

コンクリートの引張軟化挙動がせん断に与える影響

武蔵工業大学大学院 学生会員 ○ 松本 啓
同上 五明 賢
武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物のせん断破壊は、多くの要因によって影響を受ける現象である。要因の1つとして挙げられるのが引張軟化挙動である。現在まで多くの引張軟化曲線が提案されている。本研究では修正圧縮場理論(以下、MCFT)を用いて、せん断耐力に及ぼす影響や、既往の実験式との比較・検討を行う。

2. 実験概要

図-1 に供試体形状を表-1 に試験体諸元を示す。試験体は、断面 $200 \times 150\text{mm}^2$ の長方形断面とし、部材長 1400mm 、支持スパン 1200mm 、せん断補強筋ピッチは左側を 100mm 、右側を 175mm とし意図的に試験体右側をせん断破壊するように配筋した。いくつか作成した中で、せん断破壊した試験体(せん断スパン 475mm)を選択し、二点集中載荷で実験を行った。

表-1 試験体諸元

試験体 せん断スパン (mm)	a/d	供試体寸法		鉄筋比 (%)	主鉄筋		鉄筋比 (%)	せん断補強筋		コンクリート	
		幅 b(mm)	有効高さ d(mm)		降伏強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)		降伏強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)
475	2.74	150	172.95	4.59	401.6	$1.87\text{E}+05$	0.241	325.7	$2.03\text{E}+05$	43.6	$2.95\text{E}+04$

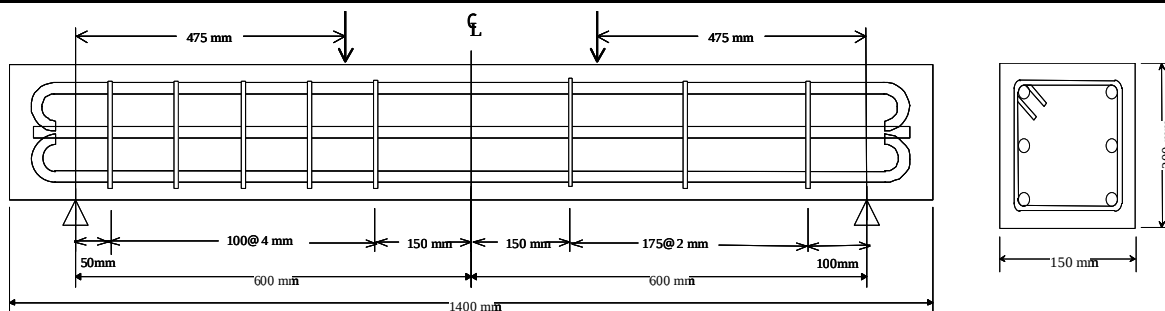


図-1 試験体形状

3. 解析手法

RC はりのせん断耐力を解析的に評価する手法の一つとして、Collins 等が提案した MCFT があげられる。せん断力が作用する RC 要素に、MCFT を適用すると図-2 のようにモデル化され、一様な斜めひび割れを持つ RC 要素として取り扱う。また、ひずみの適合条件、コンクリートおよび鉄筋の材料構成則、主鉄筋方向およびせん断補強筋方向の力の釣合い条件を満たす RC 要素状態を収束計算から求めることで、RC 要素のせん断挙動を追跡できるモデルである。本研究では MCFT のコンクリート材料構成則に着目し、引張軟化挙動がせん断に与える影響を明らかにし、他の提案されている引張軟化曲線と比較・検討を行った。

以下に、MCFT で用いられている Collins 等の提案した引張軟化式を示す。

$$\sigma_1 = \frac{\alpha_1 \alpha_2 f_{cr}}{1 + \sqrt{500 \varepsilon_1}}$$

σ_1 : コンクリートの主引張応力 (N/mm^2)

α_1 : 鉄筋との付着特性を表す係数 α_2 : 作用荷重の特性を表す係数

f_{cr} : ひび割れ発生応力 (N/mm^2) ε_1 : 主引張ひずみ

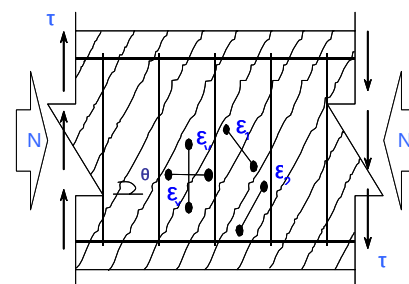


図-2 RC 要素のモデル化

キーワード: せん断破壊, 引張軟化曲線, 修正圧縮場理論(MCFT)

連絡先: 〒158-8557 世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 10 号館 1 階 TEL:03-3703-3111 FAX:03-5707-1186

次に、現在提案されている主な引張軟化曲線の式を以下に示す。

・ 檜貝，中村の提案式

$$\sigma_1 = \frac{\alpha_1 \alpha_2 f_{cr}}{1 + \alpha_3 \sqrt{500 \varepsilon_1}} \quad \alpha_3: \text{低減係数}$$

・ 森田，角の提案式

$$\sigma_1 = f_{cr} / (4.5 \times 10^3 \times \varepsilon_1 + 0.84) + 0.22$$

これら提案式を用い、それぞれ MCFT の解析プログラムに組み込むことで数値シミュレーションを行った。

4. 解析結果及び実験結果

引張軟化挙動の比較として、図-3 に主引張ひずみ ε_1 と、主引張応力 σ_1 の関係を示した。ひび割れ前は同様の挙動であるため、ひび割れ後について算出した。Collins モデルに対し、他のモデル式は σ_1 が大きく下回る結果となった。これは Collins モデルが σ_1 を過大評価しているという事を示す。

