

THE COMPARISON OF METHOD FOR THE MASONRY BRIDGE LOAD CAPABILITY DETERMINATION DEVELOPED AT CVUT- FACULTY OF CIVIL ENGINEERING WITH ACTUAL METHODS USED IN PRACTICE.**M. Posch*, P. Řeřicha **, V. Kukaň *****

Summary: *The article deals with the comparison of the new method for the masonry bridge load capability determination against the actual methods used in practice. Since the methods, which are used in practice are very conservative, the CTU method is based on the conservatism parameter searching, where as the general parameter was established the depth of cracks in arch barrel. The comparison was carried out among the CTU method(CR), MEXE method(UK) and CSN 73 6220(CR).*

1. Úvod

V naší zemi i jinde ve světě se nachází značné množství zděných klenbových mostů různého rozměru, stáří, využití i stavu. Velice důležitou a neoddelitelnou složkou pro určení nadálého způsobu využití mostů, popřípadě určení rozsahu rekonstrukce a údržby a označení mostů, je zjištění jejich maximálního zatížení nápravou. V dnešní době je celá řada způsobů odhadující zatížitelnost mostů, avšak tyto metody se ukazují být velice konzervativní (CTAP),(Design Manual for Roads and Bridges 2001),(Kukaň, V. - Hrdoušek, V. - Podolka, L 1997),(Sinopoli 1998), (UIC CODE 778-3/R).

Minulý rok byla na této konferenci (Posch, Marek. Engineering Mechanics 2007) naznačena metoda, která lze obecně použít pro porovnání parametricky podobných materiálově nelineárních sofistikovaných soustav podobně zatížených, kde každá soustava obsahuje několik nelineárních materiálů s různě předepsanými plochami plasticit (Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis manual). U takto složených soustav nelze použít zjednodušujících metod jako např. homogenizace. Článek navazuje na článek z minulého roku, kde byl popsán způsob získávání dat potřebných k převedení nelineární soustavy na soustavu lineární, která tvoří základ celé metody. Tyto data byly vybrány na základě vzájemné korelace hodnot u nelineárních a nelineárních soustav. Datové hodnoty tvoří u materiálově nelineárně modelovaných mostů hloubka trhliny v klenbě a u lineárních soustav lineární násobek maximální relativní křivosti v klenbě. Vhodným kritériem pro výběr parametru nelineárních modelů mostů je hloubka trhlin c_0 v klenbě. Hloubka trhlin nejen ovlivňuje maximální tlakové napětí ve spáře, ale výrazně ovlivňuje životnost mostu jakožto celku.

* Ing.Marek Posch, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, e-mail: marek.cmejla@fsv.cvut.cz

** Prof.Ing.Petr Řeřicha, DrSc., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, e-mail: rer@cml.fsv.cvut.cz

*** doc.Ing.Vlastimil Kukaň, CSc ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel.: +420 224 354 627, e-mail: vlastimil.kukan@fsv.cvut.cz

Životnost malty při opakovaném cyklickém zatížení závisí právě na velikosti tažené oblasti. Článek popisuje způsob korelace dat a porovnání výsledků metody s ostatními metodami, jež se nyní v praxi používají. Do těchto metod patří především ČSN 73 6220, založená na tabulkách a britská směrnice MEXE. U ČSN 73 6220 odpovídá $e_{lim.} = 0.25$, což je hodnota velmi konzervativní, viz závěr článku z minulého roku. Na ČVUT Fakultě stavební jsou obecně vyvíjeny dvě metody pro posuzování zděných klenbových mostů-zjednodušená a podrobná odhadní metoda. Příspěvek se zabývá popisem a srovnáním výsledků zjednodušené metody.

