

Betónové vozovky 2007

Betonfahrbahndecken 2007



3. medzinárodná konferencia
3. Internationale Konferenz

Zborník prednášok
Vortragssammlung

Betónové vozovky 2007

Betonfahrbahndecken 2007



3. medzinárodná konferencia
3. Internationale Konferenz

Zborník prednášok
Vortragssammlung

OBSAH:

MOŽNOSTI POUŽITIA CEMENTOBETÓNOVÝCH VOZOVIEK NA DIAL'NICIACH A RÝCHLOSTNÝCH CESTÁCH V SR **7**

Ing. Igor. Choma

1	Úvod	7
2	Náklady na výstavbu a údržbu cementobetónových vozoviek	8
3	Vplyv na životné prostredie	8
4	Porovnanie výhod a nevýhod	8
5	Vytipovanie úsekov pre aplikáciu cementobetónových vozoviek	9
	Návrh vhodných úsekov	10
6	Zásadné odporúčania	10
6.1	Všeobecne	10
6.2	Vozovky na mostoch	10
6.3	Vozovky v tuneloch	11
7	Záver	11

CEMENTOBETONOVÉ KRYTY JAKO ALTERNATIVA PRVNÍ VOLBY DÁLNIC **13**

Karel Pospíšil, Josef Stryk

1	Abstrakt	13
2	Úvod	13
3	Vhodná místa pro uplatnění CB vozovek	14
4	Výhody a nevýhody CB vozovek	14
4.1	Výhody CB vozovek	14
4.2	Nevýhody CB vozovek	15
5	Sledované oblasti CB vozovek	15
5.1	Náklady na pořízení a údržbu	15
5.2	Trvanlivost	15
5.3	Náročnost oprav	15
5.4	Protismykové vlastnosti	16
5.5	Hlučnost	17
6	Jak rozhodnout?	17
6.1	Volba varianty asfalt versus beton	17
6.2	Volba typu CB vozovky	18
6.3	Úprava povrchu CB krytu	18
6.4	Napojení asfaltového a betonového koberce	18
7	Cementobetonové vozovky na dálnicích v ČR	18
8	Závěr	20
	Poděkování	21
	Literatura	21

ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN FÜR DEN BAU VON BETONFAHRBAHNDECKEN IN ÖSTERREICH **23**

Dr. Günter BREYER, Wien

	Kurzfassung	23
1	Entwicklung des Betonstraßenbaues in Österreich	23
2	Entscheidungskriterien in der Vergangenheit	23
2.1	Kriterien in den 50er und 60er Jahren	23
2.2	Kriterien in den 70er Jahren	24
2.3	Kriterien in den 80er Jahren	24
2.4	Kriterien in den 90er Jahren	24
3	Entscheidungskriterien heute	25
4	Schlussbetrachtung	26

KRITÉRIÁ ROZHODOVANIA PRE STAVBU VOZOVIEK S BETÓNOVÝM KRYTOM V RAKÚSKU **27**

Dipl.-Ing. Dr. Günter Breyer

	Stručný obsah	27
1	Vývoj a výstavba betónových vozoviek v Rakúsku	27
2	Kritéria pre rozhodovanie v minulosti	27
2.1	Kritéria v 50. a 60. rokoch	27
2.2	Kritéria v 70. rokoch	28
2.3	Kritéria v 80. rokoch	28
2.4	Kritéria v 90. rokoch	28
3	Kritéria pre rozhodovanie dnes	29
4	Záver	30

MODERNER BETONSTRABENBAU IN DEUTSCHLAND **31**

Dipl.-Ing. Thomas Wolf und Dr.-Ing. Walter Fleischer

1	Einleitung	31
2	Verkehrsbelastung	31
3	Bauweisen und Konstruktion	32
4	Herstellung der Betondecke	34
4.1	Betonmischanlagen	34
4.2	Gleitschalungsfertiger	35
4.3	Aufbau und Betontechnologische Zusammensetzung von Fahrbahndecken mit Waschbetonoberfläche	36
4.4	Betoneinbau, Ausbürsten und Nachbehandlung bei Waschbetonoberflächen	36
5	Fugen	38
6	Gebrauchseigenschaften von Betondecken	38
6.1	Griffigkeit und Reifen-/Fahrbahngeräusch	38
6.2	Längs- und Querebenheit, Helligkeit, Brandverhalten	39
7	Schlußfolgerungen	40
8	Literaturverzeichnis	40

MODERNÁ VÝSTAVBA BETÓNOVÝCH VOZOVIEK V NEMECKU **43**

Dipl.-Ing. Thomas Wolf a Dr.-Ing. Walter Fleischer

1	Úvod	43
2	Intenzita cestnej premávky	43
3	Spôsoby výstavby a konštrukcia	44
4	Zhotovenie betónovej vozovky	46
4.1	Miešacie zariadenia	46
4.2	Finišer s klznými bočnicami	47
4.3	Výstavba a betonársko-technologické zloženie vozoviek s povrchom z vymývaného betónu	48
4.4	Ukladanie betónu, úprava kefami a ošetrovanie povrchov vymývaného betónu	48
5	Škály	50
6	Úžitkové vlastnosti betónových krytov vozoviek	50
6.1	Drsnosť povrchu a hluk pneumatík a vozovky	50
6.2	Pozdĺžna a priečna rovnosť, jasnosť, reakcia pri požiari	51
7	Záver	52
8	Zoznam použitej literatúry	52

BETONOVÉ VOZOVKY NA DÁLNIČNÍCH STAVBÁCH **55**

Ing. Vladimír Hlásek

1	Úvod	55
2	Realizované stavby s cementobetonovým krytom	56

2.1	Rychlostní silnice R 35, stavba 3509 Slavonín – Přáslavice	56
2.2	Dálnice D 11, Praha – Hradec Králové rekonstrukce krytu vozovky	56
2.2.1	Úsek km 33,00 – 41,25	56
2.2.2	Úsek km 25,50 – 33,00	57
2.2.3	Úsek km 18,50 – 25,50	57
2.3	Dálnice D 11, stavba 1104-II Dobšice – Chýšř část F Hlavní trasa km 62,100 – 68,000	57
2.4	Rychlostní silnice R 48 Dobrá – Tošanovice	58
2.5	Dálnice D 2 Bratislava, Lamačská Cesta – Staré Grunty - tunel Sitina	58
2.6	Dálnice D 2 Bratislava, Lamačská Cesta – Staré Grunty	59
3	Stavby připravované k realizaci	59
3.1	Dálnice D 47, stavba 4704 Lipník nad Bečvou - Běloutín	59
3.2	Dálnice D 47, stavba 4705 Běloutín – Hladké Životice	59
4	Závěr	59

CEMENTOBETONOVÝ KRYT VOZOVKY NA DÁLNICI D2 V BRATISLAVĚ 61

Ing. Bohuslav Slánský, Ing. Vladimír Hlásek

	Summary	61
1	Úvod	61
2	Projektový návrh	61
2.1	Původní návrh	61
2.2	Nový návrh vozovky	62
3	Popis technologie a zkušenosti z výstavby	63
4	CB kryt mimo tunel	64
5	Použitá literatura	65

OPRAVY CEMENTOBETONOVÝCH KRYTŮ POMOCÍ „RYCHLÉHO“ BETONU 67

Ing. Jiří Šrůtka

1	Úvod	67
2	Vývoj technologie	67
3	Základní technické parametry betonu	67
4	Kritická místa technologie	68
5	Zajímavosti z praxe	69
6	Závěr	69

MOŽNOSTI POUŽITIA CEMENTOBETÓNOVÝCH VOZOVIEK NA DIAĽNICIACH A RÝCHLOSTNÝCH CESTÁCH V SR

Ing. Igor. Choma

1 Úvod

V poslednom čase sa objavuje veľa polemík o požití cementobetónových (ďalej CB) vozoviek na diaľnice a rýchlostné cesty. V SR sa okrem tunelových objektov tieto vozovky nepoužívajú. Vychádza sa pritom z poznatkov spred cca 20 – 30 rokov, kedy používanie asfaltobetónových (ďalej AB) vozoviek bolo jednoznačne výhodnejšie (lacnejšie, bežne používaná technológia, rýchlosť výstavby, použitie pre nízke aj vysoké intenzity a pod.). CB vozovky síce boli z hľadiska údržby jednoduchšie, ale ich kvalita v tom čase nedosahovala požadované parametre (tvrdá a hlučná jazda, výtlky a pod.). CB vozovky prešli prudkým vývojom, v súčasnosti sa používajú v európskych štátoch pri rekonštrukciách a aj na nových diaľniciach najmä v úsekoch s vysokou intenzitou dopravy.

Keďže kvalita a životnosť CB vozovky závisí od viacerých faktorov, najmä od prísneho dodržiavania pomerne náročnej technológie výstavby, mali by sa aj u nás, tak ako napr. v Rakúsku, Švédsku a pod. stanoviť podmienky pre ich používanie.

NDS dala za týmto účelom vypracovať projekt „Možnosti použitia CB vozoviek v podmienkach SR“ (zhotoviteľ Centrum dopravného výzkumu Brno). Tento projekt by mal byť v krátkom čase prediskutovaný na širšej odbornej báze s cieľom prijatia zásad pre používanie CB vozoviek na diaľnice a rýchlostné cesty v SR, ako aj konkretizovať úseky ich výstavby. Uvedený materiál je podkladom aj pre túto prednášku.

Betón, ako konštrukčný materiál, má mnoho kladných vlastností, ako je jeho pevnosť, stabilita, trvanlivosť, nehorľavosť, odolnosť proti ohňu, unikajúceho palivu apod. Vysoká tuhosť betónu zabezpečuje rovnomerné rozdelenie zaťaženia zapríčineného dopravou do podkladových vrstiev vozovky. Na jeho výrobu je možné použiť recyklované materiály a niektoré odpadové materiály. Tým sa prispieva k regulácii využívania zdrojov a zachovaniu trvalo udržateľného rozvoja. Betón nie je poškodzovaný pri dopravných nehodách, pri ktorých došlo k zapáleniu vozidla, nevylučuje nebezpečnú penu a má vysoký koeficient požiarnej bezpečnosti. Dobre navrhnuté a zhotovené CB vozovky majú dlhú životnosť a vyžadujú minimálne náklady na údržbu a opravy.

Nevýhodou betónu je jeho rozťažnosť súvisiaca s teplotnými zmenami okolitého prostredia. Z tohto dôvodu musia byť do betónového krytu rezané škáry, ktoré umožňujú tento pohyb a zamedzujú vzniku trhlin (pokiaľ nejde o spojito vystuženú CB vozovku). Následne musia byť škáry utesnené proti vnikaniu vody a iných agresívnych látok do podkladu a podložia vozovky. S vytváraním škár súvisí potreba kotviť vzniknuté betónové dosky a zabrániť tak vertikálnemu pohybu týchto dosiek na škárach a tvorbe tzv. „schodíkov“.

Náklady na zhotovenie CB vozoviek sú v porovnaní s nákladmi na zhotovenie asfaltových vozoviek vyššie. Pokiaľ sa použijú kvalitné materiály, dodrží sa technologický postup zhotovenia a ostatné náležitosti, môže sa získať vozovka s dlhou životnosťou, po ktorých dnes správcovia komunikácií toľko volajú.

CB vozovky nachádzajú hlavné uplatnenie najmä na najviac dopravne zaťažených komunikáciách, predovšetkým na diaľniciach. Na týchto miestach je kladený veľký dôraz na minimalizáciu uzávierok spojených s údržbou a opravami vozoviek. Ďalšími vhodnými oblasťami uplatnenia sú: letiskové plochy, vozovky na hraničných prechodoch, parkoviská, autobusové zastávky, miesta pred križovatkami, kruhové objazdy atď.

Vozovky s cementobetónovým krytom, alebo tuhé vozovky, majú vysokú trvanlivosť a nízku potrebu údržby. Oprava vozovky vykonávaná obvykle po skončení návrhového obdobia je technologicky a časovo náročná.

2 Náklady na výstavbu a údržbu cementobetónových vozoviek

Pre porovnanie nákladov na zriadenie asfaltovej a CB vozovky poslúži príklad z ČR: v r. 2002 – 2004 cena za 1 m² asfaltovej vozovky bola 1 316,- Kč (vrátane DPH), CB vozovky 1 477,- Kč (vrátane DPH). Sú známe príklady rôznych spôsobov ekonomického hodnotenia vozoviek zo zahraničia (Belgicko, Anglicko, Francúzsko, Holandsko). Možno ich zhrnúť: náklady sú pri zohľadnení rôznych faktorov porovnateľné. Kým pri asfaltových povrchoch sú náklady na zhotovenie nižšie, náklady na údržbu a opravy sú nižšie pri CB vozovkách.

3 Vplyv na životné prostredie

V prípade cementobetónových vozoviek nebolo pri ich zriaďovaní a prevádzke až do súčasnosti vytvorené žiadne zvláštne riziko pre životné prostredie (ide v podstate o tepelne modifikované anorganické látky prírodného pôvodu bez obsahu rizikových prvkov). Kontakt asfaltu s vodným prostredím môže viesť k uvoľňovaniu toxických látok do územia. Technickými opatreniami počas výstavby a prevádzky diaľnice je však možné tieto vplyvy vhodne eliminovať.

Diskutovanou býva hlučnosť vozoviek. Porovnanie hlučnosti prvých štyroch typov povrchov je nasledovne (projekt SILVIA - meranie na rakúskych diaľniciach pri rýchlosti 100 km/hod.):

Vymývavý betón	98,6 dB
Asfaltový koberec hutný	98,9 dB
Asfalt. koberec mastixový	97,0 dB
Asfalt. koberec drenážny	94,8 dB

Výsledky meraní hlučnosti na asfaltových a betónových povrchoch vozoviek dokazujú, že je možné dosiahnuť porovnateľné výsledky.

Za nízko-hlučné povrchy betónových vozoviek sa považujú vymývavý betón a úprava vlečením jutového pásu, ktoré sú v súčasnosti najviac používané.

4 Porovnanie výhod a nevýhod

Výhodami sú:

- tuhosť - prenáša zaťaženie do podlažia cez pomerne veľkú plochu, dokáže preniesť vysoko koncentrované zaťaženie a nedochádza k vyjazďovaniu koľají známemu v prípade asfaltových vozoviek,
- využívajú sa domáce zdroje - vo väčšine prípadov nie je potrebné dovážať žiadne komponenty vo väčšom množstve zo zahraničia,
- nižšie nároky na údržbu - obrusná vrstva asfaltových vozoviek sa po 12 rokoch vymieňa, zatiaľ čo betón vydrží i 30 rokov bez väčších zásahov,
- z betónu sa nevytlúhajú látky nebezpečné pre životné prostredie – zatiaľ čo kontakt asfaltu s vodným prostredím, prípadne pôsobení vysokých teplôt, môže viesť k uvoľňovaniu toxických látok,
- úspora energie: svetlý povrch - asfalt vyžaduje viac svetla, aby bola dosiahnutá rovnaká viditeľnosť ako v prípade betónu (zohráva úlohu najmä v tuneloch a na všetkých osvetľovaných plochách),
- úplná recyklovateľnosť - v rámci rekonštrukcií sa kamenivo vyrobené zo starého CB krytu používa do spodnej vrstvy novo budovaného CB krytu alebo do podkladových vrstiev,
- nehorľavosť betónu – zohráva úlohu v uzavretých priestoroch, najmä v tuneloch,
- znížená spotreba paliva - spojené s nižšími nárokmi na údržbu, recykláciou na mieste, využitím vlastných zdrojov a pod.
- vyššie pohodlie užívateľov ciest - obmedzenie počtu uzávierok (úspory z predchádzania časovým stratám),
- variabilita - betón môžeme podľa potreby spevniť výstužou, vykonať rôzne spôsoby povrchovej úpravy a prefarbenia.

Nevýhody CB vozoviek:

- vyššie náklady na zhotovenie (väčšinou) - vyplýva z hrúbky krytu a nutnosti rezať a kotviť škáry (v prípade nevystuženého cementobetónového krytu so škárami) alebo vystužiť CB kryt (v prípade spojito vystuženého CB krytu),
- zložitnosť opráv CB krytov - pri väčších poruchách nemožno opravy vykonať jednoduchým spôsobom, ako v prípade asfaltových vozoviek,
- nevhodnosť umiestnenia do miest, kde sa očakáva výrazné sadanie či zmeny podlažia (napr. vysoké násypy alebo nepriaznivý vodný režim),
- nevhodnosť aplikácie na krátkych úsekoch medzi mostmi - na mostoch sa zhotovuje spravidla asfaltová vozovka a je snaha brániť sa častému striedaniu povrchov vozovky.

5 Vytipovanie úsekov pre aplikáciu cementobetónových vozoviek

Pri výbere úsekov vhodných pre aplikáciu cementobetónových vozoviek je potrebné zohľadniť ich výhody a nevýhody v porovnaní s asfaltovými vozovkami. z tohto aspektu je možné uvažovať s uplatnením CB vozoviek najmä na úsekoch:

- s vysokou intenzitou dopravy a významným podielom nákladných vozidiel v dopravnom prúde;
- s nadmerným namáhaním vrstiev krytu vozovky (stúpania a klesania, úseky s nízkou rýchlosťou dopravného prúdu, plochy pre statickú dopravu a pod.);
- kde sa vyžadujú lepšie parametre svetelnosti a požiarnej bezpečnosti krytu (tunely);

Nevhodnými miestami pre aplikáciu sú najmä úseky:

- s vysokými násypmi (sadanie násypov);
- vysokou hladinou spodnej vody a nepriaznivým vodným režimom (zmena únosnosti podlažia);

Pre rozhodnutie o voľbe medzi asfaltovým a cementobetónovým krytom vo vzťahu k intenzite dopravy je potrebné konkretizovať hranice medzi nižšou a vysokou intenzitou dopravy a nižším a vysokým podielom nákladných vozidiel. Ich definovanie je závažný problém a treba prihliadať na veľké množstvo súvisiacich otázok špecifických pre každú krajinu.

Najväčší nárast dopravy na cestách I. triedy v plánovaných trasách diaľnic bol zaznamenaný v okolí Žiliny, kde sa na niektorých úsekoch zvýšila intenzita dopravy o viac ako 60 %, pričom extrém je 78,2 % na úseku cesty I/11 Krásno n. Kysucou – Čadca. Pokiaľ ide o intenzitu nákladných vozidiel, najvyššia je opäť v úseku Považská Bystrica – Žilina – Martin s miernym poklesom v pokračovaní na Ružomberok. Obdobné intenzity nákladných vozidiel sú aj v úseku Žilina – Čadca. Ostatné úseky majú výrazne nižšiu intenzitu pre túto kategóriu vozidiel. Pri cestách I. triedy v trasách plánovaných rýchlostných ciest sa taktiež vyskytujú úseky nielen s veľkou celkovou intenzitou dopravy, ale taktiež s veľkým podielom nákladných vozidiel a intenzívnym nárastom dopravného zaťaženia za posledných 5 rokov. Ide najmä o úsek v trase R 1 medzi Sereďou a Nitrou s nárastom intenzity dopravy cez 56 %, ale aj pri iných úsekoch možno konštatovať rovnakú zmenu uvedených parametrov. Určitým špecifikom je úsek Žarnovica – Žiar n. Hronom (sčítací úsek 90380), kde je trvalo vysoká intenzita celkovej dopravy s veľkým podielom nákladných vozidiel, avšak nárast intenzity dopravy za posledných 5 rokov je malý a úsek v blízkosti Tornale (sčítací úsek 90630), kde bol zaznamenaný nárast celkovej intenzity dopravy takmer 77%, pričom je v tomto úseku vysoká intenzita nákladných vozidiel a ich podiel v dopravnom prúde je väčší, ako podiel osobných vozidiel.

Ďalším faktorom ovplyvňujúcim rozhodnutie o aplikácii cementobetónových vozoviek sú tunely. V týchto prípadoch sa využívajú dobré svetelné vlastnosti povrchu krytu a tento druh povrchu prispieva aj k zvýšeniu požiarnej bezpečnosti. Pri porovnaní s údajmi o intenzite dopravy (obr. 8 a tab.7) je zrejmé, že s výnimkou tunela Dargov (a prípadne aj tunela Poľana) sa všetky ostatné nachádzajú v najzaťaženejších úsekoch a bolo by možné zosúladiť cementobetónové konštrukcie vozoviek v tuneloch s konštrukciami vozoviek v nadväzujúcich častiach diaľničnej siete. Približne polovica z nich má dĺžku väčšiu ako 1000 m, čo je v Rakúsku kritériom pre použitie cementobetónového krytu v tuneli, bez ohľadu na to, že má vozovka pred a za tunelom asfaltový kryt.

Návrh vhodných úsekov

Pri zohľadnení všetkých vyššie uvedených faktorov ovplyvňujúcich rozhodnutie pri výbere krytu vozovky navrhujeme v budúcnosti uvažovať s aplikáciou cementobetónovej vozovky na nasledujúcich pripravovaných úsekoch diaľnic a rýchlostných ciest:

D 1	Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka Lietavská Lúčka - Višňové Višňové – Dubná Skala Dubná Skala – Turany Turany - Hubová Hubová - Ivachnová Prešov západ – Prešov juh
D 3	Žilina Strážov – Žilina Brodno Žilina Brodno – Kysucké Nové Mesto Kysucké Nové Mesto – Čadca juh
D4	Križovatka BA Jarovce – D1 križ Ivanka – Dev. N. Ves – št. hr. SR/R
R 1	Nitra – Selenec Selenec – Beladice Beladice – Tekovské Nemce Žarnovica – Šášovské Podhradie I. etapa Žarnovica – Šášovské Podhradie II. etapa
R 2	Zvolen - Pstruša Pstruša - Kriváň Ožďany - Zacharovce Figa – obchvat - Tornaľa
R 7	Bratislava – Dunajská streda

6 Zásadné odporúčania

6.1 Všeobecne

- s dostatočným predstihom informovať výrobcov materiálových komponentov aj potenciálnych zhotoviteľov o rozhodnutí použiť na časti plánovaných úsekov diaľnic a rýchlostných ciest cementobetónový kryt;
- definovať (resp. potvrdiť súčasné) požiadavky na kvalitatívne parametre komponentov (cement, kamenivo) a betónu, aby mali výrobcovia čas zabezpečiť vykonanie laboratórných skúšok v akreditovaných laboratóriách, výsledky ktorých sú potrebné k dokladom o preukázaní zhody s požiadavkami, prípadne upraviť technologický proces výroby tak, aby boli zistené nezhody s požiadavkami odstránené;
- dopracovať detailnejšie určenie konkrétnych sekcií na úsekoch navrhnutých pre aplikáciu cementobetónových krytov na základe pripravovanej projektovej dokumentácie, najmä z hľadiska rozmiestnenia a dĺžky tunelov a mostných objektov;
- pre definované úseky navrhnuť šírku a hrúbku krytu a stanoviť predpokladané objemy cementobetónového krytu potrebné z hľadiska voľby technologickej zostavy, požadovanej výkonnosti prvkov technologického reťazca (finišery, betonárne, vozidlá na prepravu betónu a pod.) a logistiky.

6.2 Vozovky na mostoch

- odporúča sa používať cementobetónové kryty iba na presypaných mostoch, krátkych mostoch s prechodovou konštrukciou (do 20 m) a krátkych mostoch bez prechodovej konštrukcie (cca do 40 m);
- je nutné prerušiť spojenie medzi cementobetónovým krytom a mostovkou vložení netkanej geotextílie;

- mostovka musí byť dostatočne únosná a široká, aby bol možný prejazd finišera pri kladení krytu;
- vzdialenosť priečnych a pozdĺžnych škár má vyhovovať rovnakým kritériám ako pri vozovke mimo mosta;
- priečne aj pozdĺžne škáry vozovky na moste majú byť vystužené rovnako (vrátane hĺbky osadenia trŕňov a kotiev), ako sú vystužené mimo mosta;
- na začiatku a na konci mosta je treba vždy zhotoviť priečnu škáru s klznými trŕňmi zodpovedajúcu smeru mostných opôr alebo nosnej konštrukcie mosta;
- zálievkové hmoty použité na utesnenie škár musia mať dlhú trvanlivosť.

6.3 Vozovky v tuneloch

- hrúbku cementobetónového krytu v tuneli navrhovať rovnakú, ako mimo tunela;
- vzdialenosť priečnych škár v presypaných tuneloch navrhovať rovnakú, ako mimo tunela; v bansky razených tuneloch voliť vzdialenosť priečnych škár maximálne 4 m (dôvodom je silné vysušenie hornej vrstvy betónu prievanom v tuneli);
- priečne škáry musia byť vystužené klznými trŕňmi rovnako (vrátane hĺbky osadenia), ako sú vystužené mimo tunela;
- pri bansky razených tuneloch posúdiť, či je možné (vzhľadom na rozmery tunela) použiť rovnaké zariadenie na kladenie krytu, ako mimo tunela;
- ak je cementobetónový kryt iba v tuneli, musia sa pri portáli tunela aplikovať potrebné opatrenia na zabezpečenie poslednej dosky cementobetónového krytu (koniec poslednej dosky podprieť kotevným rámom spojeným s konštrukciou dosky).

7 Záver

autor	Ing. Igor Choma
	✉ Národná diaľničná spoločnosť, a.s.
	Mlynské Nivy 45
	821 09 Bratislava
	☎ 00421 258311100
	📠 00421 258311706
	😊 igor.choma@ndsas.sk
URL	www.ndsas.sk

CEMENTOBETONOVÉ KRYTY JAKO ALTERNATIVA PRVNÍ VOLBY DÁLNIC

Karel Pospíšil, Josef Stryk

1 Abstrakt

Příspěvek se zabývá výhodami a nevýhodami, které poskytuje volba cementobetonového krytu na různých místech jejího uplatnění. Uvedeny jsou důvody, ke kterým by mělo být přihlédnuto při volbě mezi cementobetonovou a asfaltobetonovou technologií. Dále jsou zmíněny zkušenosti s aplikací cementobetonových vozovek v České republice.

2 Úvod

Vozovky s cementobetonovým krytem (CB vozovky), neboli tuhé vozovky, mají vysokou trvanlivost a nízkou potřebu údržby. Oprava vozovky je obvykle prováděna až po skončení návrhového období a je technologicky a časově náročná (definice českých technických podmínek Ministerstva dopravy TP 170, kap. 4.5.4) [1].

CB vozovky mají své nezastupitelné místo na hlavní silniční síti. Jejich zastoupení v jednotlivých zemích je však velmi rozdílné. Situace ve vybraných evropských zemích je shrnuta v tabulce 1, kde jsou uvedeny délky hlavní silniční sítě, zastoupení CB vozovek na této síti a shrnuté parametry, které se používají k návrhu vozovek (návrhové období, návrhová náprava a návrhová hodnota celkového počtu přejezdů návrhových náprav, případně těžkých nákladních vozidel, za návrhové období pro nejvyšší třídu dopravního zatížení uvedenou v katalogu vozovek). Tento přehled byl sestaven z dostupných informací, především z připravované zprávy skupiny ELLPAG (European Long Life Pavement Group) [2].

