtkorn 8 mm entsteht (Abbildung 6).

Abbildung 6: Waschbetonstruktur, Größtkorn 8 mm.

Die Waschbetonbauweise mit Größtkorn 8 mm zählt nun seit Jahren zum Stand der Technik. Stand bei der Einführung dieser Technik der Lärmschutz im Vordergrund, so findet die Waschbetonbauweise nun auch aus Gründen der Griffigkeit in lärmunsensibleren Bereichen Anwendung. Mit der Einführung Größtkorn 11 mm soll ein besonders hohes Griffigkeitsniveau erreicht werden. Ein geringfügig höherer Rollgeräuschpegel wird zufolge größerer Rauhtiefe und damit höherer Griffigkeit bei Nässe akzeptiert.

Seit 1990 wurden über 300 km Richtungsfahrbahn an Österreichs Autobahnen in Waschbetonbauweise ausgeführt. Bewährt hat sich diese Bauweise auch im städtischen Bereich, wo Straßenbeton mit Fließmittel eingebaut wird [8].

Die aktuelle Ausgabe der RVS 8S.06.32 Betondecken [1] mußte rasch an den Stand der Technik angepaßt werden. Da sich die Notwendigkeit aus der aktuellen Anwendungspraxis ergeben hat, eine komplette Überarbeitung jedoch zu lange gedauert hätte, wurden einige Bereiche überarbeitet und in den „Abänderungen und Ergänzungen“ zur RVS 8S.06.32 [9] bis zur nächsten Gesamtüberarbeitung der RVS 8S.06.32 für verbindlich erklärt:

- ◆ Gewährleistung der Mindestdicke der Betondecke durch Verringerung der Einbautoleranzen und Präzisierung der Kontrollprüfungen.
- ◆ Verschärfung der Griffigkeitsanforderungen durch Erhöhung des Anteils von Salzsäureunlöslichem im Sand von ≥ 33 M-% auf ≥ 66 M-% und Definition einer Mindestrauhtiefe.
- ◆ Erweiterung des Verwendungsbereiches für Betondecken mit Waschbetonstruktur auf Größtkorn 11 mm, um auch bei Strecken mit geringeren Lärmanforderungen eine Oberfläche mit sehr hohem Griffigkeitsniveau wirtschaftlich herstellen zu können (Abbildung 7).
- ◆ Verbot der Verwendung von Aluminiummulden für den Beton-Mischguttransport, da es dadurch zu unerwünschten Reaktionen des Aluminiums mit dem Zement im Frischbeton und zu Schädigungen des Betongefüges kommen kann.
- ◆ Präzisierung bei der Prüfung der Betonfestigkeiten in Eignungs- und Abnahmeprüfung.

Abbildung 7: Anforderungen Waschbetonoberfläche Größtkorn 8 mm/11 mm [9].

Zusammenfassung

Betondecken sind hinsichtlich Festigkeit, Lastverteilung, Griffigkeit, Verschleiß- und Verformungswiderstand für das hochrangige Straßenverkehrsnetz mit dem stark zunehmendem Schwerlastanteil, insbesondere aus Gründen der Verkehrssicherheit, des Umweltschutzes und der Wirtschaftlichkeit bestens geeignet.

Die Waschbetonoberfläche zählt mit ihren Eigenschaften Lärminderung und Griffigkeit nun schon seit Jahren zum Stand der Technik. Stand bei der Einführung dieser Technik der Lärmschutz im Vordergrund, so findet die Waschbetonbauweise nun auch aus Gründen der Griffigkeit in lärmunsensibleren Bereichen Anwendung.

Mit der Einführung Größtkorn 11 mm soll ein besonders hohes Griffigkeitsniveau erreicht werden. Ein geringfügig höherer Rollgeräuschpegel wird zufolge größerer Rauhtiefe und damit höherer Griffigkeit bei Nässe akzeptiert.

