

RC 梁を対象とした修正圧縮場理論によるせん断挙動解析

学生氏名 山形 信一
指導教員 吉川 弘道

1.はじめに

せん断破壊の破壊挙動は脆性的であり、多大な被害を被るため避けなければならない。そのためにはせん断破壊の性状を把握することが重要である。しかしせん断破壊は、多くの要因によって影響を受ける現象であるため、そのメカニズムは極めて複雑であり、十分に性状が把握されていないという現状にある。せん断破壊のメカニズムを解明する手法の一つに、Collins らによって提案された修正圧縮場理論¹⁾(以下、MCFT)が挙げられる。

本論では、平成 15 年度に行われた RC 梁載荷実験による実験値と、MCFT による解析値を比較し、破壊性状の把握、MCFT の整合性について検討した。

2.MCFT の基本的な考え方

MCFT は、RC 部材の斜めひび割れが発生した部分をマクロ的にとらえ、その要素内に働く平均ひずみ・平均応力に対して、力の釣合い条件および変形の適合条件を用いることにより、せん断問題を合理的に取り扱う理論である。これによって、せん断力が作用する RC 要素の、破壊に至るまでの非線形挙動を算定することが可能となる。

3.実験概要

試験体配筋図を図-1 に、試験体諸元を表-1 に示した。試験体は梁断面を想定した矩形断面とし、一方向のせん断スパンでのみせん断破壊が生じるように、左右のせん断補強筋比を変えて設計を行った。載荷試験は変位制御・二点集中載荷で行った。載荷時には、荷重、せん断補強筋・主鉄筋ひずみ、試験体側面におけるコンクリートひずみ、載荷点変位等を測定した。試験体はせん断スパン長、せん断補強筋比をパラメータとし、せん断補強筋間隔 125mm, 150mm のものを各 3 体ずつ、せん断補強筋間隔 175mm のものを 2 体用いた。また各試験体の名称は「(せん断補強筋間隔) - (せん断スパン長)」とする。

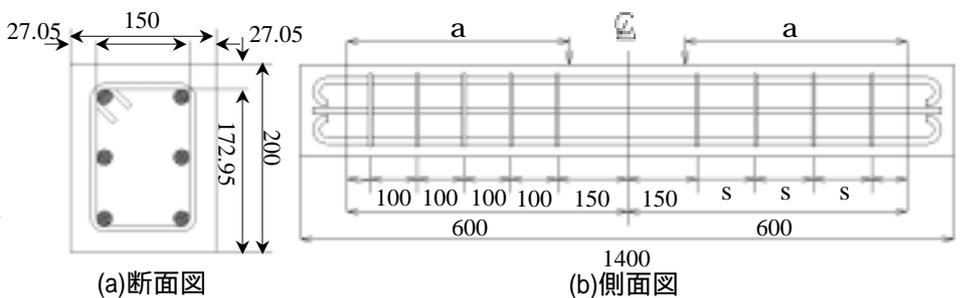


図-1 試験体配筋図 (mm)

表-1 試験体諸元

試験体名	せん断補強筋間隔 (mm)	せん断スパン長 (mm)	断面幅 (mm)	断面高さ (mm)	有効高さ (mm)	軸方向 鉄筋比 (%)	コンクリート				せん断補強筋			主鉄筋						
							せん断補強筋比 (%)		圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	鉄筋径	降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (-)	弾性係数 (N/mm ²)	鉄筋径	降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (-)	弾性係数 (N/mm ²)
							右	左												
125-400	125	400	150	200	172.95	4.59	0.338	0.422	32.1	2.81	5.13	3.26 × 10 ⁴	D6	325.7	0.00162	2.03 × 10 ⁵	D16	401.6	0.00215	1.87 × 10 ⁵
125-475		475																		
125-550		550																		
150-400	150	400	150	200	172.95	4.59	0.281	0.422	32.1	2.81	5.13	3.26 × 10 ⁴	D6	325.7	0.00162	2.03 × 10 ⁵	D16	401.6	0.00215	1.87 × 10 ⁵
150-475		475																		
150-550		550																		
175-400	175	400	150	200	172.95	4.59	0.241	0.422	43.6	2.90	4.32	2.90 × 10 ⁴	D6	325.7	0.00162	2.03 × 10 ⁵	D16	401.6	0.00215	1.87 × 10 ⁵
175-475		475																		