V následujícím textu se při označení CB vozovek omezíme na variantu nevyztužený cementobetonový kryt se spárami, která je nejčastější používanou variantou v Evropě. Rozšířené je její použití v Německu, Rakousku a celé řadě dalších zemí, včetně České republiky. Jde o cementobetonový kryt s příčnými spárami obvykle v intervalech 3,5 až 7,5 m. Jednotlivé desky nejsou vyztuženy a přenos zatížení na příčných spárách je zajištěn ocelovými kluznými trny. Podélné spáry jsou vyztuženy ocelovými kotvami.

Místy bude zmíněna technologie spojitě vyztuženého cementobetonového krytu, označovaná CRCP, která je hojně používána ve Francii, Belgii, Holandsku a USA. Nebudeme se zmiňovat o variantě vyztužený cementobetonový kryt se spárami a spojitě vyztužený cementobetonový podklad.

Tab. 1 Přehled situace v některých evropských zemích

Přehled	Délka v km	% CB	Délka CB vozovek (km)	Návrhové období (roky)	Návrhová náprava (kN)	Návrhový počet přejezdů (mil)
Česko	567**	48	273	25	100	85 TNV (= 60 msa)
Rakousko	3900***	36		30	100	18 - 40 msa
Německo	50000***	25	12500	30	100	> 32 msa
Švýcarsko	1700*	9		> 20		TNV****
Francie		3	1858	30	130	TNV****
Holandsko		3,5		30 - 40	100	TNV****

* délka dálnic a rychlostních silnic (high level road network) ** délka dálnic *** délka jízdnic pruhů dálnic

**** ve zprávě ELLPAG je uvedeno pouze to, že tato země používá při návrhu vozovek TNV, bez uvedení konkrétní hodnoty

TNV - počet přejezdů těžkých nákladních vozidel za návrhové období v milionech

msa: millions of standard axles - počet přejezdů návrhových náprav za návrhové období v milionech

3 Vhodná místa pro uplatnění CB vozovek

Aplikace CB vozovky je vhodná zejména v místech s vysokým dopravním zatížením, a tam, kde dochází k častému zpomalení či zastavení dopravního proudu či kde ji předurčují další specifické dispozice. Dále jsou uvedena místa, která splňují tyto předpoklady.

Vozovka ve volné trase – platí pro nejvíce zatížené úseky dálnic a rychlostních silnic, obchvaty kolem měst a obcí apod. V těchto místech je použití CB vozovky standardní záležitostí.

Tunely – argumenty pro CB řešení jsou především nehořlavost betonu v případě požáru, světlý povrch a redukce nákladů na údržbu. Vzhledem ke světlosti povrchu CB krytu lze v závislosti na délce tunelu a jas osvětlení uspořít až 35 % nákladů na elektrický proud [3]. Aplikace CB krytů v tunelu redukuje četnost údržby, čímž zvyšuje bezpečnost a zlepšuje dopravní tok.

Tento názor se prosadil i na Slovensku, neboť vozovky 3 významných tunelů realizovaných v průběhu posledních pěti let na Slovensku byly provedeny CB technologií, konkrétně šlo o tunely Branisko, Čadca (Horelica) a Sitina.

Mosty – CB kryty na mostech se provádí na krátkých mostech (převážně do 20 metrů délky; pokud nejsou nutné přechodové konstrukce, tak i delších). Na větších mostech se ze statických důvodů používají asfaltové kryty. CB kryty na dlouhých mostech a mostech s velkým rozpětím mezi opěrami zůstávají omezeny na jednotlivé případy. Takový případ se vyskytl na hraničním přechodu Waidhaus na trase spolkové dálnice A6 Norimberk-Praha. Celnice a hraniční odbavení leží bezprostředně za 271 m dlouhým hraničním mostem, takže na mostní konstrukci na vjezdové straně se muselo počítat se zatížením pomalu jedoucími nebo stojícími nákladními vozidly [4].

Letiště – přistávací a vzletové plochy byly jedny z prvních, kde bylo využito výhod CB krytů, zejména jejich odolnosti proti tvorbě trvalých deformací a dlouhé životnosti. Tyto výhody se v současné době ještě zvýraznily díky existenci tzv. rychlých betonů, které umožňují provádět výměny poškozených desek v řádu desítek hodin. Tato technologie byla např. použita při opravách rozsáhlých ploch na letišti Sliač [5].

Křižovatky, kruhové objezdy – vhodnost uplatnění CB vozovek na těchto místech je zcela zřejmá, jelikož zde dochází k zastavení provozu, včetně brzdění a rozjíždění vozidel a tudíž k největšímu namáhání vozovek. Zvláště křižovatky a kruhové objezdy na hlavních tazích by měly být provedeny touto technologií.

Ostatní – dalšími vhodnými místy uplatnění CB vozovek jsou autobusové zastávky, odstavná parkoviště, skladovací plochy apod.

Aplikace CB vozovek není vhodná do míst, kde se očekává výrazné sedání či změny podloží (např. vysoké násypy nebo nepříznivý vodní režim), na krátké úseky mezi mosty, na nichž je proveden asfaltový kryt (snaha bránit se častému střídání povrchů vozovky), a do míst, kde se díky nízkému zatížení dopravou jeho aplikace nevyplatí.

4 Výhody a nevýhody CB vozovek

4.1 Výhody CB vozovek

- tuhost - přenáší zatížení do podloží přes poměrně velkou plochu, dokáže přenést vysoce koncentrované zatížení a nedochází k vyjíždění kolejí známému v případě asfaltových vozovek,
- využívají se domácí zdroje - ve většině případů není potřeba žádné materiály potřebné k výrobě CB krytu dovážet ze zahraničí,
- nižší nároky na údržbu - obrusná vrstva asfaltových vozovek se po 12 letech vyměňuje, zatímco beton vydrží i 30 let bez větších zásahů,
- z betonu se nevyluhují nebezpečné látky pro životní prostředí - zatímco kontakt asfaltu s vodním prostředím, případně působení vysokých teplot, může vést k uvolňování toxických látek,
- úplná recyklovatelnost - v rámci rekonstrukcí se kamenivo vyrobené ze starého CB krytu bez problémů používá do spodní vrstvy nově budovaného CB krytu nebo do podkladních vrstev,
- světlý povrch - asfalt vyžaduje více světla, aby byla dosažena stejná viditelnost jako v případě

- betonu (hraje roli především v tunelech a na všech osvětlovaných plochách),
- nehořlavost betonu - hraje roli v uzavřených prostorech, zejména v tunelech,
- úspora energie - je spojena s nižšími nároky na údržbu, recyklací na místě, využitím vlastních zdrojů apod.,
- vyšší pohodlí uživatelů silnic - omezení počtu uzavírek (úspory z vyloučení časových ztrát),
- variabilita - beton můžeme dle potřeby zpevnit výztuží, provést rozličné způsoby povrchové úpravy a probarvení.

4.2 Nevýhody CB vozovek

- mírně vyšší pořizovací náklady - vyplývá to z větší tloušťky krytu, nutnosti řezat a kotvit spáry (v případě nevyztuženého cementobetonového krytu se spárami), nebo vyztužit CB kryt (v případě spojitě vyztuženého CB krytu),
- složitost oprav CB krytů - při větších poruchách nebylo donedávna možné provádět časově nenáročnou opravu jako v případě asfaltových vozovek; tato nevýhoda byla minimalizována vývojem tzv. rychlých betonů, které umožňují provést výměny celých desek v průběhu 36 hodin a méně [6],
- časově náročnější rekonstrukce po skončení doby životnosti.

5 Sledované oblasti CB vozovek

5.1 Náklady na pořízení a údržbu

Pro účely srovnání nákladů při porovnávání asfaltové a cementobetonové varianty vozovky by se v kalkulaci měla objevit nejenom cena pořízení, ale také cena, za kterou je vozovka udržována po celou dobu její životnosti. Měly by být zohledněny průměrné životnosti jednotlivých konstrukčních vrstev vozovky, ztráty uživatelů (včetně ocenění času cestujících a ztrát z dopravních nehod), ztráty z dopravního hluku a ztráty z exhalací motorových vozidel.

Většina moderních nástrojů už tyto náklady zohledňuje. Úsek výstavby Ředitelství silnic a dálnic České republiky využívá Český systém hodnocení silnic (CSHS). Výpočty ukazatelů ekonomické efektivity se provádí s použitím výpočetního programu HDM-4 s kalibrovanými daty pro ČR. Ukazatele pro hodnocení efektivity investic jsou čistá současná hodnota - NPV, vnitřní míra výnosu - IRR a rentabilita nákladů - BCR.

Byla provedena řada srovnání asfaltových a cementobetonových vozovek, která dokazují, že při zohlednění celkových nákladů po dobu životnosti vozovek vychází CB varianta výhodněji [7].

5.2 Trvanlivost

Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci, je velmi důležité znát průměrné životnosti jednotlivých konstrukčních vrstev vozovek, a to nejenom z hlediska výpočtu celkových nákladů, ale také kvůli plánování údržby a volbě vhodné technologie k jejímu provedení.

V CSHS se uvažuje základní životnost CB krytu 25 let (tedy celé návrhové období), zatímco u asfaltového krytu je v případě obrusné vrstvy uvedena životnost 8 - 12 let a v případě ložné vrstvy 20 let.

Na dálnici D1 se vyskytují úseky s CB krytem, které jsou v provozu více jak 30 let a stále jsou v perfektním stavu. Jak je vidět, pokud se použijí kvalitní materiály, dodrží se technologický postup pokládky a ostatní náležitosti, můžeme dostat vozovky s dlouhou životností (LLP - long life pavement), po kterých dnes správci komunikací tolik volají.

5.3 Náročnost oprav

Ještě donedávna měly CB vozovky velký handicap oproti asfaltovým vozovkám vinou dlouhé doby potřebné pro tuhnutí a tvrdnutí betonu při větších opravách desek. Díky nové technologii rychlotuhnoucích betonů se podařilo tento výrazný nedostatek odstranit. Firma Skanska DS provádí výměny až sedmi desek

v rámci 36hodinové uzavírky. Doba tuhnutí a tvrdnutí betonu je snižena na 6 až 12 hodin [5, 6]. Díky tomu se výrazně zkrátí proces oprav CB vozovek. Navíc jsou tyto opravy prováděny za provozu ve vedlejším dopravním pruhu, čímž nedochází k takovému brzdění provozu, jako v případě, kdy byl uzavřen celý dopravní pás, viz obr. 1.



Obr. 1 Výměna cementobetonové desky technologií rychlých betonů - do 36 hodin

5.4 Protismykové vlastnosti

V roce 2006 byly v ČR vydány nové Zásady pro použití brusných vrstev vozovek z hlediska protismykových vlastností, které zpracovala firma Měření PVV [8]. Na základě dlouhodobého sledování 19 různých povrchů a jejich statistického zpracování byly vytvořeny diagramy závislosti součinitele tření na čase. Při výpočtu životnosti brusné vrstvy byly zohledněny údaje o intenzitě dopravy. Kritériem pro stanovení doby trvání vyhovujících protismykových vlastností dané úpravy je bod, kdy hodnota součinitele podélného tření f_p překročí v konečném roce životnosti horní hranici stupně hodnocení 4 - nevyhovující protismykové vlastnosti.

Pro představu jsou v tabulce 2 uvedeny vybrané úpravy povrchu vozovek, seřazené podle jejich životnosti z hlediska protismykových vlastností, při intenzitě dopravního proudu pro nejvíce zatížený dopravní pruh = 15 000 vozidel. Zásady uvádějí intenzity od 500 do 20 000 vozidel.

Tab. 2 Srovnání životností brusných vrstev vozovek z hlediska protismykových vlastností při intenzitě dopravního proudu pro nejvíce zatížený dopravní pruh = 15 000 vozidel

Druh úpravy	Životnost protismykové úpravy v rocích
CB striáž – cementobetonový kryt, povrchová úprava striáží	30
CB juta – cementobetonový kryt, povrchová úprava jutou	11
AKT - ULM® – asfaltový koberec tenký	8
AKMS s podrcením – asfaltový koberec mastixový střednězrný	7
AKMS – asfaltový koberec mastixový střednězrný	7
ABS – asfaltový beton střednězrný	7
AKMH – asfaltový koberec mastixový hrubozrný	5

Jak je vidět v tabulce, povrchové úpravy CB vozovek mají nejvyšší životnost z hlediska protismykových vlastností. V případě povrchové úpravy s obnaženým kamenivem (vymývaný beton), která se v ČR standardně neprovádí, je tato životnost ještě vyšší než v případě použití jutového pásu.

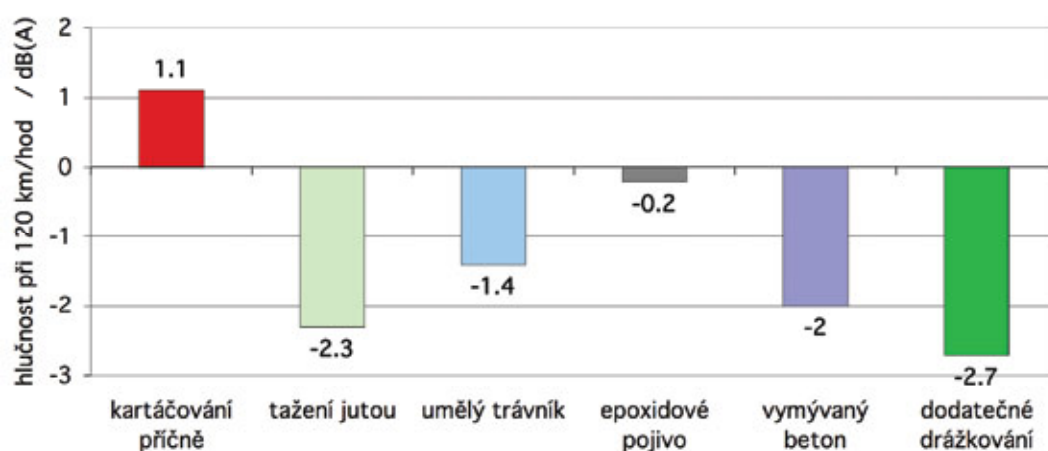
5.5 Hlučnost

V roce 2006 byl vydán Manuál na implementaci nízkohlučných silničních povrchů v Evropě, jako hlavní výstup evropského projektu SILVIA (Udržitelné povrchy vozovek pro kontrolu jejich hlučnosti) [9].

V tomto manuálu jsou uvedeny následující nízkohlučné povrchy:

- asfaltový koberec drenážní – AKD (běžně tloušťky 40 mm),
- tenké vrstvy – např. asfaltový koberec mastixový AKM (tloušťky 20 - 40 mm),
- vymývaný beton – VB,
- úprava CB krytu vlečením jutového pásu v podélném směru – CB-J,
- dodatečná úprava CB krytu drážkováním v podélném směru,
- obrusná vrstva s epoxidovým pojivem.

Na obrázku 2 jsou uvedeny jednotlivé varianty redukce úrovně hluku v souvislosti s použitou technologií povrchové úpravy CB krytu, vztažené k referenční hladině povrchu z asfaltového betonu (projekt Silvia, Německo, měřeno při rychlosti 120 km/hod).



Obr.2 Souvislost mezi úpravou povrchu CB krytu a jeho hlučností (projekt Silvia, Německo, vztaženo k referenční hladině povrchu vozovky z asfaltového betonu)

Výsledky měření hlučnosti na asfaltových a betonových površích vozovek dokazují, že lze dosáhnout srovnatelných výsledků.

6 Jak rozhodnout ?

6.1 Volba varianty asfalt versus beton

V ČR a také v Německu není zatím žádné pravidlo, které by určovalo, kdy má být provedena vozovka asfaltová a kdy betonová. Jde o soutěž, kde se zohledňují určitá kritéria, ale stále má rozhodující vliv cena realizace. V Rakousku existuje pravidlo, které rozhoduje o uplatnění CB vozovky na volné trase. Při dopravním zatížení vyšším než 5000 těžkých nákladních vozidel za den se o CB vozovce uvažuje a při 8000 těžkých nákladních vozidlech za den je CB vozovka jediným řešením [10]. Standardem se stává uplatnění CB vozovek v tunelech, jak již bylo zmíněno v kapitole 1. V Rakousku je od celkové délky tunelu cca 1000 m předepsán betonový kryt, i když jsou navazující úseky na volné trase prováděny v asfaltu [3].

Z hlediska uživatelů, ale i správce komunikace, je optimální, pokud nedochází k častému střídání vozovek asfaltových a betonových. V případě uživatelů jde o jednotnost barvy a parametrů vozovek, v případě správce jde o vybavení a zaměření střediska zajišťujícího údržbu těchto vozovek.

Další kritéria již byla zmíněna v kapitole 3.

6.2 Volba typu CB vozovky

V úvahu pripadajú dve možnosti, ktoré sa bežne užívajú: nevyztužený cementobetónový kryt se spárami a spojitě vyztužený cementobetónový kryt CRCP. Kryt CRCP používajú hlavne ve Francii, Belgii, Nizozemsku a USA. Ostatní státy preferujú nevyztužený cementobetónový kryt se spárami. Některé země zřizují zkušební úseky, kde si chtějí technologii CRCP ověřit. Jako příklad může sloužit Polsko, kde byl takovýto úsek vybudován v roce 2005 [11].

6.3 Úprava povrchu CB krytu

Za nízkohlučné povrchy jsou považovány úpravy CB krytu technologií vymývání betonu a úprava vlečením jutového pásu. Dobrých výsledků bylo dosaženo také dodatečným drážkováním povrchu v podélném směru.

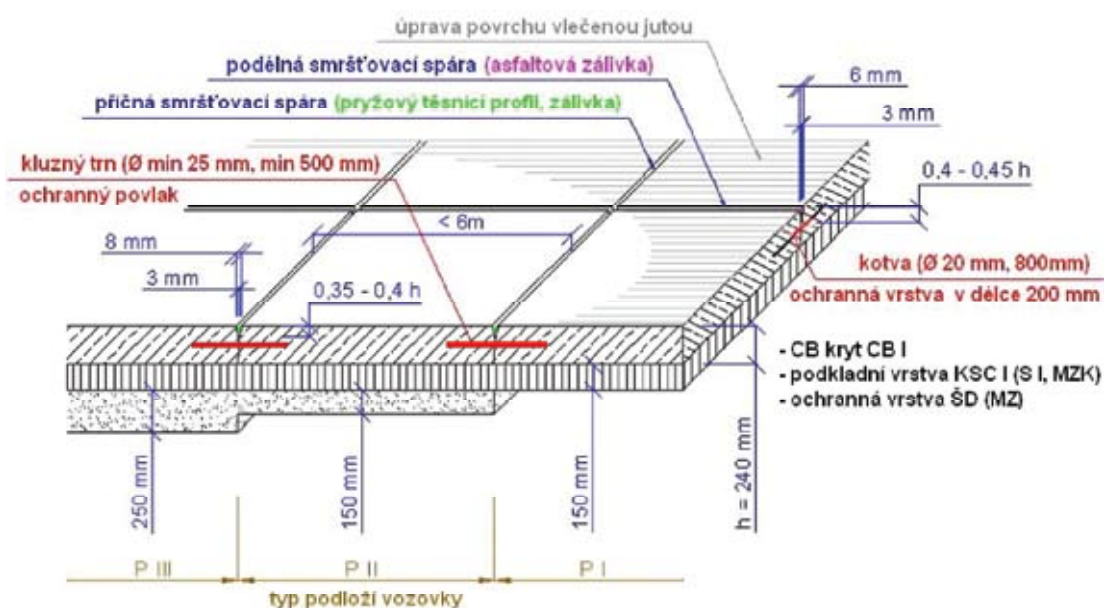
Vymývaný beton se v Rakousku používá na hlavní silniční síti od začátku 90. let. Dobré zkušenosti s jeho aplikací mají také v Belgii a Francii. V Německu je v současnosti vybudováno devět zkušebních úseků s vymývaným betonem, z nichž nejstarší je z roku 1993. I ostatní země začínají experimentovat s touto technologií, včetně České republiky [12].

6.4 Napojení asfaltového a betonového koberce

Rozdílné technologie provedení jednotlivých dopravních pruhů nebo dopravního pruhu a zpevněné krajnice vedou k rychlejší degradaci podélné spáry. Proto se např. v Belgii v současné době na nejzatíženějších úsecích dálnic preferuje provedení CRCP šířky 10,3 m, které zahrnuje i zpevněnou krajnici.

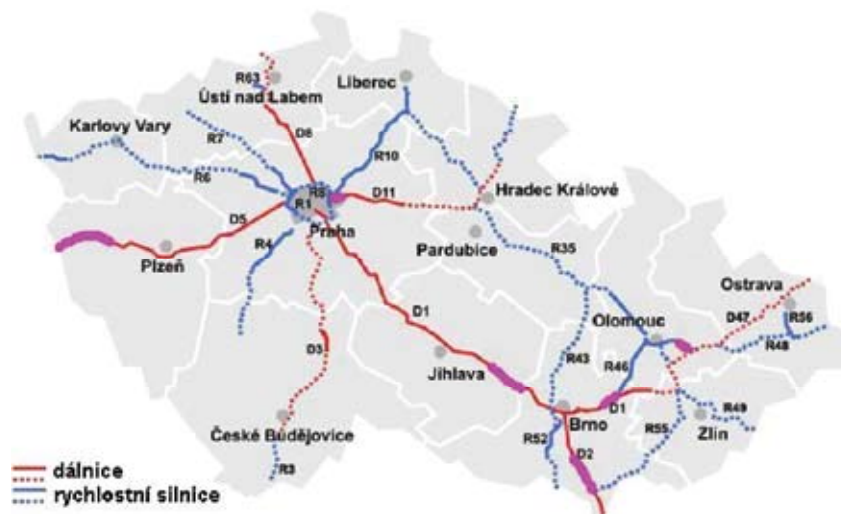
7 Cementobetónové vozovky na dálnicích v ČR

V současné době se zastoupení cementobetónových a asfaltových vozovek na dálnicích v ČR drží v poměru 50:50. Cementobetónové vozovky jsou navrhovány jako nevyztužený cementobetónový kryt se spárami, převážně tloušťky 24 cm, viz obr. 3. Na některých stavbách z poslední doby byly provedeny tloušťky až 30 cm. Zesílení souvisí jednak s volbou podkladní vrstvy a jednak s razantním zvýšením těžké dopravy pohybující se po dálnicích v posledních letech.



Obr. 3 Typická konstrukce CB vozovky v ČR dle katalogu v TP 170

Nárůst dopravy na vybraných úsecích dálnic s CB krytem mezi lety 2000 a 2005 je popsán níže. Na obrázku 4 jsou uvedeny vybrané úseky CB vozovek, na kterých se provádělo srovnání intenzit dopravy získaných v rámci celostátního sčítání realizovaného v roce 2000 a 2005.



Obr. 4 Sledované oblasti vozovek s CB krytem (tlustě označené úseky)

V tabulce 3 jsou uvedeny denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel (TNV) a zastoupení TNV na celkové intenzitě dopravy (Ic) na vybraných úsecích. V posledním sloupci je vyčíslen nárůst počtu TNV na těchto CB vozovkách v průběhu let 2000 - 2005.

Tab. 3 Nárůst dopravy na vybraných úsecích dálnic s CB krytem mezi lety 2000 a 2005

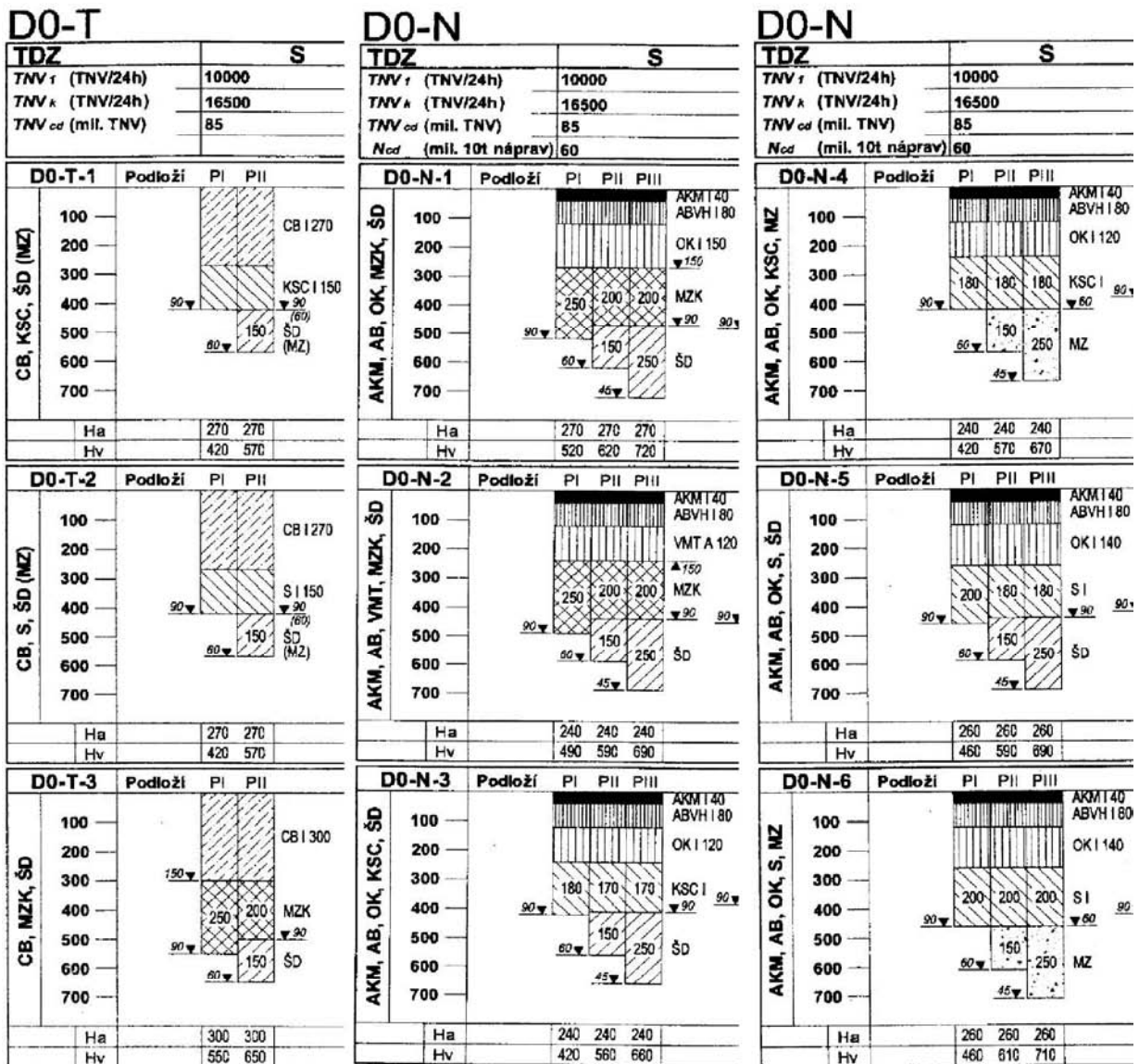
Trasa	TNV 2000	v % z Ic	TNV 2005	v % z Ic	nárůst TNV mezi 2000-2005	
					TNV	v %
dálnice D11 Praha – Jirny km 0 - 8,32	3950	19	8800	28	4850	123
dálnice D1 Velké Meziříčí – Velká Bíteš, km 148,53 - 162,77	8387	29	16703	41	8316	99
	7408	27	16953	41	9545	129
dálnice D1 Tučapy – Vyškov km 220 - 229,68	4081	19	8353	25	4272	105
	6165	30	10756	36	4591	74
dálnice D2 Hustopeče – Břeclav km 24,75 - 48,5	3307	27	9048	51	5741	174
	2906	29	8771	50	5865	202
dálnice D5 Benešovice – Rozvadov km 117,74 - 143,14	3820	41	9028	52	5208	136
	2325	38	10760	72	8435	363
	2524	43	9821	70	7297	289
rychlostní silnice R35 Velký Újezd – Lipník nad Bečvou 7,4 km	3922	23	6680	31	2758	70

Ve většině sledovaných úsecích došlo k více jak 100% nárůstu počtu těžkých nákladních vozidel a zvýšilo se také jejich zastoupení v dopravním proudu.

