

武蔵工業大学大学院工学研究科 ○学生会員 岩本 隆生
武蔵工業大学大学院工学研究科 正会員 吉川 弘道

1.はじめに

鉄筋コンクリート(RC)部材の変形成分は、曲げ変形・せん断変形に分離できることが確認されている。しかしせん断変形は、曲げ変形に比べ変形量が比較的小さいことや、曲げ破壊を前提に作成された設計法により、変形解析において考慮されていないことが多い。そのため、せん断力の影響を導入することで、精度良く変形挙動を算定できると考えられる。そこで本論では、曲げ解析に多用されているファイバーモデルに、せん断解析である修正圧縮場理論(MCFT)¹⁾を適用することにより、斜めひび割れの発生するRC梁の変形挙動について、実験値との比較・検討を行った。

2. 解析手法

i)修正圧縮場理論(MCFT)

MCFTはCollinsらによって提案されたせん断解析手法である。ひび割れの発生したRC要素(図-1)をマクロ的にとらえ、要素内におけるモールの応力円(図-2 a)から得られるひずみの適合条件式(1)～(3)とモールのひずみ円(図-2 b)から求められる力の釣り合い条件式(4)を用いることで、主鉄筋・せん断補強筋の応力、コンクリートの斜め圧縮力・引張力および、圧縮ストラット角度 θ を求めようとするものである。また、曲げモーメントによる影響を導入することにより、曲げモーメントの相互作用を考慮した、部材解析モデルとなる。²⁾なお、せん断ひずみを軸方向に積分することによって、せん断変形量 δ_{shear} を式(5)より算出する。

$$\gamma_w = 2(\epsilon_x - \epsilon_2) \cot \theta \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\epsilon_x = \frac{\epsilon_1 \tan^2 \theta + \epsilon_2}{1 + \tan^2 \theta} \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\epsilon_v = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 \tan^2 \theta}{1 + \tan^2 \theta} \quad \cdots \cdots (3)$$

$$\sigma_2 = (\tan \theta + \cot \theta) \tau - \sigma_1 \quad \cdots \cdots (4)$$

$$\delta_{shear} = \int_x \gamma dx \quad \cdots \cdots (5)$$

ii)ファイバーモデル

ファイバーモデルは、RC断面の非線形な曲げモーメント

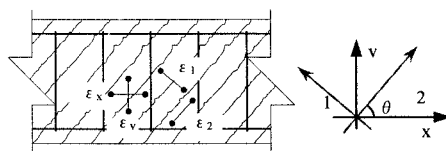
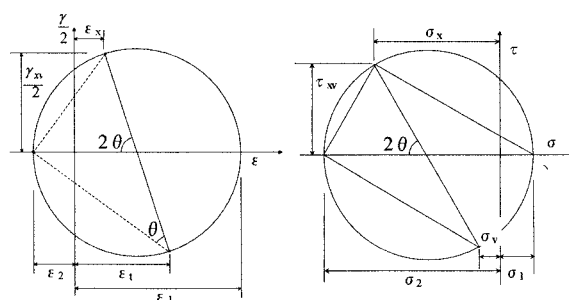


図-1 ひび割れの発生したRC要素



a) モールのひずみ円

b) モールの応力円

図-2 モールのひずみ円・応力円

曲率関係(曲げ剛性 EI)を評価する手法で、断面の釣り合い条件から曲げモーメントM—曲率 ϕ を算出する手法である。さらに曲率を軸方向に2回積分することによって、曲げ変形量 δ_{flex} が算出できる。以下に基本方程式を示した。

$$N = \int_A \sigma_x dA, \quad M = \int_A \sigma_x v dA$$

$$\delta_{flex} = \iint_x \phi dx dx, \quad \phi = \frac{M}{EI} \quad \cdots \cdots (6)$$

以上より、RC部材全体の変形量 δ はせん断変形 δ_{shear} と曲げ変形 δ_{flex} の累加式(7)で表すことが出来る。

$$\delta = \delta_{shear} + \delta_{flex} \quad \cdots \cdots (7)$$

3. 実験概要

対象とした部材は、せん断破壊を想定し、設計したRC梁(図-3, 4)で、断面 200×200 mm, スパン長1200 mm, せん断補強筋ピッチ175 mmで、載荷点下の変位を測定した。使用材料の力学特性を、表-1に示す。またパラメータをせん断スパン a とし、550 mm, 475 mm, 400 mmと変化させた(表-2)。試験体は全て同設計のものをを用い、載荷方法は単調載荷で行った。