2. Zjednodušená odhadní metoda

Metoda odhadní, je určená pro běžné použití statikem pro manuální výpočet. Zatížitelnost se vypočte pomocí semiempirického vzorce z výše vyjmenovaných parametrů. K výpočtu stačí data z běžných prohlídek a mostního listu, doplněná o odhad tloušťky klenby d a výšky nadnáspu nad vrcholem klenby s . Metoda je určena k hromadnému použití v běžných případech. Pokud zatížitelnost vypočtená touto metodou nevyhovuje, je možno zpřesnit výpočet *podrobnou metodou*. Počlánek se zabývá pouze zjednodušenou metodou. Princip získávání údajů metody vyplývá z odvození aproximace funkce $e_{lim}(c_0, l_{im}, l, h, d, s)$

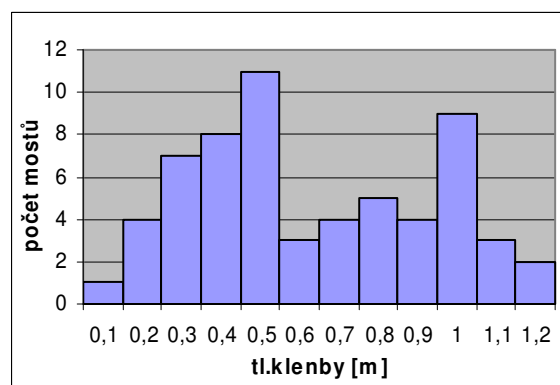
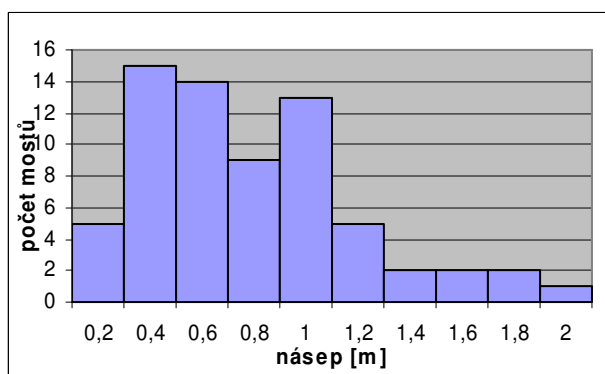
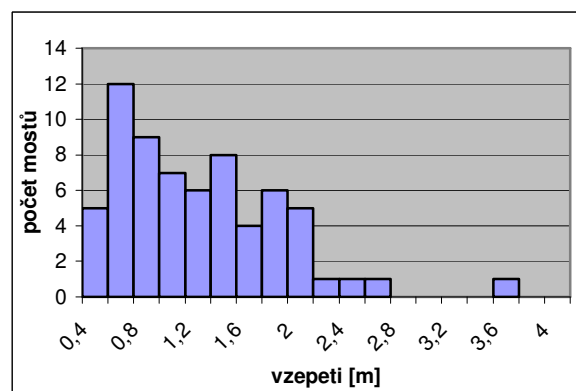
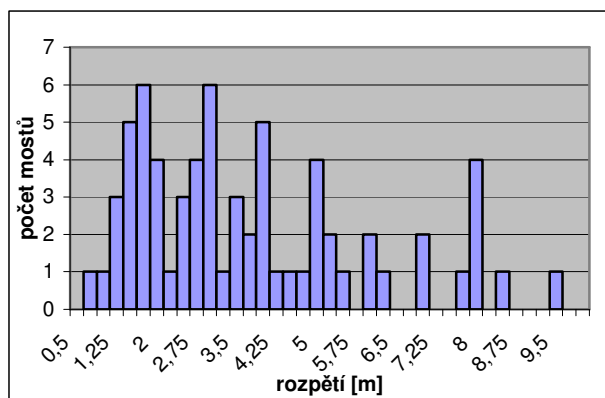
Závislost $e_{lim}(c_0, l_{im}, l, h, d, s)$ nelze popsat analyticky, nýbrž pouze v jednotlivých bodech množiny nezávislých proměnných (c_0 a parametrů klenby), tj pro jednotlivé konfigurace kleneb, pomocí numerických řešení kleneb MKP. Pro praktické použití je ovšem třeba tuto závislost aproximovat jednoduchou funkcí, která bude nejbližší skutečné závislosti. Vzdálenost skutečné a aproximované funkce $e_{lim}(c_0, l_{im}, l, h, d, s)$ se měří součtem druhých mocnin rozdílů těchto funkcí pro jednotlivé konfigurace kleneb. Aproximace závisí na výběru konfigurací, který by mněl co nejlépe reprezentovat celou množinu konfigurací. Množina konfigurací je omezena rozsahem parametrů, pro který má metoda určení zatížitelnosti platit. Konkrétní údaje získané z každé konfigurace byly popsány v minulém článku.

