Jaromír Rosenkranz
Stavební fakulta Praha

STANOVENÌ HLAVNÍCH DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTIK ŽELEZNIČNÍHO SVRŠKU.

V rámci výzkumného úkolu III-8-5/7 "Klsifikace dynamických charakteristik železničního svršku" byla v minulých létech řešena možnost dynamického výpočtu železničního svršku. Základním předpokladem bylo stanovení hlavních náhradních charakteristik, t.j. spolukmitající hmoty, tuhosti a tlumení uvažovaného systému. Železniční svršek byl aproximován jako nekonečně dlouhý nosník na pružném podkldu. Zmíněné náhradní charakteristiky byly vyšetřovány několika způsoby, z nichž v následujícím popíšeme ten, jenžje pro další experimentální práce nejperspektivnější.

V hrubém přiblížení můžeme uvažovat náhradní systém o 1^{o} volnosti. Jeho pohybová rovnice má tvar:

$$m.y'' + b.y' + C.y = R.\sin\omega t \qquad (1)$$

kde je:
- m - náhradní spolukmitající hmota (kg)
- b - součinitel viskozního tlumení
- C - náhradní tuhost systému $(kg.m^{-1})$
- R - reakce ve vyšetřovaném bodu (N)
- ω - kruhová frekvencee kmitání $(rad.s^{-1})$

Jde o lineární diferenciální rovnici, ve které potřebujeme zjistit hodnoty m, b C a v níž můžeme měřením určit proměnné veličiny y''; y', y, R. Při experimentu můžeme vyšetřovaný systém vybudit buď vynuceným harmonickým kmitáním nebo rázem. V obou případech pořídíme záznamy proměnných veličin. Pak pořídíme serii odečtů jejich okamžitých hodnot v intervalu jedné periody a můžeme tak sestavit dostatečný počet trojic obyčejných rovnic o třech neznámých, jejichž řešením bychom dostali hodnoty m, b, C. Avšak uvážíme-li, že rovnice (1) je lineární, 2. řádu a že jako taková má v řešení dvě konstanty, je jasné, že chceme-li počítat konstanty m, b, C, můžeme do rovnice dosadit jen dvě ze třech proměnných, jinak bude řešení přeurčeno. Pak obdržíme jen dvě rovnice o dvou neznámých pro výpočet dvou ze tří veličin b, C. Jednu veličinu musíme volit. Nejvhodnější je volit tu, kterou je možno spolehlivě určit jinou metodou. V našem případě to je tuhost C.

Protože výpočtem konstant z rovnice o 1° volnosti provádíme pouze hrubé přiblížení, nerespektujíce rozložení spolukmitající hmoty podél nosníku, musíme do výpočtu zavést koeficient toto rozložení respektující. Tento koeficient /$\varkappa$/ byl určen experimentálně z měření na matematicky podobném modelu, při čemž bylo předpokládáno, že rozdělení spolukmitající hmoty podél nosníku odpovídá prvnímu tvaru kmitání. Pro nekonečně dlouhý nosník na pružném podkladu kmitající v prvním tvaru byl koef. $\varkappa = 9,1$.

Navržená metodika byla ověřena jednak na matematicky podobném modelu, jednak na skutečné konstrukci. V obou případech byl nosník buzen vibrátorem s protiběžnými hmotami a vynuceno harmonické kmitání, v dalším experimentu bylo vyzkoušeno buzení rázem. Zrychlení, rychlost a výchylka byly měřeny třemi nezávislými systémy, reakce pak velmi tuhým dynamometrem. Záznam byl proveden pomocí UV oscilografu. Provedena a analysována byla řada záznamů, v oblasti pod resonancí, v resonanci a nad resonancí. Rovněž byly analysovány záznamy tlumených kmitů. Výsledky byly statisticky zpracovány.

V následujícím budou uvedeny - jako příklad - výsledky jedné analysy z měření na matematicky podobném modelu při vynuceném kmitání pod resonancí a výsledky jedné analysy tlumených kmitů na skutečné konstrukci.