キーワード：鉄筋コンクリート梁, 修正圧縮場理論, ファイバーモデル, 荷重変位関係, せん断変形

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部 都市基盤工学科 構造材料研究室

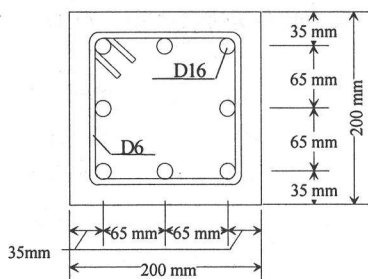


図-3 断面図

表-1 使用材料の力学特性

	圧縮強度	引張強度	弾性係数
コンクリート	28.6	2.52	2.33E+04
呼び名	降伏強度	弾性係数	
D16-SD345	628	2.94E+05	
D6-SD295	337	2.94E+05	[N/mm ²]

表-2 試験体パラメータ

試験体	せん断スパン[mm]	せん断スパン比 (a/d)
① B20-550	550	3.2
② B20-475	475	2.8
③ B20-440	400	2.4

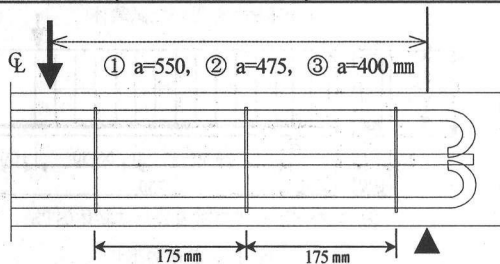


図-4 試験体一般図

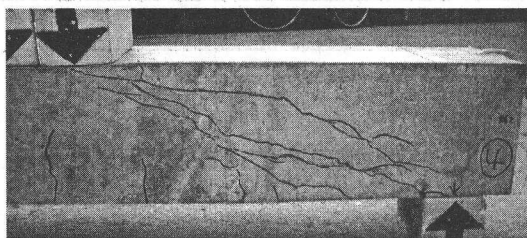


図-5 ① B20-550 右側 終局写真

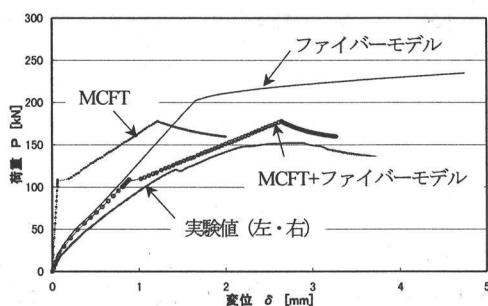
4. 実験結果及び考察

図-5 に B20-550 右側の終局写真と、図-6に各試験体の荷重-変位(P- δ)曲線を示す。

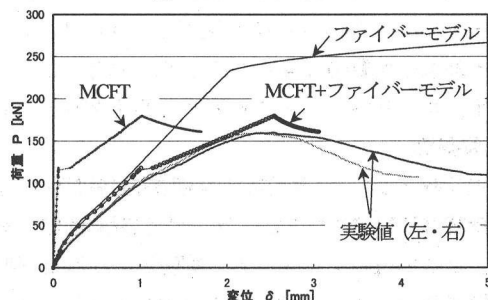
実験値は各試験体とも、せん断ひび割れ発生後、急激にせん断変形量が増加し、せん断補強筋の降伏によって耐力低下に至っている。

本提案手法による解析は、

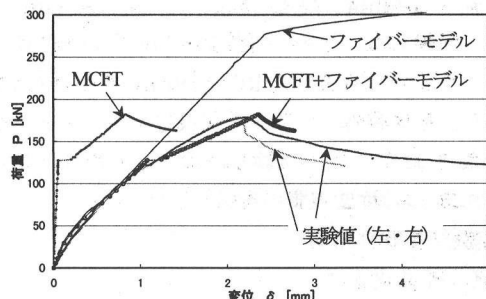
- ① 荷重初期(曲げモーメント卓越区間)からせん断ひび割れ発生後、および軟化域にわたり、極めてよく一致した。



① B20-550 a/d=3.2



② B20-475 a/d=2.8



③ B20-400 a/d=2.4

図-6 各試験体の荷重-変位関係

- ② 実験値で見られる終局せん断耐力後の大きな変形挙動を、追従することができなかった。

せん断破壊は、主鉄筋比・コンクリート強度・せん断補強筋比・断面寸法・曲げモーメントなど、様々な要因に支配されるため、さらに多くの試験体に適用し、実験との整合性を確認する必要がある。また曲げ降伏後のせん断破壊(曲げせん断破壊)を生じるような、部材では塑性ヒンジの形成などにより、曲げモーメントによる相互作用が複雑となるため、今後の課題と考えられる。

【参考文献】

- 1) M.P.Collins and D.Mithcell : Prestressed Concret Structures, PRENTICE HALL INC., 1991
- 2) 中村・檜垣: 拡張した修正圧縮場理論によるRCはり断面のせん断耐力評価, 土木学会論文集 No490/V-23, pp157-166, 1994.5