



## POHYBLIVÉ KOLOVÉ ZATÍŽENÍ PRO ÚNAVOVOU ANALÝZU CB KRYTU VOZOVEK PK

Zpracovali: Ing. Petr Pánek, Ph.D., doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc. (oba Fakulta stavební VUT v Praze)

### Souhrn

Metoda konečných prvků (MKP) pomáhá lépe chápat a predikovat únavové chování (rozvoj trhlin) v cementobetonovém (CB) krytu vozovek pod prostorovým, mechanickým a klimatickým zatížením. Výsledné poruchy CB krytu (za předpokladu vyloučení technologické nekázně a dalších negativních vlivů, jakými jsou např. expanzivní reakce) jsou důsledkem rozvoje mikrotrhlin od těchto proměnných cyklických zatížení. Mechanická odezva CB krytu od kombinace všech vlivů může být extrémně složitá a současnými výpočetními metodami nepostizitelná. Proto je vyvíjen dále prezentovaný numerický model.

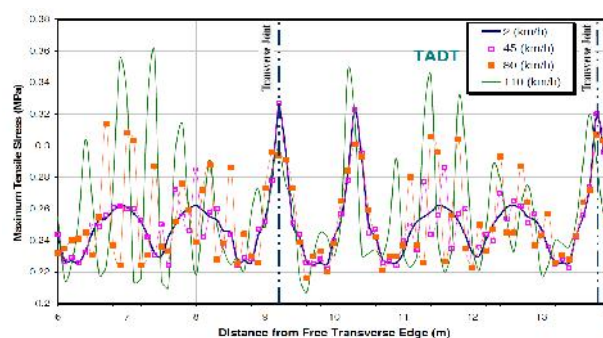
### Oblast použití

Hlavním cílem tohoto výzkumu je zjistit a co nejpřesněji implementovat do 3D modelu významné faktory a hlavně definovat vhodný deformační materiálový model pro cementobetonový kryt vozovek pozemních komunikací (PK). 3D únavový model bude sloužit k predikci životnosti CB vozovek.

### Metodika a postup řešení

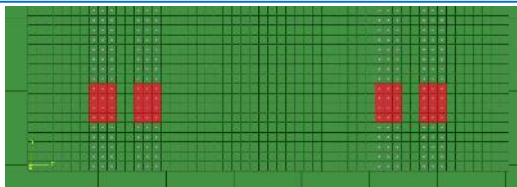
Část výzkumu realizovaná v roce 2016 je zaměřena na modelování a implementaci pohyblivého kolového zatížení do 3D únavového modelu. Odezva vozovkového systému pod statickým kolovým zatížením je již celkem známá, nicméně z hlediska únavové analýzy nedostatečná. Naopak chování CB vozovek pod pohyblivým kolovým zatížením s dynamickými efekty není zatím (hlavně v ČR) příliš prezentováno. Některá zahraniční studia tuto problematiku zmíní. Únavové trhliny mohou vznikat na spodní straně CB desky, podélně i v blízkosti hran, na horní straně CB desky v blízkosti jejích rohů ale i v jiných místech. Místa vzniku vyšších tahových napětí (tam je předpokládán vznik únavových mikrotrhlin) jsou tedy proměnná. Jsou závislá na aktuálním teplotním a vlhkostním gradientu po tloušťce desky v součinnosti s konkrétní polohou kolového zatížení. Z tohoto

pohledu je jediným korektním přístupem uvažování všech poloh kolového zatížení v předpokládané jízdě stop, tj. uvažování pohyblivého zatížení. V několika studiích je diskutován také vliv rychlosti kolového zatížení na celkovou odezvu konstrukce CB vozovky. Ačkoliv vliv rychlosti vozidel u tuhých CB vozovek nemusí být tak významný jako u netuhých, některé ze studií (např. [1]) prokazují zjevné rozdíly v hodnotách tahových napětí CB krytu (viz obr. 1), a to obzvláště pokud má podkladní systém nižší tuhost.



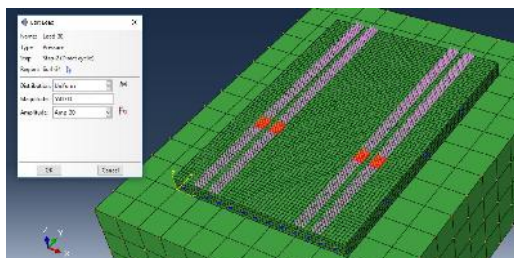
Obr. 1 Efekt rychlosti na odezvu CB vozovky – spáry s trny – náprava se 2 zdvojenými koly – tahová napětí [1].

V českém předpise TP 170 [2] je významně zohledněn vliv rychlosti těžkých nákladních vozidel pouze pro netuhé vozovky. V tomto výzkumu je řešeno modelování rychlosti kolového zatížení. Přestože ani kolové zatížení není při kontaktní analýze jednoduchou záležitostí, je pro sledované únavové chování CB možno zjednodušeně uvažovat rovnoměrné rozprostření kontaktního napětí pod zatěžovací plochou (otiskem pneumatiky). Geometrie, velikost zatěžovací plochy a intenzita kolového zatížení jsou zvoleny v souladu s předpisem [2] s tím rozdílem, že kruhové zatěžovací plochy byly nahrazeny plochami obdélníkovými. Intenzita zatížení zůstává 0,55 MPa. Tahové zatížení je umístěno přímo na elementy CB desky (obr. 2). Jejich velikost byla volena i s ohledem na výslednou zatěžovací plochu otisku kola.