4.非接触変位計測システム²⁾によるせん断変形の算出

実験値の算出として、デジタルカメラによる非接触変位計測システムを適用した。せん断破壊させるせん断スパンを解析範囲とし、ポインター(白色のシール)を、黒く塗った試験体側面に一定間隔で貼った(図-2 参照)。そして解析範囲を、載荷開始時から 30 秒に 1 回の間隔で、デジタルカメラを用いて撮影した。この画像を、画像解析ソフト Win ROOF を用いて解析し、算出された各ポインターの重心座標より、せん断変形 δ_{shear} を算出した。

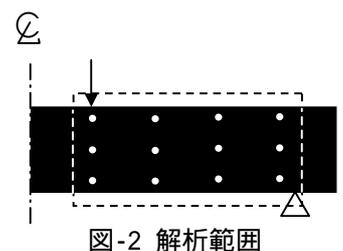


図-2 解析範囲

Key words : 修正圧縮場理論, 非接触変位計測システム, せん断変形, 軸力の低下係数 α

5. MCFT と実験値の比較

せん断破壊した試験体 175-400, 曲げ破壊した試験体 125-550 におけるせん断力 V とせん断変形 δ_{shear} の関係を図-3(a)(b) に示した.

図-3(a)より, 解析値は斜めひび割れ発生点, せん断補強筋降伏点において実験値とほぼ一致する挙動をとった. これよりせん断破壊する試験体では, MCFT の妥当性は高いといえる.

図-3(b)より, 斜めひび割れ発生点のせん断力において, 解析値が実験値に比べ大きくなった. これはせん断補強筋間隔が小さいこと, またせん断スパン長が大きいことにより曲げモーメントの影響が増加したためと考えられる. そこで曲げモーメントの影響として引張軸力 N を MCFT に考慮した. この引張軸力 N は引張鉄筋の引張力 $T_0 (=M/jd)$ としたが, T_0 をそのまま N として用いると曲げモーメントの影響を過大に評価してしまうため, 式(1)のように低下係数 α を用いて考慮した. この低下係数 α を変化させ, 実験値と比較した.

$$N = \frac{V \cdot a}{j \cdot d} \cdot \alpha \quad (1)$$

a : せん断スパン長, $j=7/8$, d : 断面有効高さ, α : 軸力の低下係数

図-3(b)より, $\alpha=1.0$ では解析におけるせん断力が過小となることが確認できる. $\alpha=0.5$ では, 実験値に対し解析値が, 斜めひび割れ発生点においてほぼ一致し, 主鉄筋降伏に至るまで追従することができた. よって斜めひび割れ発生後に曲げ破壊する試験体においても, 引張軸力を考慮することによってプレピークにおいて解析が可能といえる.

図-4 に 175-400 におけるせん断力負担分の比較を示した. 解析値は実験値と非常に近い挙動を示しており, 斜めひび割れ発生以降せん断力負担分が, コンクリート負担分 V_c からせん断補強筋負担分 V_s に移行している様子が実験値, 解析値ともに明確に表れている.

図-5 に非接触変位計測システムより算出したせん断変形 δ_{shear} と, 曲げ変形 δ_{flex} の割合を示した. 横軸は荷重開始から荷重終了までの時刻暦とした. また, 荷重終了は荷重点ひずみが 25mm に達した時点とした. 図-5 より斜めひび割れ発生後及び, せん断補強筋降伏後において, δ_{shear} の割合が増加している. このことから斜めひび割れ発生やせん断補強筋降伏の影響によりせん断挙動が卓越することが確認できる. そして荷重終了時には, δ_{shear} が占める割合は斜めひび割れ発生時の約 4 倍となり, 全変形の 80% に至った.