Průměrný podíl kamionové dopravy na dálnicích je 13-20 %, na silnicích I. třídy 5 %. Kamionová doprava na dálnicích vzrostla od roku 2000 o neuvěřitelných 158 % [13].

Přitom počet přejezdů TNV je jeden ze základních parametrů, který se uplatňuje při navrhování konstrukce vozovky a přímo ovlivňuje její životnost.

Většina CB vozovek se navrhuje podle katalogu vozovek uvedeném v TP 170 (dříve TP 78). Pro dálnice by již v celé řadě případů připadalo v úvahu nejnáročnější řešení doporučené v katalogu, tedy návrhová úroveň porušení D0 a třída dopravního zatížení S, reprezentující průměrnou hodnotu denní intenzity provozu TNV v návrhovém období $TNVK > 7500$. Pro představu, jak je řešena konstrukce vozovky za těchto podmínek v případě cementobetonového a asfaltového krytu vozovky, je na obr. 5 uveden výřez katalogových listů D0-T a D0-N.



Obr. 5 Katalogové listy CB vozovek dle TP 170 - návrhová úroveň porušení D0, $TNVK = 16500$

8 Závěr

V případě hlavní silniční sítě, myšleno dálnice a rychlostní silnice, by se měla zohlednit plánovaná třída dopravního zatížení a v případě velkého počtu těžkých nákladních vozidel by se mohla vozovka provádět výhradně jako cementobetonová, tak jak je tomu v Rakousku.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu výzkumu a vývoje MD č. 1F55B/090/120: Cementobetonové vozovky - nové technologie výstavby, rekonstrukcí a oprav, včetně srovnání AB a CB technologií, vazba na povrchové vlastnosti, dlouhodobé sledování a výzkumného záměru MD č. MD04499457501 Udržitelná doprava - šance pro budoucnost.

Literatura

- [1] TP 170: Navrhování vozovek pozemních komunikací, MD ČR, 12/2004.
- [2] Making Best Use of Long-Life Pavements in Europe: Phase 3: A Guide to the Use of Long-Life Rigid Pavements, report of ELLPAG, draft version, 2006.
- [3] Breyer, G. Betonové vozovky na mostech a v tunelech (Rakouské zkušenosti). In Betonové vozovky 2002 : sborník příspěvků. Velká Bystřice u Olomouce, 24.10. 2002, p. 8 - 12.
- [4] Pospíšil, K. Cementobetonové vozovky na mostech. In VI. seminář Ivana Poliačka: zborník příspěvkov, Bratislava, listopad 2001.
- [5] Šrutka, J. Opravy a rekonstrukce CBK na letištích. In Beton - technologie, konstrukce, sanace, 3/2007, s. 38 - 39.
- [6] Stryk J., Vysloužil J., Pospíšil K. Rychlé způsoby obnovy provozní způsobilosti cementobetonových krytů vozovek v Evropě. Silniční obzor, červen 2007, roč. 68, č. 6, s. 154 - 159.
- [7] Birnbaumová, M. Zkušenosti s výstavbou CB krytů v České republice. In Cementobetonové vozovky 2003 : zborník příspěvkov. Bratislava, 21 - 22. 10. 2003, s. 16 - 21.
- [8] Nekula L. Dlouhodobá měření protismykových vlastností povrchů vozovek v ČR. In Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů pozemních komunikací : sborník příspěvků. VUT Brno, 16. 5. 2007, s. 95 - 113.
- [9] Silvia: Sustainable Road Surfaces for Traffic Noise Control - Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces, FEHRL report, Brussels, 2006.
- [10] Breyer, G. Rozhodovací proces výstavby cementobetonových povrchov v Rakúsku. In Cementobetonové vozovky 2005 : zborník příspěvkov. Bratislava, 28. - 29. 9. 2005, s. 40 - 44.
- [11] Szydło A., Ruttmar I. Experiences from construction of concrete motorways in Poland. In Concrete roads : conference proceedings. Brussels, 18. - 22. 9. 2006, CD.
- [12] Šrutka J. Povrchová úprava cementobetonových vozovek - vymývaný beton. In Technologie, provádění a kontrola betonových konstrukcí : sborník příspěvků. Praha, 2005.
- [13] Vacín, O. Stav dálnic a silnic I. tříd. In Aktuální otázky správy a údržby pozemních komunikací : sborník příspěvků. Znojmo 30. - 31. 5. 2007, CD.

autor	doc. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., MBA
	✉ Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
	Líšeňská 33a
	636 00 Brno
	Česká republika
	☎ +420 548 423 755
	📠 +420 548 423 712
	☺ karel.pospisil@cdv.cz
	URL www.cdv.cz

spoluautor	Ing. Josef Stryk
	✉ Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
	Líšeňská 33a
	636 00 Brno
	Česká republika
	☎ +420 549 429 330
	📠 +420 549 429 343
	☺ josef.stryk@cdv.cz
	URL www.cdv.cz

ENTSCHEIDUNGSKRITERIEN FÜR DEN BAU VON BETONFAHRBAHNDECKEN IN ÖSTERREICH

Dr. Günter BREYER, Wien

Kurzfassung

Österreich verfügt über eine lange Tradition beim Bauen von Betonfahrbahndecken. Die Betonbauweise wird im Autobahnbau bei schwerer Verkehrsbelastung und im städtischen Verkehr bei Bushaltestellen, Busspuren und in Kreuzungsbereichen mit hohem Schwerverkehrsanteil eingesetzt. Der Beitrag zeigt die Entwicklung der Entscheidungskriterien seit den 50er Jahren. Heute erfolgt die Entscheidung nach gesamtwirtschaftlichen Kriterien unter Berücksichtigung der hohen Lebensdauer und des geringeren Erhaltungsbedarfes. Es wird aber auch aufgezeigt, dass der Bonus der Betonbauweise bei den Life Cycle Cost nur dann zum Tragen kommt, wenn die Decke richtig dimensioniert wird und eine hohe und gleichmäßige Qualität aufweist. Dazu ist es erforderlich, dass die Betonindustrie, die Bauwirtschaft und der Bauherr gut zusammenarbeiten und für eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung sowie für die Schaffung und Beibehaltung eines hohen Qualitätsniveaus sorgen.

1 Entwicklung des Betonstraßenbaues in Österreich

Österreich verfügt über eine lange Tradition beim Bau von Betonstraßen. Die ersten Betonstraßen in Landstraßenbau und im städtischen Straßenbau, insbesondere in Wien, sind aus dem Jahre 1925 dokumentiert.

Mit dem Autobahnbau wurde unmittelbar nach dem „Anschluss“ Österreichs an das Deutsche Reich 1939 begonnen und die ersten 20 Kilometer bei Salzburg bis 1941 mit einer Betonfahrbahndecke fertiggestellt. Nach dem Ende der Besatzungszeit mit dem Staatsvertrag 1955 wurde der Autobahnbau wieder begonnen und in den Jahren 1958 bis 1961 wurden 200 km, d.s. 70 % der Westautobahn zwischen Wien und Salzburg mit Betondecke dem Verkehr übergeben.

Heute weist das höchstrangige Straßennetz in Österreich 1.680 km Autobahnen und 400 km Schnellstraßen mit autobahnähnlichen Ausbaukriterien auf. Rund 800 km dieses Straßennetzes wurden in Betonbauweise errichtet.

Ab 1990 wurde mit der systematischen Erneuerung der alten Autobahnen begonnen. Mit Hilfe der österreichischen Beton-Recycling-Bauweise wurde eine wirtschaftliche Möglichkeit entwickelt, alte Betondecken umweltschonend in neue Betondecken umzuwandeln. Als wesentlicher Beitrag zur Tunnelsicherheit wurde 2001 beschlossen, neue Straßentunnels mit einer Länge von mehr als 1.000 m mit einer Betondecke auszurüsten. Eine wichtige Rolle spielt der Betonstraßenbau auch in den Großstädten. Bushaltestellen und Busspuren, Staubereiche und Kreuzungsplateaus, aber auch ganze Straßenzüge wurden zunehmend mit Betondecken ausgerüstet. In Wien liegen rund 2 Mio. m² Betonfahrbahndecken, d.s. 5 % des gesamten Wiener Straßennetzes.

2 Entscheidungskriterien in der Vergangenheit

Zum besseren Verständnis der heutigen Entscheidungskriterien ist es wichtig, die Entwicklung der Entscheidungskriterien im Lichte der Gesamtentwicklung des österreichischen Straßenbaus zu sehen.

2.1 Kriterien in den 50er und 60er Jahren

Bei der Planung und Ausführung der ersten Autobahnbaulose nach dem 2. Weltkrieg wurde weitgehend auf die Erfahrungen des Reichsautobahnenbaues (RAB) zurückgegriffen. Alle wichtigen Autobahnbaulose in den 50er und 60er Jahren wurden mit Betonfahrbahndecken ausgerüstet. Die bituminöse Bauweise war zu diesem Zeitpunkt für schwer belastete Strecken noch nicht technisch ausgereift.

2.2 Kriterien in den 70er Jahren

Mit zunehmender Entwicklung der Asphaltbetonbauweise hat sich auch ein Wettbewerb zwischen „schwarzer“ und „weißer“ Bauweise eingestellt. Während die Anwendung der Asphaltbauweise im normalen Straßenbau praktisch außer Streit steht, wurden die Vorteile der Betonbauweise bei hoher Verkehrsbelastung durchwegs anerkannt. Da jedoch Asphaltkonstruktionen in der Regel immer billiger waren und Wirtschaftlichkeitsvergleiche im heutigen Sinne noch lange kein Thema waren, wurde im damaligem Bautenministerium ein „Deckenplan“ entwickelt und 1972 publiziert. In diesem Deckenplan wurde die Deckenbauweise (Asphalt oder Beton) für alle damals geplanten Autobahnbauprojekte festgelegt.

Die wichtigsten Entscheidungskriterien waren dafür

- Verkehrsbelastung (insbesondere LKW-Anteil)
- Geologische Verhältnisse
- Anlageverhältnisse (Anteil an Steigungsstrecken)
- Präferenz der einzelnen Autobahnverwaltungen in den einzelnen Bundesländern

Im letzten - nicht zu unterschätzenden - Punkt ist damals stark die lokale bauwirtschaftliche Situation und die Verfügbarkeit entsprechend geschulten Fachpersonals in den Verwaltungen für die Planung und Überwachung der Betondeckenbauweise eingeflossen. Wesentlicher Zweck dieses Deckenplanes waren einerseits klare Entscheidungskriterien für die lokale Ausschreibungsbehörden und eine Minimierung der Interventionen im Vergabestadium. Andererseits sollte damit ein „Fleckerlteppich“ vermieden werden, d.h., dass längere Strecken mit einheitlicher Oberbaustruktur gebaut werden sollte.

2.3 Kriterien in den 80er Jahren

In dieser Zeit hat die technische Entwicklung des Asphaltstraßenbaues großen Fortschritt gemacht. Mit dem Einsatz von polymermodifiziertem Bitumen und anderen Spezialzusätzen konnten standfeste Tragschichten entwickelt werden. Die Entwicklung der Drainsphaltbauweise brachte einen wichtigen Beitrag zur Verkehrssicherheit und zur Verminderung der Lärmbelastung entlang der Straßen.

Die bautechnische Vergleichbarkeit verschiedener Oberbaukonstruktionen wurde erstmals 1986 in den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS 3.63) definiert. Wesentlich war dabei die Definition von Lastklassen nach dem Prinzip der Normlastwechsel sowie die Bemessung und Standardisierung der damals üblichen Oberbauvarianten. Bemerkenswert ist, dass schon damals Asphaltkonstruktionen auf eine 20-jährige Lebensdauer dimensioniert wurden, während Betonkonstruktionen auf 30 Jahre ausgelegt wurden. Damit war aber auch der Deckenplan aus 1972 obsolet und der Oberbau wurde zunehmend im Wettbewerb ausgeschrieben und vergeben, wobei es keine klaren Richtlinien gab, wie die längere Lebensdauer zu bewerten war.

Die 80er Jahre waren auch die Zeit, in der der Bedarf an neuen Autobahnen und Schnellstraßen mit den budgetären Möglichkeiten nicht Schritt halten konnte. Es begann die Kreditfinanzierung der Autobahnen und Schnellstraßen und die Gründung der Straßensondergesellschaften. Eines der Schlagworte war damals: „Wir müssen in die Länge und nicht in die Breite und Dicke bauen“. Der Straßenoberbau wurde daher in der Regel im Wettbewerb nach den Kriterien der Neubaukosten vergeben. Die Betonbauweise hatte damals kaum eine Chance.

Mitte der 80er Jahre stagnierte auch die Weiterentwicklung der Betonbauweise und maßgebliche Entscheidungsträger in Industrie und Verwaltung begannen am Fortbestand der Betonbauweise zu zweifeln. Die wichtigsten Kritikpunkte waren: zu teuer, zu laut und nur schlecht und langwierig zu reparieren.

2.4 Kriterien in den 90er Jahren

Es ist in erster Linie den Anstrengungen des Österreichischen Zementforschungsinstituts zu verdanken, dass es - entgegen den düsteren Prognosen - Ende der 80er Jahre einen wesentlichen Innovationsschub einleitete. Hier wurden die Grundlagen für die Neue Österreichische Recyclingbauweise erarbeitet, die es ermöglichte, die gesamte alte Betondecke in der neuen Decke und in der darunter liegenden Zementstabilisierung wieder zu verwenden. Von großer strategischer Bedeutung war die Entwicklung

einer neuen lärmarmen Betonoberfläche mit einer feinen Waschbetonstruktur. Zur raschen Reparatur von Betonfeldern wurde ein 12-Stunden Beton entwickelt, der mit herkömmlichen Geräten verarbeitet werden konnte. Damit war es möglich, Instandhaltungsarbeiten in einer 24-Stunden Sperre durchzuführen.

Die Renaissance der Betondeckenbauweise Anfang der 90er Jahre wurde begleitet und unterstützt von einer starken Zunahme des Schwerverkehrs und der Tatsache, dass die Preisdifferenz zwischen einer entsprechend hoch entwickelten Asphaltkonstruktion und einer Betondecke deutlich kleiner wurde.

Der Wettbewerb wurde daher für die Betonbauweise wieder interessant, insbesondere dann, da es gelang, die längere Lebensdauer und den geringeren Erhaltungsbedarf als Vergabekriterien berücksichtigt wurde. Die Praxis der damaligen Zeit zeigte, dass die Betonbauweise bei Mehrkosten bis zu 10 % gute Chancen hatte. Die Folgen dieser Entwicklung waren einerseits die für den Bauherrn positive Auswirkung, dass die Asphaltpreise im Wettbewerb wieder sanken. Andererseits, wechselte der Oberbautyp oft von Baulos zu Baulos. Technisch ergaben sich auch Probleme bei der Brückenplanung, die praktisch immer weit vor der Festlegung des Oberbautyps im angrenzenden Freilandbereich entschieden werden sollte.

Ein wichtiger Markstein in den 90er Jahren war auch die Übertragung aller Autobahnen und Schnellstraßen an die ASFINAG im Jahre 1997. Wesentliches Kriterium war, dass die ASFINAG zwar als Aktiengesellschaft zu 100 % im Eigentum des Bundes verblieb, aber weitgehend eigenwirtschaftlich agieren konnte, da sie keine Budgetmittel mehr beanspruchte. Die ASFINAG finanziert sich seither zur Gänze aus dem Kapitalmarkt und aus eigenen zweckgebundenen Einnahmen, wie z.B. aus den Mauterlösen.

Mit der Erstellung mittelfristiger (5-10 Jahre) und langfristiger (30-50 Jahre) Finanzpläne gewann auch das Denken in Life Cycle Costs an Bedeutung und Wirtschaftlichkeitsvergleiche unter Berücksichtigung des Erhaltungs- und Erneuerungsbedarfes innerhalb der Lebensdauer wurden verstärkt eingesetzt. Als Grundlage dazu diente die RVS 2.21 „Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Oberbaukonstruktionen im Straßenbau“, die Ende der 90er Jahre in einigen Bundesländern erstmals als Entscheidungskriterium herangezogen wurde und 2001 dann für alle Bundesstraßen verbindlich erklärt wurde.

3 Entscheidungskriterien heute

Heute erfolgt die Wahl der Oberbaukonstruktion bei Autobahnen und Schnellstraßen nach den Kriterien des Pavement Managements unter Berücksichtigung der prognostizierten Life Cycle Cost. Mit der oben genannten RVS steht ein geeignetes Planungsinstrument zur Verfügung.

Für schwer und sehr schwer beanspruchte Straßenzüge (ab einer DTLV von ca. 8.000 Schwerverfahrzeugen pro Tag) steht die Betonbauweise praktisch außer Streit. Aber auch dort, wo ein hoher Anteil von Steigungen vorherrscht, wo langsam gefahren oder oft gestaut wird, hat die Betonbauweise schon bei geringerer Verkehrslast ihre wirtschaftliche Berechtigung. Ein gutes Beispiel dafür ist die ständige Zunahme von Betondecken im Wiener Stadtgebiet.

Abbildung 1 zeigt schematisch die Einsatzdomänen für Asphalt- und Betonkonstruktionen in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und vom Anteil an Strecken mit langsamem Schwerverkehr. Im Überschneidungsbereich der beiden Domänen müssen die für das jeweilige Bauvorhaben wichtigen gesamtwirtschaftlichen Kriterien und der im Wettbewerb erzielte Preis herangezogen werden.

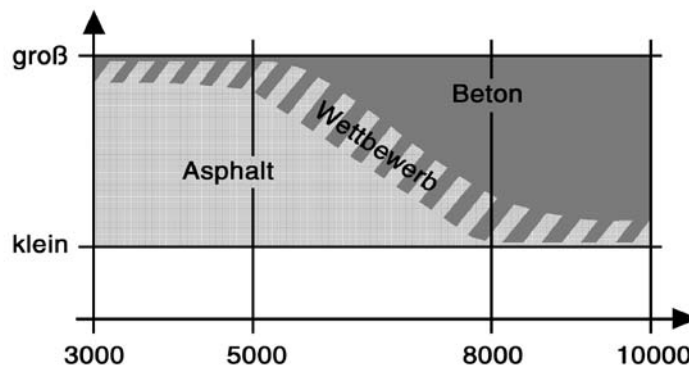


Abb.1: Entscheidungsschema für die Wahl von Oberbaukonstruktionen

4 Schlussbetrachtung

Betonfahrbahndecken sind für schwer und sehr schwer belastete Straßen wirtschaftlich und wettbewerbsfähig, wenn sie auf eine 40 bis 50jährige Lebensdauer konzipiert sind und die ersten 15 bis 20 Jahre so gut wie keine Erhaltungsmaßnahmen benötigen. In der darauf folgenden Zeit sollten, je nach Beanspruchung, eine bis maximal zwei größere Instandsetzungskampagnen erforderlich sein, bei denen der Fugenverguss erneuert, Einzelfelder und Fugenschäden saniert und erforderlichenfalls ein bituminöser Dünnschichtbelag aufgebracht wird.

Jede Deckenbauweise ist ein Kompromiss zwischen den positiven und negativen Eigenschaften der jeweiligen Konstruktion. Die absolut richtige Bauweise gibt es nicht. Beim Bau von Deckenfahrbahnen ist immer zu beachten, dass die Betonherstellung und der Einbau relativ anspruchsvoll und schwierig ist und dass gut geschultes und erfahrenes Personal beim Einbau und der Überwachung eingesetzt werden sollte. Kleine und größere Fehler und Schlampereien verzeiht die Betonbauweise meist nicht. Nachbesserungen, wie z.B. bei der Ebenheit, der Griffigkeit oder im Fugen-Dübel-System sind meist sehr aufwändig und mit deutlicher Qualitätseinbuße verbunden.

Damit der Life-Cycle-Bonus der Betonbauweise voll zum Tragen kommt, muss die Decke richtig dimensioniert sein (Dicke, Fugenabstand, Dübel) Gegenüber der theoretischen Dimensionierung sollten Reserven eingebaut werden (z.B. 2 cm zusätzliche Dicke). Bei der Betonherstellung und dem Einbau ist für eine hohe und gleichmäßige Qualität zu sorgen. Gute Voraussetzungen dafür bestehen, wenn die Betonindustrie, die Bauwirtschaft und der Bauherr gut zusammenarbeiten.

Die Zement- und Betonindustrie muss bereit sein, die Bauweise ständig weiterzuentwickeln und zu verbessern und für Qualitätssicherung und Schulung zu sorgen. Die Bauwirtschaft und der Auftragnehmer müssen über gute Geräte und geschultes und erfahrenes Personal verfügen. Die Firmen müssen in einem hohen Qualitätsniveau einen Wettbewerbsvorteil für ihr Unternehmen sehen.

Auch der Bauherr muss über geschulte Mitarbeiter verfügen, die die Vorteile von Alternativbauweisen erkennen und bereit sind, sich mit neuen technischen Lösungen auseinander zu setzen. Große Verantwortung kommt dem Bauherrn auch bei der Qualitätskontrolle durch erfahrene und entscheidungskompetente Techniker zu.

autor	Dipl.-Ing. Dr. Günter Breyer
	✉ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
	Leiter der Abteilung II/St2 – Technik und Verkehrssicherheit
	Stubenring 1
	1010 Wien
	☎ +43 (1) 71162 65 - 5419
	☺ guenter.breyer@bmvit.gv.at

KRITÉRIÁ ROZHODOVANIA PRE STAVBU VOZOVIEK S BETÓNOVÝM KRYTOM V RAKÚSKU

Dipl.-Ing. Dr. Günter Breyer

Stručný obsah

Rakúsko má dlhú tradíciu pri stavbe vozoviek s betónovým krytom. Betonárska stavebná technológia sa používa pri výstavbe diaľnic s veľkým dopravným zaťažením a v mestskej doprave pri autobusových zástavkách, u jazdných pruhov pre autobusy a v oblasti križovatiek s vysokým podielom ťažkej dopravy. Tento príspevok ukazuje vývoj kritérií pre rozhodovanie od 50. rokov. Dnes prebieha rozhodovanie podľa celohospodárskych kritérií so zreteľom na dlhú životnosť a minimálne požiadavky na údržbu. Je však taktiež poukazované na to, že výhody betonárskej stavebnej technológie sa pri nákladoch na životnosť (Life Cycle Cost) prejavujú iba vtedy, keď je kryt vozovky správne dimenzovaný a má vysokú a rovnomernú kvalitu. Preto je nutné, aby betonársky priemysel, stavebníctvo a stavebník/investor dobre spolupracovali a zabezpečili trvalý ďalší vývoj a zlepšovanie, ako aj vytváranie u udržiavanie vysokej úrovne kvality.

1 Vývoj a výstavba betónových vozoviek v Rakúsku

Rakúsko má dlhú tradíciu vo výstavbe betónových vozoviek. Prvé doklady o betónových vozovkách pri výstavbe ciest na vidieku a v mestách, najmä vo Viedni, pochádzajú z roku 1925.

Stavba diaľnic začala bezprostredne po anexii Rakúska Nemeckou ríšou v roku 1939 a prvých 20 kilometrov vozovky s betónovým krytom bolo postavených pri Salzburgu do roku 1941. Po konci obsadenia so štátnou zmluvou v roku 1955 sa znovu započalo s výstavbou diaľnic a v rokoch 1958 až 1961 bolo uvedených do prevádzky 200 km, to zn. 70 % Západnej diaľnice s betónovým krytom medzi Viedňou a Salzburgom.

Dnes má cestná sieť najvyššej úrovne v Rakúsku 1 680 km diaľnic a 400 km rýchlostných ciest s parametrami podobnými diaľnicam. Zhruba 800 km tejto cestnej siete bolo postavených betonárskou stavebnou technológiou.

Od roku 1990 sa začalo so systematickou obnovou starých diaľnic. Pomocou rakúskej stavebnej technológie recyklácie betónu bola vyvinutá hospodárna možnosť ekologickej premeny starých betónových krytov vozoviek za nové. Ako podstatný príspevok k bezpečnosti dopravy v tuneloch bolo v roku 2001 rozhodnuté opatriť nové cestné tunely dlhšie než 1 000 m betónovým krytom vozovky. Významnú rolu hrá výstavba betónových vozoviek tiež vo veľkomestách. Zastávky autobusov a jazdné pruhy pre autobusy, úseky s dopravnými zápchami a plochy križovatiek, ale i celé cestné ťahy sa v stále väčšej miere opatrujú betónovými krytmi vozoviek. Vo Viedni je cca. 2 mil. m² betónových krytov vozovky, t.j. 5 % celej viedenskej cestnej siete.

2 Kritériá pre rozhodovanie v minulosti

Pre lepšie pochopenie dnešných kritérií pre rozhodovanie je dôležité podívať sa vývoj kritérií pre rozhodovanie vo svetle celkového vývoja rakúskeho cestného staviteľstva.

2.1 Kritériá v 50. a 60. rokoch

Pri plánovaní a výstavbe prvých stavebných úsekov diaľnic po 2. svetovej vojne do značnej miery používali skúsenosti Ríšskeho diaľničného staviteľstva (RAB). Všetky dôležité diaľničné stavebné úseky v 50. a 60. rokoch boli vyhotovené s betónovým krytom vozovky. Asfaltová stavebná technológia v tej dobe ešte nebola pre silno zaťažené úseky dostatočne vyspelá.

2.2 Kritéria v 70. rokoch

S pokračujúcim vývojom asfaltovej stavebnej technológie vznikla konkurencia medzi „čiernou“ a „bielou“ stavebnou technológiou. Zatiaľ čo používanie asfaltovej stavebnej technológie je pri normálnom cestnom staviteľstve prakticky mimo diskusie, boli napospol uznávané výhody betonárskej stavebnej technológie pri silnom dopravnom zaťažení. Keďže ale asfaltové konštrukcie boli spravidla vždy lacnejšie a o porovnaniach hospodárnosti v dnešnom zmysle ešte zďaleka nemohla byť reč, vypracovalo vtedajšie Ministerstvo výstavby „plán krytov vozoviek“ a v roku 1972 ho zverejnilo. V tomto pláne krytov vozoviek bol stanovený spôsob stavby krytov vozoviek (asfalt alebo betón) pre všetky vtedy plánované zámery výstavby diaľnic.

