VÝVOJ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ PRO SPOLEHLIVOU A DLOUHODOBOU FUNKCI MOSTŮ

Zpracovali: Doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Bc. Petr Kubiš (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V případě provádění montážních styků zejména železničních mostů bývají tyto často slabým místem z hlediska únavy. To vede k nutnosti zesílení prvku a větší spotřebě materiálu. V roce 2015 byla z tohoto důvodu provedena analýza, která měla za cíl zjistit alternativní možnosti zdokonalení detailu únavové kategorie 71 (kruhový výřez ve stojině nosníku pro provedení montážního svaru pásnice). Dalším cílem bylo zjištění únavové životnosti některých v praxi používaných řešení úprav tohoto detailu, a to jednak zavaření víčkem a jednak provedení okénka pro montážní svar pásnice a jeho zavaření (tzv. Olemutz). U zmíněných dvou detailů není s ohledem na vlivy reziduálních pnutí nikde kategorie detailu definována. Různá geometrická řešení tohoto detailu byla podrobena optimalizační parametrické analýze pomocí MKP programu Ansys. Výsledkem je doporučení pro úpravu geometrie výřezu s ohledem na redukci lokální napjatosti v kritickém místě.

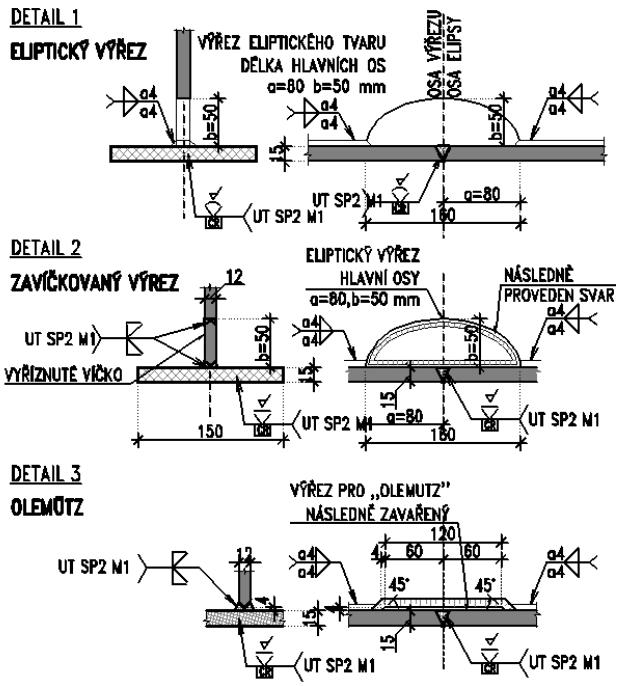
Oblast použití

Oblastí použití jsou veškeré ocelové mostní svařované konstrukce, kde existuje nutnost provádět dílenské nebo montážní styky konstrukcí, které jsou vystaveny významnému únavovému namáhání. Zejména se jedná o železniční mosty.

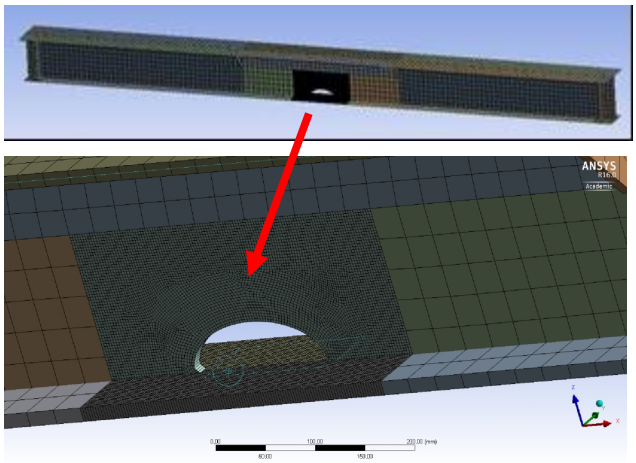
Metodika a postup řešení

Předmětem analýzy detailu byly výřezy různých křivek. Referenčním detailem se stala polokružnice o R=50mm. Jako parametr byla zvolena šířka detailu W (respektive vzdálenost kraje a osy detailu). Druhý zkoumaný parametr je výška výřezu označovaná L. Při změně šířky detailů byly uvažovány tyto tvary: parabola 2°, elipsa, ovál, viz obrázek 1.

Únavová životnost svařovaných detailů se dá určit pomocí třech základních metod. Těmi jsou posouzení na základě normálových napětí, hot-spot napětí a efektivních vrubových napětí. K ověření únavového chování zkoumaného detailu byly použity všechny zmíněné postupy. Pro letmý odhad životnosti - metoda uvažující normálové napětí, pro parametrickou analýzu – metoda hot spot napětí a pro kontrolu a upřesnění výsledků metoda efektivních vrubových napětí. V další činnosti bude využito vlastností metody hot spot napětí, která právě umožňuje porovnání výpočetního model a experimentu.



Obr. 1 Tři zkoumané detaily - výřez, zavaření víčkem a „Olemutz.

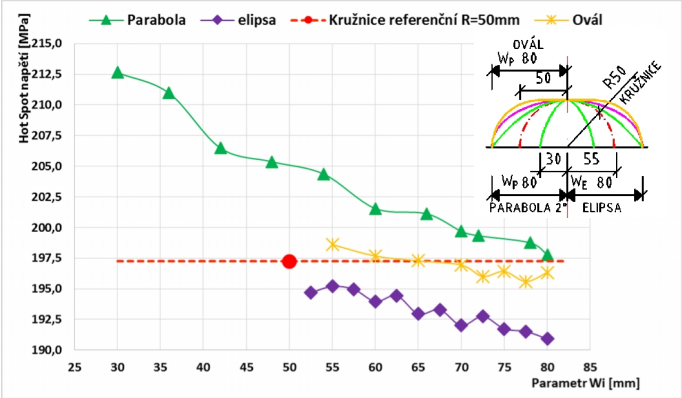


Obr. 2 Numerický model pro hot spot metodu.

