

防衛大学校土木教室 教員 狩野 康夫

防衛大学校土木教室 正員 山田 正

防衛大学校土木教室 正員 南 和孝

1. 目的 著者らは、文献(1)(2)において、鉄筋コンクリートの付着特性に関して、基礎的な実験研究を行なっている。これに対して、本研究は、解析により付着特性の基礎的資料を得ることを目的としている。

2. 解析モデル (1) 3次元軸対称モデル 本研究で用いたモデルは図-1に示すようであり、解析は、これを中心軸を含む断面上で四角形要素に分割し、有限要素法により行なった。(2) 弾塑性モデル 鉄筋は完全弾性とし、コンクリートは完全弾塑性とした。両者の付着は完全付着とした。コンクリートの3軸応力下の降伏条件として、von-Misesの条件を用いた。この条件をコンクリートに対して用いることに関しては問題を残してはいるが、本解析では、降伏応力として圧縮強度を用いたモデルを弾塑性解析-1と呼ぶ。一方、支圧領域とひびわれ領域を図-2のように仮定し、降伏応力としてそれぞれ、圧縮強度及び引張強度を用いたものを弾塑性解析-2と呼ぶ。また、弾塑性解析法としては、初期応力法による増分解析法を用いている。

3. 結果及び考察 本報では、佐藤らの両引き試験⁽³⁾(鉄筋; D16, 寸法; $20 \times 20 \times 100$ cm, $E_s; 2.05 \times 10^6$ kg/cm², $E_c; 2.9 \times 10^5$ kg/cm², コンクリート圧縮強度; 320 kg/cm², 同引張強度; 22 kg/cm²) とほぼ同じスケールの直径20 cmの円柱供試体について解析を行ない、実験値と比較、検討した。(1) 付着応力の鉄筋軸方向分布 図-3に載荷鉄筋応力 2000 kg/cm²の場合の分布について示した。実験値は鉄筋のひずみ分布から計算により求めたものである。弾性解析と弾塑性解析-1は、ほぼ同様の傾向を示しているが、実験値との相違が大きい。支圧領域とひびわれ領域を仮定した弾塑性解析-2は、他の解析に比べ実験値とよい一致を示すが、載荷端近傍では付着応力の増大が生じている。この理由として、本解析では載荷端近傍で付着面に負圧が生じることが示されているが、実際には、このために鉄筋とコンクリートの付着面のはく離が起こり、付着応力が低下していることが考えられる。本解析では、この様な付着面のはく離を考慮していないため、端部で付着応力が増大しているが、しかし、全体の付着力から考えれば、その影響は非常に小さい。図-4は載荷応力 1000 kg/cm²の場合で、弾塑性解析-2の値は、載荷端部の相違を除けば実験値とよく一致しており、本解析の妥当性を確認することができると。(2) 付着応力-すべり関係 図-5に載荷応力 2000 kg/cm²の場合について示した。ここで、実験値のすべり量は、鉄筋軸から5 cmの位置で測定した軸方向のコンクリートひずみと鉄筋ひずみの差から計

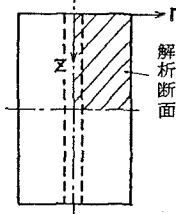
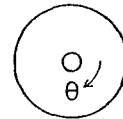


図-1 同心円筒モデル

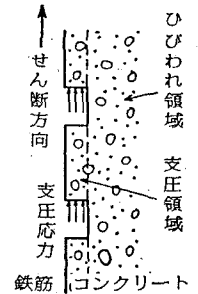


図-2 領域モデル

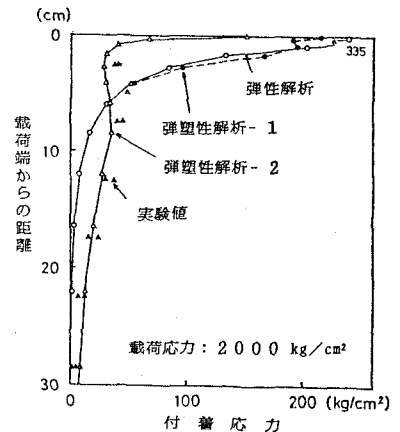


図-3 付着応力分布

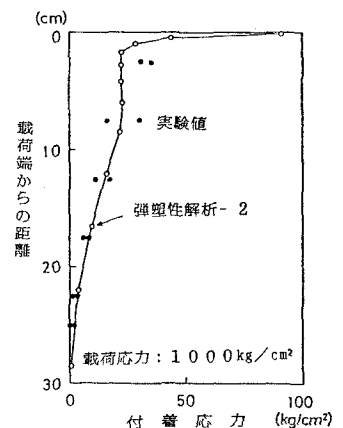


図-4 付着応力分布

算により求めた値であり、解析値のすべり量は、コンクリート外面の変位と鉄筋変位の差としている。図-5で、すべり量が0.01mm以下では、弾性解析と弾塑性解析-1は実験値とほぼ一致するが、それ以上では付着剛性が著しく高くなっている。一方、弾塑性解析-2は付着応力が実験値よりやや小さいが、傾向をほぼ表わしている。図-6は載荷応力1000 kg/cm²の場合で、弾塑性解析-2は実験値とよく一致している。