Najdôležitejšími kritériami pri rozhodovaní pre to boli:

- dopravné zaťaženie (najmä podiel nákladnej dopravy),
- geologické pomery,
- pomery u konkrétneho diela (podiel úsekov v stúpaní),
- preferencie jednotlivých správ diaľnic v jednotlivých spolkových krajinách.

V poslednom uvedenom bode – ktorý nemožno podceňovať – sa zreteľne odrážala vtedajšia situácia v miestnom stavebníctve a u jednotlivých správ dostupnosť odborných pracovníkov s potrebnou kvalifikáciou pre plánovanie a stavebný dozor pre úseky s betónovým krytom vozovky. Základným účelom tohto plánu krytu vozoviek boli na jednej strane jasné kritéria rozhodovania pre miestne úrady vypisujúce výberové konanie a minimalizovanie zásahov v štádiu zadávania. Na druhej strane tak malo byť zabránené „fličikovému kobercu“, to zn. dlhšie úseky mali byť stavané s jednotnou skladbou nosných častí a povrchu stavby.

2.3 Kritéria v 80. rokoch

V tej dobe zaznamenal technický rozvoj stavby asfaltových ciest veľký pokrok. Vďaka použitiu polymérmí upraveného asfaltu a inými špeciálnymi prísadami boli vyvinuté trvanlivé nosné vrstvy. Rozvoj stavby drenážnych asfaltových povrchov významne prispel k bezpečnosti dopravy a k zníženiu zaťaženia hlukom pozdĺž ciest.

Stavebno-technické porovnanie rôznych konštrukcií bolo prvýkrát definované v roku 1986 v smerniciach a predpisoch pre cestné staviteľstvo (RVS 3.63). Podstatná pri tom bola definícia tried zaťaženia na princípe normového striedavého zaťaženia, ako aj dimenzovanie a štandardizácia vtedy bežných variantov nosných častí a povrchu vozoviek. Je pozoruhodné, že už vtedy boli asfaltové druhy stavieb dimenzované na 20-ročnú životnosť, zatiaľ čo betónové konštrukcie boli dimenzované na 30 rokov. Tým však tiež prestal byť aktuálny plán krytov vozoviek z roku 1972 a nosné časti a povrch vozoviek bola v stále väčšej miere vypisovaná a zadávaná vo výberových konaniach, pričom neexistovali jasné smernice, ako sa má hodnotiť dlhšia životnosť.

V 80. rokoch potreba nových diaľnic a rýchlostných ciest už nemohla držať krok s možnosťami rozpočtu. Začalo úverové financovanie diaľnic a rýchlostných ciest a zakladanie zvláštnych cestných spoločností. Jedným z vtedajších hesiel bolo: „Musíme stavať do dĺžky a nie do šírky a hrúbky“. Nosné časti a povrch vozovky boli spravidla zadávané vo výberovom konaní podľa kritérií nákladov na novostavbu. Betonárska stavebná technológia mala vtedy sotva šancu.

V polovici 80. rokov stagnoval i ďalší vývoj betonárskej stavebnej technológie a významné rozhodovacie subjekty v priemysle a v správe začali pochybovať o životaschopnosti betonárskej stavebnej technológie. Najvýznamnejšie argumenty pri kritike boli: príliš drahá, príliš hlučná a len zle a zdĺhavo opraviteľná.

2.4 Kritéria v 90. rokoch

Je to v prvom rade úsilie rakúskeho Výskumného ústavu cementu, ktorému vdáčíme za to, že – oproti pochmúrnym predpovediam – koncom 80. rokov nastal významný inovačný posun. Tu boli vypracované základy Novej rakúskej recyklačnej stavebnej technológie, ktorá umožnila opätovné použitie celého starého betónového krytu v novom kryte a v pod ňou ležiacej podkladovej vrstve stabilizovanej cementom. Veľký strategický význam mal vývoj nového betónového povrchu s nízkou hlučnosťou

a s jemnou štruktúrou vymývateľného betónu. Pre rýchle opravy betónových polí bol vyvinutý 12-hodinový betón, ktorý bolo možno spracovať bežnými zariadeniami. To umožnilo vykonávať údržbárske práce behom 24-hodinovej uzávierky.

Renesancia stavebnej technológie betónového krytu na začiatku 90. rokov bola doprevádzaná a podporovaná silným nárastom ťažkej dopravy a skutočnosťou, že sa výrazne znížil cenový rozdiel medzi asfaltovou stavebnou konštrukciou zodpovedajúcej vysokej úrovne a betónovým krytom vozovky.

Preto sa stala betonárska stavebná technológia opäť konkurenčne zaujímavou, a to najmä pre to, že sa podarilo, aby dlhšia životnosť a nižšia potreba údržby boli zohľadnené ako kritéria pre zadávanie. Prax z vtedajšej doby ukazovala, že betonárska stavebná technológia mala pri nákladoch vyšších o max. 10 % dobré vyhliadky. Dôsledkom tohto vývoja bol na jednej strane pre investorov priaznivý opätovný pokles cien asfaltu, na druhej strane sa často menil typ konštrukcie vozovky od úseku k úseku. Vznikali taktiež technické problémy pri projektovaní mostov, o ktorých sa prakticky malo vždy rozhodovať dlho pred stanovením typu nosnej časti a a povrchu vozovky v susediacich úsekoch.

Dôležitým medzníkom v 90. rokoch bolo zároveň vyhotovenie všetkých diaľnic a rýchlostných ciest pod ASFINAG v roku 1997. Dôležitým kritériom bolo, aby ASFINAG síce zostala ako akciová spoločnosť 100 %-ne vo vlastníctve štátu, ale aby mala rozsiahle právomoci pre samostatné hospodárenie, pretože už nečerpala prostriedky zo štátneho rozpočtu. Od tej doby sa ASFINAG úplne financuje z kapitálového trhu a z vlastných účelovo viazaných príjmov, ako napr. z výnosu mýtného.

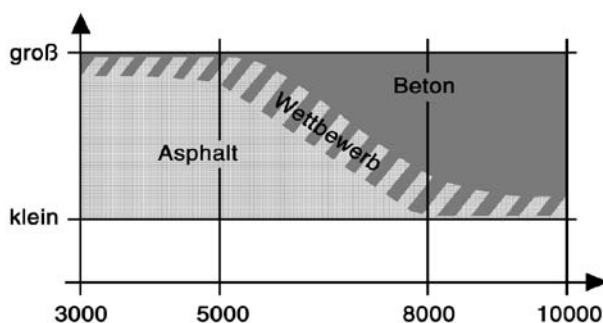
S vypracovaním strednodobých (5 – 10 rokov) a dlhodobých (30 – 50 rokov) finančných plánov nadobudlo na význame tiež uvažovanie o celkových nákladoch po dobu životnosti vozovky (Life Cycle Costs) a vo zvýšenej miere sa začalo používať ekonomické porovnanie so zreteľom na potrebu údržby a obnovy v priebehu životnosti. K tomu slúžila ako podklad smernica RVS 2.21 „Rozbor hospodárnosti hornej stavby vozoviek v cestnom staviteľstve“, ktorá bola koncom 90. rokov v niektorých spolkových zemiach prvýkrát použitá ako kritérium pre rozhodovanie a v roku 2001 potom bola vyhlásená za záväznú pre všetky štátne cesty.

3 Kritéria pre rozhodovanie dnes

Dne prebieha voľba hornej časti stavby vozovky u diaľnic a rýchlostných ciest podľa kritérií Pavement Managementu pri zohľadnení predpokladaných nákladov na životný cyklus. Vyššie spomenutá RVS predstavuje vhodný nástroj pre plánovanie.

Pri cestných ťahoch so silným a veľmi silným zaťažením (od priemeru denného počtu nákladných automobilov cca. 8 000 ťažkých vozidiel) prakticky niet sporu o betónovej technológii. Avšak i tam, kde prevláda vysoký podiel stúpaní, kde sa jazdí pomaly alebo kde sa často tvoria dopravné zápchy, má betónová svoje ekonomické opodstatnenie už aj pri nižšom dopravnom zaťažení. Dobrým príkladom toho je stále rastúci podiel betónových povrchov v oblasti mesta Viedeň.

Na obr. 1 sú schematicky znázornené hlavné oblasti využitia asfaltových a betónových konštrukcií v závislosti na dopravnom zaťažení a na podiele úsekov s pomalou ťažkou dopravou. V oblasti, kde sa obe hlavné oblasti pretínajú, musia byť pridané celkové ekonomické kritéria dôležité pre príslušný stavebný zámer a cena dosiahnutá v súťaži.



Obr. 1: Schéma rozhodovania pre výber konštrukcie vozovky

4 Záver

Betónové kryty vozoviek sú pre cesty so silným a veľmi silným zaťažením hospodárne a konkurencieschopné, pokiaľ sú koncipované na 40 až 50-ročnú životnosť a v priebehu prvých 15 až 20 rokov nevyžadujú pokiaľ možno žiadnu údržbu. Potom by mala byť, podľa namáhania, potrebná nanajvýš dve väčšie akcie údržby, pri ktorých by bola obnovená zálievka škár, boli by sanované jednotlivé polia a poškodené škáry a podľa potreby by bola nanášaná tenká asfaltová vrstva.

Každý spôsob stavania krytu vozoviek je kompromisom medzi kladnými a zápornými vlastnosťami príslušnej konštrukcie. Absolútne správna technológia neexistuje. Pri výstavbe vozoviek s betónovým krytom je vždy treba pamätať na to, že výroba betónu a jeho ukladanie je pomerne náročné a ťažké a že by ukladanie a odborný dohľad mali vykonávať dobre vyškolení a skúsení pracovníci. Veľké ani malé chyby, ani nedbalosť betonárska stavebná technológia väčšinou neodpúšťa. Dodatočné opravy, ako napr. rovnosti, drsnosti alebo systému trŕňov v škárach sú väčšinou veľmi prácne a sú doprevádzané značnou újmou na kvalite.

Aby sa plne prejavila výhoda životného cyklu betónovej technológie, musí byť kryt vozovky správne dimenzovaný (hrúbka, vzdialenosť škár, trne). Mali by byť vytvorené rezervy oproti teoretickému dimenzovaniu (napr. zvýšená hrúbka o 2 cm). Pri výrobe betónu a jeho ukladaní je potrebné zabezpečiť vysokú a konštantnú kvalitu. Pre to je dobrým predpokladom spolupráca priemyslu betónu, stavebného hospodárstva a investora.

Priemysel výroby cementu a betónu musí byť ochotný trvalo rozvíjať a zlepšovať technológiu a starať sa o kvalitu a vyškolenia. Stavebný priemysel a zhotoviteľ musia mať k dispozícii dobré zariadenia a skúsených pracovníkov. Firmy musia vidieť svoju konkurenčnú výhodu vo vysokej úrovni kvality.

Taktiež investor a zhotoviteľ musia mať vyškolených pracovníkov, ktorí rozoznajú výhody alternatívnych stavebných technológií a sú ochotní vysporiadať sa s novým technickým riešením. Investor a zhotoviteľ má tiež veľkú zodpovednosť pri kontrole kvality svojimi technikmi, ktorí musia byť skúsení a kompetentní technicky rozhodovať.

autor	Dipl.-Ing. Dr. Günter Breyer
	✉ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
	Leiter der Abteilung II/St2 – Technik und Verkehrssicherheit
	Stubenring 1
	1010 Wien
	☎ +43 (1) 71162 65 - 5419
	☺ guenter.breyer@bmvit.gv.at

MODERNER BETONSTRABENBAU IN DEUTSCHLAND

Dipl.-Ing. Thomas Wolf und Dr.-Ing. Walter Fleischer

1 Einleitung

Der Baustoff Beton ist für hochbelastete Verkehrsflächen wie Autobahnen, Flugbetriebsflächen, Feste Fahrbahnen der Bahn und hochbelastete Industrieflächen unverzichtbar. Diese Flächen müssen hohen Ansprüchen hinsichtlich der Gebrauchseigenschaften und der Dauerhaftigkeit genügen sowie wirtschaftlich herzustellen sein. An die Ausgangsstoffe und den Beton sowie die personelle und gerätetechnische Ausstattung der bauausführenden Unternehmen werden entsprechend hohe Anforderungen gestellt. Der Beton wird im Regel-fall in Baustellenanlagen gemischt. Der Einbau erfolgt mechanisiert in Gleitschalungstechnik. Am Ende ihrer Lebensdauer werden Verkehrsflächen aus Beton zu hochwertigen rezyklierten Gesteinskörnungen aufbereitet, die umweltfreundlich und wirtschaftlich in neuen Verkehrsflächen als Schottertragschicht unter Betondecken (STSUB) oder als Gesteinskörnung in einer Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel wiederverwendet werden [1].

2 Verkehrsbelastung

In Deutschland hat sich in den letzten 30 Jahren die Verkehrsstärke auf den Bundesfernstraßen (Autobahnen) fast verdoppelt (Bild 1).

Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) betrug auf den Autobahnen im Jahr 2005 ca. 48.300 Kraftfahrzeuge je 24 Stunden bei einem Schwerverkehrsanteil (LkW > 3,5 Tonnen und Busse) von ca. 14,5 %. Dies entspricht rund 7000 Lkw pro Tag. Auf vielen Strecken ist die Belastung jedoch um ein vielfaches höher (Bild 2). Die am stärksten befahrene deutsche Autobahn ist die A 100 in Berlin [2].



Zwischen dem Jahr 2004 und 2005 stieg der Straßengüterverkehr um 3,2 % an. Für das Jahr 2006 wurde aufgrund der positiven Wirtschaftsentwicklung und des stark wachsenden Außenhandels ein Zuwachs von 4,8 % vorausgesagt [3]. Auch die EU-Erweiterung bzw. der stetig wachsende Verkehr aus und nach Osteuropa führen zu einer immer stärkeren Beanspruchung unserer Straßen. Der Anteil der ausländischen Lkw liegt schon jetzt bei mehr als 22 %. Sowohl durch den wachsenden Güterverkehr als auch durch die weitere Zunahme des Pkw-Verkehrs wird sich die Stausituation im deutschen Autobahnnetz in den nächsten Jahren noch weiter verschärfen. Um so wichtiger sind dann leistungsfähige Straßen, die keinen oder nur einen geringen Unterhaltungsaufwand benötigen und eine hohe Nutzungsdauer bieten. Dieser Forderung werden moderne Betonstraßen in hohem Maße gerecht.

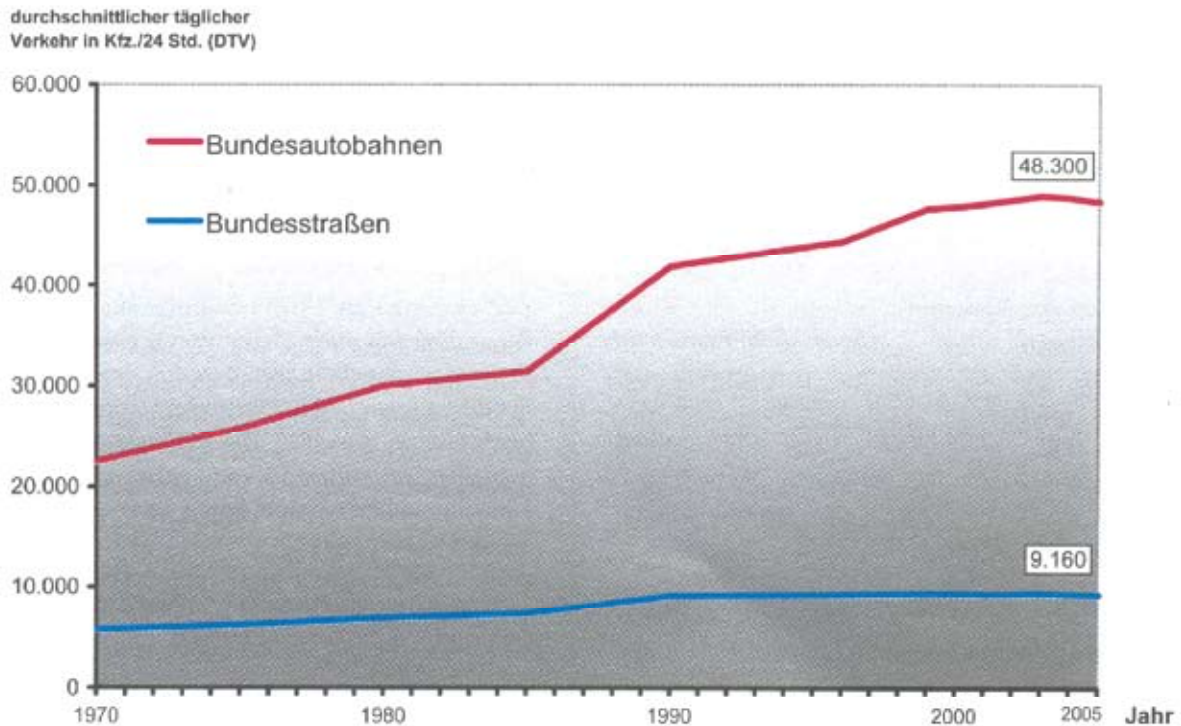


Bild 1 Verkehrsstärkeentwicklung (DTV) auf den Bundesfernstraßen und den übrigen Außerortsstraßen (vor 1995 nur alte Bundesländer) [3]

Autobahn	Bundesland	Abschnitt	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
A 100	Berlin	Dreieck Funkturm – Kurfürstendamm	191.400
A 100	Berlin	Kaiserdamm – Dreieck Funkturm	181.500
A 100	Berlin	Dreieck Charlottenburg – Kaiserdamm	176.700
A 100	Berlin	Kurfürstendamm – Schmargendorf	167.700
A 3	Nordrhein-Westfalen	Köln Dellbrück – Kreuz Köln-Ost	165.000
A 100	Berlin	Innsbrucker Platz – Kreuz Schöneberg	160.500
A 3	Nordrhein-Westfalen	Köln Mühlheim – Köln Dellbrück	158.000
A 3	Nordrhein-Westfalen	Kreuz Leverkusen – Leverkusen	152.400
A 5	Hessen	Frankfurter Kreuz – Zeppelinheim	150.700
A 100	Berlin	Alboinstraße – Tempelhofer Damm	148.400

Bild 2 Die 10 am stärksten befahrenen Autobahnen im Jahr 2005 in Deutschland [2]

Die zulässigen Achslasten für deutsche LKW liegen derzeit bei 11,5 t. Lkw aus den Nachbarstaaten, die ebenfalls deutsche Autobahnen benutzen, haben stellenweise sogar Achslasten bis 13 t. Eine LKW-Achse beansprucht eine Straße etwa so stark wie 160.000 PKW-Achsen. Daher werden die meisten hochbelasteten Autobahnen in Beton hergestellt [1].

3 Bauweisen und Konstruktion

In Deutschland werden Betonfahrbahndecken nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001 – RStO 01 [4] dimensioniert. Im wesentlichen sind für die Herstellung von Betonfahrbahndecken auf Autobahnen drei Bauweisen von praktischer Bedeutung. Die Betondecke kann auf einer Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel, auf einer Asphalttragschicht oder auf einer Schottertragschicht unter Betondecken (STS_{uB}) aufgelagert werden (Bild 3).

(Dickenangaben in cm; ▼ E_{v2} - Mindestwerte in MN/m²)

Zeile	Bauklasse		SV		I		II		III		IV		V		VI	
	Aquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.	B	> 32	> 10 - 32	> 3 - 10	> 0,8 - 3	> 0,3 - 0,8	> 0,1 - 0,3	≤ 0,1							
	Dicke des frostsch. Oberbaues ¹⁾		55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75	45 55 65 75	35 45 55 65	35 45 55 65	35 45 55 65	35 45 55 65	35 45 55 65	35 45 55 65	35 45 55 65	35 45 55 65	35 45 55 65
1.1	Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material															
	Betondecke		27	27	25	24	23									
	Vliesstoff															
	Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)		15	15	15	15										
1.2	Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material															
	Betondecke		27	27	25	24	23									
	Vliesstoff															
	Verfestigung		20	20	15	15	15									
1.3	Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material															
	Betondecke		27	27	25	24	23									
	Vliesstoff															
	Verfestigung		25	25	20	20	20									
2	Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht															
	Betondecke		26	26	24	23	22	18	16	15						
	Asphalttragschicht		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Frostschuttschicht		38	34	34	33	32	32	32	26	24	24	24	24	24	24
3	Schottertragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material															
	Betondecke		30	30	28	27	26									
	Schottertragschicht ²⁾		30	30	30	30	30									
	Schicht aus frostunempfindlichem Material		60	58	58	57	56									

Bild 3 RStO 01, Tafel 2: Bauweisen mit Betondecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau (Auszug) [4]

Zur Begrenzung der Spannungen aus Temperatur- und Feuchtegradienten auf ein un-kritisches Maß haben sich bei Autobahnen (Deckendicken bis 30 cm) Abstände der Quer-fugen von 5 m bewährt. Die Abstände der Längsfugen liegen, abgestimmt auf die Fahr-streifenbreite, in den gleichen Größenordnungen, um annähernd quadratische Platten zu erhalten. Außerdem öffnen sich die Querfugen bei solchen Abständen nur gering, was die Übertragung von Querkräften infolge der überrollenden Räder von einer Platte zur anderen durch die Rißverzahnung (aggregate interlock) begünstigt. Geringe Öffnungsweiten erhöhen darüber hinaus die Lebensdauer der Fugenabdichtungen. Die Plattenabmessungen dürfen das 25fache (im Tunnel das 20fache) der Plattendicke nicht überschreiten [5] und die Seiten-länge darf nicht über 7,50 m liegen, damit die Zwangspannungen nicht zu groß werden.

Um die Querkraftübertragung weiter zu erhöhen und um Erosionsschäden im Fugenbereich zu vermeiden, werden bei unbewehrten Betonflächen in den Querfugen kunststoff-ummantelte glatte Stahldübel (d = 25 mm, l = 50 cm) im Abstand von 25 cm (bzw. 50 cm bei Sparverdübelung) in der Mitte der Plattendicke eingebaut (Bild 4). Die Kunststoffummante-lung verhindert Korrosion und reduziert den Verbund zum Beton, sodaß sich die Querfugen unbehindert von den Dübeln öffnen und schließen können.

Damit sich die Längsfugen nicht allmählich durch Auseinanderwandern der Plattenstreifen öffnen, werden in einer 5 m langen Längsscheinfuge drei Anker (bei Längspreßfugen und bei der Bauweise Betondecke auf STSuB fünf Anker) aus geripptem Baustahl (d = 20 mm, l = 80 cm) im unteren Drittelpunkt der Plattendicke eingebaut (Bild 4). Sie sind aus Korrosions-schutzgründen im mittleren Drittel (also unterhalb der Fuge) ebenfalls kunststoff-ummantelt [1].

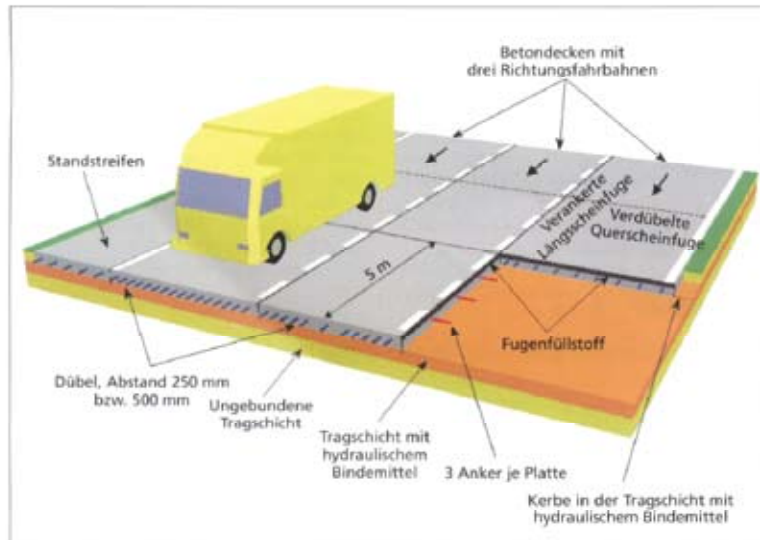


Bild 4 Regelquerschnitt einer unbewehrten Betonautobahn mit verdübelen Querscheinfugen und verankerten Längsscheinfugen direkt auf einer im Raster der Fugen gekerbten Tragschicht mit hydraulischem Bin-demittel [1]

4 Herstellung der Betondecke

4.1 Betonmischanlagen

Der Bau von Verkehrsflächen muß innerhalb kürzester Zeit erfolgen, um Verkehrsbehinderungen auf ein Minimum zu begrenzen. Die meisten Bauaufträge sind an strenge Termine gebunden und bei Terminüberschreitungen fallen hohe Konventionalstrafen an. Daher sind beispielsweise bis zu 3000 m³ Beton an einem Tag herzustellen und einzubauen, damit die vertraglich vereinbarten knappen Bauzeiten eingehalten und die teuren Spezialgeräte wirtschaftlich eingesetzt werden. Örtlich vorhandene Transportbeton-Mischanlagen haben keine ausreichenden Kapazitäten zur Lieferung derartig großer Betonmengen, insbesondere über einen längeren Zeitraum von mehreren Wochen. Daher werden im Regelfall spezielle Mischanlagen direkt an der Baustelle errichtet, um die Versorgung der Baustelle mit diesen großen Mengen an hochwertigem Straßenbeton in steifer Konsistenz sicherzustellen. Es werden entweder Chargenmischer mit Kapazitäten von 100 m³/h bis 300 m³/h Frischbeton oder kontinuierlich arbeitende Mischanlagen mit ähnlichen Leistungen eingesetzt. Derartige Mischanlagen können schnell und wirtschaftlich aufgebaut, abgebaut und transportiert werden [1]. Bild 5 zeigt eine moderne Mischanlage von Heilit+Woerner im genormten ISO-Seecontainer-Maß.



Bild 5 Heilit+Woerner Mischanlage im ISO-Seecontainer-Maß

4.2 Gleitschalungsfertiger

Heute ist eine wirtschaftliche Herstellung von Verkehrsflächen aus Beton nur noch mechanisiert in Gleitschalungstechnik möglich. Ebenso wie die Mischanlagen sind moderne Gleitschalungsfertiger schnell und wirtschaftlich aufzubauen, zu demontieren und auf üblichen Tiefladern zu transportieren. Mit den modernen Gleitschalungsfertigern sind Einbauleistungen von 800 lfd. m pro Tag keine Seltenheit. Einbaubreiten bis 16,75 m und für Sonderflächen bis 18 m sind bei Heilit+Woerner üblich. Die Einbaudicken betragen für Autobahnen bis zu 30 cm. Im Regelfall läuft der Einbau von unbewehrten Verkehrsflächen aus Beton wie folgt ab: Der Beton wird mit herkömmlichen Straßenlastwagen (heute meist Vierachser) oder, wenn keine öffentlichen Straßen benutzt werden müssen, mit Dumpfern (Bild 5) von der Mischanlage zu der Einbaustelle transportiert und vor dem Fertiger abgekippt [1]. Ein Transport des Frischbetons in Aluminiummulden ist nicht zugelassen, um Schäden in der Betondecke durch Wasserstoffbildung infolge von Aluminiumabrieb zu verhindern [5]. Eine Betondecke kann in ihrer gesamten Dicke aus dem gleichen Beton bestehen (einschichtige Bauweise) oder aus zwei unterschiedlichen Betonen (zweischichtige Bauweise). Die beiden Betonsorten der zweischichtigen Bauweise unterscheiden sich hauptsächlich durch die Gesteinskörnungen. Für den Unterbeton kann ausschließlich Kies verwendet werden, da die Anforderungen an die Gesteinskörnungen des Unterbetons geringer sind als an die des Oberbetons (z. B. bezüglich Frost- und Polierwiderstand, Kornform etc.).

