DYNAMICKÉ SLOŽKY KOLOVÉHO ZATÍŽENÍ V CB VOZOVCE (MKP)

Zpracovali: Ing. Petr Pánek, Ph.D., Doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

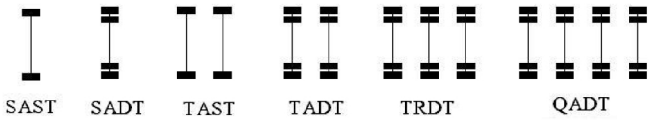
Předpoklady o chování CB vozovek pod statickým kolovým zatížením jsou celosvětově známé a používané. Nicméně odezvě ve vozovce pod dynamickým zatížením není v současnosti věnována dostatečná pozornost a je při analýzách a návrhu vozovek zanedbávána. Některé zahraniční výzkumy [1] a testy prováděné i za podpory metody konečných prvků (dále jen MKP) potvrzují značný význam dynamických efektů ve vozovce i jejich vliv na únavové chování, které je zásadní pro budoucí predikční modely těchto vozovek. V analýze dynamických vlivů jsou kromě jiných velice významné také environmentální vlivy (teplota, změna vlhkosti), neboť ovlivňují tvar a způsob namáhání CB desky při kolovém zatížení. Americká Asociace AASHTO [2] provedla experimentální testování na betonových vozovkách k ověření vlivu rychlosti různých typů „jednoosých“ náprav pro rozsah rychlostí od 3,2 km/h do 95,6 km/h. Výsledky tohoto výzkumu prokázali snížení účinků na vozovku o 29 % při zvýšení rychlosti z 3,2 na 95,6 km/h. V rozporu s tímto výzkumem Izquierdo et al. [3], ve své experimentální studii zaměřené na betonové vozovky, na podloží s nižší tuhostí a zatížené těžkými nákladními vozidly zjistil, že zvýšení rychlosti může významně zvyšovat průhyby a napětí. Byly již také vytvořeny výpočetní modely (s dynamickou analýzou) k doplnění experimentálních výzkumů. Např. se jedná o studie pohyblivého kolového zatížení [4, 6], jednonápravového zatížení [8], nebo dvounápravového zatížení [5], efektu přenosu zatížení přes kluzné trny, vlastností kameniva [4, 8], změn vlhkosti [5] a vlivu drsnosti povrchu [6, 7] na dynamickou odezvu CB vozovek.

Oblast použití

Změna přístupu při uvažování kolového zatížení (dnes pouze zjednodušená návrhová náprava definovaná v TP 170) a tedy podrobnější rozčlenění druhů náprav (počet náprav za sebou, počet pneumatik na jedné nápravě) bude pro budoucí predikční modely zásadní. Uvedené analýzy dokladují výrazné rozdíly nejen ve velikosti účinků různých druhů náprav při odlišných rychlostech, ale také různá místa namáhání CB desky tuhé vozovky. Pokud chceme v rámci únavové analýzy při opakovaném zatížení správně uvažovat dílčí přetvoření pouze v nejzatíženějších místech, je toto rozlišení náprav nutné. Zde se ale naráží na způsob sčítání, nebo určování množství jednotlivých druhů náprav v ČR.

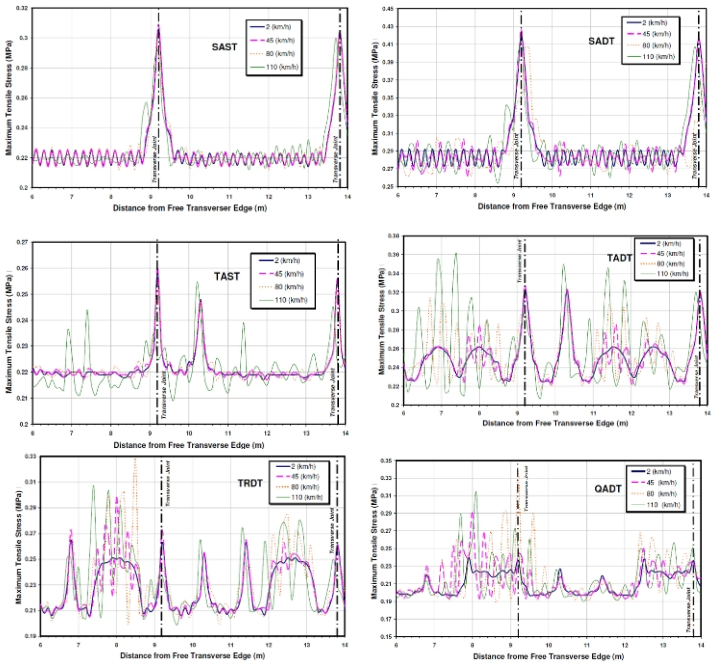
Metodika a postup řešení

Jednotlivé druhy náprav zkoumané z hlediska dynamických účinků metodou MKP a uvažované ve studii [1] jsou patrné z obr. 1.