Literatur

- [1] RVS 3.63, Ausgabe Oktober 1998: Oberbaubemessung. ÖFSV, Wien.
- [2] RVS 8S.06.32, Ausgabe Oktober 1998: Betondecken, Deckenherstellung. ÖFSV, Wien.
- [3] ÖNORM EN 197-1, Ausgabe Dezember 2000: Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [4] ÖNORM B 3327-1, Ausgabe Jänner 2002: Zemente gemäß ÖNORM EN 197-1 für besondere Verwendungen. Teil 1: Zusätzliche Anforderungen. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [5] ÖNORM EN 196-1, Ausgabe Juli 1995: Prüfverfahren für Zement; Teil 1: Bestimmung der Festigkeit. Österr. Normungsinstitut, Wien.
- [6] Steigenberger, J.: Aktuelle Entwicklungen beim Betonstraßenbau. Zement und Beton 1/2000.
- [7] Sommer, H.: Lärmmindernde Betonoberflächen. Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung, Heft 415/1993 und Heft 447/1995, Wien.
- [8] Breyer, G.: Moderne Entwicklungen im Betonstraßenbau, Tagungsband 25/2001, „Aktuelle Trends im Betonbau“, Spittal a. d. Drauf, 2001.
- [9] RVS 8S.06.32, Ausgabe Juli 2001: Betondecken, Deckenherstellung, Abänderungen und Ergänzungen. ÖFSV, Wien.

Konferenz Betonové vozovky 2002

Povrch z vymývaného betonu

Dipl. Ing. Dr. Johannes Steigenberger

Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, A - Wien

Concrete roadways, as concerns consistency, load distribution, roughness and resistance against wear and deformation, are best suited for priority road networks with a high demand in heavy transportation, especially due to the safety of traffic, environmental protection and cost effectiveness.

The surface of washed concrete, thanks to attributes such as noise reduction and roughness, has been on an advanced technological level for many years. If protection against sound had been in the foreground during the implementation of this technology, structures of washed concrete would, due to their roughness, now be used in areas which are not sensitive to sound.

By applying large grains of 11 mm bonding agents, it should reach a particularly high level of roughness. The slightly higher sound level may be accepted with respect to the greater depth of unevenness and thereby, an increased level of roughness.

Úvod

Betonové kryty jsou z hlediska pevnosti, přenosu zatížení, drsnosti, odolnosti vůči otěru a přetvoření vhodné pro všechny vozovky. Představují optimální řešení pro silniční síť se silně přibývajícím podílem těžké dopravy a se stále rostoucím stupněm dopravy, zejména z důvodů bezpečnosti dopravy, ochrany životního prostředí a hospodárnosti.

Již po desetiletí neminul v rakouské stavbě dálnic rok, aniž by se zhotovil betonový kryt. Tato kontinuita umožňuje, že na problémy a rozvoj v praxi lze hbitě reagovat a předpisy a směrnice mohou být rychle přizpůsobeny stavu techniky.

Povrch z vymývaného betonu patří svými vlastnostmi, tj. sníženými emisemi hluku a drsností, již po léta k prováděným technologiím, rovněž tak recyklace – to je koncept na obnovu stávajících betonových vozovek.

Jestliže při zavádění této techniky byla v popředí ochrana proti hluku, pak nyní povrch s vymývaným betonem nachází uplatnění také z důvodů drsnosti i na úsecích s nižšími požadavky na hluk.

Stavba betonového krytu - základní principy

Rakouské směrnice a předpisy pro stavbu vozovek (RVS 3.63, Oberbaumessung /1/) předepisují pro betonové kryty v nejvyšší třídě zatížení (třída zatížení S s více než 18 miliony normálového střídavého zatěžování) tloušťku betonového krytu 25 cm. Betonový kryt se nevyztužuje, vždy obsahuje kluzné trny v příčných spárách a kotvy v podélných spárách (obr.1).

