

鉄筋コンクリートはりにおける曲げとせん断の相互作用について

武蔵工業大学大学院 学生会員 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(以下 RC)部材には、荷重が作用すると曲げモーメントとせん断力が混在し、非線形領域において両断面力がお互いに影響を及ぼし合う。例えば、変形量は曲げ変形とせん断変形の合算により算出されるが、二つの変形量は、お互いに独立とは限らない。従って、モーメントシフトに代表されるように、断面挙動においても曲げとせん断の相互作用が顕在化する。そこで、本論では、RC 部材における曲げモーメントとせん断力の相互作用について RC はりの実験結果より検証を行った。

2. 実験概要

・試験体概要

試験体の形状寸法を図-1 に、試験体諸元を表-1 に示す。試験体は、スパン 1200mm、断面 150×200mm の矩形断面とした。一方のせん断スパンを意図的にせん断破壊させるため、左右せん断スパンにおいて意図的にせん断補強筋比を変化させた。

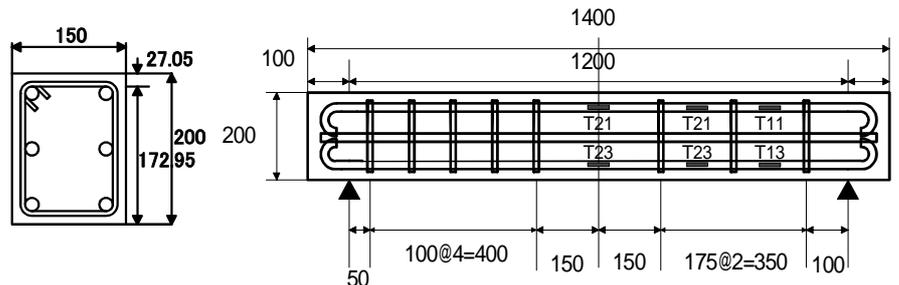


図-1 試験体配筋図 (mm)

荷重方法:せん断スパンを 3 パターン設定し、せん断力と曲げモーメントの比率を変化させ (a/d=2.31 ~ 3.18)、各パターン 2 体ずつ計 6 体実験を行った。荷重方法は、対称二点集中荷重とし、変位制御で行った。

測定項目:測定項目は、荷重、載荷点変位、主鉄筋及びせん断補強筋ひずみ、CCD カメラによる変位計測<sup>1)</sup>とした。主鉄筋ひずみの測定位置は、図-1 の通りである。

表 1 試験体諸元

試験体	断面形状	載荷スパン mm	せん断スパン mm	有効高さ mm	曲げせん断 耐力比	軸方向鉄筋			せん断補強筋			コンクリート	
						鉄筋比 (%)	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	鉄筋比 (%)	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )
B550	200×150	1200	550	172.95	1.126	4.59	628	2.94×10 <sup>5</sup>	0.241	337	1.86×10 <sup>5</sup>	33.2	2.99×10 <sup>4</sup>
B475			475		0.972								
B400			400		0.819								

3. せん断変形、曲げ変形の算出方法<sup>2)</sup>

CCD カメラを使用して求めた変位データから、次式によってせん断変形、曲げ変形を求めた。(図-2 参照)

・せん断変形の算出手法

$$\delta_{shear} = ds / \sin R \tag{1}$$

$$ds = d - dh - dv$$

$$dh = (lu + lb) / 2 \cdot \cos R, \quad dv = (hl + hr) / 2 \cdot \sin R$$

・曲げ変形の算出手法

$$\delta_{flex} = \int_L \phi(x) \cdot x dx \tag{2}$$

$$\phi(x) = (lu - ld) / (L \cdot h)$$

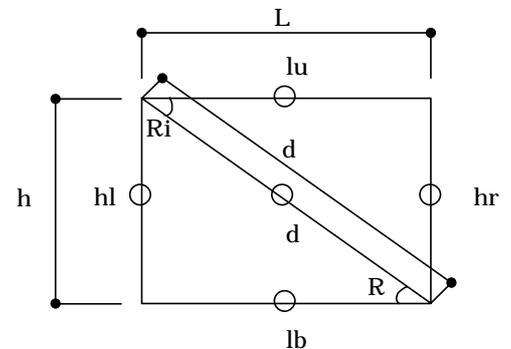


図 2 各変形算定方法

d: 解析範囲の対角線方向変形量。 dh, dv: 解析範囲の水平、鉛直方向変形量。 lu, lb: 解析範囲の上辺、下辺変形量。 hl, hr: 解析範囲の右辺、左辺変形量。 R: 解析範囲の対角線角度。 φ(x): 曲率。 L: せん断スパン

keyword: 鉄筋コンクリートはり, 曲げモーメント, せん断力, モーメントシフト, 相互作用

連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1

03-3703-3111

4. 実験結果と考察

実験結果は、いずれの試験体も、主鉄筋降伏前にせん断ひび割れが生じ、その後、せん断破壊した。せん断・曲げの各変形量の関係と作用曲げモーメントと主鉄筋ひずみに着目し、せん断力と曲げモーメントの相互作用について考察した。

4-1. 変形量による考察

図-3 は、CCD カメラによって得られた、せん断変形と曲げ変形の割合を表したものである。縦軸が各変位、横軸に変位計により得られた変位である。ここでは、B475、B400 試験体について考察する。B475 試験体では、せん断ひび割れが発生すると同時にせん断変形が増加し始め、最大荷重までは曲げ変形とせん断変形の差は一定であったが、その後せん断変形が曲げ変形を上回った。B400 試験体では、せん断ひび割れ発生時にすでにせん断変形は発生し、曲げ変形を上回っている。その後、せん断変形は顕著な増加を示したのに対し、曲げ変形は、最大荷重点以降ほとんど増加を示さなかった。