Obr. 1 Druhy náprav - Single Axle Single Tyre (SAST), Single Axle Dual Tyre (SADT), Tandem Axle Single Tyre (TAST), Tandem Axle Dual Tyre (TADT), Triple Axle Dual Tyre (TRDT), Quad Axle Dual Tyre (QADT). [1]

Výsledky



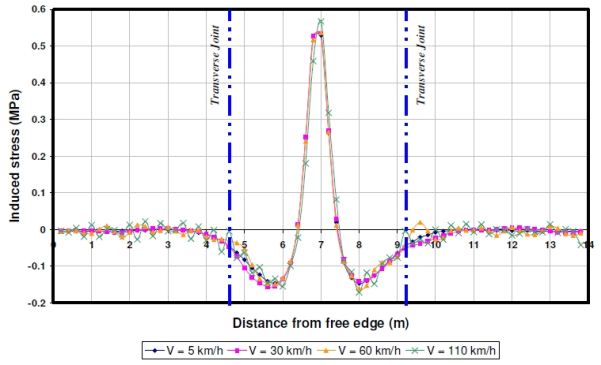
Obr. 2 Účinky náprav při různých rychlostech, vznik maximálních tahových napětí v různých částech desky [1]

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

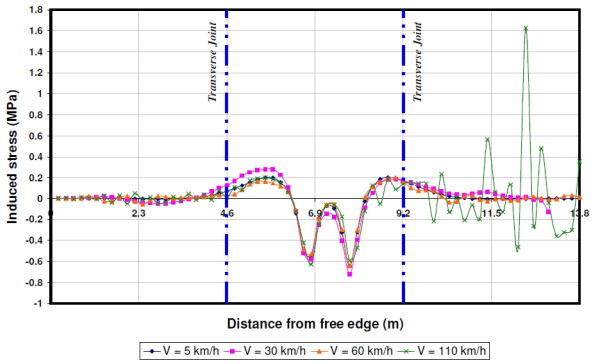
Nejvýznamnějším zjištěním je rozdílnost míst výskytu napětí pro různé druhy náprav a různé rychlosti (viz obr. 2). V rozporu se statickou analýzou, kde je počet opakování napětí pro určitý bod v CB desce roven počtu náprav v konkrétní sestavě, byl při dynamické analýze pozorován vyšší počet opakování napětí (pro tento bod, při jediném průjezdu nápravy). Počet opakování napětí může být dvakrát až šestkrát vyšší než při statické analýze (viz obr. 3). Z příčinkových čar tahových napětí je patrné, že místo největšího vzniklého tahového napětí může, ale nemusí být shodné s polohou nápravy (obr. 4 a 5 a 6).

Axle group type		SAST		SADT		TAST		TADT		TRDT		QADT	
		at Mid-edge of the slab	at corner of the slab	at Mid-edge of the slab	at corner of the slab	at Mid-edge of the slab	at corner of the slab	at Mid-edge of the slab	at corner of the slab	at Mid-edge of the slab	at corner of the slab	at Mid-edge of the slab	at corner of the slab
JPCP	Critical speed (km/h)	110	N.A.	110	N.A.	30	N.A.	110	N.A.	30	30	30 OR 110	30
	Dynamic amplification (%)	5.2	0	290	0	8	0	181	0	189	200	39	27
	Number of stress repetition	1	1	1	1	2	2	4	4	5	5	6	4

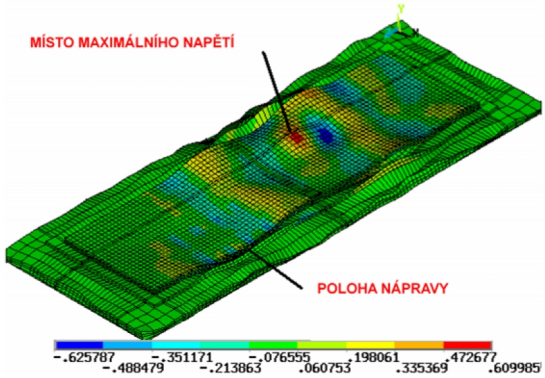
Obr. 3 Výsledky dynamické analýzy pro různé nápravy[1]



