

コンクリートと鉄筋の付着性能に関する解析的考察

鉄建建設（株）技術研究所
同 上正会員 益田 彰久
正会員 松岡 茂

1. はじめに

筆者ら¹⁾はコンクリートのひび割れを考慮したFEM解析を行うため解析モデルの提案をしており、せん断破壊のように斜めひび割れで耐力が決定されるような破壊モードに関して解析できることを確認している。しかしながらRC構造を解析対象とするには、コンクリートと鉄筋との付着を考慮することは避けることのできない問題である。本報告は鉄筋に相当する要素を組み込んだコンクリートのひび割れ解析モデルによりコンクリート中に埋め込んだ鉄筋の引張試験の解析を行い、解析モデルの適用性を検討したものである。

2. 鉄筋コンクリートの鉄筋引張試験

実験はshimaら²⁾によって報告されているものを参考とした。これは図-1に示すようにコンクリートに埋め込んだ鉄筋の両端を引っ張るものである。コンクリートおよび鉄筋の物性値を表-1に示す。

解析モデルを作成するにあたり、鉄筋は曲げ剛性を有しないトラス要素とした。トラス要素を構成する節点はコンクリート要素を構成する節点と共有させてあり、つまり剛結の状態となっている。モデルの次元差によるコンクリートひび割れ発生の影響を検討するため、解析モデルは2次元と3次元のものを用意した。2次元モデルは供試体全体を対象とし、3次元モデルはx, y, z方向をそれぞれを対称とした1/8モデルである。コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側については「コンクリート標準示方書」に示される2次曲線タイプ、引張側は線形とし引張強度に達したところでひび割れが発生するようにした。鉄筋については、降伏以後は剛性を有しない完全弾塑性モデルとした。

3. 実験および解析結果

図-2に荷重-変位図を示す。荷重は鉄筋に対する引張力、変位は鉄筋の変形量を供試体の全長で除した平均ひずみである。実験結果によると平均ひずみ0.1%までの範囲では荷重の増減が見られるが、これはコンクリートにひび割れが生じその結果鉄筋とコンクリートの付着が弱くなっているための現象と思われる。荷重の増減が見られなくなると荷重の増加率は極端に緩やかになっている。これは鉄筋が降伏に達したためと考えられ、荷重は鉄筋のみにより保持されていると思われる。

一方解析結果では、2次元・3次元モデルとも実

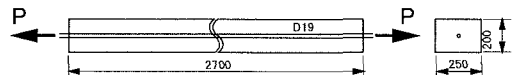


図-1 鉄筋コンクリートの鉄筋引張試験

表-1 供試体材料物性値

コンクリート圧縮強度 (MPa)	25
引張鉄筋率 (%)	0.6
鉄筋降伏強度 (MPa)	350
鉄筋弾性係数 (MPa)	190

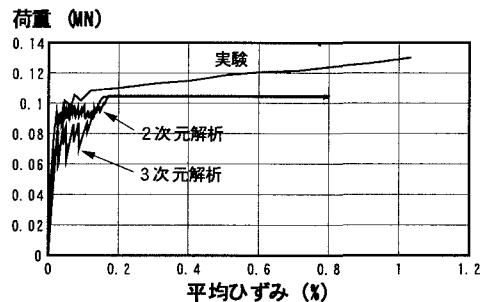


図-2 荷重-変位線図

キ-ワード：付着，ひび割れ，局所化

連絡先：〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1 TEL 0476(36)2355 FAX 0476(36)2380

験と近い変形量の範囲で荷重の増減が見られ、これはやはりコンクリートのひび割れが進行している段階であり、実験と同様の挙動が得られている。3次元モデルでは鉄筋周辺のみのコンクリートにひび割れが発生するのに対し、2次元モデルでは鉄筋周辺のコンクリートがZ方向に全てひび割れが発生するような結果になるため、コンクリートのひび割れ進展段階では荷重差が生じているものと思われる。しかし鉄筋が降伏し、荷重が鉄筋のみにより保持される段階になると、2次元と3次元モデルとの差は見られなくなる。また鉄筋は完全弾塑性としているため、降伏後の荷重増加は解析結果からは得られない。

また Shima らは降伏後の鉄筋応力・ひずみ分布を報告している。応力分布図を図-3に示すが、同図に併せて示した解析結果については、応力値・ひび割れ発生間隔など2次元と3次元では同様の結果が得られているのに対し、実験結果と比較するとその分布状況には大きな差が見られる。図-4に示す実験結果のひずみ分布を加重平均すると、実験値の測定は部材降伏からかなり変形の進んだ平均ひずみ約0.8%の段階で行われていると考えられる。解析では前述のように鉄筋を完全弾塑性モデルとしており、そのため部材降伏後に変位を与え続けても鉄筋のひずみは最も弱い箇所であるコンクリート外に設けた載荷点付近に局所化してしまう。よってコンクリート中の鉄筋応力分布は変位が進行しても変化することなく、実験値に近づくことはなかった。

4. まとめ

以上のように、曲げ剛性を有しないトラス要素で鉄筋をモデル化し、ひび割れを考慮できるFEMモデルに組み込むことにより、鉄筋とコンクリートとの付着挙動を解析できることを確認した。ただし、部材降伏後については鉄筋ひずみの局所化とひずみ硬化が部材の挙動に大きな影響を与えるものと考えられ、鉄筋のモデル化についてさらなる検討をする必要があると思われる。

【参考文献】

- 1) 松岡 茂, 益田 彰久, 武田 康司, 土井 司朗: ひび割れ発生・進展に支配されたコンクリート構造物の解析モデル, 土木学会論文集(投稿中)
- 2) Shima, H., Chou, L. and Okamura, H.: Micro and Macro Models for Bond in Reinforced Concrete, *Journal of The Faculty of Engineering, The University of Tokyo(B)*, Vol.XXXIX, No.2, pp133-194, 1987.

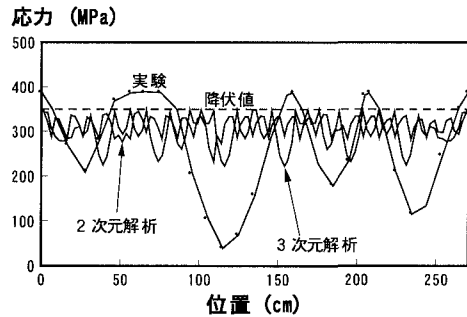


図-3 鉄筋応力分布図

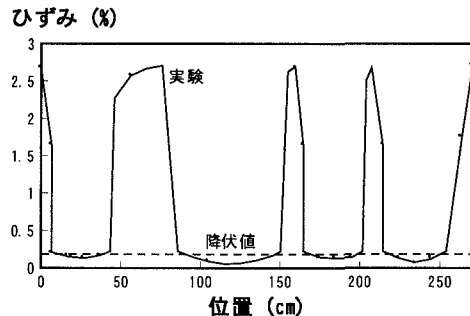


図-4 鉄筋ひずみ分布図