2.1 Meze použitelnosti

Ke stanovení rozsahu parametrů je možno použít našeho vlastního průzkumu, který probíhal v letech 2006 a 2007 (Posch, Marek. Technical report ČVUT Stavební fakulta. FAST. 2007-75str.). Druhý pramen je podstatně rozsáhlejší, chybí v něm ale údaje o vzepětí, tloušťce klenby a výšce náspu nad vrcholem klenby, které jsou pro posuzování kleneb nezbytné. Na základě vyhodnocení (Kukaň, Václav. Technical report, Parametry našich klenbových mostů. Praha : ČVUT Stavební fakulta. FAST. 2005.) byl stanoven rozsah rozpětí na 2-8 m. Použitelnost tohoto intervalu souhlasí s naším průzkumem.

2.2 Statistická data průzkumu

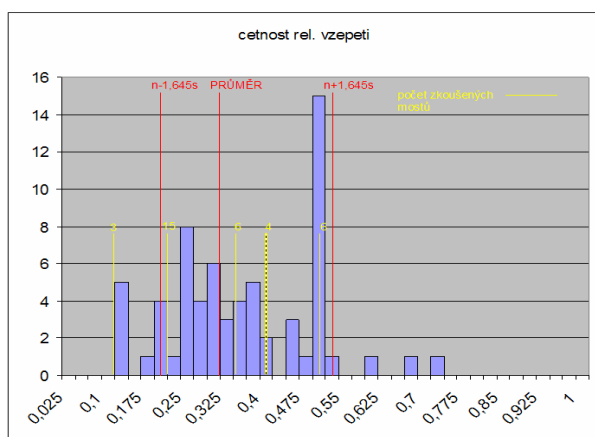
Hlavní statistické výsledky průzkumu (Posch, Marek. Technical report ČVUT Stavební fakulta. FAST. 2007-75str.) jsou na obr.1-4. Pro relativní vzepětí, tloušťku klenby a výšku náspu v koruně jsou průměry a směrodatné odchylky shrnuty v Tab 1. Závěry týkající se rozsahu platnosti metody lze učinit na základě (Posch, Marek. Technical report ČVUT Stavební fakulta. FAST. 2007-75str.) a (Kukaň, Václav. Technical report, Parametry našich klenbových mostů. Praha : ČVUT Stavební fakulta. FAST. 2005.)



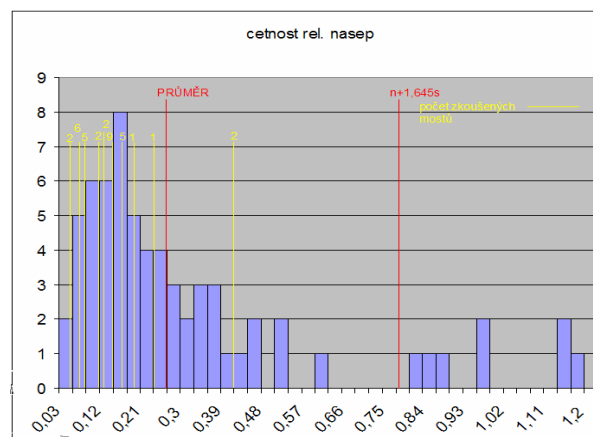
Obr. 1:Histogramy průřkumu .

