

APLIKACE SBRA PŘI POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI HALY V ELEKTRÁRNĚ POČERADY

Pavel Háša

ABSTRACT

This paper deals with possibility to use SBRA method for obtaining more exact combination of the particular horizontal deformations in serviceability limit state. Use of it is shown on an example of the power plant machinery house, where using Eurocode combination formula is too strict compared with relevant SBRA result .

KLÍČOVÁ SLOVA

Eurokód, jeřábové dráhy, SBRA, mezní stav použitelnosti, vodorovná zatížení od jeřábů

1 Úvod

V souvislosti s přechodem českých návrhových norem na normy evropské byly vydány i normy pro návrh jeřábových drah mostových jeřábů. Pro výpočet zatížení v současnosti platí norma [6], pro vlastní návrh nosníků jeřábových drah platí norma [5].

Zavedení obou těchto norem znamená značné zkomplikování statického výpočtu pro mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti a mezní stav únavy. Další komplikací je skutečnost, že ve stadiu projektování ocelové konstrukce zpravidla probíhá výběrové řízení na dodavatele jeřábu, takže většinou chybí vstupní údaje pro návrh. Navíc, ne všichni dodavatelé jeřábů vzali na vědomí existenci těchto evropských norem a tak často jsou vstupní údaje pro návrh jeřábových drah udávány podle neplatných či jiných evropských norem.

2 Rekapitulace vodorovných zatížení od mostových jeřábů

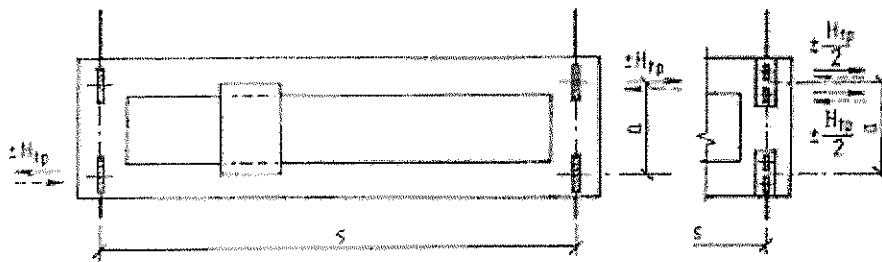
Norma ČSN 73 0035 [4] rozeznávala následující vodorovná zatížení od mostových jeřábů:

- podélná brzdná síla od setrvačných sil při rozjíždění a brzdění jeřábu B
- příčná brzdná síla B_t od setrvačných sil při rozjíždění a brzdění jeřábové kočky (rozdílně stanovená pro volné či tuhé zavěšení břemene)
- příčná síla H_{tp} od přičení mostu a jiných nerovností (tato síla závisí na parametru λ , stanoveného dle rozvoru a rozchodu kol jeřábu).
- síla na nárazník H_j

Tyto vodorovné síly se kombinovaly se svislými kolovými tlaky.

¹ Pavel Háša, Ing., Excon a.s., Sokolovská 187/203, Praha 9, 244015540, hasa@excon.cz.

Vodorovná síla H_{Tp} od příčeni mostu se koncentrovala do koncových kol mostu vždy na obou větvích jeřábové dráhy proti sobě (Obr. 1).

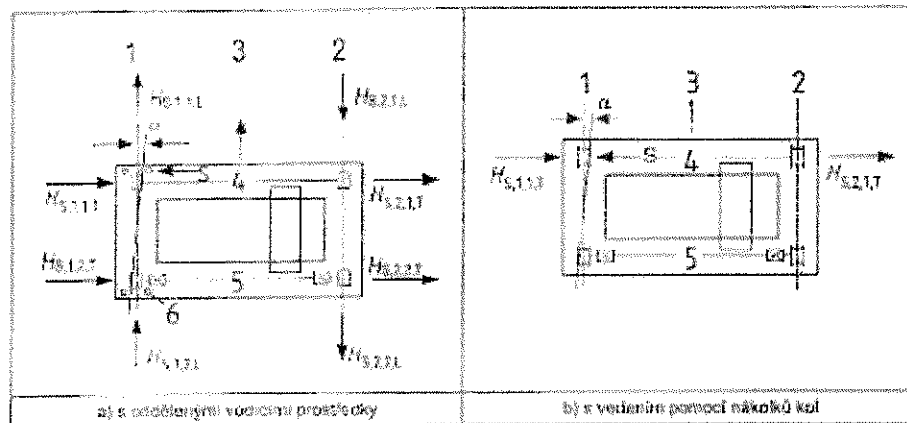


Obr. 1: Síly od příčeni jeřábu dle ČSN 73 0035 [XX]

Vodorovné síly dle [4] byly zpřesněním vodorovných sil dle normy předchozí ČSN 73 0035. Rozdíl byl v silách od příčeni – v této předchozí normě byla celková síla H_{Tp} „rozmazána“ do všech kol.

