

摩擦を有するパンチ端から発生したクラック

○ 東急建設(株) 正員 奥村 幹也
 名 工 大 正員 長谷部 宣男
 名 工 大 正員 中村 卓次

1. まえがき 混合境界値問題のうち、直線をなす一部の境界(境界M)上で接線方向外力と法線方向変位とを与え、残りの境界(境界L)上で外力を与える問題で、境界M上での接線方向外力が法線方向外力に係数一定で比例、すなわち、摩擦係数一定の摩擦力が作用する問題を考える。この問題に対する有理写像関数と複素応力関数を用いた解法と一般解

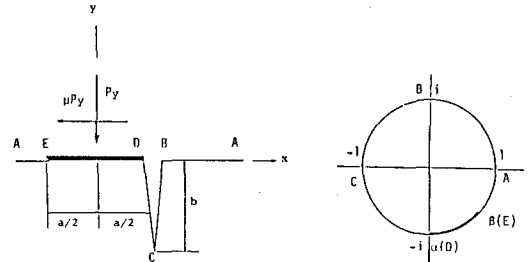
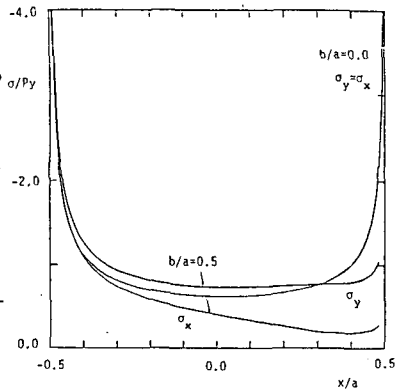


図1 解析モデルと単位円

は既に報告した¹⁾。本報告では、解析例として図1に示す一端にクラックを有するパンチ(境界M)が、水平を保って合力 P_y で押込まれる荷重下の解析結果を示す。以下において、 μ は摩擦係数、 a はパンチの長さ、 b はクラックの長さであり、また、 κ はポアソン比の関数で、一般化した平面応力では $\kappa = (3-\nu)/(1+\nu)$ 、平面歪では $\kappa = 3-4\nu$ である。

2. 解析結果 ①応力分布 クラック発生前後の応力分布例として、 $\kappa = 2$ の場合を図2(境界M上)、図3(境界L上)に示す。境界M上でクラックの有無によらず、 $\tau_{xy} = \mu \sigma_y$ の関係がある。クラック発生前には、境界M上ではパンチの両端で圧縮の応力集中が見られるが、境界L上ではパンチの右端(点D)で引張り左端(点E)で圧縮である。したがって、点Dからクラックが発生する可能性がある。クラック発生後では、点Dでの応力集中は緩和されている。本報告の荷重下で $0.0 < \mu < 0.5$ では、点Dの応力は $\sigma_y < 0$ であり、母材とパンチとが点Dで離れることはない。

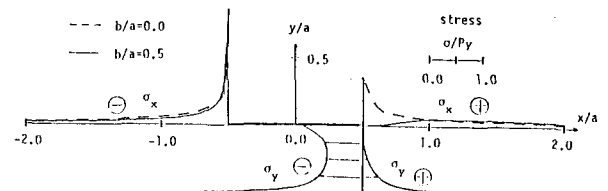


②応力拡大係数 次式の無次元化した応力拡大係数を用いる。 図2 応力分布 $\kappa=2, \mu=0.2$

$$F_{Ia} + iF_{IIa} = (K_I + iK_{II})\sqrt{a}/(\sqrt{\pi}P_y)$$

$$F_{Ib} + iF_{IIb} = (K_I + iK_{II})\sqrt{b}/(\sqrt{\pi}P_y)$$

κ による影響を調べるため、図4に $\mu = 0.5$ 、 $\kappa = 1, 2, 3$ の F_{Ia} 、 F_{IIa} を示す。 b/a が小さい場合には κ による差が現れるが、 b/a が大きくなれば κ による差は見られない。

図3 応力分布 $\kappa=2, \mu=0.2$

$\mu = 0$ の場合には κ の影響はない²⁾。すなわち、 $0.0 < \mu < 0.5$ では κ の影響は大きくない。 μ の影響を調べるため、図5、図6に $\kappa = 2$ 、 $\mu = 0.0, 0.2, 0.4$ の F_{Ia} 、 F_{IIa} および F_{Ib} 、 F_{IIb} を示す。前者はパンチの長さ a が一定のパンチ端から発生したクラックの長さ b が変化する場合の解析、後者は κ