Obr. 1: rakouský způsob stavby betonového krytu, příklad “generální obnovy”

Rozestup příčných spár (délka pole) činí zpravidla 5,5 m (maximálně 6,0 m), případně 25ti násobek tloušťky krytu. Jako podklad se pokládá vždy asfaltová podkladní vrstva o tloušťce 5cm. Je odolná vůči erozi a chrání pod ní ležící podkladní vrstvy a podloží před vodou a rozmrazovacími solemi. V některých případech (např. před stoupáním) může být tato vrstva lehce vyfrézována a převezme podélné tlakové síly (tzv. posouvání krytu). Toto dobré spojení mezi asfaltem a betonem vede také k tomu, že se smršťovací spáry pravidelně trhají a tím je zamezeno trhání v blocích.

Příčné spáry se těsní dutými vložkami, podélné spáry se těsní asfaltovou zálivkou. Odvodnění podkladu pod krytem v nejhlubších bodech se provádí vložením plochých drenáží, které je nejvhodnější hned zafrézovat do asfaltové podkladní vrstvy.

Složení betonu a požadavky

Beton musí vedle pevnosti (působení zatížení dopravou) splňovat také následující požadavky: odolnost vůči oteru, odolnost vůči mrazu, povětrnostním vlivům a rozmrazovacím solím. Vysoce kvalitní frakce kameniva, odolné vůči ohlazení a oteru jsou drahé a tudíž se používají pouze pro horní beton. Spodní beton může být zhotoven z finančně výhodnějšího kameniva, které je k dispozici v místě, nebo také z recyklovaného kameniva ze starých betonových krytů. Horní a spodní beton obsahuje umělé vzduchové póry.

Pro zhotovení betonového krytu se používá struskový portlandský cement CEM II A-S (DZ), pevnostní třídy 32,5 nebo 42,5 /3,4/. Pevnost v tahu ohybem ve stáří 28 dnů, zkoušená podle EN 196-1 /5/ musí činit nejméně 7 N/mm². Jemnost mletí, stanovená jako specifický povrch podle Blaine nesmí překročit 3 500 cm², začátek tuhnutí (20⁰ C) nemá podkročit 120 minut.

Složení betonu je znázorněno na obrázku 2, požadavky na obrázku 3.

Obr. 2: Směrné hodnoty pro obsah cementu, vzduchu a vodní součinitel /2/.

Obr. 3: Požadavky na beton /2/.

Pokládka betonu

Betonový kryt se strukturou z vymývaného betonu se všeobecně pokládá ve dvou vrstvách systémem čerstvé na čerstvé (horní a spodní beton) (viz obr. 4). Při jednovrstvové pokládce (např. krátké úseky v tunelech) musí beton vykazovat v celé tloušťce kvalitu horního betonu.

Směs se musí před finišerem navážet a rozdělovat rovnoměrně. Odpovídající konzistencí navážené betonové směsi a odpovídajícími hutnicími prvky (rozmístění, frekvence, amplituda) se musí zamezit promíchání směsi horního a spodního betonu, příp. tvorbě maltových stop tvořících se nad vibrátory. Musí se zamezit obohacování jemnou maltou nad velkými zrny kameniva (> 4 mm).

Obr. 4: Pokládka finišerem s kluznou bočnicí, zobrazeno zleva doprava: ukládání horního betonu, ruční vkládání kotev, automatické osazení kluzných trnů.

Struktura povrchu

Struktura povrchu betonového krytu může být podle RVS 8S.06.32 /2/ běžně provedena kartáči nebo jutou, příp. se provede povrch z vymývaného betonu, který vykazuje nižší emise hluku.

U betonových krytů vozovek s největším zrnem 22 mm, provedených běžnou technikou (tedy to není vymývaný beton), vznikaly v posledních letech opakovaně problémy /6/.

