



EAN 93

31. konference o experimentální analýze napětí
25.-27.5.1993 Měříň ČESKÁ REPUBLIKA

COMPARISON OF EXPERIMENTALLY AND NUMERICALLY DETERMINED
STRESS INTENSITY FACTORS

POROVNÁNÍ SOUČINITELŮ INTENZITY NAPĚTÍ STANOVENÝCH
EXPERIMENTÁLNĚ A NUMERICKY

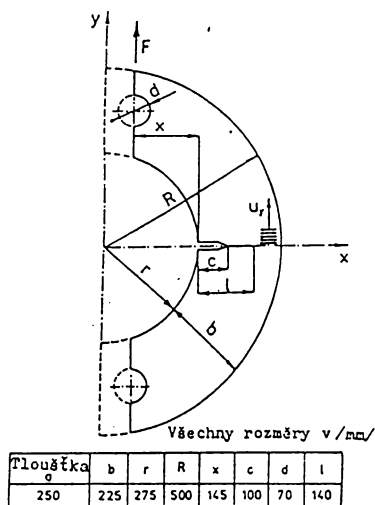
Plánička F., Laš V.

The boundary element method is applied to the stress intensity factor determination in the case of curved testing body. Results are compared with those obtained using experimental moire method.

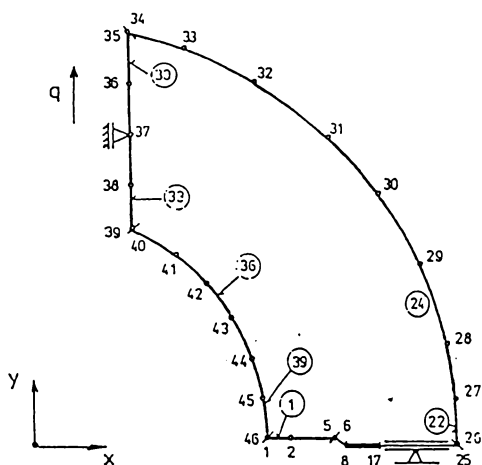
Příspěvek se zabývá stanovením součinitele intenzity napětí K_I pomocí metody hraničních prvků (MHP) a jeho ověření pomocí experimentální metody moire. MHP se jeví jako výhodná při řešení úloh s vysokou koncentrací napětí a proto je vhodná při řešení úloh lomové mechaniky.

Numerické řešení

Pro numerický výpočet MHP byl C vzorek (obr. 1) nahrazen výpočtovým modelém, který je tvořen 39ti elementy a obsahuje 46 uzlů na hranici (obr. 2). Z důvodů symetrie řešeného tělesa podél osy x bylo možno pro numerické řešení použít pouze polovinu tělesa. Okrajové podmínky byly voleny tak, že v uzlech 18 až 25 bylo zamezeno posuvu ve směru osy y ($u_y = 0$) a v uzlu 37 ve směru osy x ($u_x = 0$). Vzorek byl zatížen silou



Obr. 1



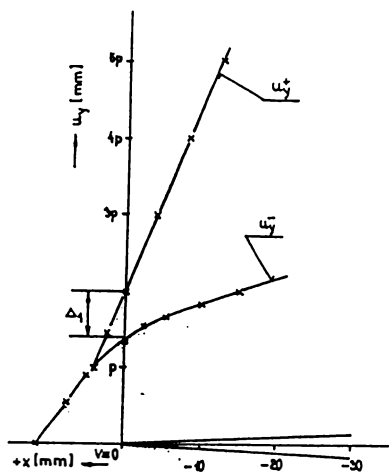
Obr. 2

$F = 375$ kN, která byla nahrazena spojitým zatížením $t = 5,3$ MPa působícím na modelu přes elementy 35 až 39 ve směru osy y .

