

$q = -(q_x + iq_y)/(1 + \kappa)$ で q_x 、 q_y は x 、 y 軸方向の集中荷重を表す。また、 $\phi(\zeta)$ は解析接続の原理より次のようになる。

$$\psi(\zeta) = -\phi(1/\bar{\zeta}) - \frac{\overline{\omega(1/\bar{\zeta})}}{\omega'(\zeta)} \phi'(\zeta) \quad (4)$$

次に、パンチの両端が滑らかに接触する条件より次の 2 つの境界条件式が得られる。

$$\text{点 } B: \omega(\alpha)(\sigma_r + i\tau_{r\theta}) = \{\phi'^+(\alpha) - \phi'^-(\alpha)\} = 0 \quad (5a) \quad \text{点 } C: \omega(\beta)(\sigma_r + i\tau_{r\theta}) = \{\phi'^+(\beta) - \phi'^-(\beta)\} = 0 \quad (5b)$$

この 2 つの方程式を解くことによって接触端 B 、 C の位置が求まる。また、パンチ押し込みにより発生する境界上の応力の分布は q_x 、 q_y の存在により偏心しているため、パンチには次式で表される接触面の原点まわりの合モーメント M_R が存在する。

$$M_R = \operatorname{Re} \left[\int_a^{\beta} \phi(1/\sigma) \omega'(\sigma) d\sigma - \int_a^{\beta} \bar{\omega}(1/\sigma) \phi'(\sigma) d\sigma \right] \quad (6)$$

パンチが傾かないためにはパンチに作用する垂直荷重 P は、 M_R が偏心モーメント Pe に等しくなる位置 e に作用しなくてはならない。また、垂直荷重 P が原点に作用する場合は、パンチは傾く。(傾きを求めるには文献 [3] を参照)

3. 結果及び、考察

解析結果の一例として内部に集中荷重のない場合、及び内部の $(0, -1)$ に集中荷重 $q_x = 1$ の作用する場合の境界上の応力分布を示す。図にある記号は、 σ_y 、 σ_x においては引張りが正、圧縮が負を表す。荷重は $P = 1.0$ で一定とし、座標原点はパンチの中心、つまりパンチの底にもってきている。図 2 には σ_y の分布、図 3 には σ_x の分布を示している。図 2 より摩擦係数 μ の増加に伴い水平抵抗力が強まるため応力分布が右寄りになってくることがわかる。また、集中荷重によりパンチ接触部が右側に寄り、荷重の偏心も右に移動する。これは $q_x = 1$ により母材が右上、左下に変形しているためであると言える。そして、図 3 より σ_x を見ると、パンチ接触部の右端において引張の応力集中が生じており、摩擦係数 μ の増加に伴いその値が増えていることがわかる。この点においてクラックが発生しやすくなっていると言える。

4. まとめ

内部に集中荷重を有する場合の円形剛体パンチのグリーン関数を誘導した。そして、応力分布、パンチ接触部の位置、長さ、合モーメントと集中荷重との関係を求めることができる。内部に dislocation が存在する場合のグリーン関数も係数の違いのみで同様にして誘導される。これらの解を応用することによって内部に孔、クラックが存在する場合の解析も行うことができる。

[参考文献]

- [1] Jun QIAN and Norio HASEBE : *Structural Eng.*, JSCE, Vol. 14, No. 2, 149 - 159, 1997 [2] Norio Hasebe, Jun Qian and Yizhou Chen : *Engineering Analysis with Boundary Elements* 17, 263 - 267, 1996 [3] Okamura, M., Hasebe, N. and Nakamura, T. : *J. Eng. Mech.*, ASEC, Vol. 119, 2173 - 2185, 1990

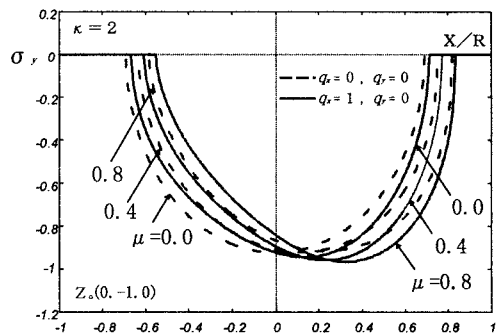


図 2 摩擦係数 μ による応力分布 (σ_y) の変化

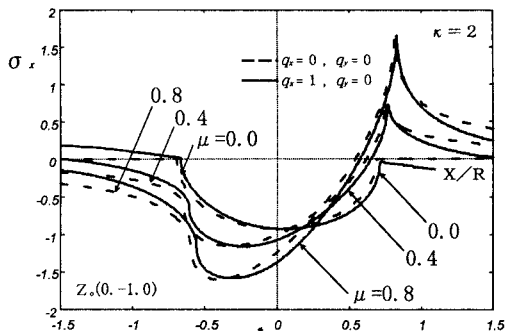


図 3 摩擦係数 μ による応力分布 (σ_x) の変化