また、B475 と B400 を、せん断応力 - せん断ひずみ関係(図-4 参照)としてみると、B400 試験体に比べ、B475 試験体が、応力、ひずみの値でも下回っていることがわかる。これは、せん断スパンが長いことにより曲げモーメントの大きさが変化し、同じせん断応力を受けても、せん断挙動に違いが生じたものと考えられる。

4-2. 主鉄筋ひずみによる考察

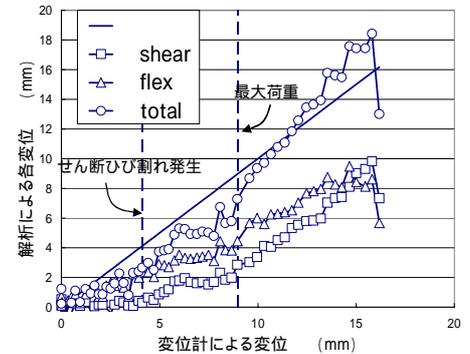
図-5 に作用曲げモーメントと主鉄筋ひずみの関係を示す。3 断面において、はり理論による曲げ作用だけであれば、同一の軌跡をたどることが予想されるが、せん断力の影響により乖離を生じている。B475 では、純曲げ区間に比べて、支点到近いほど圧縮鉄筋において傾きが増加し、引張鉄筋では傾きが減少している(図-5(a)参照)。B400 では、T21 と T31、T23 と T33 は、ほぼ同一となっているが、T11 は傾きが大きく、T13 は傾きが小さくなっている(図-5(b)参照)。これらの挙動は、圧縮鉄筋にひずみの減少、引張鉄筋にひずみの増加が見られたことから、モーメントシフトによる影響であり、せん断挙動が、曲げ挙動に対して及ぼしている影響の一つであると考えられる。

5. まとめ

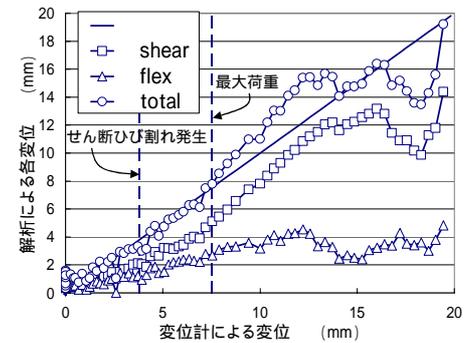
- ・せん断と曲げにおける変形挙動が、作用する曲げモーメントとせん断力の割合に影響されることが確認された。
- ・主鉄筋に、はり理論による曲げ作用以外にせん断力によるトラス作用で引張力が発生し、モーメントシフトを生じていることが確認された。
- ・曲げモーメントとせん断力が、それぞれの変形及び断面挙動に影響を及ぼし合うことが確認された。
- ・曲げとせん断の相互作用の定量的評価方法に関して、これから検討課題としていく。

【参考文献】

- 1) 三谷産業(株):Windows 汎用画像処理パッケージ Win ROOF 取扱説明書
- 2) Xiao,Y. Priestry,M.J.N. Seible,F : STEEL JACKET RETROFIT FOR ENHANCING SHEAR STERENGTH OF SHORT RECTANGULAR RENFOCED CONNCRETE COLUMNS, STRUCTURAL SYSTEMS RESEACH PROJYECT University of California pp56 ~ 60, 1993 . 7



(a)B475



(b)B400

図-3 各変形量の比率

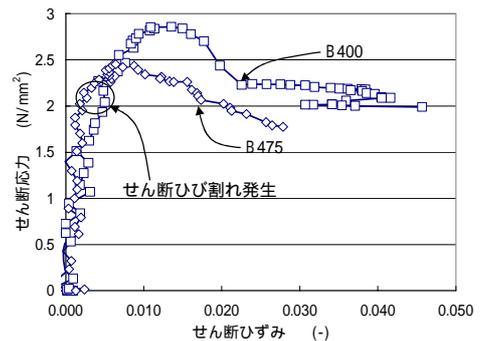
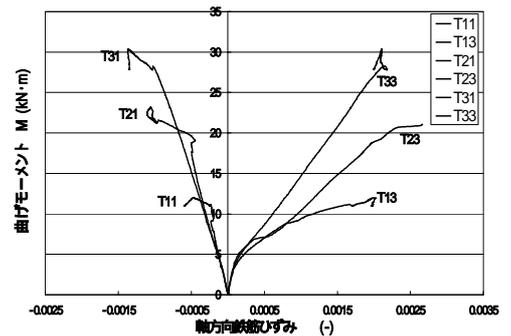
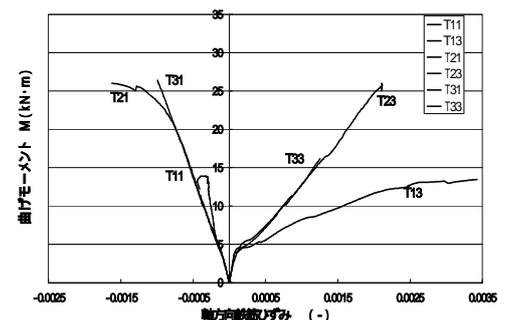


図-4 曲線比較



a) B475



a) B400

図-5 曲げモーメント - 主鉄筋ひずみ関係