

ANALÝZA GEOMETRIE KONTAKTNÝCH PLŔCH KOLESA A KOĽAJNICE MOSTOVÉHO ŹERIAVA PRI PRIEČENÍ

Ing. Ján Burák, PhD.

Ing. Marek Schneider

Technická univerzita Košice

Strojnícka fakulta

Katedra konštruovania, dopravy a logistiky

Letná 9, 04200 Košice

www.janburak.szm.sk

e-mail: janburak@szm.sk

e-mail: marek.schneider@tuke.sk

Abstract

The negative effect of bridge cranes skewing is degradation of guiding structure of bridge cranes. This degradation is initialized of contact fatigue load caused by horizontal forces. Form of contact surface wheel and rail is subject to wheel and rail geometry. In this article is presented influence geometry on form and place of contact surface.

Key words

Skewing, bridge crane, contact fatigue.

ÚVOD

Pri priečení mostových Źeriavov s vedením pomocou nákolkov je v podstatnej miere namáhaná vodiaca funkčná štruktúra mostových Źeriavov. Pri priečení dochádza ku dotyku medzi nákolkami kolies Źeriava a bokmi hláv koĽajníc Źeriavovej dráhy. V miestach dotyku dochádza k opotrebeniu materiálov kolesa a koĽajnice. Táto degradácia je spojená s predčasnou výmenou prvkov vodiacej štruktúry Źeriava čo je ekonomicky neefektívne.

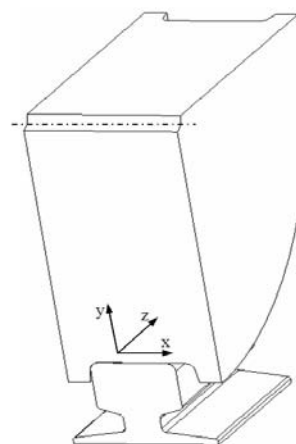
Pomocou modelovacích programov a programov využívajúcich MKP je možné modelovať vodiacu funkčnú štruktúru a simulovať zaťaženie vznikajúce pri priečení pre rôzne typy analýzy. Na základe výsledkov z týchto simulácií je možné realizovať konštrukčné zásahy pre optimalizáciu podmienok vznikajúcich pri priečení mostových Źeriavov.

Optimalizácia podmienok vznikajúcich pri priečení v konečnom dôsledku ovplyvňuje životnosť vodiacej štruktúry mostového Źeriava. Pre potreby vyhodnocovania výsledkov simulácií priečenia pomocou MKP a potrebu teoretického výpočtu kontaktných napätí je potrebné vykonať analýzu tvaru kontaktných plôch vodiacej štruktúry mostového Źeriava pri priečení.

MODEL VODIACEJ ŠTRUKTÚRY MOSTOVÉHO ŹERIAVA

Na tvorbu geometrie 3D modelu vodiacej štruktúry mostového Źeriava je možné použiť napr. CAD program Pro/ENGINEER WildFire. Model musí zodpovedať podmienkam pre nasledovné simulácie MKP. V modeli vodiacej štruktúry pri priečení je os kolesa posunutá o určitú vzdialenosť, v smere zaťaženia tak, aby dochádzalo k dotyku boku nákolka s bokom hlavy koĽajnice. Pre zjednodušenie je uvažovaný model podľa obr.1 kde je použitý princíp symetrie.

Je možné uvažovať s rovnakým tvarom prierezu kolesa a konštantným prierezom koĽajnice. V tomto modeli je použitý profil Źeriavovej koĽajnice JKL 100 z [7], [9] a rozmery profilov kolies sú použité z [4] a [5].



Obr. 1 Model vodiacej štruktúry mostového Źeriava pri priečení

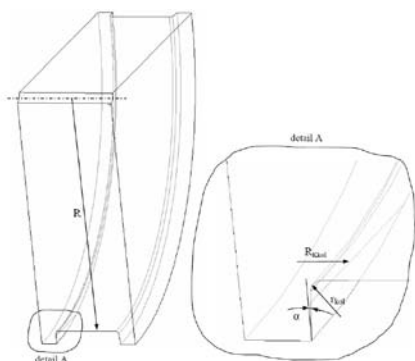
Kontakt kolesa a koĽajnice mostového Źeriava pri priečení

V súvislosti s elimináciou opotrebenia vodiacej štruktúry mostového Źeriava od priečenia je potrebné vykonať statickú napäťovú analýzu kolesa mostového Źeriava pomocou MKP. Mal by byť pozorovaný vplyv:

- polomerov krivosti kontaktnej plochy nákolka kolesa R_{kol}
- polomerov krivosti kontaktnej plochy koĽajnice R_{klj}
- polomeru kolesa R
- prechodového polomeru kolesa r_{kol}
- prechodového polomeru koĽajnice r_{klj}
- uhla nákolka α (obr.2)

- prípadne iných parametrov

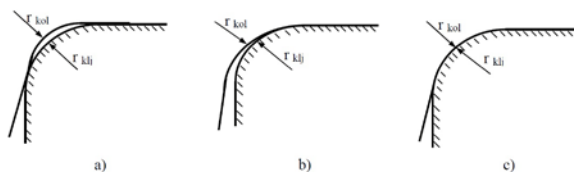
na priebeh zložiek kontaktných síl prípadne redukovaných napätí.



Obr. 2 Polomer krivosti nákolka kola R_{Kkol} , polomer kola R ($D/2$), prechodový polomer r_{kol} a uhol α

Prípady kontaktu kola a koľajnice

Podľa prierezu kola a koľajnice môžu pri kontakte pre prechodové polomery r_{kol} a r_{klj} nastať všeobecne tri prípady podľa obr.3.

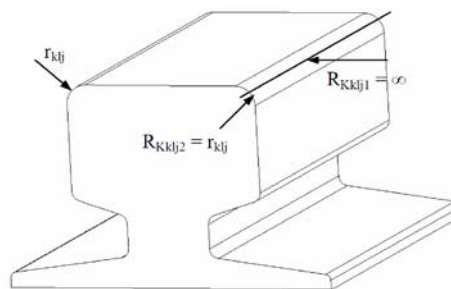


Obr. 3 Prechodové polomery r

- $r_{kol} < r_{klj}$
- $r_{kol} > r_{klj}$
- $r_{kol} = r_{klj}$

Podľa uvedených prípadov kontaktu medzi kolesom a koľajnicou mostového žeriava sa môžu horizontálne sily vznikajúce pri priečení (v smere osi x) prenášať na rôznych miestach. V prípade a) dochádza k prenosu horizontálnych síl priamo na nákolku kola. V prípade b) a c) je stanovenie miesta kontaktu nejednoznačné. Závisí to od uhla α a prechodových polomerov r_{kol} a r_{klj} . Z uvedených prípadov rovnako vyplýva možná zmena polomerov krivosti R_K .

Pri výpočte kontaktných napätí podľa Hertzovej teórie je uvažované s polermi krivosti v dvoch hlavných oskulačných rovinách. V nadväznosti na to sú použité označenia pre polomery R_{Kkol1} , R_{Kkol2} , R_{Kklj1} , R_{Kklj2} . Hodnoty týchto polomerov sú závislé od prípadov kontaktu teda od polohy kontaktnej plochy. Polomery krivosti koľajnice R_{Kklj1} a R_{Kklj2} môžu byť uvažované podľa obr. 4.

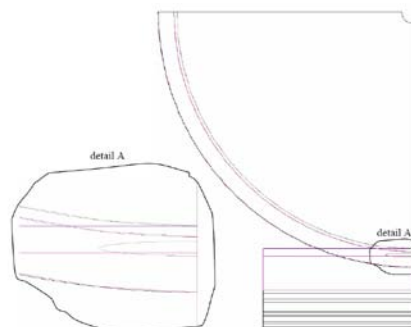


Obr. 4 Polomery krivosti koľajnice R_{Kklj} a prechodový polomer r_{klj}

Poloha a tvar kontaktnej plochy kola a koľajnice

V programe Pro/ENGINEER pomocou príkazu pre zobrazovanie prieniku plôch – intersect je možné zistiť polohu a tvar kontaktnej plochy medzi kolesom a koľajnicou. V prípade kontaktu a) podľa obr.3 je tvar a poloha kontaktnej plochy na obr. 5. Pre polomer krivosti R_{Kkol2} platí:

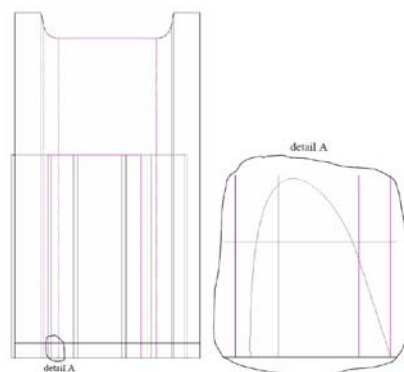
$$R_{Kkol2} = \infty$$



Obr. 5 Bokorys – kontaktná plocha pre prípad a) $r_{kol} < r_{klj}$

V prípade kontaktu b) podľa obr.3 je tvar a poloha kontaktnej plochy na obr. 6. Pre polomer krivosti R_{Kkol2} platí:

$$R_{Kkol2} = r_{kol}$$

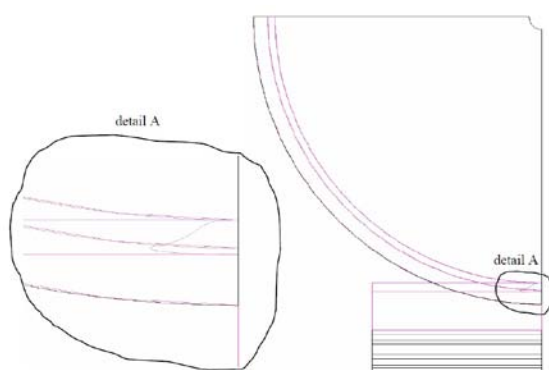


Obr. 6 Pôdorys – kontaktná plocha pre prípad b) $r_{kol} > r_{klj}$

V prípade kontaktu c) podľa obr.3 je tvar a poloha kontaktnej plochy na obr.7. Pre polomer krivosti R_{Kkol2} v tomto prípade vzhľadom k zložitejšiemu tvaru a polohe kontaktnej plochy platí:

$$R_{Kkol2} \geq r_{kol}$$

Kontaktná plocha sa v tomto prípade vzhľadom na koľajnicu nachádza v miestach prechodu plochy boku hlavy koľajnice na plochu prechodového polomeru koľajnice. Vzhľadom na koleso je to v miestach prechodu plochy na boku nákolka na plochu prechodového polomeru kolesa.



Obr. 7 Bokorys – kontaktná plocha pre prípad c) $r_{kol} = r_{klj}$

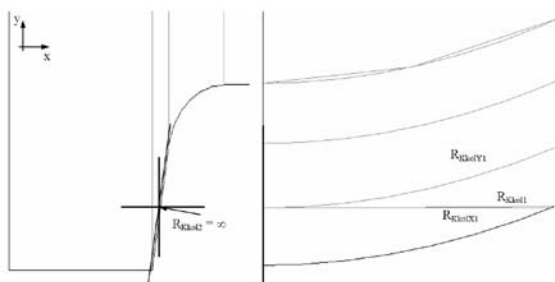
Zložky polomerov krivosti

V programe Pro/ENGINEER pomocou príkazu intersect je možné vytvoriť krivku predstavujúcu polomer krivosti v oskulačnej rovine kontaktnej plochy v konkrétnom mieste (obr.8). Hodnotu polomeru krivosti je možné zmerať pomocou príkazu analysis – geometry – radius.

Pri uvažovaní zložiek kontaktných síl môže byť v prípade kontaktu a) polomer krivosti kontaktnej plochy nákolka kolesa R_{Kkol1} uvažovaný v zložkách v horizontálnej rovine ako R_{KkolX1} alebo v rovine vertikálnej R_{KkolY1} . Potom pre R_{Kkol1} platí:

$$R_{Kkol1}^2 \approx R_{KkolX1}^2 + R_{KkolY1}^2 \quad (1)$$

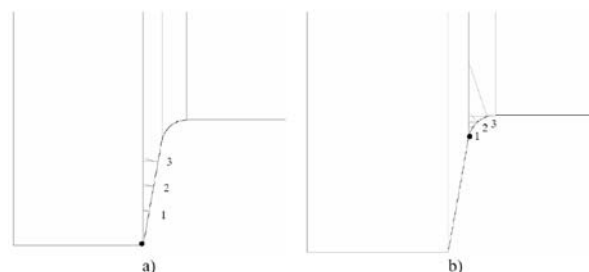
V prípadoch kontaktu b) a c) v súvislosti s $R_{Kkol2} \neq \infty$ vzťah (1) neplatí.



Obr. 8 Polomery krivosti kontaktnej plochy nákolka kolesa R_{Kkol} pre prípad a)

Polohy polomerov krivosti

Hodnoty polomeru R_{Kkol1} sa menia aj so zmenou polohy na nákolku kolesa (pozri obr.9). Na obr.9a) je uvažovaný reálny prírastok vzdialenosti jednotlivých polôh 5 mm. Na obr.9b) je prírastok rovný 2 mm. Nárast vzdialenosti je od miesta označeného na obr.9 čiernou bodkou.