図-4 にせん断応力 τ ，せん断ひずみ γ の関係を示す。せん断ひび割れ発生後、図-3 に示した引張軟化の影響により Collins モデルはそのまま緩やかに上昇していき、他のモデル式は一旦低下した後、緩やかに上昇する。Collins モデルは、 σ_1 を過大評価しているため、それに伴ってせん断応力も大きな値を示すことになる。しかし、MCFT では主引張応力 σ_1 の限界値を設けているため、 γ の値が 0.003 付近より徐々に減少する。

図-5 では、図-4 の解析値に実験値を加え比較した。これより、実験値に最も近い挙動を示したのは Collins モデルだと分かる。この試験体の実験結果だけを考慮するならば、他のモデル式は、せん断ひび割れ発生後の低減効果を考慮している分、実験値より τ を小さく見積もっていることが原因だと考えられる。つまり、図-3、図-4 での考察とは逆に、他のモデル式は τ を過小評価しているという事になる。

5. まとめ

引張軟化曲線を比較することにより、それぞれモデル式の特徴を捉えることができた。また、その引張軟化挙動がせん断に与える影響も見ることができた。檜貝，中村らは、Collins モデルではせん断力を過大評価しているとし、低減係数を考慮しているが、実験結果とは相反する結果となった。これら関係を確かめるべく、今後は解析プログラムの再検討をするとともに、試験体数を増やし、様々な条件下で検証を行う。

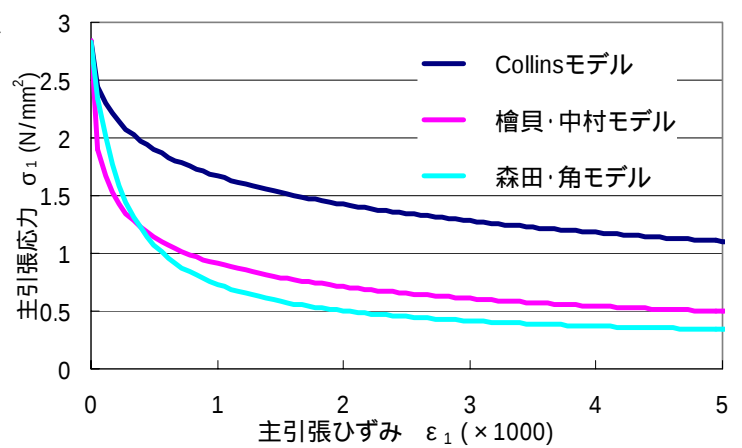


図-3 引張軟化曲線の比較

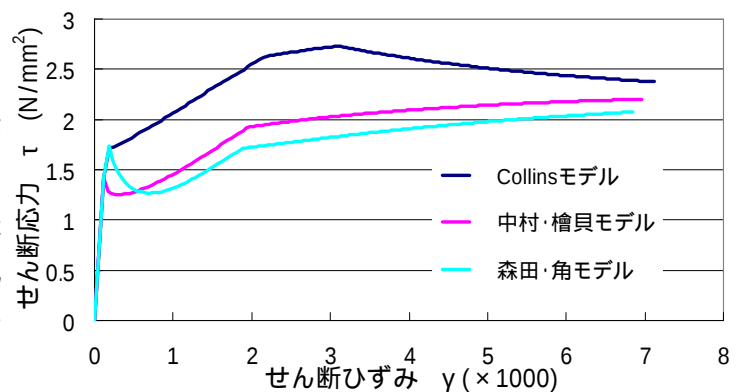


図-4 引張軟化曲線がせん断に与える影響

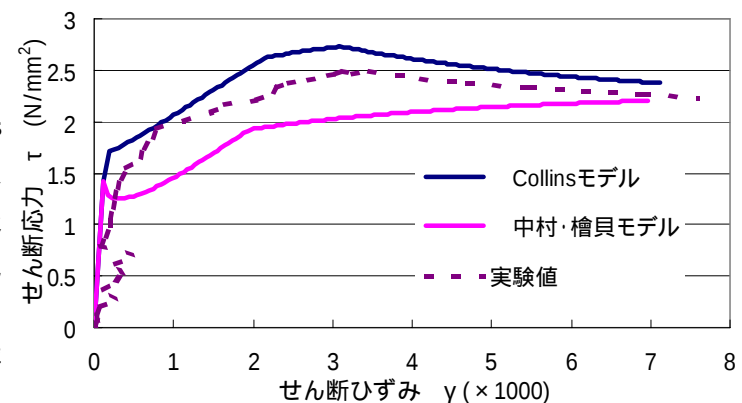


図-5 解析値と実験値の比較

<参考文献>

- 1) 岩本 隆生:「修正圧縮場理論を適用した鉄筋コンクリート部材のせん断解析」 武蔵工業大学修士論文 2001.3
- 2) M.P.Collins, and, D.Mitchell: Prestressed Concrete Structures, PRENTICE HALL INC 1991
- 3) 中村 光 檜貝 勇:「拡張した修正圧縮場理論による RC はり断面のせん断耐荷力評価」 土木学会論文集 No.490 1994.5