

VOLBA KONSTRUKCE CEMENTOBETONOVÉ SILNIČNÍ VOZOVKY A ZKUŠENOSTI S CEMENTOBETONOVÝMI KRYTY

SELECTION OF CONSTRUCTION OF CEMENT -
CONCRETE ROADS AND EXPERIENCE WITH
CEMENT - CONCRETE ROAD SURFACES

FRANTIŠEK LEHOVEC, MIROSLAV KAUN

VOLBA SKLADBY CEMENTOBETONOVÉ SILNIČNÍ VOZOVKY

Návodem pro volbu tloušťky cementobetonové desky a skladbu podkladních konstrukčních vrstev tuhých vozovek je Katalog vozovek pozemních komunikací, Technické podmínky, TP 78, který má účinnost od 1. 1. 1996 a byl schválen MDS ČR.

Mezi vstupní údaje pro práci s TP 78 patří dopravní zatížení a dopravní význam komunikace. Dopravní zatížení je rozděleno podle průměrné denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel v průměrném roce návrhového období na šest tříd. První třída dopravního zatížení je charakterizována velmi těžkým zatížením, tj. v obou směrech přejezd více než 3 500 těžkých vozidel, IV. třída je střední zatížení a představuje přejezd 101 až 500 těžkých vozidel v obou směrech za 24 hodin.

Silniční okruh
kolem Prahy, úsek
Třebonice – Řepy

Ring road around
Prague, section
Třebonice – Řepy



Z hlediska třídy dopravního zatížení Katalog uvádí konstrukce jen pro zatížení velmi těžké až střední, tj. pro I. až IV. třídu dopravního zatížení. Podrobnější rozdělení tříd dopravního zatížení uvádí [1]. Délka návrhového období je pro nevyztužené cementobetonové kryty 25 let.

Dalším vstupním údajem do Katalogu je návrhová úroveň porušení, která zavádí úroveň spolehlivosti návrhu konstrukce odpovídající jejímu dopravnímu významu, dopravnímu zatížení, požadavkům úrovně plnění provozních funkcí, druhu a rozsahu údržby a oprav v návrhovém období vozovky. Lit. [1] zavádí návrhovou úroveň porušení D 0 až D 3, Katalog pak uvádí konstrukce tuhých vozovek pro návrhovou úroveň porušení D 0 a D 1 s tím, že pro návrhovou úroveň porušení D 0 se vyžadují v příčných spárách kluzné tmy, v podélných spárách pak ocelové kotvy. Návrhová úroveň porušení D 0 pro cementobetonové kryty nepředpokládá žádné opravy, D 1 pak jenom lokální opravy po dobu návrhového období. Ve všech případech je však uvažována běžná a souvislá údržba.

Neopominutelnou skutečností, kterou je nutno při použití Katalogu respektovat, je charakteristika zeminy podloží vyjádřená její namrzavostí v souvislosti s vodním režimem podloží a únosnost CBR. Pro nebezpečně namrzavé zeminy v podloží je možné Katalog použít jen v případě difuzního, tj. příznivého vodního režimu. Pro případ pendulárního a kapilárního vodního režimu je pak nutno nebezpečně namrzavou zeminu upravit nebo vyměnit, případně snížit hladinu podzemní vody. Mírně namrzavé až namrzavé a nenamrzavé zeminy je pochopitelně možné ponechat pro všechny případy vodního režimu.

Z hlediska únosnosti podloží je možné Katalog uplatnit při hodnotě poměru únosnosti zeminy CBR větší než 5 % za předpokladu, že bude dosaženo minimální hodnoty modulu přetvárnosti podložní zeminy $E_{def,2} = 45$ MPa. Hodnota CBR = 5 % odpovídá charakteristické hodnotě modulu pružnosti $E_{pk} = 49,3$ MPa podle rovnice uvedené v [1], avšak německý předpis – Richtlinien für den Unterbauentwurf im Eisenbahnbau uvádí vztah mezi moduly přetvárnosti $E_{def,1}$, $E_{def,2}$ a Kalifornským poměrem únosnosti v podobě grafu, z kterého vyplývá, že křivka platná pro první zatěžovací cyklus $E_{def,1}$ byla stanovena v celém