Obr. 9 Polomery krivosti kontaktnej plochy nákolka kolesa R_{Kkol1} pri rôznych polohách na nákolku

VÝSLEDKY RIEŠENIA

Z výsledkov riešenia uvedených v tabuľke 1, 2 a 3 vyplývajú závislosti znázornené na obr.10, 11, 12 a 13. Trend na obr.10 poukazuje na pokles polomeru krivosti kolesa R_{Kkol} pri náraste uhla nákolka kolesa α . Trend na obr.11 znázorňuje nárast R_{Kkol} pri náraste priemeru kolesa D a trendy na obr.12 a 13 znázorňujú pokles R_{Kkol} pri šiestich rôznych polohách na nákolku kolesa podľa obr.9.

Tab.1 Polomery krivosti kolesa

$$\alpha = 5^\circ, r_{kol} = 5\text{mm}$$

Poloha/priemer	D=630mm	D=710mm	D=900mm
1=5mm	$R_{Kkol}=3840\text{mm}$	$R_{Kkol}=4299\text{mm}$	$R_{Kkol}=5389\text{mm}$
2=10mm	$R_{Kkol}=3778\text{mm}$	$R_{Kkol}=4237\text{mm}$	$R_{Kkol}=5328\text{mm}$
3=15mm	$R_{Kkol}=3716\text{mm}$	$R_{Kkol}=4175\text{mm}$	$R_{Kkol}=5266\text{mm}$
1=2mm	$R_{Kkol}=415\text{mm}$	$R_{Kkol}=467\text{mm}$	$R_{Kkol}=590\text{mm}$
2=4mm	$R_{Kkol}=132\text{mm}$	$R_{Kkol}=149\text{mm}$	$R_{Kkol}=187\text{mm}$
3=6mm	$R_{Kkol}=29\text{mm}$	$R_{Kkol}=33\text{mm}$	$R_{Kkol}=41\text{mm}$

Tab.2 Polomery krivosti kolesa

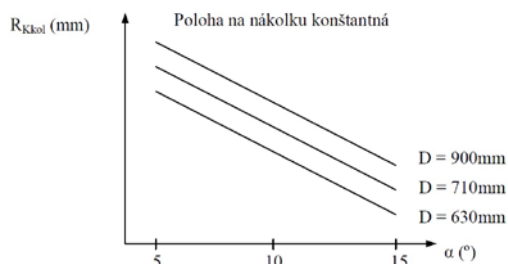
$$\alpha = 10^\circ, r_{kol} = 5\text{mm}$$

Poloha/priemer	D=630mm	D=710mm	D=900mm
1=5mm	$R_{Kkol}=1927\text{mm}$	$R_{Kkol}=2158\text{mm}$	$R_{Kkol}=2705\text{mm}$
2=10mm	$R_{Kkol}=1897\text{mm}$	$R_{Kkol}=2127\text{mm}$	$R_{Kkol}=2675\text{mm}$
3=15mm	$R_{Kkol}=1866\text{mm}$	$R_{Kkol}=2097\text{mm}$	$R_{Kkol}=2644\text{mm}$
1=2mm	$R_{Kkol}=503\text{mm}$	$R_{Kkol}=567\text{mm}$	$R_{Kkol}=717\text{mm}$
2=4mm	$R_{Kkol}=157\text{mm}$	$R_{Kkol}=176\text{mm}$	$R_{Kkol}=223\text{mm}$
3=6mm	$R_{Kkol}=43\text{mm}$	$R_{Kkol}=48\text{mm}$	$R_{Kkol}=62\text{mm}$

