

I-70

補強材のまわりの内部ひびわれの解析

名古屋工業大学 正会員 小畑 誠
 名古屋工業大学 正会員 後藤 芳顯
 名古屋工業大学 正会員 松浦 聖

1. はじめに

補強材を持つ複合材料, 例えば鉄筋コンクリートなどにおいては, 補強材とそれを取りかこむマトリクスとの付着の性状が, 全体の力学的性質にとりわけ大きな影響を及ぼすことが知られている。これらの付着は表面における粘着力, マサツ力, そして表面の凹凸によるマトリクスとの機械的なかみ合いによっておこる。異形鉄筋を用いた鉄筋コンクリートにおいては凹凸によるかみ合いによるところが最も大きく, 又その機械的性質は, 表面のふしの高さと同隔の比によってよく整理されることが知られている。したがって異形鉄筋の付着のメカニズムには, まわりの脆性なマトリクスへのひびわれの進展が必然的に関与してくることが予想される。ここでは, この内部ひびわれを解析するために著者らが既に提案したモデル¹⁾を用い, 側圧の影響についても考察を加えた。

2. 解析モデルと定式化

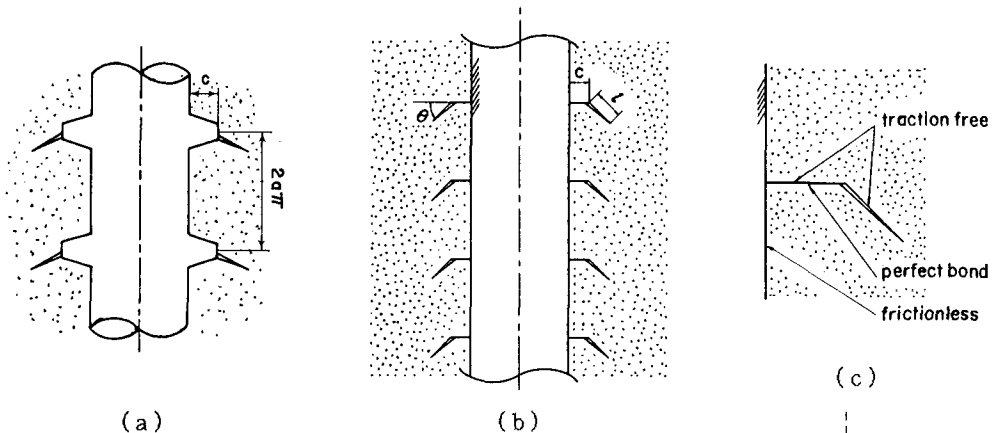


図1 2次元モデルと境界条件

これまでに行われた実験的研究によって, 異形鉄筋のようにふしのある補強材とマトリクスとの付着は, ふしの高さと同隔との比に大きく依存していることが知られている。このことから, 図1(a)に対する2次元の解析モデルとして図1(b)にあるような周期的に突起のついた平面棒を考える。ただし解析上の簡便性のため突起は剛体とみなす。鉄筋表面でのマサツ力の及ぼす影響が, ふしによる機械的なかみあいによるそれに比べて小さいことを考慮して, 図1(c)に示すように境界条件を与える。するとこれはあきらかに解析モデルとして図2によって与えられるものと等価になる。定式化については, Muskhelishviliの複素ポテンシャルを用い, 転位密度についての積分方程式に帰着させる方法によった。ひびわれ, またはふしの間の相互作用については重ね合わせによって考慮した。本定式化につい