rozsahu, křivka pro druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$ je rozdělena na část platnou pro soudržné zeminy a na část platnou pro nesoudržné zeminy. Graf mezi $CBR = 11\%$ až 15% není stanoven (viz [2]). Důležitější je však zjištění, že při odečtení hodnoty $E_{def,2}$ pro $CBR = 5\%$ odečteme $E_{def,2} = 23$ MPa a pro požadovanou hodnotu $E_{def,2} = 45$ MPa by měla být hodnota $CBR = 11\%$. Dále je nutno vzít v úvahu, že ČSN 72 1016 uvádí laboratorní stanovení poměru únosnosti zemín (CBR) na upraveném vzorku zeminy a nikoliv in situ jako např. americká norma ASTM D4429 Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place. Z uvedeného tedy vyplývá, že rozhodujícím kritériem pro podloží je dodržení požadavku minimální hodnoty modulu přetvárnosti $E_{def,2} = 45$ MPa u jemnozrných zemín. Vztahem mezi $E_{def,1}$ a CBR i vztahem mezi $E_{def,1}$ a $E_{def,2}$ se pro některé druhy zemín zabývá i [3].

Aktivní zóna (podloží vozovky) je horní vrstva zemního tělesa na násypu nebo i v zářezu o tloušťce zpravidla 0,5 m, do níž zasahují vlivy zatížení a klimatu a podle [4] se v aktivní zóně pozemních komunikací nedovoluje použít zeminu s objemovou hmotností suché zeminy stanovené Proctorovou standardní zkouškou nižší než $1\,600\text{ kg/m}^3$ a zeminu nevhodnou pro podloží dle [5] o stupni vhodnosti vyšším než VI u násypu a o stupni vhodnosti vyšším než V v zářezu, není-li zemina zlepšena nebo zpevněna. Celková tloušťka konstrukce tuhé vozovky vybraná z Katalogu musí odpovídat požadované tloušťce vozovky, kterou uvádí Katalog v závislosti na návrhové hodnotě indexu mrazu, vodním režimu podloží a návrhové úrovni porušení.

Jako ochrannou vrstvu je možné volit štěrkopísek v tl. 250 mm, štěrkodrt v tloušťce 180 mm nebo mechanicky zpevněnou zeminu v tl. 200 mm. Podkladní vrstvy mohou být vytvořeny některou z následujících technologií:

- kamenivem zpevněným cementem v tl. od 120 do 180 mm,
- cementovou stabilizací v tl. od 150 do 220 mm,
- podkladovým betonem v tl. od 120 do 180 mm,
- válcovaným betonem pro IV. třídu dopravního zatížení v tl. od 120 do 150 mm,
- mezerovitým betonem (horní podkladní vrstva) v tl. 100 mm a cementovou stabilizací (spodní podkladní vrstva) v tl. 100 mm,
- obalovaným kamenivem,
- mechanicky zpevněným kamenivem (spodní podkladní vrstva) a obalovaným kamenivem (horní podkladní vrstva).

Materiál pro ochrannou vrstvu a technologii podkladních vrstev lze volit s ohledem na celkovou požadovanou tloušťku konstrukce a technologické možnosti.

Tloušťky vlastního cementobetonového krytu pro shora uvedené třídy dopravního zatížení a návrhové úrovně porušení se pohybují od 210 mm do 250 mm. Dále je předepsána požadovaná třída betonu

a to pro nejvyšší dopravní zatížení CB I a pro nejnižší uváděnou třídu dopravního zatížení CB III.

Porovnání katalogů konstrukcí vozovek z různých zemí je velmi obtížné a to z důvodů různých vstupních parametrů, jako např. různě definované únosnosti podloží (modul pružnosti, modul deformace) nebo únosnosti podkladu vyjádřené modulem reakce podkladu, rozdílných podkladních vrstev a konečně i samotných délek návrhového období a počtu přejezdů těžkých vozidel včetně jejich charakteristik. Svoji roli zde hrají i rozdílné klimatické podmínky. Např. podle [5] francouzský katalog LCPC/SETRA uvádí pro únosnost podloží vyjádřenou modulem pružnosti 120 MPa a podklad z hubeného betonu v tloušťce 180 mm tloušťku nevytlučené desky s kluznými trny 220 mm a to pro přejezd 94 mil. těžkých vozidel v nejzatíženějším pruhu za 30 let.

ZKUŠENOSTI S CEMENTOBETONOVÝMI KRYTY

Podíváme-li se na cementobetonové vozovky letišť, je nutno připomenout některé následující konstrukce. Na letišti Praha-Ruzyně bylo např. v r. 1959 dokončeno první prodloužení vzletové a přistávací dráhy, dále jen VPD 13-31 dvoudeskovou konstrukcí, kdy horní deska měla tloušťku 220 mm a od spodní desky tl. 250 mm byla oddělena plastickou mezivrstvou. Podélné i příčné spáry byly vystřídány o polovinu desky. V letech 1960-62 byla vybudována na letišti v Praze VPD 07-25 (dnešní označení 06-24) s deskou tloušťky 320 mm. Letiště Brno-Tuřany bylo budováno v letech 1952-54 a cementobetonový kryt VPD měl tloušťku 220 mm.

