

大阪工業大学大学院 学生員 ○栗栖 開 大阪工業大学大学院 学生員 伊藤 崇則
 大阪工業大学工学部 正 員 井上 晋 大阪工業大学工学部 正 員 小林 和夫
 大阪工業大学工学部 正 員 仁枝 保

1. はじめに

脆性的で好ましくない破壊形式であるせん断破壊について、その耐荷メカニズムを明らかにすることは重要な課題である。そこで本研究では、曲げ・せん断を同時に受けるRCはり部材のせん断耐荷挙動におよぼすスターラップ量、コンクリート強度の影響を実験的に検討するとともに、修正圧縮場理論を用いて解析を行い、スターラップひずみやコンクリートが負担するせん断力等について、実測値と比較・検討した。

2. 実験概要

本実験で用いたRCはり部材の断面形状を図1に、また載荷・配筋図を図2に示す。いずれの供試体も主鉄筋は2D16 ($f_{sy}=3740\text{kgf/cm}^2$)、せん断補強筋にはD6スターラップ ($f_{vy}=4150\text{kgf/cm}^2$)を用いた。また、スターラップの配置間隔は ∞ (スターラップ無)、16cm、8cmの3種類を選定した。さらにコンクリートの設計基準強度は400kgf/cm²、800kgf/cm²の2種類とした。これらの要因の組み合わせにより合計6体のはりを製作した。それらの詳細を表1に示す。なお、載荷時には荷重、スパン中央たわみの他スターラップひずみ、コンクリートの主引張・主圧縮ひずみ等を計測した。載荷方法は全長160cmに対し曲げスパン30cm、せん断スパン40cmとした($a/d=2.34$)対称2点集中荷重方式とした。

3. 解析方法

せん断耐荷挙動を解析する方法として、斜めひび割れ間のコンクリートの引張抵抗ならびに横方向引張ひずみによる圧縮強度の低下を考慮したCollinsらによる修正圧縮場理論¹⁾を用いた。同理論によるせん断耐力は(1)式より算出される。なお、解析に用いるコンクリートの引張強度として、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 円柱供試体での割裂引張試験による引張強度を用いたもの(解析値1)、Collinsらによる $f_t = 4.00\lambda\sqrt{f'_c}\sqrt{7/100}$ ($\lambda = 1.00 : \text{kgf/cm}^2$)としたもの(解析値2)の2種類を用いた。

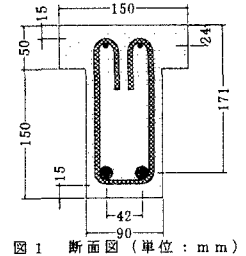


図1 断面図 (単位: mm)

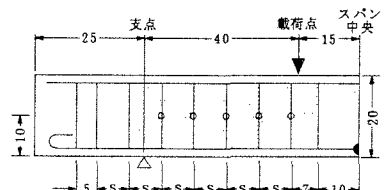


図2 載荷・配筋図 (単位: cm)

表-1 供試体の種類と最大荷重の実測値と計算値

供試体	スターラップ間隔 s(cm)	実コンクリート強度 f'_c (kgf/cm ²)	終局曲げ破壊荷重		終局せん断破壊荷重		最大荷重	
			計算値 $P_{ub}(tf)$	計算値 $P_{us}(tf)$	計算値 $P_{us}(tf)$	計算値 $P_{us}(tf)$	実測値 $P_u(tf)$	破壊形状
T-40-00	∞	625	11.45	4.64	5.76	5.76	せん断	
T-40-16	16	625	11.45	9.44	12.97	12.97	曲げ	
T-40-08	8	536	11.47	14.37	13.71	13.71	曲げ	
HT-40-00	∞	936	11.79	5.50	7.62	7.62	せん断	
HT-40-16	16	936	11.79	10.40	13.30	13.30	曲げ	
HT-40-08	8	943	11.79	15.31	15.55	15.55	曲げ	

$$V = V_c + V_s = f_1 b_w j d \cot \theta + \frac{A_v f_v}{s} j d \cot \theta \quad (1)$$

f_1 : 主引張応力、 A_v, f_v, s : スターラップの断面積、

応力および配置間隔、 θ : ひび割れの傾斜角

なお、比較のためにコンクリート標準示方書式

$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ を用いた。ここで、 V_{cd} はせん断補強筋のないはりのコンクリートの分担せん断力、 V_{sd} は圧縮斜材角を45度と仮定したトラス理論から算定されるせん断補強筋の分担せん断力である。