6. まとめ

MCFT はせん断破壊する部材においては, 精度の良い解析が可能である. また, 斜めひび割れ発生後に曲げ破壊する部材においても軸力を導入し曲げモーメントを考慮することにより, プレピークにおいて精度の良い解析値を得ることができる.

デジタルカメラを用いた非接触変位計測システムにより, RC 梁のせん断変形を精度良く算出することができた. よって変位計を適用できない試験体においても, せん断変形の算出は可能である.

[参考文献]

- 1) Michael.P.collins.Denis.Mitchell:PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES,PRENTICE HALL,1991,pp343-353
- 2) 亀田剛志:非接触変位計測システムを用いた鉄筋コンクリート梁のせん断変形測定, 2001 年度武蔵工業大学卒業論文

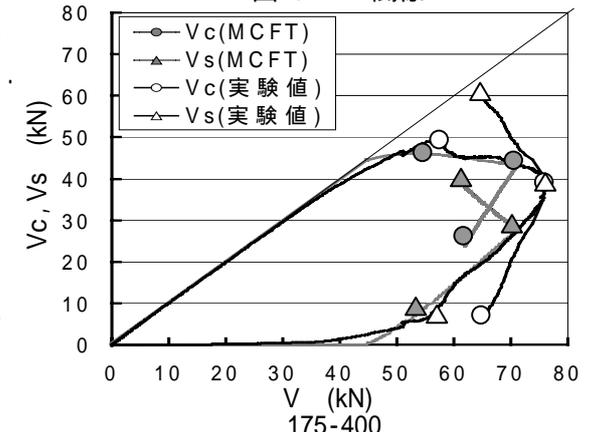
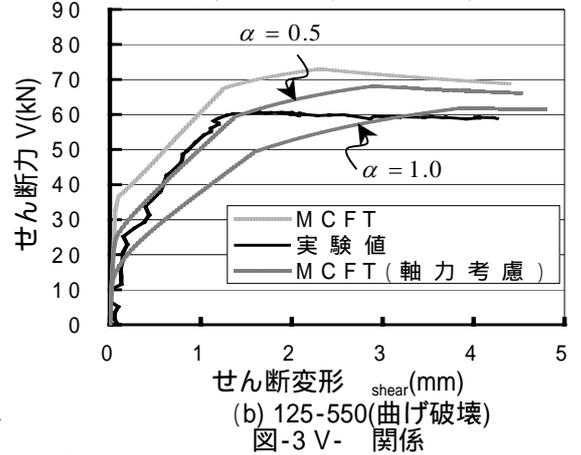
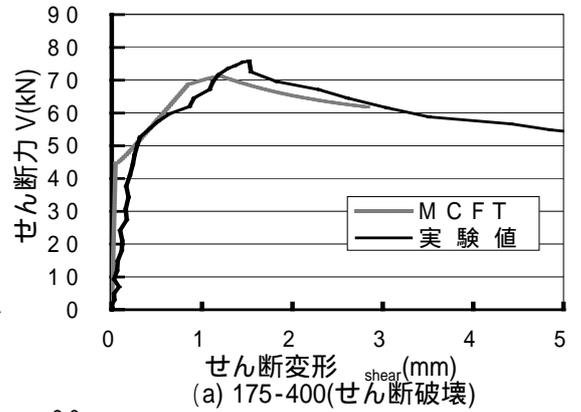


図-4 せん断力負担分の比較

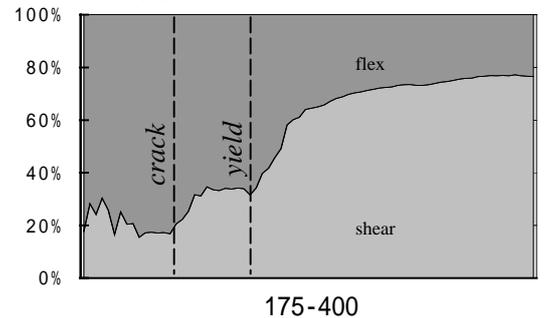


図-5 せん断変形と曲げ変形の割合