Tab. 1Statistika průřkumu klenbových mostů

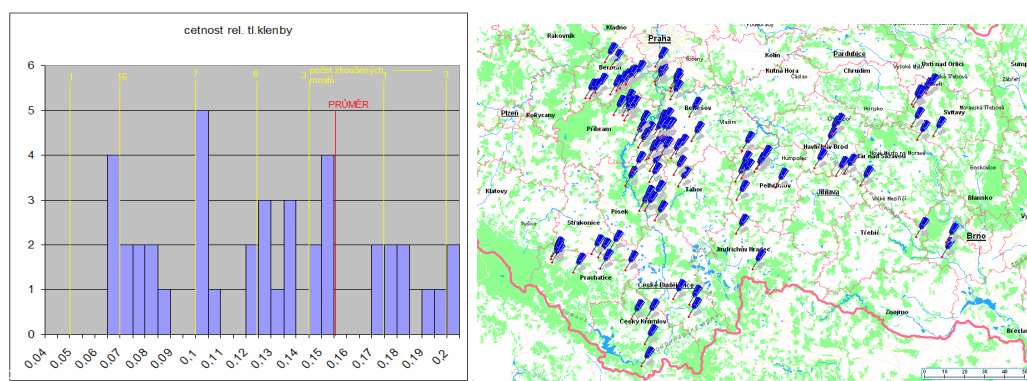
	h/l	d/l	s/l
μ	0,35015	0,163472	0,307459
σ	0,137456	0,108663	0,305931



Obr. 2:Histogram relativního vzepětí.



Obr. 3:Histogram relativního násep.



Obr. 4: Histogram relativní tloušťky, část oblasti průzkumu mostů.

2.3 Rozsah platnosti metody

Pro další parametry kleneb je výhodné stanovit meze relativních rozměrů h/l , d/l a s/l , které mají menší relativní variabilitu než rozměry absolutní. Podle obr.2,3,4 jsou přijatelné meze

$$\begin{aligned} 2 < l < 8[\text{m}] \\ 0.15 < h/l < 0.5 \\ 0.07 < d/l < 0.2 \\ 0.08 < s/l < 0.45, \end{aligned}$$

které pokrývají celou zjištěnou populaci až na několik výjimek vyšších náspů u krátkých kleneb.

3. Porovnání zjednodušené metody s metodami běžně používanými v praxi.

Metoda je použitelná pro mosty ve stavebním stavu I-IV podle ČSN 736221. Stav IV (citovány jsou přípustné vady a poruchy.):

Vady a poruchy nemají okamžitý nepříznivý vliv na zatížitelnost, které však mohou zatížitelnost v budoucnu ovlivnit (prosakující voda, zakořeněná vegetace, místně vydrolená spárová malta trhliny v nosné konstrukci, postřehnutelná trvalá deformace nosné konstrukce nebo podpěr bez viditelných trhlin).

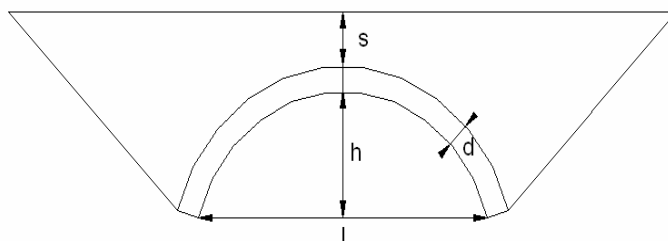
3.1 Směrná relativní excentricita e_{lim}

Relativní excentricita e je excentricita podélné normálové síly v klenbě, dělená tloušťkou klenby. Excentricita kladná i záporná k rubu klenby se posuzují stejně.

$$\begin{aligned} e_{\text{lim}} = & (0.331797 l - 2.78314 h + 5.03327 d - 0.365148 s + 1.41245) c02 + \\ & + (-0.319845 l + 1.95888 h - 1.36672 d + 0.14315 s - 0.71357) c0 + \\ & + (0.0377358 l - 0.264179 h + 0.143601 d - 0.105683 s + 0.392736), \end{aligned} \quad (1).$$