4. 考察

図3-(1)~(3)に作用せん断力とコンクリート・せん断補強筋の分担せん断力の関係の一例を実験値、解析値ともに示す。

スターラップの無いものはせん断破壊をしたが、他の供試体は、計算上せん断破壊するはずのT-40-16、Hiraku KURISU, Takanori ITOU, Susumu INOUE, Kazuo KOBAYASHI, Tamotsu NIEDA

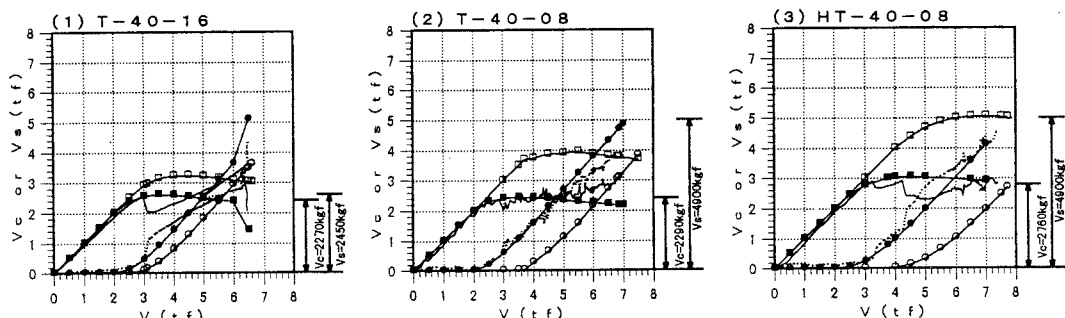
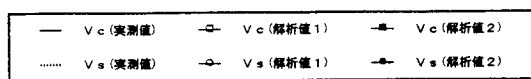


図3 作用せん断力-コンクリート・スターラップ分担せん断力関係

HT-40-16を含め、曲げ引張破壊をした。なお、ここではスターラップひずみが明瞭に発生した支点から22cm位置に着目して以下の考察を進める。

斜めひび割れ発生後、高強度コンクリートはりの分担せん断力は一時的減少し、その後一定もしくは微増する傾向にあるが、普通強度コンクリートはりにおける分担せん断力の減少は前者に比べ小さかった。スターラップ量の少ないはりでは斜めひび割れ発生後近傍でのスターラップの分担せん断力の増加、すなわちコンクリートの分担せん断力の減少が顕著であった。また、修正圧縮場理論による解析値2と実測値はほぼ等しかったが、一方、解析値1はコンクリートの分担せん断力を過大評価する傾向がある。この原因として解析値1に $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体から求めた引張強度を用いたが、はり供試体では寸法効果等により引張強度が減少したためと考えられる。

いずれの供試体においてもコンクリートの分担せん断力の実測値はコンクリート標準示方書の設計値（ただし、材料係数・部材係数は1.0）にほぼ等しく、斜めひび割れ発生後のコンクリートの分担せん断力は一定であるというコンクリート標準示方書の考え方に近い結果が得られた。しかし、大変形で繰返しを受ける場合、コンクリートの分担せん断力が著しく減少することが報告されており、このことは今後検討されるべき課題である。

図4にひび割れ傾斜角と作用せん断力の関係を実測値、解析値1・2ともに示す。図より解析値2は実測値をよく推定していることがうかがえる。また、解析値の角度の減少率においてスターラップ配置間隔による顕著な差は見られなかったが、角度が減少し始めるときの作用せん断力はすべての供試体において解析値2のほうが解析値1に比べ小さくなっていた。一方、実測値では最終的に40度程度となるものが多く、コンクリート標準示方書でのひび割れ傾斜角45度という仮定と違った結果であった。

5. まとめ

修正圧縮場理論による解析結果は、実測値と多少差異があるものの、コンクリートの引張強度を適切に評価すれば同理論は十分に適用できると考えられる。コンクリートの負担せん断力は一方向荷重下では斜めひび割れ発生後コンクリート標準示方書の仮定どおりほぼ一定であったが、大変形繰返し下での挙動やひび割れ傾斜角45度という仮定については今後検討が必要がある。

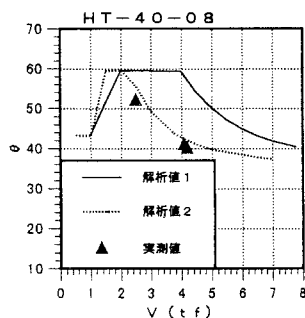


図4 作用せん断力-ひび割れ傾斜角関係