

V-316

鉄筋の座屈破壊を生ずるRC断面の曲げ剛性

名古屋大学 工学部 学生員 ○西川 伸之
 名古屋大学 工学部 正会員 二羽 淳一郎
 名古屋大学 工学部 正会員 田辺 忠顕

1. はじめに

鉄筋コンクリート（RC）構造物が、地震荷重を受けて破壊にいたる場合には、曲げ・せん断によるクラック発生、柱の一部のかぶりコンクリート部分の崩落、そして最終的にはむき出しになった内部の鉄筋の座屈といった一連の現象がみられる。

そこで、本研究においては、まず最初に、鉄筋の座屈破壊までを考慮にいたれた有限変形理論により一本分の鉄筋の荷重-変形曲線を求め、それに基づいて鉄筋コンクリート柱中のコンクリートの崩落部分を想定して、その部分のモーメント、軸力、曲率および軸ひずみを算定した。次にそれらのデータから得られたモーメント-軸力-曲率関係（ $M-N-\phi$ 曲線）、モーメント-軸力-軸ひずみ関係（ $M-N-\epsilon$ 曲線）を用いて曲げ剛性を算定し、その曲げ剛性を組み込んだ鉄筋コンクリート柱の有限要素解析を行い、その性状から鉄筋コンクリート柱としての曲げ剛性を評価してみた。

2. 解析方法

解析を行うにあたって鉄筋の挙動を知る必要があるので、一本分の鉄筋について、圧縮試験および引張試験を行い、その結果をふまえて数値計算を試みることにする。図1に示すように、両端固定とし、節点1に変位増分を加える。節点1の変位が2.0cmになるまで変位増分を0.001mmずつ加えることにした。対象とした鉄筋（D19）についてのデータは次のように仮定し計算した。

公称直径	$d = 1.91\text{cm}$
公称断面積	$A_s = 2.865\text{cm}^2$
断面二次モーメント	$I = 0.653\text{cm}^4$
降伏強度	$f_{sy} = 4000\text{kgf/cm}^2$
弾性係数	$E_s = 2.1 \times 10^6\text{kgf/cm}^2$
鉄筋長さ	$L = 30\text{cm}$

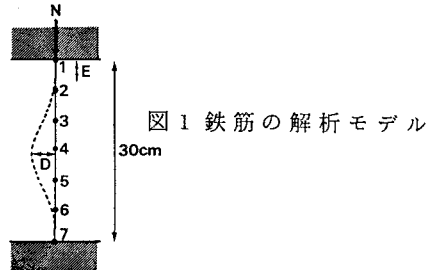


図1 鉄筋の解析モデル

一本分の鉄筋で得られた結果を用いて図2のようにモデルを考え、 $N = N_1 + N_2$ の荷重をかけたと想定する。Nを一定に保ってそれぞれ N_1 、 N_2 を変化させたときの断面中心点IIにおけるモーメントM、断面I-II-IIIの曲率 ϕ を以下のように求めた。

$$M = N_2(5.0 + D_2) + N_1(5.0 + D_1)$$

$$\phi = \frac{E_2 - E_1}{(10.0 + D_2 + D_1) \times L}$$

E_1 : 点Iの鉛直方向の変位 (cm)

D_1 : 点Iの水平方向の変位 (cm)

E_2 : 点IIの鉛直方向の変位 (cm)

D_2 : 点IIの水平方向の変位 (cm)

L : モデルの高さ (cm)

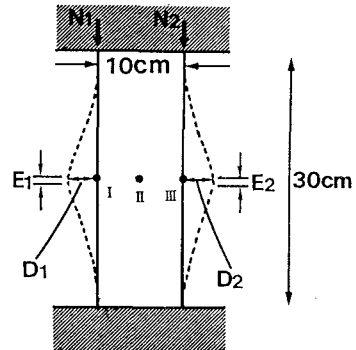


図2 鉄筋の解析モデル

ただし、 $\frac{E_2 - E_1}{L}$ は、平均的な軸ひずみであるが、モーメントは最大断面における値とする。これらから得られた $M-N-\phi$ 関係、 $M-N-\epsilon$ 関係を次に示す。