kde parametry, které jsou zobrazeny na (obr. 2) znamenají

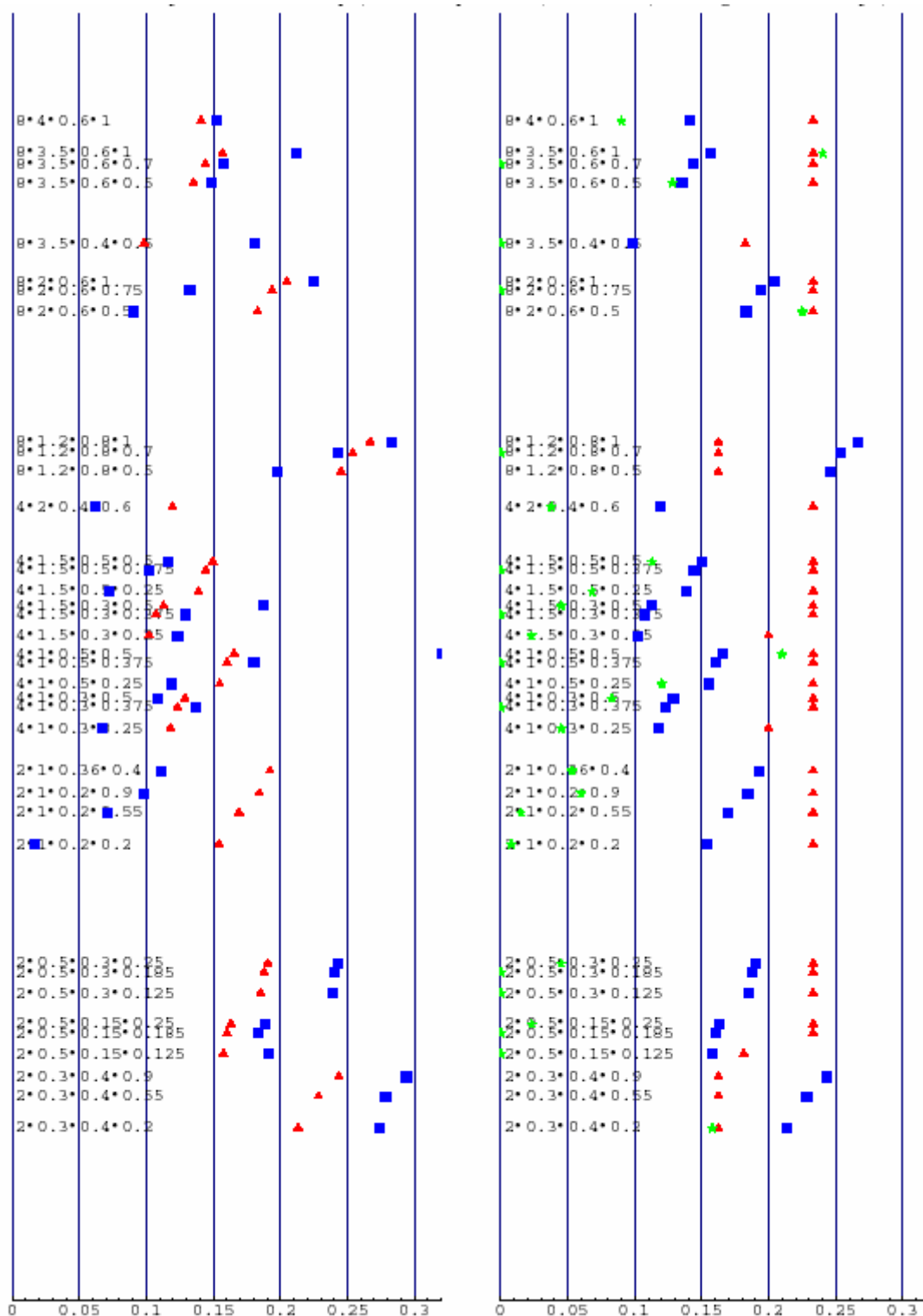
- l kolmé rozpětí mostu
- hsvětla výška oblouku klenby
- dtloušťka klenby
- stloušťka nadnáspu klenby ve vrcholu klenby
- c_0směrná relativní hloubka trhliny, kalibrovaná a dohodnutá hodnota v rozmezí (0-0.5)