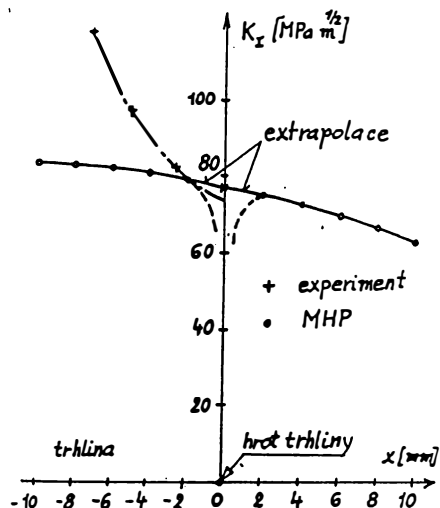
Výpočet součinitele intenzity napětí K_I byl proveden pomocí programu BEM 1 [2], který umožňuje řešit rovinné úlohy lineární lomové mechaniky. Na obr.4 jsou znázorněny hodnoty součinitele intenzity napětí K_I pro různé vzdálenosti r od hrotu trhliny. V levé části obr. 4 jsou hodnoty K_I , které jsou řešeny v uzlech ležících na hraně trhliny pomocí posuvů u_y ve směru y . Tedy pro $\varphi = \pi$. Protože není možno vyřešit K_I v hrotu trhliny ($r = 0$) byla provedena extrapolace křivky a tím stanovena hodnota $K_I = 76,2$ MPa $m^{1/2}$ v hrotu trhliny. V pravé části obr. 4 jsou hodnoty K_I stanovené v uzlech před hrotem trhliny ($\varphi = 0$) pomocí normálového napětí σ_y ve směru osy y . Opět byla provedena extrapolace křivky závislosti K_I na r a byla vyšetřena hodnota $K_I = 75,7$ MPa $m^{1/2}$ na hrotu trhliny ($r = 0$). Teoreticky by měly být obě hodnoty extrapolovaného K_I shodné. Nepatrná rozdílnost je zřejmě způsobena chybou numerické metody.

Určení K_I pomocí experimentu

Při určování faktorů intenzity napětí K_I , K_{II} pomocí



Obr. 3



Obr. 4

experimentální metody moire je výhodné použít Westergaardových vztahů

$$u_j = K_I f(r, \mu, c) \psi_{ij}(\varphi), \quad j = x, y, K_{I,II}, \quad (1)$$

neboť touto metodou jsou stanovovány složky posunutí u_j . V dalším bude věnována pozornost určení faktoru intenzity napětí K_I . Ten lze s výhodou určit pomocí složky posuvu u_y (obr. 1) podél obou povrchů trhliny ($\varphi = \pm \pi$). Pro dva sdružené body A, A' ($r_A = r_{A'}$) je $u_y(A') = -u_y(A)$. Toho lze využít a součinitel intenzity lze vypočítat ze vztahu

$$K_I = \frac{2\mu}{k+1} \sqrt{\frac{\pi}{r}} \left[u_y(A) - u_y(A') \right], \quad (2)$$

kde μ je modul pružnosti ve smyku, konstanta $k = 3 - 4\nu$ pro rovinnou deformaci a $k = (3 - 4\nu) / (1 + \nu)$ pro rovinnou napjatost (ν je Poissonovo číslo).

Výpočet byl proveden na základě výsledků měření provedeného na zkušební tělese tvaru C (obr. 1) [4]. Protože pro zvýšení citlivosti metody bylo použito metody natočení

analyzační mřížky, bylo nutné vliv natočení vyloučit. Změřené křivky posunuji podél obou povrchů trhliny označené u_y^+ a u_y^- jsou uvedeny v obr. 3. Odtud byla určena hodnota

$$\Delta u_y = u_y^+ - u_y^- - \Delta_1, \quad (3)$$

pomocí níž byl stanoven součinitel intenzity napětí ze vztahu

$$K_I = \frac{2\mu}{k+1} \sqrt{\frac{\pi}{r}} \Delta u_y \quad (4)$$

Z takto získaných hodnot byl pomocí extrapolace (obr. 4) určen součinitel intenzity napětí ve vrcholu trhliny $K_I = 74 \text{ MPa m}^{1/2}$ pro zatížení $F = 375 \text{ kN}$.

Závěr

Výsledky získané numerickou metodou hraničních prvků a experimentální metodou moire jsou uvedeny v obr. 4. Odtud je patrná dobrá shoda v hodnotě K_I , i když charakter získaných závislostí K_I na vzdálenost od vrcholu trhliny r se liší. MHP se ukázala jako výhodná při řešení úloh lineární lomové mechaniky.

Použitá literatura:

- [1] Laš, V., Plánička, F.: Výpočet napjatosti u ploché tyče s oboustranným vrubem pomocí MHP, Strojírenství 40, 1990, s. 523 ÷ 527.
- [2] Laš, V. Řešení rovinných úloh elastiky s využitím MHP, Výzkumná zpráva č. 102-01-89, VŠSE Plzeň, 1989.
- [3] Plánička, F., Laš, V.: Využití metody hraničních prvků při výpočtu parametrů lineární lomové mechaniky, Výzkumná zpráva č. 102-06-91, Západočeská univerzita v Plzni, 1991.
- [4] Plánička, F.: Určení součinitele intenzity napětí K_I pomocí analýzy deformace metodou moire, Sborník konference EAN, Praha, 1992, s. 255 ÷ 258.

František Plánička, Prof. Ing., CSc.,

Vladislav Laš, Doc. Ing., CSc.

Západočeská univerzita, Americká 42, 306 14 Plzeň

Telefon: (019) 222424, Fax: 0042-19-220019