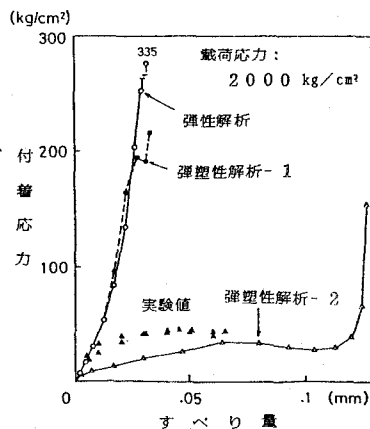


図-5 付着応力-すべり関係

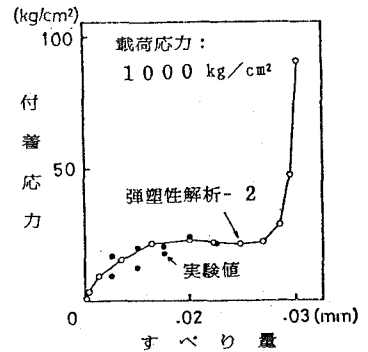


図-6 付着応力-すべり関係

いずれの場合も、最大すべり量付近で付着応力が急増しているが、これは前述した様に、載荷端近傍でのみはく離を考慮しなかったためである。

(3) すべり量の鉄筋軸方向分布 図-7に、弾塑性解析-2と実験値の分布を示した。載荷応力1000 kg/cm²では、解析値は実験値とよく一致している。載荷応力2000 kg/cm²の場合、解析値は、すべり量が大きく、完全付着域の長さが短くなっているが、全般的傾向は表わしている。

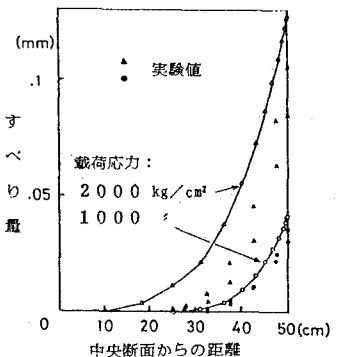


図-7 すべり量分布

(4) 面外変形 図-8に、弾塑性解析-2により得られた面外変形量の分布を示した。載荷端からの距離が25cm以上の断面は、鉄筋、コンクリートともにほぼ一様に変位し、面外変形がほとんど生じていない。載荷端からの距離が10cm以内の断面では、鉄筋表面近傍(約1~6mm)のコンクリートが急激に変位し、この部分ですべりの大部分が生じている。ただし、このような面外変形形状は、部材長、コンクリートのかぶり厚によって相違している。また、載荷端面の変形形状は、ひびわれ面の面外変形形状を表わしていると考えられる。これらについての詳細は別途報告する予定である。

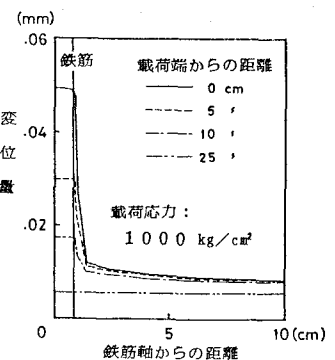


図-8 面外変形

(5) ひびわれ幅 図-9は、供試体を一つのひびわれ間要素とみなし、載荷端面でのすべり量の2倍をひびわれ幅として示したものである。弾性解析及び弾塑性解析-1は、実験値の約1/2となっているが、弾塑性解析-2は、実験値の傾向をよく表わしている。

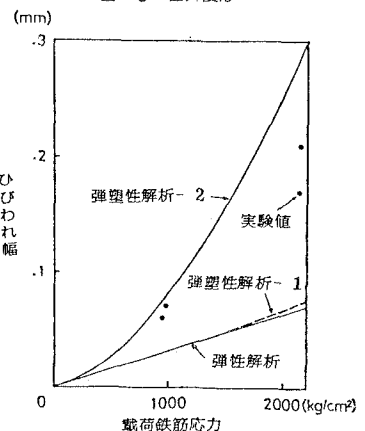


図-9 ひびわれ幅の変化

4. まとめ 本解析は、鉄筋コンクリート両引き試験の3次元軸対称モデルに対して、有限要素法を用いて解析を行ない、応力・変形状態、特に付着応力-すべり特性を詳細に検討することができた。中でも、支圧領域とひびわれ領域を仮定した弾塑性解析は、既往の実験値をよく表わすことができた。しかし、コンクリートの降伏条件については、今後の研究が必要である。

(謝辞) 著者らは、本研究の遂行に当り、宇都宮大学佐藤良一助教授に多くの貴重なコメントを頂いたことをここに記し深く感謝の意を表します。(参考文献) 1) 2) 山田, 南, 狩野 オ12回内東支部技術研究会講演概要集, S60.3 3) 佐藤良一, 鯉判芳伸「付着クリープとその機構について」オ39回土木学会年講, S59.10