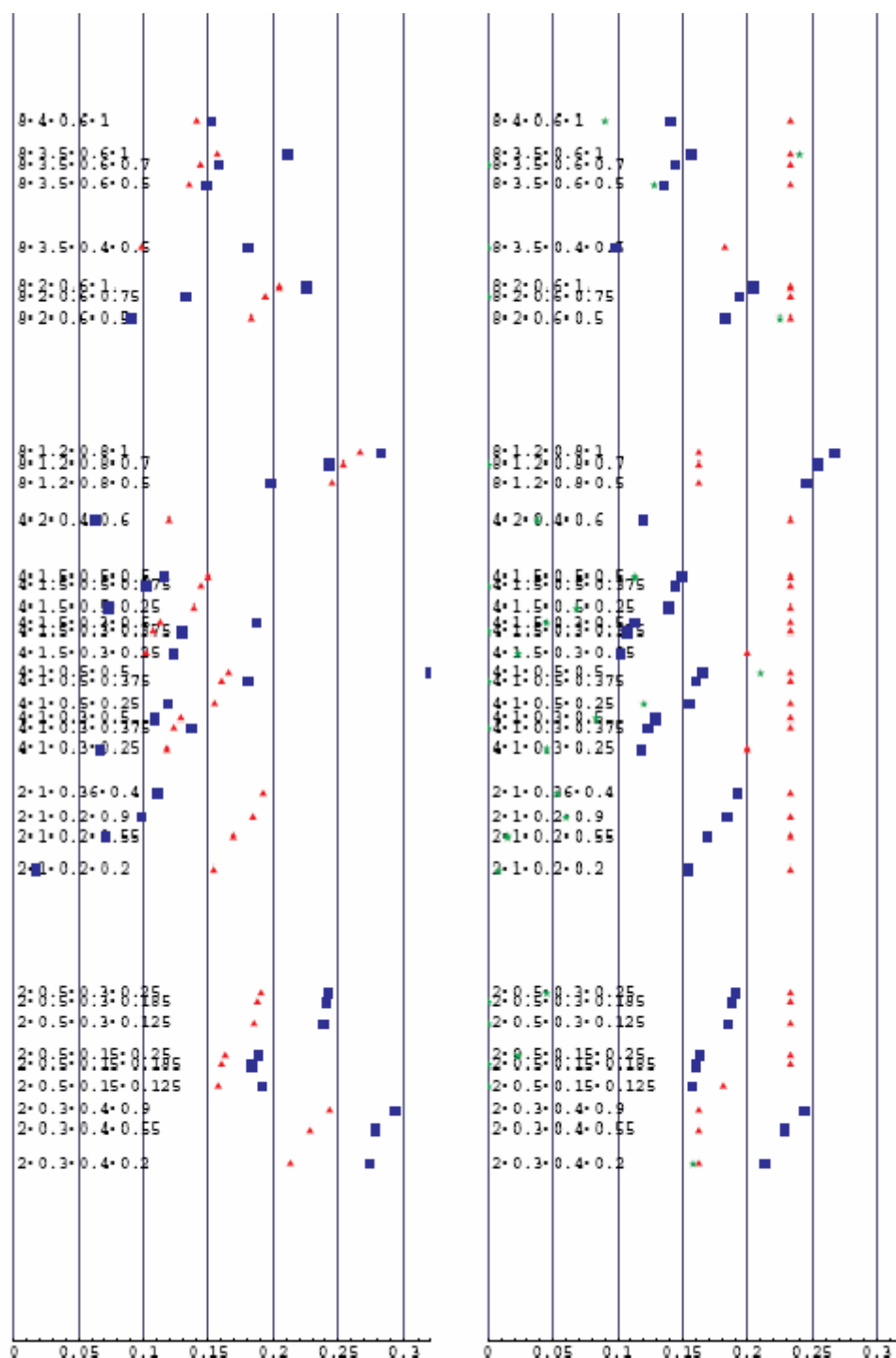
Obr. 5: Geometrické označení mostu

3.2 Srovnání metody vyvíjené na ČVUT s metodou MEXE a ČSN 73 6220.

Srovnání metody vyvíjené na ČVUT fakultě stavební, jejíž základ byl popsán v (Posch, Marek. Engineering Mechanics 2007) s metodami MEXE a ČSN 73 je ukázáno na obr. 6,7. Od původního znázornění metody se opustilo, protože 3D vyjádření výsledků může zahrnovat pouze malou část prvků z celkové reprezentace a pro celkový přehled by bylo třeba provést velké množství podobných grafů viz obr.6. Přistoupilo se proto k vyjádření přehlednějšímu.



Obr. 6: Calibrace $Co = 0,4$. V levo: (f_{rel}) semiempirické formule (červený trojúhelník), přesná hodnota e_{lim} (modrý čtverec). Na pravo: (f_{rel}) MEXE metoda (červený trojúhelník), přesná hodnota e_{lim} (modrý čtverec), ČSN 73 6220 (Zelené označení).



Obr. 7: Calibrace $C_o = 0,4$. V levo: (únosnost nápravy v MN/m) semiempirické formule (červený trojúhelník), přesná hodnota e_{lim} (modrý čtverec). Na pravo: (únosnost nápravy v MN/m) MEXE metoda (červený trojúhelník), přesná hodnota e_{lim} (modrý čtverec), ČSN 73 6220 (Zelené označení).

Z porovnání vyplývá, že metoda vyvíjená na ČVUT-Fakultě stavební pro mezní únosnost zděných klenbových mostů prokazuje několikanásobně větší zatížitelnost oproti ČSN 73 6220. Metoda s porovnáním s MEXE není jednoznačná. Velikost maximální přípustné trhliny

v klenbě bude nutno ještě určit na základě zkoušek. Je zde možnost, že při určité dosažené hloubce trhliny je takto narušený most staticky bezpečný, avšak při dynamickém opakování rozevírání a zavírání trhliny může docházet k vydrolování malty a tedy celkové nestabilitě mostu (Řeřicha, P 2000).

References