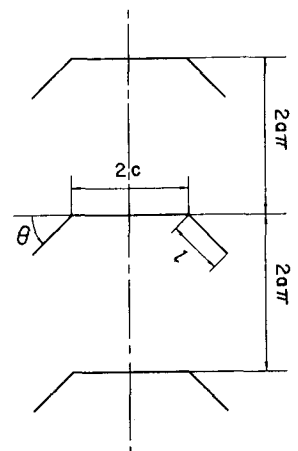


図2 解析モデル

ては文献1にその詳細が示されている。

3. 計算結果と考察

様々な場合のひびわれの長さ、角度、また側圧の大きさについて、得られた積分方程式を数値的に解くことによって、ひびわれ先端での応力拡大係数 K_I を求めることができる。図3はふしの間隔が大きくその間の相互作用が無視できる場合の結果を示している。この場合は K_I のひびわれの方向に対する依存性は小さいことがわかる。また側圧が存在する場合に、 K_I はピーク値に変化は見られないが、ひびわれの方向に対してはより明確に依存することがわかる。一方、図4には、ふしの間隔が高さの6倍程度の場合の結果を示している。これに見るように、ふしの間の相互作用によって、側圧にかかわらず K_I はひびわれの方向に明確な依存性をしめす。これは発生した内部ひびわれが、ある特定の方向により進展しやすくなることを暗示するものであり、後藤²⁾が実験から観察した内部ひびわれの進展の様子をうらづけるものである。また側圧により K_I の値が減少することから、ひびわれの進展がおさえられることもわかる。

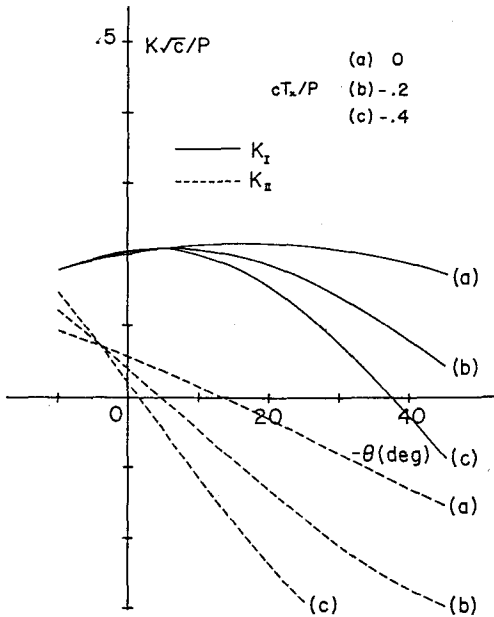


図3 応力拡大係数： $1/c = 1.0$ ，相互作用なし

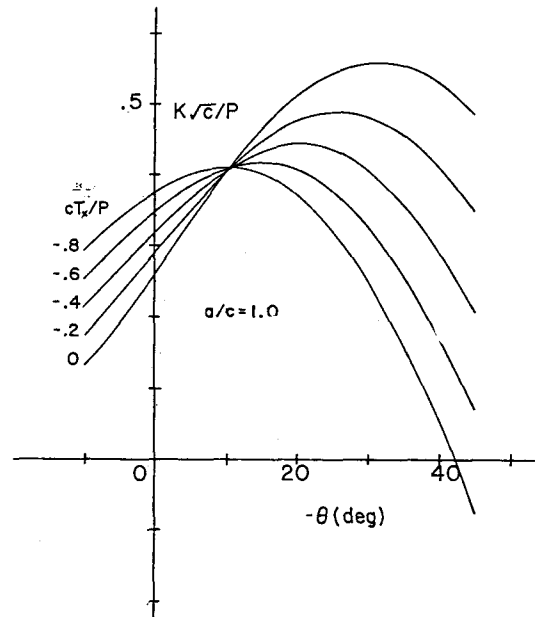


図4 応力拡大係数： $1/c = 0.1$ ，相互作用あり

4. まとめ

脆性なマトリクスの中に埋めこまれた、ふしを持つ補強材から発生する内部ひびわれを解析する2次元モデルを提案し、数値計算例を示した。ひびわれ進展の予測とそれに及ぼす要因の考察については、本モデルはある程度、有効であると考えられる。マトリクスの塑性も考慮にいれ、付着の破壊にいたるプロセスを考察することが、今後の課題である。

参考文献

- 1) 小畑，後藤，松浦： 構造工学論文集，Vol.34A pp.421-430，1988.
- 2) Goto, Y.: ACI Journal, Vol.68, pp.244-251, 1971