Obr. 4 Příčinkové čáry tahových napětí pro bod ve středu podélné hrany CB desky účinkem nápravy „SAST“ [1]

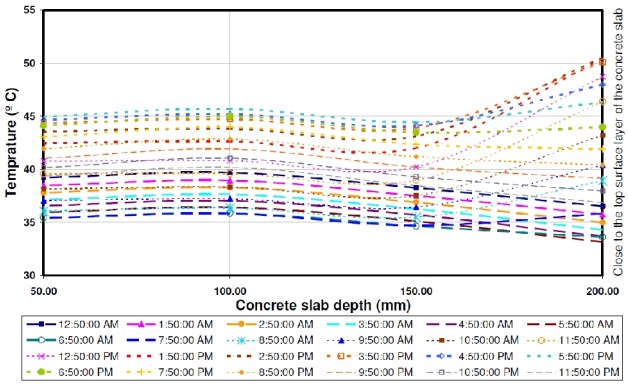


Obr. 5 Příčinkové čáry tahových napětí pro bod ve středu podélné hrany CB desky účinkem nápravy „TAST“ [1]



Obr. 6 Vznik maximálního tahového napětí mimo nápravu (QADT - 110 km/h)

Potvrzen byl také vliv fluktuace teploty (a tloušťky desky) na výsledky dynamické analýzy. Výsledky ukazují, že rozdílné teplotní gradienty (obr. 7) způsobují změny tvarů desky a mohou tak zvyšovat, nebo snižovat velikost dynamických složek napětí od kol konkrétní nápravy a dokonce i počet opakování vzniku napětí během jediného průjezdu v konkrétním místě CB desky.



Obr. 7 Teplotní gradienty v CB desce [1]

Závěr

Vzhledem k náročnosti dynamické analýzy by bylo do budoucna vhodné zavést dynamické vlivy alespoň zjednodušeně do praktických výpočtů. Zpřesnit ve výpočtech jednotlivé druhy náprav a jejich předpokládané rychlosti. Ideálním stavem by pak byl únavový model CB vozovky (vytvořený na základě konkrétních materiálových charakteristik), který by zohledňoval všechny výše uváděné a některé další, většinou v čase proměnné vlivy. V současné době jsou ověřovány možnosti dynamické analýzy v programu ABAQUS.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Literatura

[1] Darestani, Mostafa Yousefi (2007) *Response of concrete pavements under moving vehicular loads and environmental effects.* PhD thesis, Queensland University of Technology.

[2] American Association of State Highway and Transportation Officials, "The AASHO Road Test", Report 5, Special Report 61E, Washington D. C., 1962.

[3] Izquierdo J.T., Rodrigues L., and Rios B.C., "Structural Evaluation and Analysis of Instrumented In-Service Concrete Pavements Subjected to Heavy Dynamic Loads", Trans. Res. Record, No. 1568, 2002, pp. 24-34.

[4] CHatti K., Lysmer J., and Monismith C.L., "Dynamic Finite-Element analysis of Jointed Concrete Pavements", Trans. Res. Record, Vol. 1449, 1994, pp. 79-90.

[5] Kim S.M., Won M.C., and Mccullough B.F., "Dynamic Stress Response of Concrete Pavements to Moving Tandem-Axle Loads", Transp. Res. Record, No. 1809, 2002, pp. 32-41.

[6] Liu C., Mccullough B. F., and Oey H. S., "Response of Rigid Pavements due to Vehicular-Road Interaction", ASCE J. of Transp. Engrg., Volume 126, Issue 3, pp. 237-242.

[7] Liu C. and Gazis D., "Surface Roughness Effect on Dynamic Response of Pavements",ASCE J. Transp. Engrg., Volume 125, Issue 4, pp. 332-337.

[8] Zaghloul S., and White T., "Non-Linear Dynamic Analysis of Concrete Pavements", 5th Int. Conf. on Conc. Pav. Design & Rehabilitation, Purdue University, 1993, pp. 277-292.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168