Posch, Marek. Juniorstav 2007, Metoda určení mezní zatížitelnosti zděných klenbových mostů. Brno : VUT FAST. 2007. 5str.. ISBN 80-214-3113-X.

Posch, Marek. Technical report, Vizuální průzkum a dokumentace zděných obloukových mostů v kraji Jihočeském a Vysočina. Praha : ČVUT Stavební fakulta. FAST. 2007. 78str.

Kukaň, Václav. Technical report, Parametry našich klenbových mostů. Praha : ČVUT Stavební fakulta. FAST. 2005.

CTAP, Masonry arch Assessment Package. [Manual], University of Wales Cardiff, Mott MacDonald 1990.

Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 3, Section 4, Part 4. The assessment of Highway Bridges and Structures. [Technical Report], London, Department of transport 2001.

Kukaň, V. - Hrdoušek, V. - Podolka, L.: Zpřesnění a úprava metodiky stanovení zatížitelnosti mostů pozemních komunikací, zděné klenbové mosty. [Zpráva], Praha, ČVUT Stavební fakulta, projekt S203/120/705/97 Ministerstvo dopravy, Příloha 4.

Sinopoli, A.: Arch Bridges, History, Analysis, Assessment, Maintenance and Repair. Rotterdam, Balkema 1998.

Tabulky zatížitelnosti klenbových mostů. Praha, Ministerstvo vnitra a ŽP ČSSR, správa pro dopravu 1989.

UIC CODE 778-3/R/ Recommendations for the Assessment of the Load Carrying Capacity of Existing Masonry and Mass-Concrete Bridges. Paris, International Union of Railways, 1995.

Řeřicha, P.: Static and Dynamic Limit Loads of Reinforced Concrete Structures. CTU Reports, Vol 4 , Praha, ČVUT 2000.

Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis verze 8.1.3. [Manuál k programu dostupný na CD], Watertown, Adina R & D 2004.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků Ministerstva dopravy České republiky č.p 1F55A/005/120