Současně platná norma ČSN EN 1991-3 [6] rozeznává následující vodorovné síly od mostových jeřábů:

- podélné síly $H_{L,i}$ a příčné síly $H_{T,i}$ způsobené zrychlením a zpomalením jeřábu
- vodorovná příčná $H_{S,i,j,T}$ a podélná síla $H_{S,i,j,L}$ způsobené příčeni jeřábu (viz. Obr. 2).
- vodorovná příčná síla $H_{T,3}$ od zrychlení či zpomalení kočky
- síla na nárazník $H_{B,1}$.



Obr. 2: Síly od příčeni jeřábu dle ČSN EN 1991-3 [ZZ]

Výpočet všech těchto sil (zejména sil od příčeni) je poměrně komplikovaný, je třeba znát řadu údajů o geometrii jeřábu, konstrukci mostu a jeho pohonů apod.

Každá z těchto vodorovných sil se kombinuje s jinak stanovenými svislými kolovými tlaky - je nutno uvažovat několik skupin zatížení (pro svislé síly je vždy uvažován jiný dynamický součinitel).

To vše vede k tomu, že výpočet jeřábové dráhy se oproti situaci v minulosti neobyčejně zkomplikoval

3 Rekapitulace požadavků pro mezní stav použitelnosti příčné vazby





Norma ČSN 73 1401 [3] omezovala příčnou deformaci vazby v úrovni vodorovného nosníku jeřábové dráhy hodnotou $h/1000$ resp. $h/1500$ podle uvažovaného prostorového působení

sousedních vazeb. Pro zdvihové třídy jeřábů a,b byly přípustné hodnoty dvojnásobné. Uvažovala se deformace od vodorovných sil jednoho, nejvíce zatíženého jeřábu. Deformace od větru se s touto jeřábů nekombinovala.

Navazující ČSN 73 1401 [2] uváděla prakticky shodná ustanovení a shodné limity, navíc bylo možno mostový jeřáb uvažovat jako tuhý spojovací prvek (v případě přičení trochu protismyslně)

Nová, dnes platná norma ČSN EN 1993-6 [5] rozšířila počet kritérií. Nyní se posuzují následující kritéria (Obr.3):

- limitní hodnota pro vodorovný posun rámu v úrovni uložení jeřábové dráhy ($H/400$, kritérium je značně benevolentnější)
- rozdíl mezi vodorovnými posuvy sousedních rámu v úrovni uložení jeřábové dráhy
- změna vzdálenosti mezi osami kolejnic (toto kritérium je při praktickém návrhu velmi obtížně splnitelné)

<p>b) vodorovný posuv rámu průřezu konstrukce (nebo sloupů) v úrovni podepření jeřábu.</p> $\Delta_x \leq H_e/400$ <p>kde H_e je výška měřená k úrovni, na které je jeřáb podepřen (na kolejnic nebo na pásnici).</p>	
<p>c) rozdíl $\Delta\Delta_y$ mezi vodorovnými posuvy sousedních rámu (nebo sloupů) podepřujících nosníky jeřábové dráhy uvnitř budovy</p> $\Delta\Delta_y \leq L/600$	
<p>d) rozdíl $\Delta\Delta_y$ mezi vodorovnými posuvy sousedních sloupů (nebo rámu) podepřujících nosníky vněku jeřábové dráhy:</p> <ul style="list-style-type: none"> - od kombinace příčných sil od jeřábů a větru za provozu: $\Delta\Delta_y \leq L/600$ - od zatížení větrem mimo provoz: $\Delta\Delta_y \leq L/400$ 	
<p>e) změna L a vzdálenosti mezi osami kolejnic včetně výuku teplotních změn.</p> $\Delta L \leq 10 \text{ mm (viz POZNÁMKA)}$	

Obr. 3: Kritéria mezního stavu použitelnosti příčné vazby dle ČSN EN 1993-6 [CC]

Na rozdíl od předchozích norem se posuzují deformace, stanovené kombinační rovnicí (1) dle ČSN EN 1990 [1] pro trvalou a dočasnou návrhovou situaci.

$$\gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} * \psi_{Q,i} * Q_{k,i} \quad /1/$$

Pro mezní stav použitelnosti zpravidla vycházíme z lineární analýzy konstrukce, takže potřebné hodnoty pro posouzení dle jednotlivých kritérií snadno vypočteme z jednotlivých zatěžovacích stavů. Zpravidla však dospějeme k potížím se splněním třetího kritéria změny vzdálenosti.