Im Februar 2006 wurde die Waschbetonbauweise mit Allgemeinem Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 5/2006 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) [6] als neuer Standard für die lärmindernde Betonfahrbahndecke in Deutschland eingeführt. Seitdem wurde bei neuen Bauverträgen für Autobahnen fast ausschließlich die Waschbetonbauweise ausgeschrieben. Bis auf weiteres wird diese Bauweise daher auch in Deutschland die Standardbetonbauweise darstellen. Im folgenden wird demzufolge auch nur noch diese Bauweise beschrieben.

Da bei der Waschbetonbauweise die Anforderungen an die Ausgangsstoffe und den Beton noch höher als bei einem herkömmlichen Oberbeton sind, werden Waschbetondecken aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten, mit Ausnahme von Kleinflächen, wo dies gerätetechnisch nicht möglich ist, ausschließlich zweischichtig hergestellt. Von Heilit+Woerner werden für den zweischichtigen Einbau zwei getrennte Gleitschalungsfertiger verwendet (Bild 6). Der erste Fertiger baut den Unterbeton in der geforderten Dicke und Höhenlage ein. Der Beton wird mit Innenrüttlern verdichtet. Anschließend werden die Dübel und Anker automatisch in den verdichteten Unterbeton eingerüttelt.



Bild 6 Zweischichtiger Einbau mit zwei Gleitschalungsfertigern von Heilit+Woerner

Der Oberbeton wird je nach den Baustellenverhältnissen mit einem Vorderbeschicker über den Unterbetonfertiger hinweg und / oder mit einem Bagger von der Seite auf den verdichteten Unterbeton vor den Oberbetonfertiger gelegt. Dieser zweite Gleitschalungsfertiger baut den Oberbeton in der planmäßigen Dicke und Höhenlage ein. Weiterhin glättet er die frische Betonoberfläche in Quer- und Längsrichtung. Der Einbau des Oberbetons muß frisch in frisch auf dem verdichteten Unterbeton erfolgen, um einen dauerhaften Verbund zwischen den beiden Betonen zu erreichen [1].

4.3 Aufbau und Betontechnologische Zusammensetzung von Fahrbahndecken mit Waschbetonoberfläche

Die Dicke des Oberbetons - in diesem Fall des Waschbetons - beträgt im Vergleich zu einem herkömmlichen Deckenaufbau nur 5 cm. Eine größere Dicke ist technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll. Der Unterbeton variiert in Abhängigkeit von den Bauklassen gemäß RStO 01 [4] zwischen 17 und 25 cm.

Für die Zusammensetzung von Waschbeton sowie für die zu verwendenden Gesteinskörnungen gelten, analog zur Bauweise mit dünnem Oberbeton, erhöhte Anforderungen im Vergleich zu einem herkömmlichen Straßenbeton. Diese sind im Anhang G, Spalte Oberbeton 0/8 der Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB 04) [7] festgelegt. Die Gesteinskörnungen größer 4 mm bis höchstens 8 mm müssen ausschließlich aus gebrochenen Gesteinskörnungen der Kategorie C100/0 bestehen und hinsichtlich ihrer Kornform der Kategorie S115 (Kornformkennzahl) bzw. F115 (Plattigkeitskennzahl) entsprechen.

Des weiteren müssen diese Gesteinskörnungen einen hohen Widerstand gegen Polieren aufweisen. Abweichend von der bisherigen Standardbauweise mit Oberbeton 0/22 oder 0/32 sind für Waschbetonoberflächen höhere PSV-Werte von mindestens PSV53 erforderlich.

Bei der Waschbetonbauweise, wie auch bei der Bauweise mit dünnem Oberbeton, sind zur Gewährleistung der geforderten Eigenschaften höhere Zementgehalte von ca. 420 bis 430 kg/m³ (in der Regel CEM I 32,5 R oder CEM I 42,5 N) nötig. Zum Erreichen der für den Einbau erforderlichen Konsistenz ist im Regelfall auch der Einsatz eines Fließmittels erforderlich. Der Mindestluftgehalt des Frischbetons ist entsprechend Tabelle 2 der ZTV Beton-StB 01 [5] einzustellen. Bei einem Größtkorn von 8 mm und gleichzeitiger Verwendung von Fließmittel bedeutet dies 6,0 Vol.-% für Einzelwerte und 6,5 Vol.-% im Tagesmittel. Im Gegensatz zum dünnen Oberbeton 0/8 mm ist beim Waschbeton i. d. R. die Korngruppe 2/5 mm nicht vorhanden (Ausfallkörnung) [8]. Die Sieblinie des Waschbetons verläuft daher in etwa entlang der Regelsieblinie U8 nach DIN 1045-2 [9].

4.4 Betoneinbau, Ausbürsten und Nachbehandlung bei Waschbetonoberflächen

Unter- und Oberbeton werden bei der exposed-concrete Bauweise wie üblich eingebaut, verdichtet und geglättet, wobei insbesondere die Rüttleinrichtung für die Verdichtung des Oberbetons auf dessen geringere Dicke abgestimmt werden muß (z. B. geringere Rüttelenergie).

Anschließend wird von einer Arbeitsbühne aus meist ein kombiniertes Verzögerungs- und Nachbehandlungsmittel aufgesprüht (Bild 7), das eine Hydratation des Zementes in der obersten Schicht (Millimeterbereich) verzögert und gleichzeitig ein Austrocknen des frischen Betons verhindert. Die empfohlene Menge liegt, je nach Hersteller, bei ca. 200 bis 250 g/m².

Da die Ausbürsttiefe unter anderem auch von der Betonzusammensetzung abhängt, muß für jede Baumaßnahme die ideale Menge an aufzubringendem Verzögerungsmittel in Baustellenversuchen bestimmt werden. Ist die aufgebrachte Menge zu gering oder wird das kombinierte Verzögerungs- und Nachbehandlungsmittel nicht gleichmäßig und flächendeckend aufgesprüht, kann es zu Problemen beim Ausbürsten und in der Folge z. B. zu „Glattstellen“ kommen.



Bild 7 Aufsprühen eines kombinierten Verzögerungs- und Nachbe-handlungsmittels von einer Arbeitsbühne aus

Sobald der Beton insgesamt ausreichend erhärtet und befahrbar ist, wird der nicht erhärtete Oberflächenmörtel mit einem motorisierten Stahlbesen abgebürstet und entfernt, so daß eine gleichmäßige Waschbetonoberfläche ent-steht, an der nun die grobe Gesteins-körnung, zum Beispiel der Korngruppe 5/8, frei liegt (Bild 8) [10].



Bild 8 Ausbürsten des Oberflächenmörtels mit einem motorisierten Stahlbesen und ausgebürstete Fahrbahnoberfläche mit frei-liegender Gesteinskörnung 5/8 mm

Da der in Kombination mit dem Verzögerungsmittel aufgebrachte Verdunstungsschutz mit dem Oberflächenmörtel wieder abgebürstet wird, ist anschließend eine weiterführende Nachbehand-lungsmittel aufge-sprüht (Bild 9). Bei hohen Tempera-turen und / oder hohen Windgeschwindigkeiten soll eine zusätzliche Naßnachbe-handlung der Betonoberfläche durchgeführt werden.



Bild 9 Weiterführende Nachbehandlung der ausgebürsteten Fahrbahnoberfläche durch Aufsprühen eines herkömmlichen Nachbehandlungsmittels von einem mobilen Trägergerät aus

5 Fugen

Unmittelbar nach dem Ausbürsten des Oberflächenmörtels müssen die Kerbschnitte für die Querscheinfugen und nahezu zeitgleich die für die Längsscheinfugen durchgeführt werden. Die Schnittbreite beträgt rd. 3 mm, die Schnitttiefe für die Querscheinfugen 25 % bis 30 % der Betondeckendicke und 40 % bis 45 % für die Längsscheinfugen [5]. Derzeit werden wassergekühlte Diamantsägeblätter verwendet. Moderne Fugenschneidgeräte saugen den anfallenden Schneidschlamm unmittelbar am Schnitt ab [1].

Vor dem Füllen der Fugen muß der Kerbschnitt entsprechend der Fugenart und dem Fugenfüllstoff aufgeweitet werden [11]. Als Füllstoff werden heute Heiß- und Kaltvergußmassen sowie elastische Profile verwendet [1]. Werden Quer- und Längsfugen mit Profilen verschlossen, liegt die Problemzone in den Kreuzungspunkten. Oftmals kommt es trotz des Überdehnschutzes zu Abrissen der Profile und in der Folge zu Undichtigkeiten. Daher sollten vorzugsweise für die Querfugen Profile und für die Längsfugen Vergußmassen eingesetzt werden.

6 Gebrauchseigenschaften von Betondecken

6.1 Griffigkeit und Reifen-/Fahrbahngeräusch

Die wesentlichen Vorteile der Waschbetonbauweise liegen in der hohen und dauerhaften Griffigkeit bei gleichzeitig geringer Geräuschemission. In mehreren in- und ausländischen Untersuchungen konnte mittels der CPX-Methode nachgewiesen werden, daß Waschbeton mit einem Größtkorn von 8 mm hinsichtlich Lärmemission dem Splittmastixasphalt gleichwertig ist [8]. Meßwerte von der Inntalautobahn A93 bei Kiefersfelden, hergestellt im Jahr 2004, bestätigen die sehr guten Lärm- und Griffigkeitseigenschaften von Waschbetonoberflächen 0/8. Die Oberfläche wurde im April 2005 mit der so genannten Nahfeldmeßmethode (Lärmmeßanhänger) auf ihre lärmmindernde Wirkung untersucht (Bild 10).

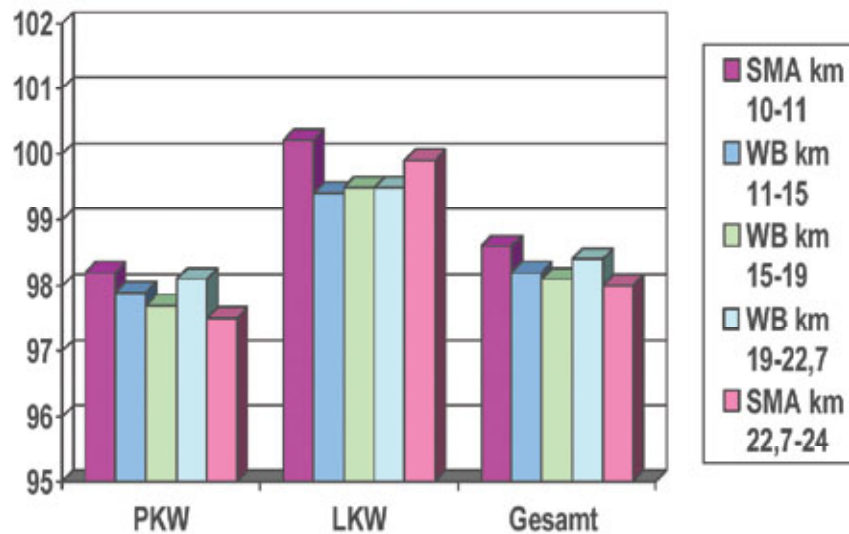


Bild 10 Lärmmeßwerte, ermittelt mit der Nahfeldmeßmethode bei 80 km/h [dB(A)] [12]

Es wurde deutlich, daß sich die Frequenzzusammensetzung des Waschbetons (WB) und des angrenzenden Splittmastixasphaltes 0/8 S (SMA) nur geringfügig unterscheiden. Die Lärminderung des Waschbetons liegt ebenfalls in der Größenordnung des SMA [12]. Aus den Messungen war weiterhin ersichtlich, daß die lärmreduzierende Wirkung von Wasch-betonoberflächen bei LKW-Reifen noch deutlicher ausgeprägt ist als bei Pkw-Reifen.

Auch hinsichtlich der Griffigkeit wurden hervorragende Werte deutlich über dem Anforderungs-niveau (blaue Linie) erzielt (Bild 11). Lediglich ein 100m-Bereich erfüllte die Anforderungen nicht. Dies war jedoch auf ein gerätetechnisches Problem während der Ferti-gung zurückzuführen.

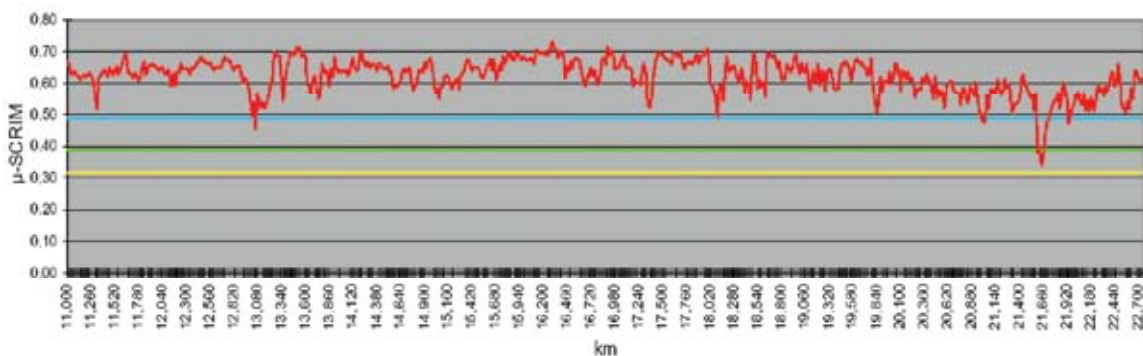


Bild 11 SCRIM-Meßwerte zur Abnahme

6.2 Längs- und Querebenheit, Helligkeit, Brandverhalten

Moderne Betonfahrbahnen weisen bei fachgerechter Ausführung von Anfang gute Längs- und Querebenheiten auf. Diese bleiben über die Nutzungsdauer der Betondecke bei jeder Temperatur und Belastung erhalten. Darin liegt ein großer Vorteil der Betonbauweise. Die von Autofahrern gefürchteten, verkehrs- und temperaturbedingten Spurrinnen (Aquaplaning) treten nicht auf.

Des weiteren sind Betonfahrbahndecken im Vergleich zu Asphaltfahrbahnen deutlich heller, was sich besonders bei Regen und in der Nacht positiv auf die Fahreigenschaften bzw. letztlich auf die Verkehrssicherheit auswirkt. Mit Betonfahrbahndecken in Tunneln können Be-leuchtungskosten eingespart werden und zusätzlich wird das Gefahrenpotential im Brandfall (Brandlast) deutlich gesenkt, da Beton praktisch nicht brennbar ist. Nicht ohne Grund werden in Österreich bei Straßentunneln mit einer Länge von > 1 km bei den Risikoklassen III und IV Betondecken vorgeschrieben.

7 Schlußfolgerungen

Beton ist für hochbelastete Autobahnen, aber auch für Flugbetriebsflächen, Feste Fahr-bahnen der Bahn oder Industrieflächen – insbesondere aus Gründen der Gebrauchseigenschaften, der Dauerhaftigkeit, der Wirtschaftlichkeit und des Umweltschutzes – eine ideale Lösung. Das aktuelle Regelwerk [4] geht bei Betonstraßen von einer 30-jährigen Lebensdauer aus. Praxiserfahrungen lassen durchaus noch längere Lebensdauern erwarten. Da Betonstraßen in den ersten 15 bis 20 Jahren kaum Erhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen bedürfen, bieten sie eine hohe Verfügbarkeit und verursachen nur geringe Verkehrsbehinderungen durch Baustellen.

Bei fachgerechter Planung und sachgerechter Herstellung bietet eine Verkehrsfläche aus Beton dauerhafte Gebrauchseigenschaften. Das bedeutet Tragfähigkeit, Verformungsstabilität, Ebenheit, Helligkeit, hohe Griffigkeit und ein geringes Reifen-/Fahrbahn-Geräusch. Hinzu kommt die Recyclbarkeit von alten Betonflächen, was die Umwelt durch Einsparen von ungebrauchten Baustoffen, Deponieraum und Transporten schont. Auf Grund dieser Vorteile ist die Betonbauweise prädestiniert für Funktionsbauverträge und PPP (Public Private Partnership)-Modelle, bei denen der Unternehmer 20 bzw. 30 Jahre für den Unterhalt verantwortlich ist, sogenannte funktionale Anforderungen gewährleisten muß [1]. Nicht umsonst wurden die in Deutschland bislang vergebenen Funktionsbauverträge bei Autobahnen größtenteils in Betonbauweise ausgeführt. Auch für die kommenden PPP-Modelle ist, sofern nicht planerische Besonderheiten eine Asphaltbauweise erfordern, davon auszugehen, daß die Betonbauweise den Vorrang erhält.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Fleischer, W. und Wagner, R.: Beton für hochbelastete moderne Verkehrsflächen (Teile 1 und 2). beton 53 (2003) H. 11, S. 536-538, Heft 12, S. 592-597
- [2] Spitzenbelastungen auf Autobahnen, asphalt 42 (2007) H. 4, S. 4
- [3] Straßenbaubericht 2006. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin, im Dezember 2006
- [4] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001, RStO 2001. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln, FGSV Verlag, 2001
- [5] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahr-bahn-decken aus Beton, ZTV Beton-StB 2001, Ausgabe 2001. Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen. Köln 2001.
- [6] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2006: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS 90. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 17.02.2006
- [7] Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, TL Gestein-StB 04, Ausgabe 2004. Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeits-gruppe Mineralstoffe im Straßenbau. Köln 2005.
- [8] Sulten, P. und Wolf, T.: Waschbeton – Eine alternative Betonoberfläche. Straße+Autobahn 57 (2006) H. 4, S. 210-218
- [9] Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Fest-legung, Eigen-schaften, Herstellung und Konformität, Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. Normen-ausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Juli 2001
- [10] Fleischer, W. und Wolf, T.: Die Griffigkeit von Fahrbahndecken aus Beton (Teil 2). beton 54 (2004) H. 12, S. 610-614
- [11] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2001, ZTV Fug-StB 2001. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau. Köln: FGSV Verlag, 2001
- [12] Schmerbeck, R.: Anwendung von Funktionsbauverträgen in Bayern. Tagungsband der FGSV-Betonstraßentagung 2005, Essen, S. 54-59. Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“, Heft 27, Köln 2006

Autoren	Dipl.-Ing. Thomas Wolf und Dr.-Ing. Walter Fleischer
	✉ HEILIT+WOERNER Bau GmbH
	Mies-van-der-Rohe-Straße 6
	80807 München
	☎ 089 / 360 555-5730
	📠 089 / 360 555-5790
	😊 thomas.wolf@heiwoe.com walter.fleischer@heiwoe.com
	URL www.heiwoe.de

MODERNÁ VÝSTAVBA BETÓNOVÝCH VOZOVIEK V NEMECKU

Dipl.-Ing. Thomas Wolf a Dr.-Ing. Walter Fleischer

1 Úvod

Stavebný materiál - betón je nepostrádateľný pre veľmi zaťažené dopravné plochy ako napr. diaľnice, prevádzkové plochy letísk, pevné dráhy železníc a pre veľmi zaťažené priemyselné plochy. Tieto plochy musia vyhovovať vysokým požiadavkám na úžitkové vlastnosti a na životnosť a majú sa dať hospodárne zhotoviť. Príslušné vysoké požiadavky sú kladené na základné stavebné materiály a na betón, ako aj na personálne a technické zariadenie zhotoviteľa stavby. Betón sa spravidla mieša zariadením na stavenisku. Ukladanie sa uskutočňuje mechanizovane technikou systému posuvného debnenia (finišerom s klznými bočnicami). Prevádzkové plochy z betónu sa na konci ich životnosti recyklujú na vysokohodnotné kamenivá, ktoré sa znovu použijú v nových prevádzkových plochách ako ekologicky nezávadná a hospodárna štrková nosná vrstva pod betónový povrch alebo ako kamenivo nosnej vrstvy s hydraulickým spojivom [1].

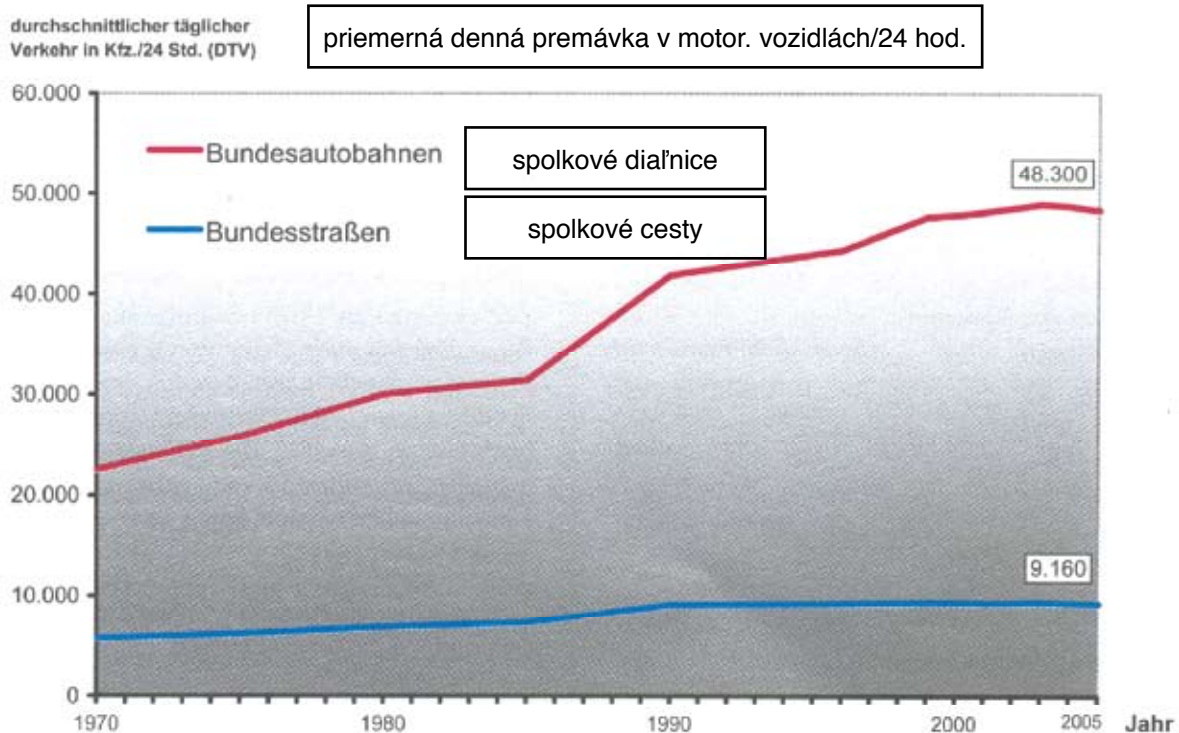
2 Intenzita cestnej premávky

V Nemecku sa za ostatných 30 rokov takmer zdvojnásobila intenzita prevádzky na spolkových diaľkových cestách (diaľnicach) (obr. 1).

Priemerná denná intenzita prevádzky na diaľnicach predstavovala v roku 2005 cca 48300 motorových vozidiel za 24 hodín pri podiele premávky ťažkých nákladných vozidiel > 3,5 ton a autobusov cca. 14,5 %. To zodpovedá približne 7000 nákladným autám za deň. Na mnohých úsekoch je ale zaťaženie niekoľkonásobne vyššie (obr. 2). Najviac zaťažená nemecká diaľnica je A 100 v Berlíne [2].



Medzi rokom 2004 a 2005 stúpila nákladná cestná doprava o 3,2 %. Pre rok 2006 bol na základe pozitívneho hospodárskeho rozvoja a silno rastúceho zahraničného obchodu prognózovaný prírastok 4,8 % [3]. Taktiež rozšírenie EÚ resp. stále narastajúca doprava z a do východnej Európy vedú k stále vyššiemu zaťaženiu nemeckých ciest. Podiel zahraničných nákladných vozidiel predstavuje už teraz viac ako 22 %. Tak rastúcou nákladnou prepravou, ako aj ďalej pribúdajúcou premávkou osobných motorových vozidiel sa situácia dopravných komplikácií na sieti nemeckých diaľnic v ďalších rokoch ešte ďalej vyostří. O to dôležitejšie sú potom výkonné cesty vyžadujúce si iba nízke náklady na údržbu a poskytujúce vysokú životnosť. Tejto požiadavke vyhovujú vo vysokej miere moderné betónové cesty.



Obrázok 1 Rozvoj intenzity premávky na spolkových diaľkových cestách a na ostatných cestách mimo obce (pred rokom 1995 len staré spolkové krajiny) [3]

Diaľnica	Spolková krajina	Úsek	Priemerná denná intenzita prevádzky
A 100	Berlín	Trojuholník Funkturm – Kurfürstendamm	191.400
A 100	Berlín	Kaiserdamm – trojuholník Funkturm	181.500
A 100	Berlín	Trojuholník Charlottenburg - Kaiserdamm	176.700
A 100	Berlín	Kurfürstendamm - Schmargendorf	167.700
A 3	Severné Porýnie-Westfálsko	Kolín Delibrück – Kreuz Kolín-Východ	165.000
A 100	Berlín	Insbrucker Platz – Kreuz Schöneberg	160.500
A 3	Severné Porýnie-Westfálsko	Kolín Mühlheim – Kolín Drellbrück	158.000
A 3	Severné Porýnie-Westfálsko	Kreuz Leverkusen - Leverkusen	152.400
A 5	Hesensko	Frankfurter Kreuz - Zeppelinheim	150.700
A 100	Berlín	Alboinstraße – Tempelhofer Damm	148.400

Obrázok 2 Desať diaľnic s najrušnejšou premávkou v roku 2005 v Nemecku [2]

Dovolené nápravové tlaky pre nemecké nákladné automobily ležia v súčasnosti pri 11,5 t. Nákladné autá zo susedných štátov, ktoré taktiež používajú nemecké diaľnice, majú niekedy zaťaženie náprav až 13 t. Jedna náprava nákladného vozidla zaťažuje cestu asi tak silno, ako 160 000 náprav osobných vozidiel. Z toho dôvodu sa väčšina veľmi zaťažených diaľnic zhotovuje z betónu [1].

3 Spôsoby výstavby a konštrukcia

V Nemecku sa dimenzujú betónové vozovky podľa smerníc pre šandardizáciu nosnej časti a povrchu prevádzkových plôch, vydanie 2001 – RStO 01 [4]. V podstate majú pre zhotovenie betónových krytov vozoviek na diaľnicach praktický význam tri spôsoby výstavby. Betónový kryt sa môže navrstviť na nosnej vrstve s hydraulickým spojivom, na asfaltovej nosnej vrstve alebo na štrkovej podkladovej vrstve (obr. 3).