Ze záznamu byl proveden větší počet odečtů pro ekvidistantní časové okamžiky. Z předem stanovených měřítek záznamu byly určeny okamžité hodnoty zrychlení, rychlosti, výchylky a síly. Z největší výchylky a největší síly byla spočtena fiktivní tuhost systému C, která byla do řešení dosazena jako konstanta. Pro různé kombinace po sobě následujících časových okamžiků byly sestavovány a řešeny systémy 2 rovnic o 2 neznámých dle schématu:

$$\begin{vmatrix} a_1 & v_1 \\ a_2 & v_2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} m_1 \\ b \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_1 - C\,y_1 \\ R_2 - C\,y_2 \end{vmatrix} \qquad /2/$$

kde je:

a_1, v_1, y_1, R_1 ....veličiny z odečtu 1 / $m\,s^{-2}, m\,s^{-1}, m, N$/

a_2, v_2, y_2, R_2 ....veličiny z odečtu 2 / dtto /

Soustavy těchto rovnic byly řešeny na kapesním kalkulátoru. Ze získaných výsledků byl spočten průměr a pro výpočet celkové spolukmitající hmoty byl použit koef. $\varkappa$ získaný experimentálně na matematicky podobném modelu. V tab. I je příklad výsledků analysy vynuceného kmitání na matematicky podobném modelu v oblasti pod resonancí.

kombinace odečtů	1,2	2,3	3,4	4,5	5,6	6,7	7,8	8,9	10,11	11,12	atd
m_1/kg.10^{-3}/	1o2	75	55	49	61	62	62	65	72	49	atd
$_b$/rad.s^{-1}/	58	28	14	16	12	18	10	16	21	7	atd

Tab. I.

Průměrná hodnota spolukmitající hmoty stanovená ze systému o 1^o volnosti: $m_1 = 5o{,}2 \cdot 10^{-3}$ kg.

Koeficient roznesení = 9,1.

Výsledná celková spolukmitající hmota $m = \;.m_1 = 9{,}1 \cdot 50{,}2 =$ = <u>0,456</u> kg.

Průměrná hodnota kruhové frekvence útlumu ω_b = 17 rads^{-1}

Pro kontrolu byla na matematicky podobném modelu naměřena resonanční křivka. Z ní spočtená hodnota celkové spolukmitající hmoty je m= <u>0,458</u> kg, což je shoda až překvapující.

Jako příklad určení spolukmitající hmoty na skutečné konstrukci uvedeme výsledky analysy tlumeného kmitání vybuzeného rázem. Analysovány byly pouze čisté dokmity, takže bylo možno použít puze 3 odečty s následujícími výsledky:

kombinace 1,2 : m_1 = 536 kg, ω_b = lo rad.s^{-1}

2,3 : m_1 = 535,9 kg, ω_b = 8 rad.s^{-1}

3,1 : m_1 = 486,7 kg, ω_b = 9 rad.s^{-1}

Po zprůměrování, uvážení koef. $\varkappa$ roznesení, $\varkappa$ = 9,1 a po odečtení statické zátěže při experimentu použité dostaneme celkovou spolukmitající hmotu svršku m = <u>1225</u> kg.

Pro kontrolu opět byla změřena resonanční křivka, z ní vypočtená spolukmitající hmota m = <u>1480</u> kg.

Velmi dobrá shoda výsledků měření na modelu ukazuje na správnost metody. Výsledky získané měřením na skutečné konstrukci vykazují rozdíl cca 17 %. v hodnotách hmoty. Tato chyba je vysvětlitelná tím, že roznesení hmoty podél nosníku je ve skutečnosti poněkud jiné než na ideálním modelu. Současné práce jsou proto zaměřeny na přesnější stanovení koeficientu α, který může být různý pro různé konstrukce železničního svršku.

Navržená metoda může dát dobrou informaci o spolukmitající hmotě a tlumení žel. svršku. Tím je umožněno získání nejdůležitějších konstant pro výpočet dynamických výchylek, momentů a posouvajících sil vznikajících v nekonečně dlouhém nosníku na pružném podkladě při zatížení dynamickou silou.