Téměř po dvaceti letech od dokončení VPD 07-25 v Ruzyni bylo konstatováno [6], že cementobetonové kryty mají z hlediska únosnosti dlouhou životnost, i když jsou přetěžovány a byly navrhovány různými metodami. Kritickou vlastností těchto krytů se ukázala v našich podmínkách jejich malá odolnost proti střídavým účinkům mrazu a vody a proti chemickým rozmrazovacím látkám, i když na letištích se prakticky nejednalo o použití chloridu sodného, ale o použití močoviny. Prvořadou důležitostí převzala zvýšená odolnost povrchu nad novými dimenzačními metodami.

Množství a rozsah povrchových poruch na Ruzyni vyvolal rekonstrukci VPD 13-31 i VPD 07-25. Rekonstrukce probíhala postupně počátkem 80. let a to nabetonováním cementobetonového krytu v průměrné tloušťce 240 mm. Tato rekonstrukce nebyla úspěšná a tak k další rekonstrukci části VPD 06-24 i krátkého úseku VPD 13-31 došlo počátkem 90. let. Jako rekonstrukční vrstva byla provedena dvouvrstvová cementobetonová deska v tl. 360 mm s řezanými spárami a s kluznými trny v příčných spárách a s kotvami ve spárách podélných. Do betonu byly přidávány plastifikační a provzdušňovací přísady. Nově vybudovaný cementobetonový kryt splňuje v současné době téměř beze zbytku požadavky kladené na letištní plochy.



Silniční okruh
kolem Prahy, úsek
Třebonice – Řepy

Ring road around
Prague, section
Tebonice – Řepy

Na pozemních komunikacích, zejména pak na dálnicích, se ve větší míře začaly budovat cementobetonové jednovrstvé kryty koncem 60. let a to finišery s kluznými bočnicemi. Hodnotíme-li tyto kryty z pohledu současné doby, můžeme konstatovat, že ve většině případů splnily po dobu své životnosti požadavky na ně kladené. Na některých úsecích se sice vyskytly nedostatky jako např. nerovnosti povrchu způsobené poklesy desek, trhliny podélné a příčné atd. Poruchy je možno z velké části přičíst nedodržování technologických předpisů, kvalitě použitých materiálů, ale i způsobu ošetření čerstvého povrchu betonu, nedokonalému těsnění spár apod. Jedním z nových problémů se pak ukázala i alkalická reakce, která vyvolala rekonstrukci na D II. Uplatnění dvouvrstvé desky s vyztuženými spárami, tak jak bylo uvedeno v případě letištních vozovek, odstraní zejména poklesy desek na spárách a přispěje k rovnosti povrchu. Nelze opomenout ani větší péči věnovanou vlastnímu tvaru řezané spáry včetně jejího utěsnění a zalití. Uvedeným způsobem byl proveden cementobetonový kryt na dálnici D 5 Sulkov – Rozvadov i oprava části cementobetonového krytu na dálnici D II. Zde se však objevily problémy, které vyvolal cement s vysokým obsahem strusky a ukazuje se, že je nutno v současnosti věnovat i zvýšenou pozornost základnímu pojivu cementobetonových vozovek – cementu.

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru
CEZ;JO4/98:210000001.

Prof. Ing. František Lehevec, CSc., Doc. Ing. Miroslav Kaun, CSc.
Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6
tel.: 02 2435 4424

Literatura:

- [1] Ministerstvo dopravy České republiky: TP 77 Navrhování vozovek pozemních komunikací, Technické podmínky, účinnost od 1.1.1996
- [2] Pospíšil, K.: Analýza vztahu Kalifomského poměru únosnosti a modulu přetvámosti ve druhém zatěžovacím cyklu zemin zemní pláně. Písemná zpráva ke státní doktorské zkoušce. Univerzita Pardubice, DF JP, 2000.
- [3] Wehner, B., Siedek, P., Schulze, K. H.: Handbuch des Strassenbaus 2, Berlin, 1977
- [4] ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, 1998
- [5] Česká silniční společnost: Přínosy XXI. světového silničního kongresu, 2000
- [6] ČS VTS, pobočka VAAZ: Údržba a opravy cementobetonových krytů letištních drah, Konference, Brno, 1981
- [7] MDS ČR, ŘSD ČR: Katalog vozovek pozemních komunikací, TP 78, Praha, 1996