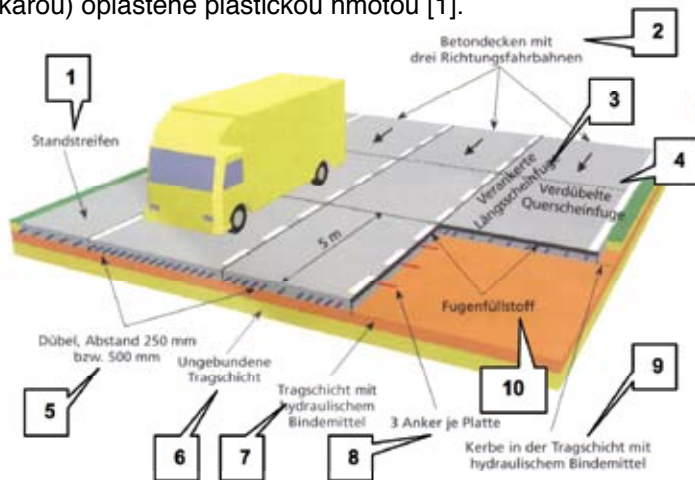
Riad.	Zastavovacie pásmo	SV	I				II				III				IV				V				VI											
	Ekvivalentné 10-t-tranzity v Mil.	B	> 32				> 10 - 32				> 3 - 10				> 0,8 - 3				> 0,3 - 8				> 0,1 - 0,3				≤ 0,1							
	Hrúbka mrazuvzd. zvršku ¹⁾		55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65	35	45	55	65				
Nosná vrstva s hydraulickým spojivom na mrazuvzdornej ochrannej vrstve resp. vrstva z materiálu odolného proti mrazu																																		
1,1	Betónový kryt		27																															
	Rúňová netkaná textília		15																															
1,2	Hydraulicky viazaná nosná vrstva (HGT)		42																															
	Protinámrazový podsyp		45																															
Hrúbka protinámrazovej vrstvy			-	-	33 ²⁾	43	-	25 ³⁾	35	45	-	26 ³⁾	36	46	-	-	27 ³⁾	37																
1,2	Betónový kryt		27																															
	Rúňová netkaná textília		15																															
1,3	Spevnenie		20																															
	Vrstva z mrazuvzdorného mat. - zatriedený podľa DIN 18196		47																															
Hrúbka protinámrazovej vrstvy			8 ⁴⁾	18 ⁴⁾	28	38	15 ⁴⁾	25	35	45	16 ⁴⁾	26	36	46	7 ⁴⁾	7 ⁴⁾	27	37																
1,3	Betónový kryt		27																															
	Rúňová netkaná textília		25																															
2	Spevnenie		20																															
	Vrstva z mrazuvzdorného mat. - zatriedený podľa DIN 18196		52																															
Hrúbka protinámrazovej vrstvy			3 ⁴⁾	13 ⁴⁾	23	33	10 ⁴⁾	20	30	40	11 ⁴⁾	21	31	41	2 ⁴⁾	12 ⁴⁾	22	32																
Asfaltová nosná vrstva na protinámrazovom podsype																																		
2	Betónový kryt		26																															
	Asfaltová nosná vrstva		10																															
3	Protinámrazová vrstva		36																															
			45																															
Hrúbka protinámrazovej vrstvy			-	29 ³⁾	39	49	-	31 ²⁾	41	51	-	32 ²⁾	42	52	-	-	33 ²⁾	43	-	29 ³⁾	39	49	-	21 ²⁾	31	41	-	21 ²⁾	31	41				
Štrkový podklad vozovky na vrstve materiálu odolného proti mrazu																																		
3	Betónový kryt		30																															
	Štrkový podklad vozovky ⁷⁾		30																															
3	Vrstva z materiálu odolného proti mrazu		60																															
			45																															
Hrúbka protinámrazovej vrstvy			Od 12 cm z materiálu odolného proti mrazu, malú zvyškovú hrúbku treba vyrovať s nad ňou ležiacim materiálom																															

Obrázok 3 RStO 01, tabuľka 2: Spôsoby výstavby betónových povrchov pre vozovky na podloží / spodnej vrstve F2 a F3 (Výňatok) [4]

Na ohraňenie napätí z gradientov teploty a vlhkosti na nekritickú mieru sa pri diaľnicach (kryt vozovky do 30 cm) osvedčili rozstupy priečných škár 5 m. Rozstupy pozdĺžnych škár sú – prispôbené šírke vozovky – v tom istom rozmedzí, aby sa vytvorili približne štvorcové dosky. Navyše sa pri takých rozstupoch priečne škáry otvárajú len nepatrne, čo priaznivo ovplyvňuje prenos priečných síl následkom prejdejších kolies z jednej dosky na druhú vzajomným zakliesnením zrn kameniva v trhline (aggregate interlock, concrete joint). Malé svetlé šírky otvorov zvyšujú okrem toho životnosť tesnenia škár. Rozmery dosiek nesmú prekročiť 25 násobok (v tuneli 20 násobok) hrúbky dosiek [5] a dĺžka strany nesmie byť väčšia ako 7,5 m, aby sa podružné (vynútené) pnutie príliš nezvýšilo.

Aby sa ďalej zvýšil prenos priečnej sily a pre zabránenie škodám z erózie v oblasti škár sa pri nevystužených betónových plochách zabudujú v strede hrúbky dosky do priečných škár plastickou látkou opláštené hladké oceľové klznú trny (d = 25 mm, l = 50 cm) s rozstupom 25 cm (alebo 50 cm pri úspornom spojení klznými trnmi) (obr. 4). Opláštenie plastickou látkou zabraňuje korózii a znižuje súdržnosť s betónom, takže priečne škáry sa môžu bez obtiaží uvoľniť (odblokať) a uzatvoriť klznými trnmi.

Aby sa pozdĺžne škáry pozvoľne neotvárali vzájomným oddeľovaním sa pásov dosiek, zabudujú sa v 5 m dlhej škáre v dolnom tretinovom bode tri kotvy (pri pozdĺžnych tesných škárach a pri druhu konštrukcie „betónová vozovka na štrkové podložie“ päť kotiev) z rebrovanej stavebnej ocele (d = 20 mm, l = 80 cm) (obr. 4). Z dôvodov ochrany pred koróziou sú takisto v strednej tretine (teda pod škárou) opláštené plastickou hmotou [1].



Legenda

- 1 Odstavný pruh
- 2 Betonová vozovka s tromi jazdnými pruhmi
- 3 Kotvená pozdĺžna škára
- 4 Priečna škára s klznými trnnmi
- 5 Klzné trny, rozostup 250 mm alebo 500 mm
- 6 Neprepojená nosná vrstva
- 7 Nosná vrstva s hydraulickým spojivom
- 8 Tri kotvy na dosku
- 9 Zárez v nosnej vrstve s hydraulickým spojivom
- 10 Výplňový materiál škár

Obrázok 4 Vzorový priečný rez nevystuženou betónovou diaľnicou s kotevnými priečnymi škárkami a s kotevnými pozdĺžnymi škárkami priamo na nosnej vrstve s hydraulickým spojivom [1], vrubovanej alebo rezanej v modulovej sieti škár

4 Zhotovenie betónovej vozovky

4.1 Miešacie zariadenia

Výstavba prevádzkových zariadení sa musí uskutočniť v čo najkratšej dobe, aby sa prekážky v doprave obmedzili na minimum. Väčšina stavebných zákaziek je viazaná na prísne termíny a pri ich prekročení vznikajú vysoké penalizačné postihy. Preto je potrebné vyrobiť a ukladať za jeden deň až 3000 m³ betónu, aby sa dodržali dohodnuté doby výstavby a aby sa hospodárne využili drahé špeciálne zariadenia. Miestne výrobné transportbetónu nemávajú dostatočnú kapacitu na dodávku tak veľkého množstva betónu, najmä počas dlhšieho obdobia niekoľkých týždňov. Z toho dôvodu sa spravidla zriaďujú špeciálne miešacie stanice priamo na stavbe, aby sa zabezpečilo zásobovanie stavby tak veľkým množstvom vysokokvalitného cestného betónu tuhej konzistencie. Používajú sa buď šaržové miešačky s kapacitou 100 m³/h až 300 m³/h čerstvého betónu alebo kontinuálne pracujúce miešačky s podobnými výkonmi. Takéto miešacie zariadenia môžu byť rýchlo a hospodárne postavené, demontované a transportované [1]. Obrázok 5 ukazuje moderné miešacie zariadenie Heilit+Woerner v normovanej veľkosti námorného kontajnera ISO.



Obrázok 5 Miešacia stanica Heilit+Woerner v normovanej veľkosti námorného kontajnera ISO

4.2 Finišer s klznými bočnicami

V súčasnosti je ekonomické zhotovenie plôch z betónu možné len mechanizovanou technikou posuvného systému debnenia. Tak ako miešacie zariadenia sa dajú moderné finišery s bočnými klznými bočnicami ľahko a hospodárne inštalovať, demontovať a prepraviť trajlermi.

Pomocou moderných finišerov nie sú žiadnou výnimkou výkony ukladania 800 bm za jeden deň. Šírky ukladania do 16,75 m a pre osobitné plochy do 18 m sú u firmy Heilit-Woerner obvyklé. Hrúbky ukladania sú pre diaľnice až do 30 cm. Zabudovanie nevystužených prevádzkových plôch z betónu prebieha spravidla nasledovne. Betón sa dopravuje obvyklými cestnými nákladnými vozidlami (v súčasnosti väčšinou štvornápravové vozidlá) alebo, keď sa nemusia použiť verejné cesty, dopravuje sa dumpermi (obr. 5) od miešačky na miesto ukladania a pred finišerom sa čerstvý betón vyklopí [1]. Transport čerstvého betónu v hliníkových korbách je neprípustný, aby sa zabránilo poškodeniu betónového povrchu tvorbou vodíka v dôsledku vylučovania hliníka [5].

Betónový kryt môže byť po celej jeho hrúbke vytvorený z rovnakého betónu (jednovrstvový spôsob stavby). Obidva druhy betónov dvojvrstvého spôsobu výstavby sa odlišujú hlavne druhom kameniva. Pre podkladový betón sa môže použiť výlučne štrk, keďže požiadavky na kamenivo pre podkladový betón sú nižšie ako pre vrchný betón (napr. čo sa týka odolnosti proti mrazu a obrusovaniu, tvaru zrna a pod.).

Vo februári 2006 bol zavedený spôsob stavania vymývaným betónom vo Všeobecnom obežníku Cestné staviteľstvo (ARS) č. 5/2006 spolkového ministerstva pre dopravu, výstavbu a rozvoja miest (BMVBS) [6] ako nová norma pre hlučnosť betónových vozoviek v Nemecku. Od tej doby bola pri nových zmluvách na výstavbu diaľnic stanovená takmer výlučne stavebná technológia vymývaného betónu. Zatiaľ bude táto metóda stavania predstavovať aj v Nemecku štandardnú metódu stavania vozoviek z betónu. V ďalšom texte je popísaný len tento spôsob vytvárania povrchu betónovej vozovky.

Keďže pri použití metódy vymývaného betónu sú požiadavky na východiskové materiály a na betón vyššie ako pri tradičnom vrchnom betóne, sa vozovky z vymývaného betónu z ekonomických hľadísk zhotovujú výlučne ako dvojvrstvé, s výnimkou malých plôch kde to nie je možné z dôvodov použitia technického zariadenia. Firma Heilit-Woerner používa pre dvojvrstvé ukladanie dva oddelené finišery s klznými bočnicami (obr. 6). Prvý finišer ukladá podkladový betón v požadovanej hrúbke a výškovej polohe. Betón je zhutňovaný ponornými vibrátormi. Následne sa automaticky zavibrujú klzné trny a kotvy do zhutneného podkladového betónu.



Obrázok 6 Dvojvrstvé ukladanie dvomi finišermi Heilit+Woerner s klznými bočnicami

Vrchný betón je ukladaný na zhutnený podkladový betón podľa pomerov na stavenisku buď čelným zavážacím zariadením ponad finišerom pre podkladový betón a/alebo bagrom z boku. Tento druhý finišer s klznými bočnicami ukladá vrchný betón v plánovanej hrúbke a výškovej polohe. Potom vyrovná čerstvý betónový povrch v priečnom i pozdĺžnom smere. Ukladanie vrchného betónu sa musí uskutočniť na zhutnenom podkladovom betóne „čerstvý do čerstvého“, aby sa dosiahlo trvanlivé spojenie medzi obidvomi betónmi [1].

4.3 Výstavba a betonársko-technologické zloženie vozoviek s povrchom z vymývaného betónu

Hrúbka vrchného betónu – v tomto prípade vymývaného betónu – predstavuje v porovnaní s tradičnou konštrukciou krytu vozovky len 5 cm. Väčšia hrúbka nie je technicky a ekonomicky účelná. Hrúbka podkladového betónu sa mení v závislosti od stavebného pásma podľa RStO 01 [4] medzi 17 a 25 cm.

Pre zloženie vymývaného betónu ako aj pre používané kamenivá platia, analogicky ku konštrukcii s tenkým vrchným betónom, zvýšené požiadavky v porovnaní k obvyklým cestným betónom. Tie sú definované v prílohe G, stĺpec „Vrchný betón“ 0/8 Technických dodacích podmienok pre kamenivá pre cestné stavby (TL Gestein-StB 04) [7]. Kamenivá so zrnom väčším ako 4 mm do max. 8 mm musia pozostávať výlučne z drvených kamenív kategórie C100/0 a musia, čo sa týka tvaru zrna, vyhovovať kategórii S115 (charakteristické číslo tvaru zrn) alebo F115 (charakteristické číslo plochosti zrn).

Okrem toho musia tieto kamenivá vykazovať vysokú odolnosť proti obrusovaniu. Odchylne od doterajšej štandardnej stavebnej metódy s vrchným betónom 0/22 alebo 0/32 sa pre povrchy z vymývaného betónu vyžadujú vyššie hodnoty PSV, a to najmenej PSV53.

Pri stavebnej technológii vymývaného betónu, ako aj pri technológii s tenkým vrchným betónom, sú pre zabezpečenie potrebných vlastností potrebné vyššie obsahy cementu od cca. 420 do 430 kg/m³ (spravidla CEM I 32,5R alebo CEM I 42,5N). Pre dosiahnutie konzistencie, potrebnej na ukladanie, je spravidla potrebné použiť superplastifikátor. Minimálny obsah vzduchu čerstvého betónu sa nastaví podľa tabuľky 2 ZTV Beton-StE 01 [5]. Pri najväčšom zrne 8 mm a pri súčasnom použití superplastifikátora znamená to 6,0 obj. % pre jednotlivé hodnoty a 6,5 obj. % v dennom priemere. V protiklade k tenkému vrchnému betónu 0/8 mm sa vo vymývanom betóne spravidla nenachádza frakcia zrnitosti 2/5 (nespojité zrnitosť) [8]. Čiara zrnitosti vymývaného betónu prebieha preto približne pozdĺž normálnej čiary zrnitosti U8 podľa DIN 1045-2 [9.]

4.4 Ukladanie betónu, úprava kefami a ošetrovanie povrchov vymývaného betónu

Podkladový a vrchný betón sa pri stavebnej technológii „exposed-concrete“ ukladajú, zhutnia a vyrovnajú ako zvyčajne, pričom musí byť obzvlášť vibračné zariadenie na zhutňovanie vrchného betónu prispôsobené jeho malej hrúbke (napr. malá vibračná energia).

Hneď na to sa z pracovnej plošiny najčastejšie nastrieka kombinovaný spomaľujúci a ošetrovací prostriedok (obr. 7), ktorý časovo predlžuje hydratáciu cementu v najvyššej vrstve (milimetrová oblasť) a súčasne zabráni vysychaniu čerstvého betónu. Odporúčané množstvo je podľa jednotlivých výrobcov cca. 200 až 250 g/m². Keďže hĺbka odstraňovania kefami závisí okrem iného aj od zloženia betónu, musí sa pre každé stavebné opatrenie skúškami na stavenisku určiť ideálne množstvo nanášaného spomaľovacieho prostriedku. Ak nanesené množstvo je príliš malé alebo keď sa kombinovaný spomaľujúci a ošetrovací prostriedok nenastrieka rovnomerne a nepokrýva celú plochu, môžu nastať problémy pri odstraňovaní kefami a následne môže napr. dochádzať k „hladkým miestam“.



Obr. 7 Nastriekanie kombinovaného retardačného a ošetrovacieho prostriedku z pracovnej plošiny

Hneď ako je betón celkovo dostatočne zatvrdnutý a zjazdný, sa nezatvrdnutá povrchová malta odstráni kefami a dočistí motorom poháňanou oceľovou kefou, takže vznikne vyrovnaná plocha z vymývaného betónu, na ktorej sa teraz objaví hrubé kamenivo, napríklad frakcia 5/8 (obr. 8) [10].



Obrázok 8 Odstraňovanie povrchovej malty kefami a motorom hnanou oceľovou metlou a upravený povrch vozovky s viditeľným kamenivom 5/8

Keďže ochrana proti odpareniu, nanosená v kombinácii so spomaľovačom sa s povrchovou maltou odstráni kefami, je nutné nadväzujúce ošetrovanie. Z toho dôvodu sa hneď na to nastrieka z mobilného nosníkového zariadenia zaužívaný ošetrovací prostriedok (obr. 9). Pri vysokých teplotách a/alebo vysokých rýchlostiach vetra má sa navyše vykonať ošetrovanie povrchu betónu.



Obrázok 9 Nadväzujúce ošetrovanie kefami upraveného povrchu vozovky nastriekaním bežného ošetrovacieho prostriedku z mobilného nosníkového zariadenia

5 Škárý

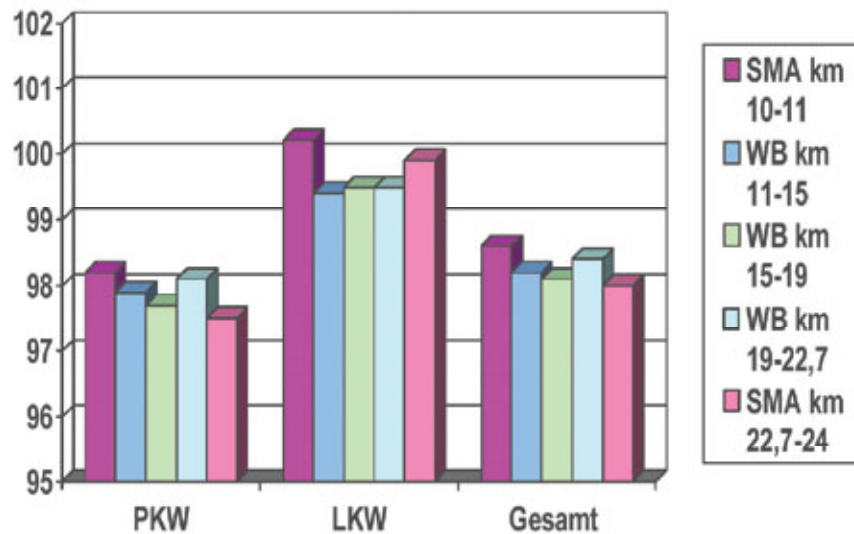
Bezprostredne po odstránení povrchovej malty kefami musia sa vyhotoviť rezy pre priečne škárý a takmer súčasne aj pre pozdĺžne škárý. Šírka rezu je okolo 3 mm, hĺbka rezu pre priečne škárý 25 % až 30 % hrúbky betónu a 40 % až 45 % pre pozdĺžne škárý [5]. Nateraz sa používajú vodou chladené diamantové pílové listy. Moderné rezačky škár odsávajú priamo pri reze vyskytujúci sa rezný kal [1].

Pred zaplnením škár musí sa rez rozšíriť podľa druhu škár a plniva škár [11]. Ako plnivo sa v súčasnosti používajú horúce a studené zálievkové hmoty, ako aj elastické profily [1]. Keď sa priečne a pozdĺžne škárý uzatvárajú použitím profilov je problémová zóna v priesečníkoch. Často dochádza napriek ochrane proti natiahnutiu (rozduťiu) k pretrhnutiu profilov a následkom toho k netesnostiam. Z toho dôvodu by sa mali prednostne používať pre priečne škárý profily a pre pozdĺžne škárý zálievkové hmoty.

6 Úžitkové vlastnosti betónových krytov vozoviek

6.1 Drsnosť povrchu a hluk pneumatík a vozovky

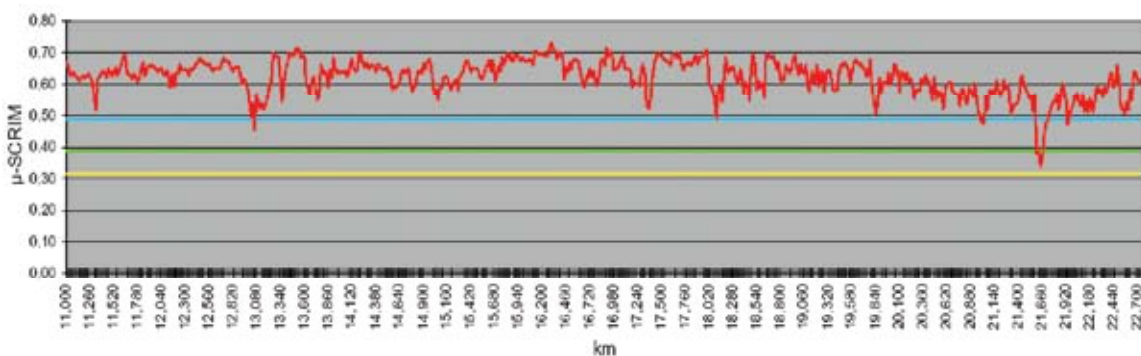
Podstatné výhody systému vymývaného betónu sú vo vysokej a trvanlivej drsnosti pri súčasne nízkej emisii zvuku. Vo viacerých domácich i zahraničných skúmaniach sa dalo pomocou metódy CPX preukázať, že vymývaný betón s maximálnym zrnom 8 mm je, čo sa týka emisie hluku, rovnako hodnotný ako drnový asfaltový mastix [8]. Namerané hodnoty z diaľnice Inntal A93 pri Kiefersfelden, vybudovaná v roku 2004 potvrdili veľmi dobré hlukové a nekízavé vlastnosti povrchov z vymývaného betónu 0/8. Povrch bol skúmaný v apríli 2005 takzvanou meracou metódou blízkeho poľa (merací prívies hluku) na ich hluk znižujúci účinok (obr. 10).



Obrázok 10 Namerané hodnoty hluku, vyšetrené meracou metódou blízkeho poľa pri 80 km/h [dB(A)] [12]

Bolo evidentné, že frekvenčné zloženie vymývaného betónu (WB) a príahlého drvového asfaltového mastixu 0/8 S (SMA) sa len nepatrne odlišujú. Znižovanie hluku vymývaného betónu sa nachádza takisto v rozmedzí SMA [12]. Z meraní bolo ďalej zjavné, že hluk znižujúci účinok povrchov vymývaného betónu je pri pneumatikách nákladných vozidiel ešte markantnejší ako pri pneumatikách osobných vozidiel.

Aj čo sa týka drsnosti boli dosiahnuté vynikajúce výsledky značne nad úrovňou požiadaviek (modrá čiara), (obr. 11). Iba v stometrovej oblasti nespĺňal požiadavky. To však bolo zdôvodnené problémami s prístrojom počas zhotovovania.



Obrázok 11 Namerané SCRIM-hodnoty k prevzatiu

6.2 Pozdĺžna a priečna rovnosť, jasnosť, reakcia pri požiari

Moderné betónové vozovky vykazujú pri odbornom vyhotovení od začiatku dobrú rovnosť v pozdĺžnom aj priečnom smere. Tie zostávajú zachované počas doby životnosti betónového povrchu vozovky pri každej teplote a pri každom zaťažení. V tom spočíva veľká výhoda tohto spôsobu betónovania. Vodičmi motorových vozidiel tak obávané vyjazdené koľaje, podmienené dopravou a teplotou (akvaplaning), sa nevyskytujú.

Okrem toho sú betónové vozovky v porovnaní s asfaltovými vozovkami znateľne svetlejšie, čo sa kladne prejaví najmä pri daždi a v noci na jazdné vlastnosti a tým samozrejme na bezpečnosť premávky. Betónovými krytmi vozoviek v tuneloch možno ušetriť náklady na osvetlenie a navyše sa výrazne zníži potenciál nebezpečenstva v prípade požiaru (požiarne zaťaženie), keďže betón je prakticky nehorľavý. Nie bez dôvodu sa v Rakúsku predpisujú pri cestných tuneloch s dĺžkou väčšou ako 1 km pri rizikovej triede III a IV betónové kryty vozoviek.

7 Záver

Betón je ideálnym riešením pre veľmi zaťažené diaľnice, ale tiež pre prevádzkové plochy letísk, pre pevné dráhy železníc alebo priemyselné plochy - najmä pre jeho úžitkové vlastnosti - životnosť, hospodárnosť a ochrana životného prostredia. Aktuálne smernice [4] predpokladajú pri betónových cestách 30 ročnú životnosť. Zo skúsenosti z praxe sa dá očakávať ešte dlhšia životnosť. Keďže betónové cesty v prvých 15 až 20 rokoch vyžadujú len zriedka opatrenia na údržbu a opravy, poskytujú vysokú mieru použiteľnosti a zapríčinia len nepatrné obmedzenie dopravy údržbárskymi prácami.

Pri odbornom projektovaní a primeranom vyhotovení poskytuje prevádzková plocha z betónu trvalé úžitkové vlastnosti. To znamená únosnosť, odolnosť proti deformácii, rovnosť, svetlosť, vysokú drsnosť a malý hluk pneumatík a vozovky. K tomu pristupuje recyklovateľnosť starých betónových plôch, čo chráni životné prostredie úsporou nepoužitých stavebných látok, skladovacích priestorov a transportov. Na základe týchto kladov je stavanie betónom predurčené pre funkčnú stavebnú zmluvu a PPP projekty - verejno-súkromné partnerstvo (Public Private Partnership), pri ktorých je podnikateľ 20 alebo 30 rokov zodpovedný za udržiavanie a musí zabezpečiť takzvané funkcionálne požiadavky [1]. Nie bez dôvodu boli v Nemecku až doteraz uzatvorené zmluvy na stavbu diaľnic zväčša vyhotovené pre realizáciu z betónu. Aj pre budúce modely PPP, pokiaľ projekčné okolnosti nevyžadujú výstavbu s asfaltom, treba vychádzať z toho, že stavanie s betónom dostane prednosť.