ラックの長さが一定でパンチの長さが変化する
場合の解析と考えられる。 b/a が小さな範
囲はパンチ端から発生した初期クラックの状
態である。 μ の値が大きいと初期クラックに
おいて F_{Ia} は正となるが、 b/a が大きくな
ると負となる。すなわち、荷重 P_y の大きさや母
材の材料定数によらず、初期クラックが発生
してもある長さでクラックは停止する。また、
 P_y が一定であるため、パンチの長さが短いと
応力拡大係数は大きくなる。

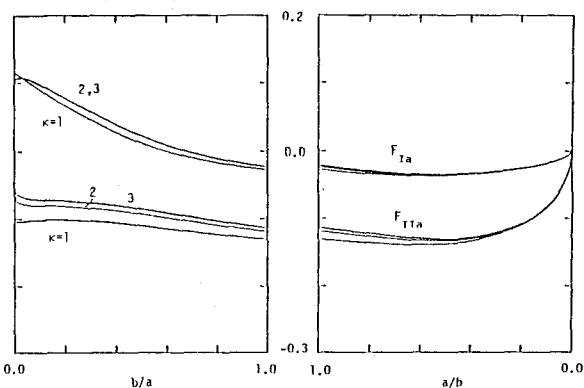


図4 無次元化した応力拡大係数 $\mu=0.5$

初期クラックに対す
る摩擦係数 μ の影響を
調べるために、 $b/a =$
 0.01 について F_{Ia} と μ
との関係を図7に示す。
 F_{Ia} の符号が変わる μ を
 μ_c とすれば、 $\kappa=1,$
 $2, 3$ に対して $\mu_c =$
 $0.314, 0.294, 0.286$

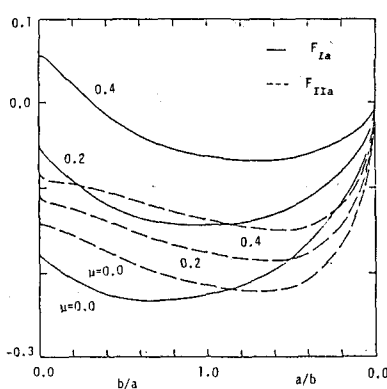


図5 無次元化した S.I.F. $\kappa=2$

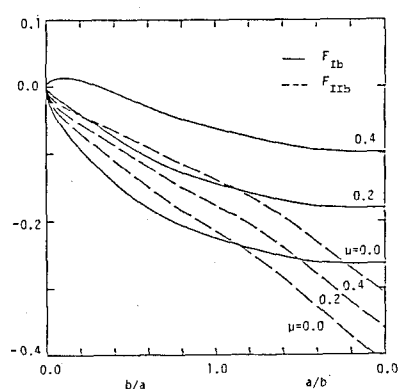


図6 無次元化した S.I.F. $\kappa=2$

である。 $\mu < \mu_c$ では、

F_{Ia} は常に負でありク
ラックは発生しない。

③合モーメント 次
式の無次元化された合
モーメントを用いる。

$$M_{ra} = R_m / (2P_y)$$

$$M_{rb} = R_m / (bP_y)$$

$\kappa=2, \mu=0.0, 0.2,$
 0.4 の場合を図8に示

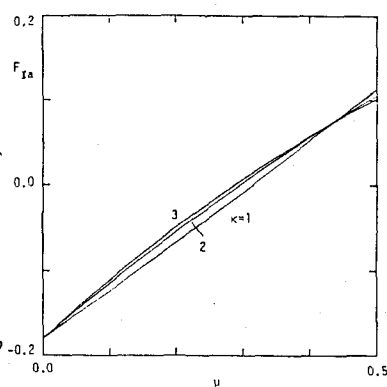


図7 F_{Ia} $b/a=0.01$

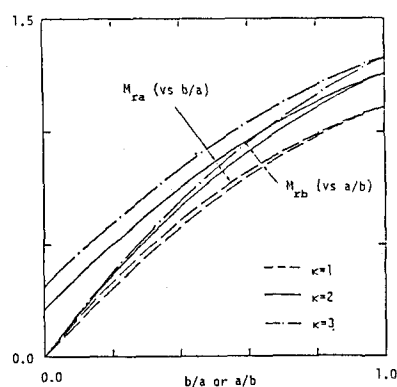


図8 無次元化した合モーメント $\mu=0.2$

す。特に $b=0$ の場合

には、 $R_m = \frac{3}{2} P_y$, $\tan \pi \xi = \mu(\kappa-1)/(\kappa+1)$ となる³⁾。

参考文献

- 1) 奥村・長谷部 第36回応用力学連合講演会講演予稿集 124D 61年12月
- 2) 竹内・長谷部 土木学会第39回年次講演会講演概要集 第1部 I-132 59年9月
- 3) N.I. Muskhelishvili "Some basic problems of mathematical theory of elasticity" Noordhoff