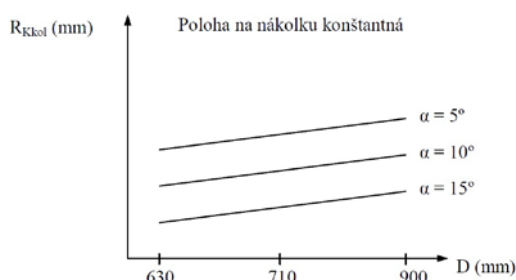
Tab.3 Polomery krivosti kolesa

$$\alpha = 15^\circ, r_{kol} = 5\text{mm}$$

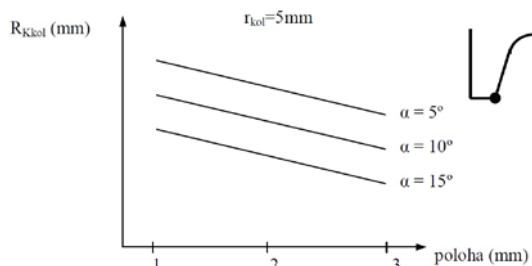
Poloha/priemer	D=630mm	D=710mm	D=900mm
1=5mm	$R_{Kkol}=1293\text{mm}$	$R_{Kkol}=1448\text{mm}$	$R_{Kkol}=1815\text{mm}$
2=10mm	$R_{Kkol}=1274\text{mm}$	$R_{Kkol}=1428\text{mm}$	$R_{Kkol}=1795\text{mm}$
3=15mm	$R_{Kkol}=1253\text{mm}$	$R_{Kkol}=1408\text{mm}$	$R_{Kkol}=1775\text{mm}$
1=2mm	$R_{Kkol}=513\text{mm}$	$R_{Kkol}=577\text{mm}$	$R_{Kkol}=731\text{mm}$
2=4mm	$R_{Kkol}=195\text{mm}$	$R_{Kkol}=220\text{mm}$	$R_{Kkol}=278\text{mm}$
3=6mm	$R_{Kkol}=89\text{mm}$	$R_{Kkol}=101\text{mm}$	$R_{Kkol}=127\text{mm}$



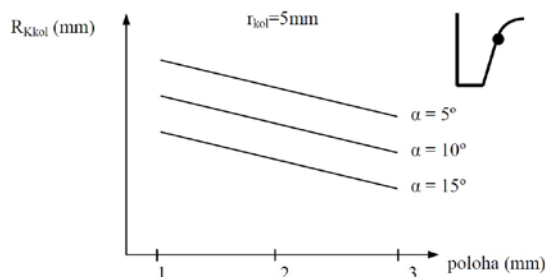
Obr. 10 Trend závislosti polomeru krivosti R_{Kkol} na uhle nákolku α



Obr. 11 Trend závislosti polomeru krivosti R_{Kkol} na polomere kola R



Obr. 12 Trend závislosti polomeru krivosti R_{Kkol} na polohe na nákolku kola



Obr. 13 Trend závislosti polomeru krivosti R_{Kkol} na polohe na nákolku kola

ZÁVER

Zo vzťahov Hertzovej teórie pre výpočet kontaktných napätí vyplýva, že so znižovaním polomeru krivosti kontaktnej plochy R_K narastajú kontaktné napätia. Podľa uvedených závislostí preto vyplýva, že pre podmienky vodiacej štruktúry mostového žeriava vznikajúce pri priečení žeriava je vhodné v rámci konštrukčných zásahov:

- voliť uhol nákolku α väčší
- voliť menší polomer kola R
- voliť prechodové polomery r_{kol} a r_{klj} tak aby miesto kontaktu bolo v súvislosti s / obr.9 a grafickou interpretáciou trendu na obr.12 a obr.13.

Výsledky uvedenej analýzy tvaru kontaktných plôch sú vstupnou informáciou pre analýzu kontaktného zaťaženia pri priečení pomocou MKP [2].

Problematika stanovenia životnosti vodiacej štruktúry mostového žeriava od priečenia a s tým spojená analýza kontaktu kola a koľajnice je v súčasnosti riešená v rámci projektu VEGA 1/0356/11 Inovačné procesy v konštrukcii pohonných jednotiek dopravných prostriedkov, strojov a optimalizácia materialových tokov a logistiky za účelom úspory energia a zvýšenia spoľahlivosti pre aplikačné potreby v praxi.

Literatúra

- [1] BOHÁČEK, F.: Části a mechanizmy strojů I – zásady konstruování, spoje, VUT, Brno, 1984
- [2] BIGOŠ, P., BURÁK, J., BOCKO, P.: In.: Vplyv priečenia mostového žeriava na rozloženie kontaktných tlakov vodiacej štruktúry žeriava, Loado, 2003, str.263-267
- [3] CVEKL, Z., DRAŽAN, F.: Teoretické základy transportních zařízení, Alfa, Praha, 1976
- [4] REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F.: Jeřáby I., SNTL, Praha, 1974
- [5] ON 27 15 28 – Pojezdová kola s ozubeným vencem a bez vence na valivých ložiskách
- [6] ON 27 01 06
- [7] ON 27 22 41
- [8] ON 28 03 35
- [9] <http://www.ortec.cz/>