8 Zoznam použitej literatúry

- [1] Fleischer, W. und Wagner, R.: Beton für hochbelastete moderne Verkehrsflächen (Teile 1 und 2). beton 53 (2003) H. 11, S. 536-538, Heft 12, S. 592-597
- [2] Spitzenbelastungen auf Autobahnen, asphalt 42 (2007) H. 4, S. 4
- [3] Straßenbaubericht 2006. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin, im Dezember 2006
- [4] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001, RStO 2001. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln, FGSV Verlag, 2001
- [5] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahr-bahn-decken aus Beton, ZTV Beton-StB 2001, Ausgabe 2001. Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Betonstraßen. Köln 2001.
- [6] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 5/2006: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS 90. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 17.02.2006
- [7] Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, TL Gestein-StB 04, Ausgabe 2004. Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeits-gruppe Mineralstoffe im Straßenbau. Köln 2005.
- [8] Sulten, P. und Wolf, T.: Waschbeton – Eine alternative Betonoberfläche. Straße+Autobahn 57 (2006) H. 4, S. 210-218
- [9] Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 2: Beton – Fest-legung, Eigen-schaften, Herstellung und Konformität, Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. Normen-ausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Juli 2001
- [10] Fleischer, W. und Wolf, T.: Die Griffigkeit von Fahrbahndecken aus Beton (Teil 2). beton 54 (2004) H. 12, S. 610-614
- [11] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2001, ZTV Fug-StB 2001. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau. Köln: FGSV Verlag, 2001
- [12] Schmerbeck, R.: Anwendung von Funktionsbauverträgen in Bayern. Tagungsband der FGSV-Betonstraßentagung 2005, Essen, S. 54-59. Forschungs-gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe „Betonstraßen“, Heft 27, Köln 2006

autori	Dipl.-Ing. Thomas Wolf und Dr.-Ing. Walter Fleischer
	✉ HEILIT+WOERNER Bau GmbH
	Mies-van-der-Rohe-Straße 6
	80807 München
	☎ 089 / 360 555-5730
	📠 089 / 360 555-5790
	😊 thomas.wolf@heiwoe.com walter.fleischer@heiwoe.com
	URL www.heiwoe.de

BETONOVÉ VOZOVKY NA DÁLNIČNÍCH STAVBÁCH

Ing. Vladimír Hlásek

1 Úvod

Evropská historie cementobetonových vozovek začíná v závěru 19. století. Nejstarší cementobetonové kryty byly budovány v Německu téměř před 120 lety (1888 ve Vratislavi). Přibližně obdobného stáří je i metoda dvouvrstvové varianty cementobetonového krytu.

Tato technologie není ani u nás záležitostí vývoje posledního desetiletí, ale byla velmi úspěšně využívána na našich silnicích již ve třicátých letech minulého století. Požadavky na vozovky z cementového betonu byly včleněny Generálním ředitelstvím stavby dálnic do Zvláštních podmínek pro vozovky z cementového betonu již pro výstavbu první československé dálnice, jejíž realizace byla zahájena 2. května 1939.

V České republice se v současné době navrhuje a realizují cementobetonové vozovky na silničních a dálničních stavbách zásadně s dvouvrstvovým cementobetonovým krytem.

Nabídka technologického vybavení je v současné době natolik široká, že betonové povrchy lze realizovat na jakékoliv zpevněné ploše či komunikaci, přesto lze hlavní využití této technologie spatřovat zejména na dálničních stavbách a stavbách rychlostních silnic, tzn. na čtyř a vícepruhových komunikacích.

K výhodám vozovek s cementobetonovým krytem oproti vozovkám z asfaltových hutněných vrstev patří jejich:

- tvarová stálost po celou dobu životnosti, dodržení směrového, výškového řešení a příčného sklonu vozovky
- povrchová stálost – drsnost, nevyjíždění kolejí,
- odvádění povrchové vody z vozovky,
- komfort jízdy, zejména v noci a za deště, vozovka je světlejší, viditelnější,
- celkové náklady na pořízení a následnou údržbu jsou jednoznačně nižší u vozovek s cementobetonovým krytem. I když počáteční náklady jsou v současné době u vozovek s cementobetonovým krytem vyšší oproti vozovkám s krytem z asfaltových hutněných vrstev (cena je ovšem závislá na ceně ropy), jsou náklady na údržbu vozovky s cementobetonovým krytem v průběhu životnosti prakticky konstantní oproti vozovkám z asfaltových hutněných vrstev, kde se náklady zvyšují s ohledem na stáří vozovky.
- v neposlední řadě lze cementobetonový kryt po ukončení životnosti vybourat, recyklovat a materiál je možné využít do spodní vrstvy nového cementobetonového krytu, nebo lze vozovky rekonstruovat jinými metodami.

Ne nepodstatným hlediskem pro nebo proti návrhu vozovky s cementobetonovým krytem je materiálová dostupnost zdrojů, zejména vhodného kameniva v oblasti stavby.

Návrh a realizace vozovek s cementobetonovým krytem se řídí platnými technickými předpisy a normami. Po zavedení EN do ČSN a jejich doplnění národními přílohami se návrh a výstavba cementobetonových krytů řídí následujícími předpisy:

- | | |
|----|--|
| a) | Technické kvalitativní podmínky staveb PK, kap. 6 Cementobetonový kryt, platné od 1.9.2006 |
| b) | Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb PK, kap. 4 Vozovky, krajnice, chodníky a dopravní plochy, platné od 1.10.2006 |
| c) | Technické podmínky 170 Navrhování vozovek PK, platné od 1.12.2004 |
| d) | ČSN EN 13877-1 Cementobetonové kryty – Část 1: Materiály |
| e) | ČSN EN 13877-2 Cementobetonové kryty – Část 2: Funkční požadavky |
| f) | ČSN EN 13877-3 Cementobetonové kryty – Část 3: Specifikace pro kluzné trny |
| g) | ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody |

- h) ČSN EN 14188-1 Zálivky a vložky do spár – Část 1: Specifikace pro zálivky za horka
- i) ČSN EN 14188-2 Zálivky a vložky do spár – Část 2: Specifikace pro zálivky za studena
- j) ČSN EN 14188-3 Zálivky a vložky do spár – Část 3: Specifikace pro těsnicí profily

a řada dalších souvisejících norem týkajících se technických a kvalitativních požadavků jednotlivých složek betonové směsi a zkušebních metod.

2 Realizované stavby s cementobetonovým krytem

2.1 Rychlostní silnice R 35, stavba 3509 Slavonín – Přáslavice

V říjnu 2003 byla po čtyřech letech realizace otevřena stavba rychlostní silnice R 3509 Slavonín – Přáslavice, která je součástí budoucí rychlostní silnice R35 Hradec Králové – Lipník nad Bečvou. Stavba je vedena jižně od Olomouce, začátek navazuje mimoúrovňovou křižovatkou na rychlostní silnici R46 ve směru od Vyškova a Prostějova, konec stavby je napojen na již realizované úseky směrem na Lipník nad Bečvou u obce Přáslavice.

Celková délka hlavní trasy činí 14,65 km, kategorie R 26,5/120. Konstrukce vozovky je tl. 630 mm. Povrch vozovky na hlavní trase tvoří v délce 8 km cemento–betonový dvouvrstvý kryt o tloušťce 300 mm (230 mm spodní vrstva, 70 mm horní vrstva), který je položen na vrstvě MZK tl. 180 mm a šterkopísku tl. 150 mm. Cementobetonový kryt je šířky 10,75 m a 12,25 m. Délky desek byly navrženy 6,0 m, podélné spáry ve vzdálenosti 4,0 m a 7,75 m od vnitřní hrany zpevnění.

Podélné spáry byly opatřeny kotvami v počtu 4 kusy na délku desky, kotvy jsou délky 800 mm, \varnothing 20 mm z oceli 10 425, střední část v délce 200 mm je opatřena plastovým povlakem. Těsnění podélné spáry bylo provedeno pružnou asfaltovou zálivkou za horka. Příčné spáry jsou opatřeny kluznými trny ve vzájemné vzdálenosti 250 mm, dl. 500 mm, \varnothing 25 mm z oceli 10 216 s plastovým povlakem. Těsnění příčné spáry bylo provedeno pryžovým profilem Phoenix F8-0.

Povrch krytu byl opatřen impregnačním postřikem v dávce 2 x 60 g/m². Povrchová úprava cementobetonového krytu byla provedena pomocí vlečené juty o plošné hmotnosti 300 g/m².

Cementobetonový kryt byl betonován finišerem Wirtgen SP 1600, rozšiřovací klíny a přibetonávky finišerem CM. Na stavbě byly rovněž finišerem realizovány značné úseky betonových svodidel.

Stavbu realizovalo Sdružení R 3509 Slavonín – Přáslavice, vedoucím členem sdružení byly DOPRAVNÍ STAVBY HOLDING a.s. (dnes SKANSKA DS a.s.) společně s Dálničními stavbami Praha a.s. a firmou Strabag a.s.

Stavba získala v roce 2004 ocenění Stavba roku, Dopravní stavba roku a Cenu ministra dopravy.

2.2 Dálnice D 11, Praha – Hradec Králové rekonstrukce krytu vozovky

V důsledku výskytu rozsáhlých plošných poruch vedoucích až k rozpadu stávajícího cementobetonového krytu dálnice D11, jehož příčinou bylo působení alkalicko – křemičité reakce kameniva v betonu, bylo rozhodnuto o celkové rekonstrukci krytu vozovky dálnice D11. Rekonstrukce probíhala po jednotlivých úsecích od km 18,5 do km 41,25 na levém pásu dálnice a od km 25,5 do km 41,25 na pravém dálničním pásu.

2.2.1 Úsek km 33,00 – 41,25

Realizace se uskutečnila v průběhu roku 2000 s uvedením do provozu 30.11.2000. Dálnice D 11 je kategorie D 26,5/120. Cementobetonový kryt dálnice byl v úseku km 33,00 – 40,23 tl. 240 mm vybourán společně s asfaltovou mezivrstvou. Stávající vrstva cementové stabilizace byla v místech lokálních poruch

buď provedena nová v celé tloušťce, nebo v případě plošných poruch většího rozsahu byla na tento úsek rozprostřena geotextilie, která plnila drenážní, separační a ochrannou funkci. Drenážní funkce spočívá v odvedení srážkové vody prosakující spárami a zabraňuje tak další erozi podkladní vrstvy; separační funkce spočívá v zabránění prokopírování reflexních trhlin z podkladní vrstvy do cementobetonového krytu a ke snížení vlastního pnutí v cementobetonovém krytu. Ochranná funkce geotextilie vytváří pro cementobetonový kryt podmínky rovnoměrného uložení.

Na takto upravenou a očištěnou vrstvu cementové stabilizace byl položen nový cementobetonový dvouvrstvový kryt tl. 240 – 270 mm (160 - 190 mm/80 mm) na šířku 10,75 m mimo úseky mostních objektů a jejich předpolí. Délky desek byly navrženy 5,0 m, podélné spáry ve vzdálenostech 4,0 m a 8,35 m od vnitřní hrany zpevnění. Podélné spáry byly opatřeny kotvami v počtu 3 ks na délku desky, kotvy dl. 800 mm, \varnothing 20 mm z oceli 10 425, střední část s plastovým povlakem dl. 200 mm symetricky ke středu kotvy. Těsnění podélné spáry bylo provedeno pružnou asfaltovou záclinkou za horka. Příčné spáry byly opatřeny kluznými trny z hladké oceli 10 216, dl. 500 mm, \varnothing 25 mm s plastovým povlakem, vzájemná vzdálenost trnů 250 mm, těsnění pryžovým profilem Phoenix F8-0. Povrch krytu opatřen impregnačním postřikem v dávce 2 x 60 g/m². Povrchová úprava cementobetonového krytu byla provedena pomocí vlečené juty o plošné hmotnosti 300 g/m². Pruhů š. 1,25 m v oblasti mimoúrovňové křižovatky byly kotveny k realizované CB desce kotvami po 850 mm a vyztuženy sítí KARI. Celková plocha cementobetonového krytu činila 77 750 m².

Cementobetonový kryt byl proveden finišerem Wirtgen SP 1600, dobetonování pruhů š. 1,25 m finišerem Bidwell. Stavba byla realizována firmou Dopravní stavby Uherské Hradiště a.s. (v současné době SKANSKA DS a.s., Závod 86 – Uherské Hradiště)

2.2.2 Úsek km 25,50 – 33,00

Realizace se uskutečnila v roce 2001 s uvedením do provozu 30.11.2001. Návrh a realizace rekonstrukce cementobetonového krytu byla obdobná jako na předcházejícím úseku. Jednalo se o 1. stavbu rekonstrukce dálnice D11, kde byla v úseku km 25,50 – 26,70 provedena rekonstrukce cementobetonového krytu vozovky segmentací stávajícího krytu a překrytí takto upraveného povrchu hutněnými asfaltovými vrstvami s použitím vrstvy SAMI (Stress Absorbing Membran Interlayer). Celková plocha cementobetonového krytu činila 81 700 m².

Stavba byla realizována Dopravními stavbami Uherské Hradiště a.s. (v současné době SKANSKA DS a.s., Závod 86 – Uherské Hradiště) a Dálničními stavbami Praha a.s.

2.2.3 Úsek km 18,50 – 25,50

Celý tento úsek byl realizován technologií SAMI v průběhu roku 2003.

2.3 Dálnice D 11, stavba 1104-II Dobšice – Chýšť část F Hlavní trasa km 62,100 – 68,000

Stavba dálnice v tomto úseku byla zahájena v srpnu roku 2005. Na začátku trasy navazuje na část C této dálniční trasy a na konci za mimoúrovňovou křižovatkou Chýšť na stavbu D 1105 Chýšť – Osičky. Kategorie dálnice je D 27,5/120. V loňském roce byl realizován cementobetonový dvouvrstvový kryt vozovky firmou Skanska DS a.s., Závod 86 – Uherské Hradiště.

Cementobetonový dvouvrstvový kryt byl navržen a realizován prakticky v celém úseku dálnice této stavby s výjimkou úseku údolní nivy Cidliny a Mlýnské Cidliny (v oblasti mostů Olešnice a Rakousy přes tyto vodní toky), kde výška násypu dosahuje až 7,0 m a dále s výjimkou dvou mostních objektů a jejich předpolí. Konstrukce vozovky byla navržena tl. 640 mm.

Cementobetonový dvouvrstvový kryt byl navržen tloušťky 240 mm (160 mm/80 mm) na podkladní vrstvě z kameniva zpevněného cementem 180 mm, podsypná vrstva ze štěrkodrti tl. 220 mm. Cementobetonová vozovka jízdního pasu byla betonována v šířce 11,5 m až do oblasti mimoúrovňové křižovatky Chýšť, kde se s ohledem na přidatné odbočovací a připojovací pruhy šířka zvětšila na 12,5 m.

Délky desek byly navrženy 5,0 m, podélné spáry byly navrženy ve vzdálenosti 4,25 m a 8,75 m od vnitřní hrany zpevnění. Podélné spáry byly opatřeny kotvami v počtu 3 ks na délku desky dl. 800 mm, \varnothing 20 mm z oceli 10425 (10505), střední část v délce 200 mm opatřena plastovým povlakem. Těsnění podélné spáry bylo provedeno pružnou asfaltovou záhlvkou za horka. Příčné spáry jsou opatřeny kluznými trny ve vzájemné vzdálenosti 250 mm, dl. 500 mm \varnothing 25 mm z oceli 10216 (11 393) s plastovým povlakem. Těsnění příčné spáry bylo provedeno pryžovým profilem Phoenix F8-0. Cementobetonový dvouvrstvý kryt byl betonován finišerem Gomaco. Přibetonávky finišerem CMI a Bidwell. Celková plocha cementobetonové vozovky činí 93 300 m².

Zhotovitelem stavby je Skanska DS a.s., Závod 78 – Pardubice.

2.4 Rychlostní silnice R 48 Dobrá – Tošanovice

Realizační dokumentaci této stavby zpracovávalo naše pobočka Ostrava. V září roku 2006 byla zahájena realizace cementobetonového dvouvrstvého krytu vozovky finišerem Wirtgen SP 1600 firmou Skanska DS a.s., Závod 86 – Uherské Hradiště.

Komunikace kategorie je R 22,5/100. Z celkové délky 6 880 m bylo realizováno 5 500 m s cementobetonovým krytem, který byl navržen a realizován jako dvouvrstvý tl. 280 mm (210 mm/70 mm). Úprava povrchu vozovky byla provedena vlečenou jutou 300g/m² v délce vlečeného pásu 2 m. Podkladní vrstvu tvoří mechanicky zpevněné kamenivo tl. 200 mm, podsyp ze šterkodrti tl. 170 mm. Délky desek jsou 5,5 m, podélná spára v CB krytu vozovky v celé délce ve vzdálenosti 3,75 m od vnitřní hrany zpevnění. Do podélných spár byly osazeny kotvy v počtu 4 ks na délku desky. Délka kotev je 800 mm, \varnothing 20 mm, z oceli 10 525, ve střední části je kotva v délce 200 mm opatřena plastovým povlakem. Těsnění podélné spáry bylo navrženo pryžovým profilem Phoenix F8-0. Příčné spáry jsou opatřeny kluznými trny ve vzdálenostech 250 mm, dl. 500 mm, \varnothing 25mm, ocel 10 216 s plastovým povlakem. Těsnění příčné spáry bylo provedeno pružnou asfaltovou záhlvkou za horka.

Stavba byla předána do provozu v 10/2006. Zhotovitelem stavby bylo Sdružení Skanska DS a.s., ODS a.s. a Strabag a.s.

2.5 Dálnice D 2 Bratislava, Lamačská Cesta – Staré Grunty - tunel Sitina

V roce 2005 jsme zpracovali realizační dokumentaci vozovky s cementobetonovým krytem v tunelu Sitina na trase dálnice D 2 v Bratislavě. Zhotovitelem stavby byl Joint Venture Taisei Corporation – Skanska. Cementobetonový dvouvrstvý kryt vozovky v tunelu byl realizován opět firmou Skanska DS a.s., Závod 86 – Uherské Hradiště. Realizace probíhala na podzim roku 2005 tak, aby byly práce dokončeny začátkem prosince toho roku a staveniště bylo předáno pro montáž technologického vybavení tunelu. Tunelová trouba je navržena samostatná pro každý jízdní pás dálnice a sestává z ražené a hloubené části. Délka západní tunelové trouby je 1 440 m a východní 1 415 m. Šířka vlastní cementobetonové vozovky v tunelu činí 7,13 m, tloušťka CB krytu byla navržena 250 mm (180 mm/70 mm) na podkladní vrstvě z cementové stabilizace 180 mm s asfaltovou mezivrstvou z obalovaného kameniva tl. 50 mm. Cementobetonový kryt je dělený jednou podélnou spárou ve vzdálenosti 3,315 m od levého okraje vozovky a 3,815 m od pravého okraje. Základní délka desky je navržena 5,00 m. Podélná spára je kotvená kotvami dl. 800 mm z oceli 10425, \varnothing 20 mm, těsnění podélné spáry je navrženo pryžovým profilem Phoenix F8-0. Příčné spáry jsou opatřeny kluznými trny dl. 500 mm z oceli 10216, \varnothing 25 mm s plastovým povlakem, těsnění příčné spáry pružnou asfaltovou záhlvkou za horka.

Realizační dokumentace stavby řešila rovněž celou řadu specifických otázek, jako např. úpravy vozovky v místech revizních šachet kanalizace, úpravy odvodnění s ohledem na asfaltovou mezivrstvu v konstrukci vozovky, spárořez s ohledem na dilatační celky tunelu, situování revizních šachet, přechod mezi hloubenou a raženou částí atd. Cementobetonový dvouvrstvý kryt byl betonován finišerem Wirtgen SP 1600 v celkové ploše 20 780 m². Stavba byla předána do provozu dne 23.6.2007.

2.6 Dálnice D 2 Bratislava, Lamačská Cesta – Staré Grunty

V roce 2006 jsme zpracovali realizační dokumentaci cementobetonové vozovky na dálnici D2 v Bratislavě v úsecích přiléhajících k severnímu a jižnímu portálu tunelu Sitina. Vozovka byla realizována v průběhu roku 2007 a stavba byla předána do provozu dne 23.6.2007.

3 Stavby připravované k realizaci

3.1 Dálnice D 47, stavba 4704 Lipník nad Bečvou - Běloutín

Stavba je první stavbou dálničního tahu D47 Lipník nad Bečvou – státní hranice České republiky s Polskem, kde se dálnice D47 propojí s polskou dálnicí A1 ve směru na Katovice. Po dokončení celého tahu D47 se úsek dálnice D47 stane součástí dálnice D1 Praha – Brno – Ostrava – hranice České republiky a Polska.

Dálniční trasa v délce 15,400 km je navržena v kategorii D 34/120, tj. v šestipruhovém uspořádání. Stavba byla zahájena na začátku roku 2005. Realizaci stavby provádí Sdružení D47 firem Dálniční stavby Praha a.s., STRABAG a.s. pod vedením SKANSKA DS a.s., Závod 75 - Olomouc. Vozovka s cementobetonovým dvouvrstvovým krytem je navržena v celé délce trasy s výjimkou mostních objektů a přilehlých přechodových úseků v tloušťce 300 mm (220 mm/ 80 mm) na podkladní vrstvě z mechanicky zpevněného kameniva tl. 180 mm a podsypné vrstvě ze štěrkodrti tl. 150 mm. Celková tloušťka vozovky činí 630 mm. Šířka zpevnění vozovky je 14,5 m a v oblasti přídatných pruhů 16,0 m. Realizační dokumentace stavby je zpracovávána sdružením firem SHB, a.s. a SUDOP Praha a.s., pod vedením SHB, a.s. Vlastní realizace cementobetonového krytu je plánována na roky 2007 – 2008. Z celkové délky stavby je 76 %, tj. 11 870 m, navrženo s cementobetonovým dvouvrstvovým krytem a zbývající úseky s krytem z asfaltových hutněných vrstev.

Délky desek jsou navrženy 5,0 m. Podélné spáry ve vzájemné vzdálenosti 4,00 m – 3,75 m – 3,75 m od vnitřní hrany zpevnění. Podélné spáry jsou opatřeny kotvami v počtu 3 ks na délku desky dl. 800 mm, \varnothing 20 mm z oceli 10 425, střední část v délce 200 mm opatřena plastovým povlakem. Těsnění podélné i příčné spáry je navrženo pružnou asfaltovou zálivka za horka. Příčné spáry jsou opatřeny kluznými trny ve vzájemné vzdálenosti 250 mm, dl. 500 mm \varnothing 25 mm z oceli 10 216 s plastovým povlakem. Cementobetonový dvouvrstvový kryt bude realizován firmami Skanska DS a.s – Závod 86 Uherské Hradiště a Dálničními stavbami Praha a.s. Předání stavby do provozu bude v 11/2008.

3.2 Dálnice D 47, stavba 4705 Běloutín – Hladké Životice

Další stavbou, na které se naše společnost podílí při zpracování realizační dokumentace je stavba 4705 Běloutín – Hladké Životice. Stavba je realizována Sdružením IS – COLAS pod vedením Inžinierských staveb a.s., Závod 09 - Šála. Rovněž na této stavbě bude ve vybraných úsecích realizována vozovka s cementobetonovým dvouvrstvovým krytem tl. 300 mm. Realizační dokumentace na tuto stavbu je v současné době rozpracována. Předání stavby do provozu bude rovněž v 11/2008.

4 Závěr

Podle průzkumu, který provedla Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) zabezpečuje silniční doprava v Evropské unii přepravu osob podílem 93 % a přepravu zboží podílem 74 %.

Z uvedeného vyplývá, že pozemní komunikace zůstanou ještě dlouhou dobu nejužívanější dopravní cestou. Je tedy nezbytné zahrnout stavbu a údržbu vozovek do politiky udržitelného rozvoje.

V této oblasti má trvanlivost zásadní význam: charakteristiky mechanické odolnosti a odolnosti proti cyklickému zatěžování jsou spolehlivou zárukou dlouhé doby životnosti. A právě tyto vlastnosti jsou typické pro cementobetonové kryty.

Jak jsem začal svůj příspěvek ohlédnutím do minulosti, tak závěr by měl patřit důvěře v budoucnost betonových vozovek na stavbách silnic a dálnic.

autor	Vladimír Hlásek
	✉ SHB, a.s. Brno, Pobočka Praha
	Kamenická 56
	170 00 Praha 7
	Czech Republic
	☎ +420 233 371 042
	📠 +420 233 371 086
	😊 v.hlasek@shb.cz
	URL www.shb.cz

CEMENTOBETONOVÝ KRYT VOZOVKY NA DÁLNICI D2 V BRATISLAVĚ

Ing. Bohuslav Slánský
Ing. Vladimír Hlásek

Summary

Cementobetonové kryty vozovek v tunelech jsou mimo jiné vzhledem ke svým vynikajícím protipožárním vlastnostem v poslední době již samozřejmým technickým řešením. Vlastní skladba vozovky a typ cementobetonového krytu je už více závislý na místních zvyklostech a podmínkách jednotlivých kontraktů. V případě tunelové vozovky dálničního projektu „Dálnice D2 Bratislava, Lamačská cesta – Staré Grunty“ na území hlavního města Slovenska Bratislavy byla použita vozovka s cementobetonovým krytem z nevyztuženého betonu s řezanými podélnými a příčnými spárami kotvenými ocelovými kluznými trny a kotvami.

1 Úvod

Po ukončení výstavby úseku dálnice D1 Bratislava, Přístavní most - Vídeňská, byl posledním chybějícím úsekem na dálničním obchvatu Bratislavy úsek „Dálnice D2 Bratislava, Lamačská cesta – Staré grunty“. Tento dálniční úsek dlouhý 3,5 km propojuje úsek dálnice D2 ve směru od Brna s dálničním mostem „Lafranconi“ přes Dunaj.

Realizaci zajišťovalo japonsko – české konsorcium „Joint Venture Taisei – Skanska“, které započalo s realizací této velmi náročné stavby v květnu 2003. Uvedený úsek dálnice včetně dvoutubusového dálničního tunelu Sitina délky téměř 1,5 km, který se nachází v intravilánu města v blízkosti dopravně velmi zatížených komunikací byl uveden do provozu v červnu letošního roku. Objednatelkou byla Národní dálniční společnost a.s., generálním projektantem Dopravoprojekt a.s., Bratislava, projektantem realizační dokumentace stavby vozovky v tunelu byla projektová organizace SHB a.s. Brno, pobočka Praha a zhotovitelem vozovkového souvrství v tunelu Skanska DS a.s., závod Uherské Hradiště.

Tunel Sitina je tvořen dvěma tunelovými tubusy s jednosměrným provozem. Výhledové dopravní zatížení překračuje hodnotu 20 000 vozidel za 24 hodin v obou směrech už v předpokládaném roce uvedení tunelu do provozu. Základní technické parametry tunelu jsou následující:

- Dopravní prostor: 7,5 x 4,8 m
- Plocha výrubu: 79 – 98 m² (standardní profil)
- Délka tunelu: 1415 m (západní tunelová trouba), 1440 m (východní)
- Nouzové zálivy: 1 záliv délky 40 m v každé tunelové troubě
- Příčné propojení: 5 (z toho jedno zvětšené pro průjezd vozidel záchranných služeb)
- Výklenky: SOS cca každých 150 m, požární cca každých 90 m

Obě tunelové trouby jsou rozdělené na úseky budované ražením a úseky hloubené u obou portálů. S ohledem na měnící se geologii jsou ještě ražené části prováděny se spodní protiklenbou nebo bez ní.