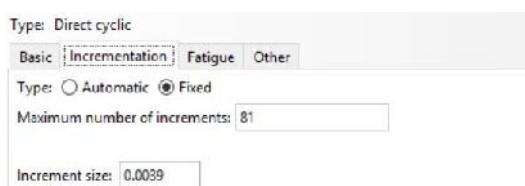
Obr. 2 Aproximace kolového zatížení (návrhová náprava).

Postupná zm na polohy zatížení (vždy pouze o velikost jednoho elementu) zajiš uje pot ebnou plynulost pohybu kol.



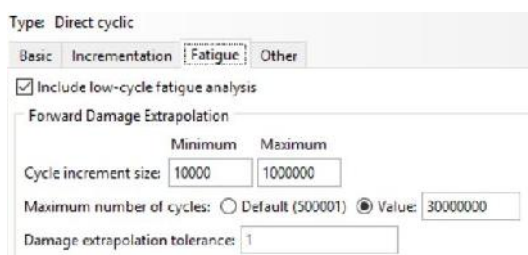
Obr. 3 Kolové pohyblivé zatížení 3D modelu (ABAQUS).

Rychlost pohybu kola je nastavena velikostí tzv. inkrementu (p ír stku) p i definování procedury „Direct Cyclic“ v programu ABAQUS [3] (rychlost závisí na celkovém po tu element ve sm ru kolového zatížení (obr. 3), velikosti elementu a nastavení délky jednoho zat žovacího cyklu (obr.4)).



Obr. 4 Po et inkrement v jednom cyklu (ABAQUS).

Dále je umožn na definice množství cykl i v pot ebných ádech desítek milion pohyb (viz obr. 5)



Obr. 5: Nastavení výsledného po tu cykl (ABAQUS).

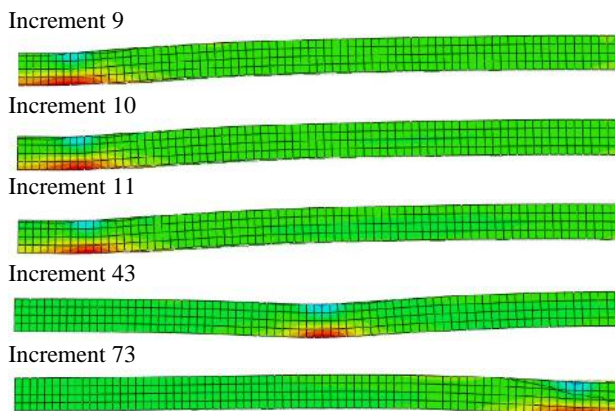
## Výsledky

Tabelárn jsou sestaveny amplitudy (obr. 6) pro jednotlivé polohy zatížení a konkrétní asy v rámci p íslušného kroku zat žovacího cyklu. V tomto p ípad byla modelována rychlost 60 km/h.

V obr. 7 je zachycena postupná zm na polohy maximálních nap tí vznikajících od pohyblivého kolového zatížení (inkrement 9, 10, 11) a následn n které další polohy nap tí (inkrement 43 a 73).

steptime	1	steptime	2	steptime	3	steptime	4	steptime	5	stept
0.003900000	0	0.003900000	0	0.003900000	0	0.003900000	0	0.003900000	0	0.003900000
0.003900100	1	0.003900100	0	0.003900100	0	0.003900100	0	0.003900100	0	0.003900100
0.007800000	1	0.007800000	0	0.007800000	0	0.007800000	0	0.007800000	0	0.007800000
0.007800100	0	0.007800100	1	0.007800100	0	0.007800100	0	0.007800100	0	0.007800100
0.011700000	0	0.011700000	1	0.011700000	0	0.011700000	0	0.011700000	0	0.011700000
0.011700100	0	0.011700100	0	0.011700100	1	0.011700100	0	0.011700100	0	0.011700100
0.015600000	0	0.015600000	0	0.015600000	1	0.015600000	0	0.015600000	0	0.015600000
0.015600100	0	0.015600100	0	0.015600100	0	0.015600100	1	0.015600100	0	0.015600100
0.019500000	0	0.019500000	0	0.019500000	0	0.019500000	1	0.019500000	0	0.019500000

Obr. 6 Amplitudy zatížení (tabelární forma).



Obr. 7 Nap tí od pohyblivého zatížení - podélný ez CB deskou pod dvojicí kol (ABAQUS).

## Záv r

V dalších obdobích ešení se výzkum zam í na zohledn ní dynamických ú ink , které je pro n které rychlosti nutné zahrnout. Náro nost dynamické analýzy s nejtší pravd podobností povede k ur ítým zjednodušujícím p edpoklad m. Dále bude implementováno zatížení od teploty a zp esn n únavový materiálový model (nap . CDP [4]).

## Literatura

- [1] Yousefi Darestani, Mostafa and Thambiratnam, David and Nata-atmadja, Andreas and Baweja, Daksh (2006) Dynamic Response of Concrete Pavements under Vehicular Loads. In Scientific Committee, IABSE, Eds. Proceedings IABSE Symposium - "Response to Tomorrow's Challenges in Structural Engineering" 92, pages pp. 104-105, Budapest, Hungary.
- [2] Fakulta stavební, VUT v Praze, VUT v Brn , Stavby silnic a železnic, a.s., ODS, a.s., TP 170, Navrhování vozovek pozemních komunikací (v etn Dodatku). 1st ed. Praha : MD R, 2004. 400 pp.
- [3] "ABAQUS/Standard User's Manual", Version 10.1,
- [4] Jankowiak, T., Lodygowski, T., " Identification of parameters of concrete damage plasticity constitutive model", Poznan University of Technology, Institute of Structural Engineering (ISE), Poland, 2005.