Právě proto, že struktura s jutou nebo striáz od kartáčů vykazuje relativně krátkou trvanlivost (obr. 5), byl v Rakousku již od roku 1990 zaveden způsob stavby s vymývaným betonem s největším zrnem 8 mm - především se zřetelem na snížené emise hluku /7/.

Obr. 5: Kombinace juty a plastového hřebene /7/

Pro zhotovení betonového povrchu se strukturou z vymývaného betonu je nutný rovnoměrný postřik kontaktním zpomalovačem a vhodná ochrana proti odpařování hotového položeného, zhuštěného a uhlazeného horního betonu. Po asi 8 až 24 hodinách (podle počasí) se jemná malta vykartáčuje, takže vznikne např. hloubka textury povrchu asi 0,9mm u betonu s max.zrnem 8mm (obr.6).

Obr. 6: Struktura vymývaného betonu, největší zrno 8 mm.

Vymývaný beton s největším zrnem 8 mm se řadí již po léta k základní technologii provádění. Jestliže při zavádění této technologie byla v popředí ochrana proti hluku, nachází nyní také uplatnění z důvodů drsnosti v oblastech méně citlivých na hluk. Se zavedením největšího zrna 11 mm má být dosažena obzvláště vysoká úroveň drsnosti. S větší hloubkou textury a tím lepších protismykových vlastností za mokra je akceptována nepatrně vyšší hladina valivého hluku.

Od roku 1990 bylo na rakouských dálnicích provedeno 300 km vozovek v jednom směru s povrchem z vymývaného betonu. Tento způsob se osvědčil i ve městech, kde je vozovkový beton vyráběn s přidavkem ztekucujících přísad /8/.

Aktuální vydání RVS 8S.06.32 Betondecken /1/ muselo být rychle přizpůsobeno současnému stavu techniky. Jelikož nutnost vyplynula z aktuálního používání v praxi, a kompletní přepracování by trvalo příliš dlouho, byly některé oblasti přepracovány a ve vydání "Změny a doplňky" k RVS 8S.06.32 /9/ byla prohlášena až do dalšího celkového přepracování RVS 8S.06.32 následující:

- Zaručení minimální tloušťky betonového krytu snížením tolerancí pokládky a precizování kontrolních zkoušek
- Zostření požadavků na drsnost zvýšením podílu nerozpustného v kyselině chlorovodíkové v písku z hodnoty $\geq 33\%$ hm. na hodnotu $\geq 66\%$ hm. a definicí minimální hloubky textury
- Rozšíření povrchů s vymývaným betonem o použití kameniva s max. zrnem 11 mm pro ekonomické provedení úseků s nízkými požadavky na hluk ale s velmi vysokou drsností /obr.7/
- Pro transport betonové směsi zákaz používání aut s hliníkovými korbami. V čerstvém betonu může docházet k nežádoucím reakcím hliníku s cementem a k poškozování struktury betonu
- Přesné určení zkoušek pevností betonu při průkazních a přejímacích zkouškách.

Obr. 7: Požadavky povrchu s vymývaným betonem s největším zrnem 8 mm /9/.

Shrnutí

Betonové kryty jsou z hlediska pevnosti, přenosu zatížení, drsnosti a odolnosti vůči otěru a přetvoření nejvhodnější pro silniční síť s vysokým podílem zatížení těžkou dopravou, zejména z důvodů bezpečnosti dopravy, ochrany životního prostředí a hospodárnosti.

Povrch s vymývaným betonem se řadí již po léta svými protismykovými vlastnostmi a sníženými emisemi hluku ke špičkové technologii. Při zavádění této technologie byla upřednostňována ochrana proti hluku, v současné době však nachází uplatnění z důvodů svých protismykových vlastností také v oblastech méně citlivých na hluk.

Se zavedením největšího zrna 11mm se dosáhne obzvláště vysoká úroveň drsnosti. Nepatrně vyšší hladina valivého hluku vznikající v důsledku větší hloubky textury a tím lepších protismykových vlastností za mokra je proto akceptována.

Literatura