2 Projektový návrh

2.1 Původní návrh

V rámci přípravy stavby na úrovni dokumentace pro územní rozhodnutí a dokumentace pro stavební povolení byla dle zvyklostí navržena vozovka z asfaltových hutněných vrstev. V letech 1999 až 2001 se událo několik vážných požárů v tunelech s katastrofálními následky. První analýzy vzniku a průběhu požárů poukázaly na vysokou hořlavost asfaltových vozovek a toxicitu zplodin vznikajících při hoření. Na základě těchto analýz přistoupil projektant v dalším stupni projektové dokumentace po dohodě s objednatelkou ke změně konstrukce vozovky za vozovku s cementobetonovým krytem. Dalším faktorem podporujícím

použití cementobetonových vozovek a to nejen v tunelech je jejich vyšší životnost a nižší provozní náklady. Návrh řešil úseky vozovky v délce přibližně 2 x 1770 m, tj. cca 150 m před oběma portály tunelu.

Nazákladě zkušeností ze zahraničí byla navržena vozovka se spojitě vyztuženým cementobetonovým krytem bez příčných dilatačních spár. Podélná výztuž usměrňuje tvorbu příčných mikrotrhlin a zajistí jejich uzavřenost. Vozovka je ukončena mohutnými kotvícími prahy s příčnými armovanými nosníky, které mají za úkol eliminovat podélnou dilataci konců betonové vozovky. Skladba cementobetonové vozovky byla navržena takto:

•	CB kryt spojitě vyztužený	200 mm
•	Obalované kamenivo	50 mm
•	Cementová stabilizace	200 mm
•	Drenážní a protimrazová štěrková vrstva	200 mm

Toto nesporně odvážné a z pohledu uživatele komfortní řešení však s sebou nese řadu problémů souvisejících s technologií provádění a s malou zkušeností s dlouhodobým chováním takové konstrukce v našich klimatických podmínkách při intenzivním používání chemických rozmrazovacích látek v zimním období.

Proto na návrh zhotovitele přijal investor v rámci projektování realizační dokumentace stavby (RDS) modifikovaný návrh konstrukce CB vozovky.

2.2 Nový návrh vozovky

Definitivní projektové řešení spočívá v návrhu a realizaci vozovky s cementobetonovým dvojrstevným krytem s kotvenými podélnými spárami a s příčnými spárami opatřenými kluznými trny. S ohledem na konstrukční uspořádání tunelových trub byla definovaná šířka vlastní cementobetonové vozovky v tunelu nestandardních 7,13 m vzhledem k tomu, že část šířky vozovky je tvořena obrubníkovými prefabrikáty a štěrbinovými odvodňovacími žlaby. Příčný sklon vozovky v tunelu se pohybuje v rozmezí od 2,50 % až do 5,00 % v závislosti na velikosti poloměru směrového oblouku.

Modifikovaná konstrukce vozovky v tunelu byla navržena nejprve ve dvou variantách, po široké diskusi byla pak přijata dále uvedená varianta navržená společností SHB, a.s. Brno ve spolupráci s Prof. Ing. Ivanem Gschwendtem, DrSc. z Katedry dopravních staveb Stavební fakulty STU Bratislava. Konstrukce vozovky byla v rámci zpracování realizační dokumentace ještě posouzená na Stavební fakultě Vysokého učení technického v Brně.

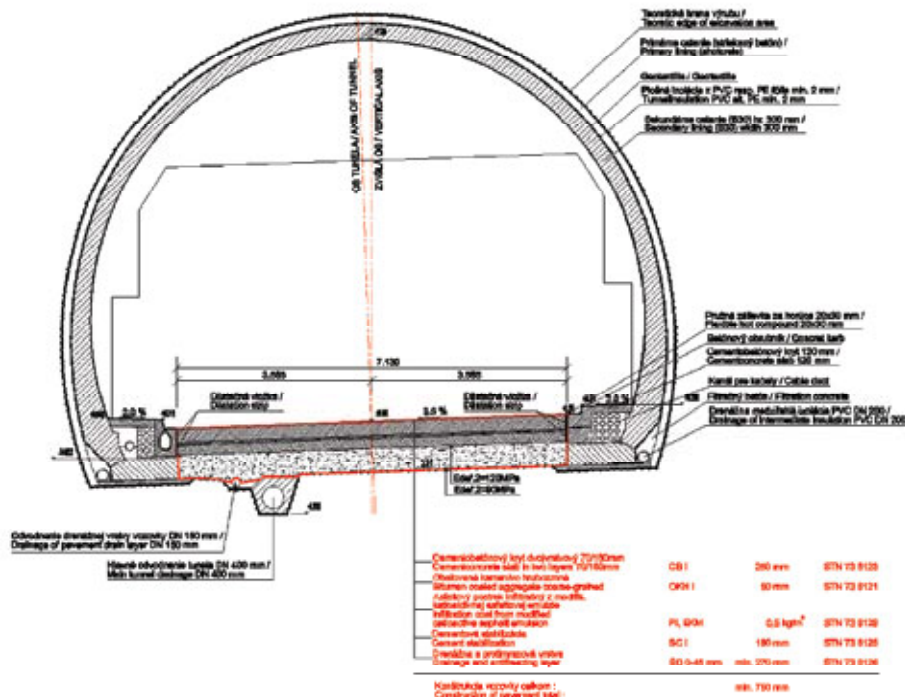
Konstrukce vozovky v hloubených (ražených) úsecích tunelu (obr.1):

•	Cementobetonový kryt dvojrstevový 70/180 mm	CB I	250 mm
•	Obalované kamenivo hrubozrnné	OKH I	50 mm
•	Asfaltový postřik infiltrační 0,50 kg/m ²	PI, EKM	
•	Cementová stabilizace	SC I	220 (180) mm
•	Drenážní a protimrazová vrstva (frakce 0-45)	ŠD	- (min.270 mm)

Konstrukce vozovky celkem 520 (min.750 mm)

Cementobetonový kryt je dělený jednou podélnou spárou ve vzdálenosti 3,440 m od levého okraje vozovky a 3,690 m od pravého okraje. Základní délka desky je navržena 5,00 m. Podélná spára je kotvená kotevními tyčemi délky 800 mm z hřebínkové oceli třídy 10 425, \varnothing 20 mm v počtu 3 ks na délku desky. Příčné spáry jsou opatřeny kluznými trny délky 500 mm z hladké oceli třídy 10 216, \varnothing 25 mm s plastovým povlakem, které jsou osazeny ve vzájemné vzdálenosti 250 mm. Těsnění příčných a podélných spár bylo provedeno pružnou asfaltovou zálivkou za horka. Dilatace cementobetonového krytu v příčném směru mezi štěrbinovými odvodňovacími a obrubníky je zajištěna dilatační vložkou z extrudovaného polystyrénu tl. 10 mm. V souvislosti se stavbou cementobetonového krytu v tunelu bylo nutné řešit řadu specifických otázek, jako např. situování a úpravu vozovky v místech kanalizačních šachet, úpravu odvodnění s ohledem

na asfaltovou mezivrstvu v konstrukci vozovky, spároveň s ohledem na bloky sekundárního ostění tunelu, přechody mezi hloubenými a raženými úseky a pod.



Obr.1 Konstrukce vozovky v ražené části tunelu bez spodní protiklenby

3 Popis technologie a zkušenosti z výstavby

Cementobetonový kryt vozovky v tunelu Sitina jakož i vozovkové souvrství prováděla společnost Skanska DS a.s., závod 86 Uherské Hradiště, který je specialistou v provádění betonových vozovek v České republice a má za sebou i zkušenosti s realizací vozovky celkem v pěti tunelech.

Vlastní cementobetonový kryt byl prováděn finišerem Wirtgen SP 1600 speciálně upraveným pro práci v tunelu. Jedná se o stroj, který klade betonový kryt ve dvou vrstvách těsně za sebou, přičemž po položení a ztuhnutí první vrstvy jsou do čerstvého betonu automatickým zařízením zavibrovány kluzné trny a kotvy. Bezprostředně poté je hned položena, ztuhněna a srovnána druhá – finální vrstva, která je ještě na závěr zahlazena podélným hladítkem, tzv. super smotherem. Na závěr je provedena podélná striáž pomocí tažené juty a postřik emulzí zabraňující odpařování vody z povrchu tuhnoucího betonu. Průměrný denní výkon je cca 300 m, což představuje spotřebu cca 600 m³ betonové směsi, tedy téměř 100 m³ / hod. Vzhledem k nedostatečným výkonům místních betonáren transbetonu a s ohledem na velmi hustou dopravu v okolí stavby, přistoupil zhotovitel k výstavbě vlastní betonárny SGME s výkonem cca 120 – 150 m³/hod ve vzdálenosti asi 3 km od stavby. Toto řešení mimo jiné také zajišťovalo lepší kontrolu nad kvalitativními parametry vyráběné betonové směsi.

Betonová vozovka v obou tunelových troubkách byla prováděna od severního portálu směrem k jižnímu a vlastní pokládka trvala dvakrát pět dnů. Zásobování betonovou směsí probíhalo z jižního portálu a vzhledem k již zmíněné dopravní situaci v okolí stavby byla pokládka prováděna v nočních hodinách. Finišer se při pokládce pohyboval pouze po obrubnicích chodníků, protože chodníky nemohly být v té době ještě dokončeny, což vyžadovalo velkou opatrnost, aby nedošlo k jejich poškození. Ve správný čas po částečném zatvrdnutí betonu se přistoupilo k nařezání příčných a podélných kontraktačních spár diamantovými kotoučovými pilami.

Otvory pro kanalizační šachty, které jsou v tunelu nevyhnutelné, vytváří ve vozovce nebezpečné vruby, které se pak vlivem provozu mohou projevit vznikem trhlin šířících se právě z nevhodně provedených nebo nevhodně umístěných otvorů v betonové desce vozovky. Abychom zabránili možnému vzniku těchto poruch, byla zde poprvé použita technologie dodatečného vyřezávání otvorů pro poklopy kanalizačních

šachet pomocí speciálně zkonstruovaného stroje s velkopřůměrovým diamantovým vyřezávacím vrtacím zařízením. Vozovka se tedy betonuje bez přerušení i nad provizorně zakrytými šachtami a teprve po zatvrdnutí betonu se v přesně vytyčených místech provede vyvrtání kruhového otvoru na celou tloušťku betonové vozovky. Ocelové rámy se osadí do speciální hmoty a mezikruží mezi rámem a betonem vozovky se vyplní opět speciální hmotou. Tato technologie je relativně pracná a náročná na přesnost provádění a měření, ale výsledkem je profesionální detail prostý kvalitativních nedostatků předchozích řešení.

4 CB kryt mimo tunel

V návaznosti na realizaci cementobetonového dvojvrstvého krytu vozovky v tunelu Sitina a s ohledem na jeho dobré výsledky rozhodl se investor realizovat touto technologií i vozovku na navazujících úsecích trasy dálnice D2 Lamačská Cesta – Staré Grunty přiléhajících k tunelu, kde je dálnice navržena v kategorii D 26,5/100.

Rozsah vozovky s CB krytem v úseku před tunelem je limitovaný prostorem mimo stávající pojižděné úseky navazujících komunikací, na kterých je nutné ponechat vozovku z asfaltových hutněných vrstev. Z tohoto důvodu je definitivní rozsah CB krytu vozovky navržen v úseku km 0,000 – severní portál tunelu Sitina v délce cca 910 m s výjimkou mostního objektu M201 a v úseku od jižního portálu tunelu Sitina cca 20 m před mostním objektem M202 v délce 187 m. Na základě předchozího návrhu a následného posouzení byla pro konstrukci vozovky navržena následující skladba:

• Cementobetonový kryt dvojvrstvý	CB I	270 mm
• Cementová stabilizace	SC I	180 mm
• Štěrkořť	ŠD 0-45	150 mm

Konstrukce vozovky celkem 600 mm

Cementobetonová vozovka byla realizovaná v šířce 10,75 m, resp. 12,00 m v úsecích přídatných pruhů. V podélném směru byly provedeny dvě podélné spáry ve vzdálenosti 4,00 m od levého okraje vozovky a 2,40 m, resp. 3,50 m od pravého okraje vozovky. Základní délka desky je 5,50 m. Podélné spáry jsou opět kotvené tyčemi tentokrát v počtu 4 ks na délku desky. Příčné spáry jsou opatřené opět kluznými trny ve vzájemné vzdálenosti 250 mm. Těsnění příčných i podélných spár je provedeno pružnou asfaltovou zálivkou za horka.

Ukončení cementobetonového krytu na přechodech na vozovku z asfaltových hutněných vrstev je provedeno zesílením poslední desky z 270 mm na 450 mm a proměnnou tloušťkou předposlední desky. Příčná spára na přechodu mezi CB krytem a AB krytem je provedena technologií elastických mostních závěrů.

Aby byl splněn požadavek investora na maximalizaci rozsahu cementobetonového krytu, bylo zde navrženo a realizováno řešení, které umožňuje provést betonový kryt až po dilatační závěry mostu M201 a to tak, že podpovrchové mostní přechodové desky jsou nahrazeny zesílenými vyztuženými přechodovými deskami cementobetonového krytu, které jsou rozděleny systémem podélných a příčných spár na jednotlivé dilatační celky. Spojitost deformací a přenos zatížení je zajištěn pomocí kotev a kluzných trnů umístěných ve spárách, přičemž první přechodová deska, která navazuje na krajní opěry mostu, je zakotvená do závěrné zídky vrubovým kloubem. Její délka činí 6,00 m při konstantní tloušťce 390 mm. Půdorysný tvar krajních desek je kosodélník s ohledem na šikmost dilatace mostu. Druhá přechodová deska, která navazuje na kryt CB vozovky v trase dálnice je proměnné tloušťky 390 – 270 mm. V půdoryse mají desky tvar lichoběžníků, kdy příčné spáry tvoří vějířovitý přechod na desky s kolmými příčnými spárami. Vyztuž vozovkových přechodových desek je navržena z oceli 10 425 (V) v uspořádání obdobném jako u mostních přechodových desek pro přenos zatížení od dopravy z pružného podloží v předpolí mostu na tvrdší uložení na mostní opěře. Vyztuž také zajišťuje rovnoměrné rozložení a omezení šířky mikrothlin vznikajících při objemových změnách železobetonu, tak při pružných deformacích od zatížení. Desky jsou vyztužené při dolním a horním povrchu pruty kladenými ve směru spár. Nad závěrnou zídkou mostu jsou ještě doplněny podélné pruty s ohyby pro přenos smykových napětí.

5 Použitá literatura

- [1] Slánský, B., Hlásek, V. - CEMENT CONCRETE PAVEMENT OF THE SITINA TUNNEL IN BRATISLAVA: EXPERIENCE FROM THE EXECUTION - 2nd CCC Congress HRADEC KRALOVE 09/2006
- [2] Slánský, B., Hlásek, V. - CEMENTOBETONOVÝ KRYT VOZOVKY NA DÁLNICI D2 V BRATISLAVĚ – Konference Betonové vozovky Chlumec nad Cidlinou 2006

autor	Ing. Bohuslav Slánský
	✉ Skanska DS a.s.
	závod 86 - Uherské Hradiště
	nám. Míru 709
	686 25 Uherské Hradiště
	☎ +420 572 435 138
	📠 +420 572 551 006
	☺ bohoslav.slansky@skanska.cz
	URL www.skanska.cz

autor	Vladimír Hlásek
	✉ SHB, a.s. Brno, Pobočka Praha
	Kamenická 56
	170 00 Praha 7
	Czech Republic
	☎ +420 233 371 042
	📠 +420 233 371 086
	☺ v.hlasek@shb.cz
	URL www.shb.cz

OPRAVY CEMENTOBETONOVÝCH KRYTŮ POMOCÍ „RYCHLÉHO“ BETONU

Ing. Jiří Šrůtka

Příspěvek pojednává o opravách cementobetonových krytů pomocí technologie „rychlých betonů“. Tato technologie představuje zkrácení časů na dosažení požadovaných parametrů betonu z dnů na hodiny. V praxi to znamená, že není potřebné realizovat dlouhodobé až několikátýdenní uzávěry, ale pouze omezení provozu v řádu několika hodin

1 Úvod

Obrovský nárůst dopravy způsobil značné přetížení silniční a dálnic sítě. S tím jsou samozřejmě spojeny kolony, dopravní nehody, ničení komunikací a další nepříznivé faktory. Motoristická veřejnost si proto vynucuje snižování všech dopravních omezení způsobených stavebními pracemi. Protože ale deficit v údržbě komunikací je za poslední období značný, není možno stavební práce na komunikacích omezit. Z těchto výše uvedených důvodů jedinou schůdnou cestou jak řešit špatný technický stav komunikací a přitom nezastavit údržbu je maximální zkrácení oprav. Toto je možné pouze za podmínky použití nejmodernějších technologií.

2 Vývoj technologie

Vývoj „rychlých betonů“ u SKANSKA DS a.s. začal před 3,5 rokem. Za tuto dobu bylo postupným vývojem, soustavným zlepšováním dosažených výsledků, trvalým získáváním zkušeností a značným úsilím v oblasti zkušebnictví dosaženo dnešního stavu.

Proto dnes můžeme odpovědně konstatovat, že technologie vyvinutá SKANSKA DS a.s. v úzké spolupráci s dodavatelem stavební chemie pro stavebnictví je provozuschopná a použitelná v praxi.

Samotný vývoj začal zadáním vývoje „zrychlených betonů“, které by umožnily provádění oprav betonových vozovek v časovém prostoru 3 dnů. Přitom v tomto čase je nutno provést jak veškeré přípravné práce (dopravní omezení, přivezení techniky, ...) tak i samotnou realizaci opravy spočívající ve vybourání poškozených míst, jejich důkladné vyčištění (většinou vyarmování, případně zakotvení do okolních betonových desek), vybetonování a po zatvrdnutí betonu i nařezání spár včetně jejich zatěsnění. Ve vymezeném čase je nutno provést i dokončovací práce, jako úklid, odvoz stavební techniky, odstranění dopravních omezení, To znamená, že na samotné tuhnutí a tvrdnutí betonu je časový prostor 24, maximálně 36 hodin.

Po dosažení tohoto cíle bylo ve vývoji pokračováno dále novým zadáním úkolu. Zadání znělo: „Betony s dobou tuhnutí a tvrdnutí v rozmezí 6 až 18 hodin.“

Ke spolupráci na vývoji „hodinové“ technologie byly vyzvány tři firmy zabývající se výrobou a dodáváním stavební chemie. Z těchto tří firem se do spolupráce na vývoji zapojily pouze dvě firmy. Na základě zkušeností po provedení zkušebních betonáží a na základě výsledků laboratorních zkoušek byla do fáze skutečného použití v praxi vybrána jedna firma dodávající nezbytnou stavební chemii.

V dnešní době je tato technologie odzkoušena s kladným výsledkem v praxi při betonáži na dálnici D1. Do konce roku 2006 bylo realizováno cca 30 betonáží, což představuje cca 100 desek. V prvním pololetí roku 2007 bylo zatím realizováno dalších cca 6 betonáží, což představuje asi 25 desek. Celkem tedy bylo technologií „rychlých betonů“ realizováno cca 36 betonáží a 125 desek.

3 Základní technické parametry betonu

Beton je navržen dle speciálních požadavků Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) a v souladu se všemi platnými předpisy na vozovkové betony.

Podle dosavadních zkušeností a výsledků zkoušek je možno touto technologií realizovat opravy betonových ploch, letišť a silnic v časovém rozmezí 6 až 12 hodin tuhnutí a tvrdnutí betonu. Volba rychlosti dosažení požadovaných pevností betonu je závislá na požadavcích investora a technických možnostech realizace. Základním technickým parametrem je rozsah opravované plochy za daný čas. Při dosažení požadovaných parametrů od ukončení betonáže za 12 hodin je maximální rozsah jednotlivé opravy cca 24 - 30 m². Při dosažení požadovaných parametrů za 6 hodin je maximální rozsah jednotlivé opravy cca 12 - 15 m². Pokud je požadavek na opravu větších plošných výměr, je nutno tuto plochu dělit pracovními spárami a opravu realizovat postupně. Při tomto postupu je celková opravovaná plocha omezena pouze nutností dělení plochy a celkovým časem na opravu. Například při opravách na dálnici D1 je používána technologie 12 hodin a počet opravovaných desek v rozsahu 3 – 5 kusů. Jednotlivé desky jsou rozměrů až 4 x 6 x 0,3 m.

Oprava dálnice v tomto rozsahu představuje celkovou délku dopravního omezení (od položení první dopravní značky omezující provoz až po její odstranění) 36 hodin. Dopravní omezení je realizováno jenom částečně a to svedením provozu do jednoho jízdního pruhu. V tomto časovém prostoru 36 hodin se provádí veškeré práce přípravné, realizační a dokončovací, jak již bylo uvedeno výše. Práce probíhají zpravidla o víkendech tak, aby omezení dopravy v pracovním týdnu (větší provoz než o víkendech) bylo minimální.

V průběhu zkoušení byly dosaženy následující parametry betonu:

- pevnost v tlaku po stanovené době (6 – 12 hodinách) ≥ 30 MPa
- pevnost v tlaku po 28 dnech (normová) > 60 MPa
- pevnost betonu v tahu ohybem po 14 hodinách $\geq 4,0$ MPa
(na trámcích 150 x 150 x 700 mm)
- pevnost betonu v tahu ohybem po 7 dnech $\geq 4,5$ MPa
(na trámcích 150 x 150 x 700 mm)
- odolnost betonu proti působení vody a CHRL < 1000 g/ m²
(po 150 cyklech metodou A ve stáří 28 dnů)

Pokud budeme pevnost v tlaku a pevnost v tahu ohybem považovat za automatické parametry betonu na opravu betonových ploch, zůstává poslední parametr, kterým je odolnost betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek (CHRL). Z dosavadních zkušeností je zřejmé, že pevnosti jsou bezproblémový parametr. Jinak tomu je u parametru odolnosti proti působení vody a CHRL. Zde platí pravidlo čím „rychlejší“ betony používáme, tím se tento parametr zhoršuje a tím víc se blíží výsledky k povolené normové hranici max. 1000 g/m². To znamená, že u extrémně rychlých betonu je velmi malá bezpečnostní rezerva na tento parametr. Proto jsme v současnosti jako kompromis mezi rychlostí tvrdnutí betonu a odolností proti působení vody a CHRL zvolily maximální rychlost 6 hodin. Další zkoušky, které dnes provádíme, jsou zaměřeny na dokonalé odladění technologie v praxi (odstranění ztrátových časů a kritických míst). Po dokončení tohoto kroku bude následovat vývoj, který zajistí možnost použití „rychlých betonů“ i pro finišery a další zkrácení časů k hranici 4 hodin.

4 Kritická místa technologie

Vzhledem k velké rozmanitosti je celý proces zahrnující výrobu, dopravu a ukládání betonu včetně všech následných kroků ošetření, dilatování atd. velmi náročný na technologickou kázeň pracovníků a odborné znalosti techniků i dělníků. Pro správnou funkci je nutno dodržovat velmi úzké meze všech technologických kroků. Každé vybočení z těchto mezí (nedodržení vodního součinitele, nepřesnost dávkování, špatně odhadnuté povětrnostní poměry na stavbě atd.) znamená těžko napravitelný problém. Ve většině případů následuje buď nedodržení požadovaných parametrů nebo nutnost čerstvou betonovou směs odstranit.

Parametr, který zvenčí nejvíce ovlivňuje proces tuhnutí a tvrdnutí je teplota vzduchu, intenzita slunečního svitu a velikost proudění vzduchu. Ke všem těmto vnějším vlivům je nutno odpovědně přistupovat a správně jejich vliv na technologii vyhodnotit.

5 Zajímavosti z praxe

Při praktických pokusech byly prováděny různá měření. Jedním z nich bylo měření teplot jak na povrchu betonu, tak i v samotné hmotě betonované desky. Tyto teploty uvnitř betonované desky byly měřeny v několika místech a za různých okrajových podmínek. Tato měření například ukázala, že beton nastavený jako 6 hodinový, se zahřeje na teplotu blízkou se 60 °C. V případě našeho měření to bylo konkrétně uvnitř betonu až 58,5 °C.

Tato skutečnost znamenala při vývoji technologie nutnost řešit další následné problémy. Jedním z nich je například důkladná ochrana betonu proti odpařování vody.

6 Závěr

Úspěšný vývoj „rychlých betonů“ společností SKANSKA DS a.s. byl završen jejím uvedením do praxe v závěru července 2006. Její náročnost nás nutí k neustálému zdokonalování samotné technologie. Toto zdokonalování musí vést k omezení kritických míst, jinými slovy k jejímu zjednodušení. Dále se samozřejmě tato technologie musí vyvíjet podle požadavků zákazníků směrem k dalšímu urychlení (v odůvodněných případech) na hranici 4 hodin, ale také k jejímu možnému využití pro strojní pokládku (využití na realizaci větších ploch, městských křižovatek, rozsáhlejších oprav na letištích, dálnicích, atd.).

Náročnost této technologie sebou nese také podstatně vyšší ceny oprav. To je zapříčiněno především skutečností, že snaha o rychle provedenou opravu nebo novou betonáž vyžaduje nasazení velkého počtu drahé techniky, ale i pracovníků. V neposlední řadě je potřeba zdůraznit, že náročnost použití „rychlých betonů“ je dána složitostí koordinace jednotlivých detailů.

Náročnost a cena má vliv na způsob využití, což je adekvátní v případě řešení krizových situací, nikoliv k řešení problémů vzniklých dlouhodobým podceňováním údržby a oprav vyvolávající rozsáhlé, komplexní rekonstrukce.



Obr. 1. Bourání staré poškozené betonové desky



Obr. 2. Deska pripravená na betonáž



Obr. 3. Betonáž desky za pomoci „rychlých“ betonů



Obr. 4. Provedení zdrsnění povrchu vozovky



Obr. 5. Těsně po betonáži je důležité vše precizně uklidit.



Obr. 6. V průběhu betonáže je prováděna řada kontrolních zkoušek a měření.



Obr. 7. Výsledkem je plnohodnotná betonová deska realizovaná v krátkém čase.

autor	Ing. Jiří Šrůtka
	✉ Skanska DS a.s.
	závod 86 - Uherské Hradiště
	nám. Míru 709
	686 25 Uherské Hradiště
	☎ +420 737 257 505
	📠 +420 572 551 006
	😊 jiri.srutka@skanska.cz
	URL www.skanska.cz

Z prednášky

MODERNÁ VÝSTAVBA BETÓNOVÝCH VOZOVIEK V NEMECKU

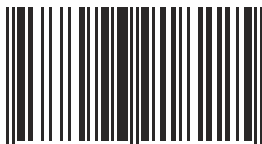
Dipl.- Ing. Thomas Wolf a Dr.- Ing. Walter Fleischer

„Betón je ideálnym riešením pre veľmi zaťažené diaľnice, ale tiež pre prevádzkové plochy letísk, pre pevné dráhy železníc alebo priemyselné plochy - najmä pre jeho úžitkové vlastnosti - životnosť, hospodárnosť a ochrana životného prostredia. Aktuálne smernice predpokladajú pri betónových cestách 30 ročnú životnosť. Zo skúseností z praxe sa dá v každom prípade očakávať ešte dlhšia životnosť. Keďže betónové cesty v prvých 15 až 20 rokoch vyžadujú len zriedka opatrenia na údržbu a opravy, poskytujú vysokú mieru použiteľnosti a zapríčinia len nepatrné obmedzenie dopravy údržbárskymi činnosťami.“

Mediálni partneri konferencie



ISBN 978-80-969182-2-5-0



9 788096 918225