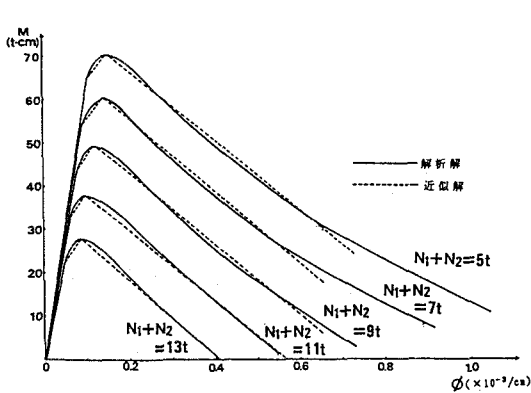


図 3.1 モーメントー軸力ー曲率関係

3. 数値解析モデル

コンクリートが崩落して耐荷力を失った終局状態の鉄筋コンクリート柱を想定して、単調載荷の数値計算モデルを設定した。設定した数値解析モデルを図4に示す。これは、鉄筋コンクリート柱を4要素に簡略化し、コンクリートが崩落して、鉄筋がむきだしになった状態を考慮したモデルで要素Ⅲにおいては鉄筋のみが存在すると仮定したものである。

解析はこの数値解析モデルに水平方向の初期変形を与えた状態で、柱上端の鉛直方向変位を制御して行った。

計算手段としては、要素Ⅲには先に示したM-N-φ関係、M-N-ε関係から剛性マトリクスを求め、有限要素解析を行った。

4. 解析結果

図5は、柱上端の軸力と軸方向変位の関係を、図6は柱上端の軸方向変位と鉄筋部のモーメントの関係を示したものである。結論としては、

- 1) 一本分の鉄筋の挙動について実験と照らし合わせた解析が可能となった。
- 2) 近似化したM-N-φ関係、M-N-ε関係を用いることによって、変化する曲げ剛性を導入した構造解析が非常に簡略的ながらも可能となった。
- 3) 曲げ剛性の変化が軸方向耐荷力に与える影響は非常に大きい。

が挙げられる。

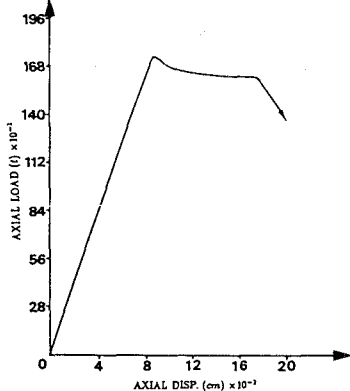


図 5 軸力ー軸方向変位関係

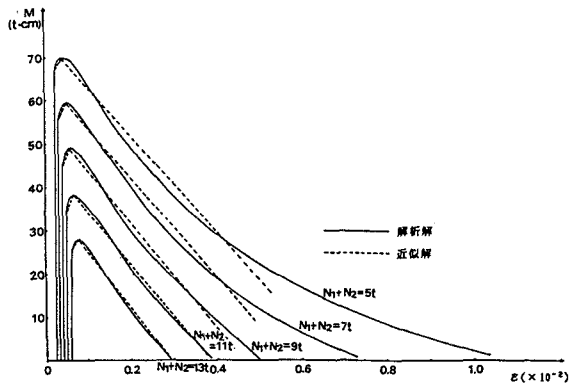


図 3.2 モーメントー軸力ー軸ひずみ関係

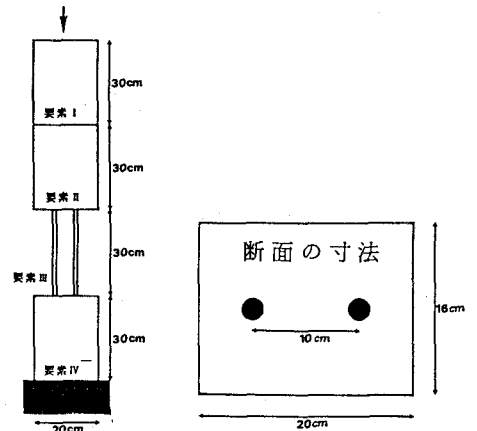


図 4 数値解析モデル

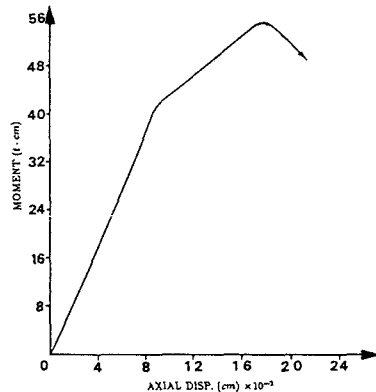


図 6 モーメントー軸方向変位関係