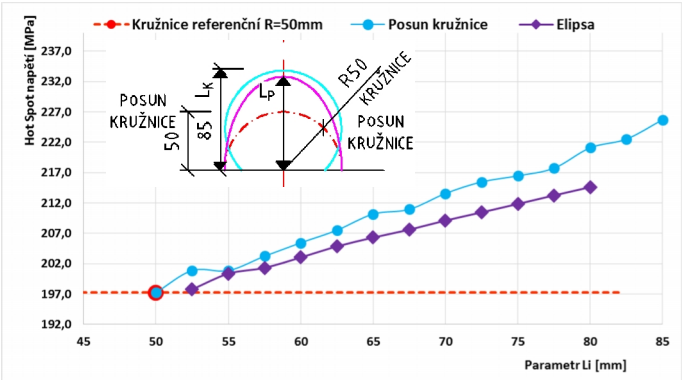
Výsledkem analýzy s parametrem W je graf, který má pro všechny křivky klesající trend, tedy

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

prodlužování výřezu má pozitivní vliv, viz obrázek 3. Při změně parametru (výšky) výřezu L naopak dostáváme závislosti, kdy při zvětšování parametru L roste hot spot napětí. Tvary pro tento parametr byly zvoleny na základě předchozích zkušeností a jedná se o elipsu a kružnici (která se vertikálně posouvá po své ose), viz Obrázek 4.

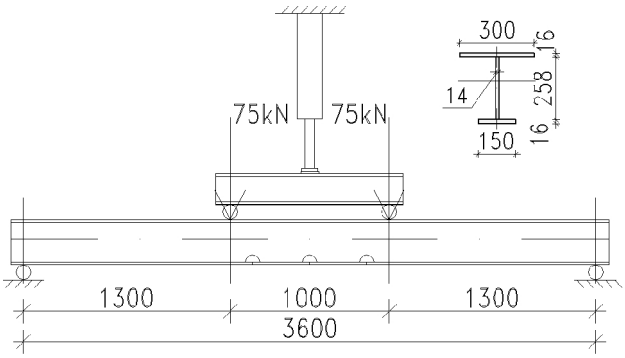


Obr. 3 Výsledky hot spot napětí pro křivky výřezu s proměnným parametrem W (šířka).



Obr. 4 Výsledky hot spot napětí pro křivky výřezu s proměnným parametrem L (výška).

Pro stanovení únavové životnosti je však vždy nezbytné provést experimentální ověření. Za tímto účelem byly vyrobeny za podpory firmy Bilfinger MCE Slaný s.r.o. celkem 3 zkušební vzorky, kde každý z nich obsahuje celkem 3 zkoumané detaily – cílem je získání většího počtu dat pro eliminaci nahodilých vlivů. Schéma zkušebního vzorku je na obrázku 5.



Obr. 5 Zkušební vzorek pro experimentální ověření.

Výsledky

Na základě provedené analýzy je možné usoudit, že výhodnější je použití detailů, které jsou spíše ploššího charakteru.

Při porovnávání jednotlivých křivek se jeví nejvýhodnějším tvarem elipsa. Dokazuje to i tabulka 1, kde jsou porovnány nejlepší alternativy detailů s životností referenční kružnice.

Tab. 1 Porovnání únavové životnosti křivek.

	nominální napětí - N	Hot Spot -H	faktor N/H	Životnost	Porovnání životností
	[MPa]	[MPa]	[-]	cyklů	%
referenční kružnice	117,288	195,819	1,670	266 358	0,00
Parabola	117,288	197,789	1,686	258 478	-2,96
Elipsa	117,288	190,917	1,628	287 406	7,90
Ovál	117,288	195,687	1,668	266 897	0,20

Z výsledků uvedené parametrické analýzy a technologických požadavků byl vybrán pro další práci eliptický výřez s rozměry hlavních os a=80mm, b=50mm (Detail 1). Zavíčkováním tohoto výřezu vznikne Detail 2, přičemž ale je do prvku vneseno pnutí od svařování, obdobně jako u Detailu 3, tzv. „Olemutzu“. Únavová kategorie detailu 2 a 3 zatím nebyla v literatuře ani normách stanovena. Tyto detaily budou zkoušeny a výsledky vyhodnoceny na začátku roku 2016.

Závěr

Parametrická analýza navrhuje zlepšený tvar únavového detailu kategorie 71, míra zlepšení bude zjištěna experimentálně. Tímto detailem je eliptický výřez (a=80mm, b=50mm). Uplynulý rok výzkumu také přinesl návrh vzorků, které budou podrobeny cyklické zatěžovací zkoušce důležité pro určení únavové kategorie probíraných detailů.

Literatura

[1] Hobbacher, A. Recommendations for fatigue design of welded joints and components. Paris: International Institute of Welding, 2008.

[2] Aygül, Mustafa. Fatigue Analysis of Welded Structures. Gothenburg: Department of Civil and Environmental Engineering, 2012.

[3] Fatigue Strength Improvement of Weld Joints with Cope Hole. Min Choi, Sung, Tateishi, Kazuo a Takeshi, Hanji. 4, Nagoya: Department of Civil Eng., 2013, Sv. Vol 13.

[4] Dyląg, Zdzisław a Orłos, Zbigniew. Únava materiálu a její zkoušení. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1968.

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