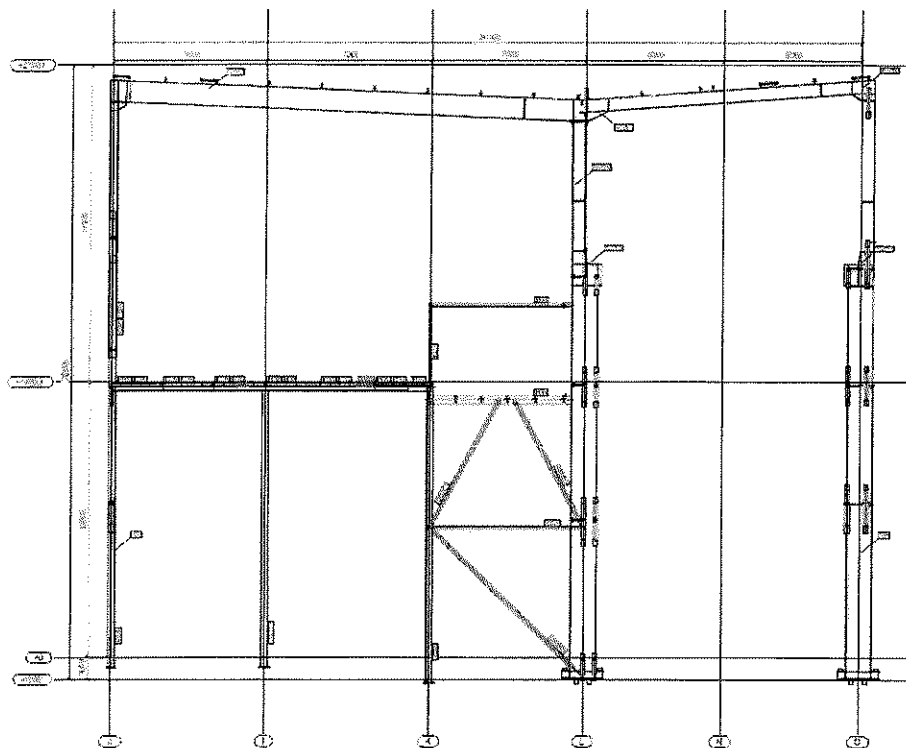
Pro zpřesnění výsledku je možno použít zkombinování dílčích deformací s použitím metody SBRA, konkrétně programu ResCom z publikace [7].

4 Příklad aplikace na halu spalovací turbíny Elektrárny Počerady

Na obr. 4 je vidět typický příčný řez haly spalovací turbíny Elektrárny Počerady. Příčný řez je výrazně nesymetrický, na obou stranách haly jsou konstrukce s výrazně rozdílnou tuhostí. Při návrhu konstrukce jsme měli značné potíže se splněním třetího deformačního kritéria (i se zvýšeným limitem po diskusi s výrobcem jeřábu) při posuzování konstrukce s uvažováním příčení. Na konstrukci byla uvažována zatížení stálá (deformace v úrovni jeřábové dráhy bezvýznamná, navíc je eliminována rektifikací dráhy), jeřáb (skupina zatížení 5 s příčlením $\Delta s=22,30$ mm), užité ($\Delta s=10$ mm) a vítr ($\Delta s=5,2$ mm) .

Při zkombinování deformací podle rovnice /1/ dostaneme

$$\Delta s=22,3 + 0,7*10+0,6*5,2 = 32,4 \text{ mm, konstrukce kritériu nevyhoví.}$$



Obr. 4: Příčný řez halou spalovací turbíny

Při zkombinování stejných deformací programem ResCom s využitím knihovny histogramů výskytu zatížení dostaneme pro požadovanou pravděpodobnost 7.10^{-2} hodnotu stejné deformace 21,44 mm, která by byla z hlediska používání jeřábu akceptovatelná.

5 Souhrn a závěry

SBRA metody lze použít pro zkombinování různých dílčích zatížení či jejich účinků. Můžeme tak dospět k nižším kombinačním hodnotám, než s použitím standardních kombinačních rovnic dle [1]. Podmínkou použití je ovšem získání důvěry ze strany projektantů v opodstatněnost a reálnost používané knihovny histogramů zatížení.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování, ČNI, 2004
- [2] ČSN 73 1401, Navrhování ocelových konstrukcí, ČNI, 1998
- [3] ČSN 73 1401, Navrhování ocelových konstrukcí, ÚNM, 1986
- [4] ČSN 73 0035, Zatížení stavebních konstrukcí, ÚNM, 1986

- [5] ČSN EN 1993-6, *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Část 6: Jeřábové dráhy*, ČNI, 2008
- [6] ČSN EN 1991-3, *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního zařízení*, ČNI, 2008
- [7] Marek P., Brozzetti J., Guštar M., Tikalski P., *Probabilistic Assessment of Structures, 2nd edition*, ÚTAM AV ČR Praha 2003