

報 告

[2027] RCはりのせん断破壊機構を考慮したせん断補強筋の配置とせん断性状に関する実験

正会員○小林克巳（福井大学環境設計工学科）

伊部創一（福井大学大学院）

岩佐真吾（福井大学大学院）

1. はじめに

RCはりのせん断引張破壊においては、はり両端部に発生した斜めひび割れが主筋を横切り、主筋及びかぶりコンクリートにダボせん断力を生じさせることが大きな影響を及ぼすものと想像される。RC部材における付着作用とダボ作用との相関に関する実験[1]によれば、ダボ作用によって主筋に沿うひび割れが発生すると広い範囲で付着劣化を引き起こすことが分かっているが付着力が失われればマクロモデル[2]におけるトラス機構も消滅することになり、ダボ変形を拘束して付着力の低下を防ぐことが重要となってくる。またせん断引張破壊時にはせん断補強筋が降伏することになるが、図-1[3]のように全てのせん断補強筋が降伏するわけではなく、

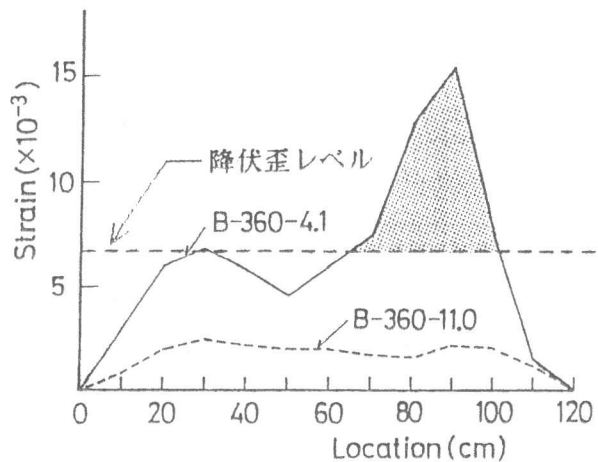


図-1 せん断補強筋の歪分布[3]

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体断面は、 $b \times D = 13\text{cm} \times 25\text{cm}$ 、せん断スパン比は 1.5 とした。主筋は引張側、圧縮側とも 2-D16 で、高強度鉄筋を弾性範囲で使用し、曲げ耐力を高めてせん断破壊が先行するようにした。せん断補強筋には 4φ を使用し、スパン内に配置したせん断補強筋本数は 15 本で一定とした。等間隔に配置した No.1 の配筋図を図-2 に、試験体一覧を表-1 に示す。Pw は 0.36%、 $Pw \cdot w \sigma_y$ は 11kg/cm^2 で、せん断引張破壊が起こると考えられる量である。使用した材料の力学的特性を表-2 に示す。

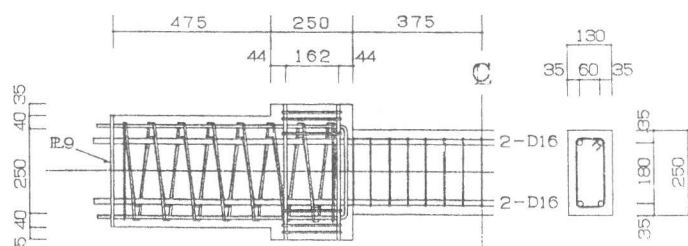
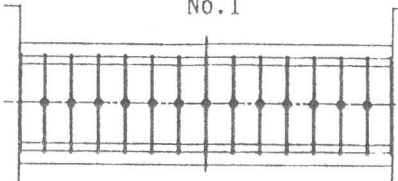
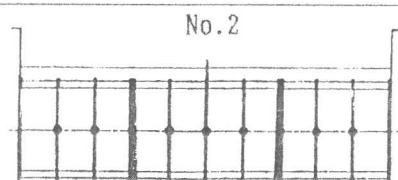
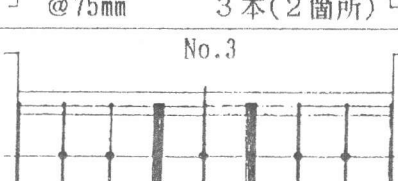
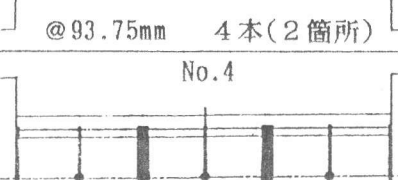


図-2 試験体配筋図

表-1 試験体一覧

No.1	
	
@53.53mm	等間隔
No.2	
	
@75mm	3本(2箇所)
No.3	
	
@93.75mm	4本(2箇所)
No.4	
	
@125mm	5本(2箇所)

●はストレインゲージ貼付位置

表-2 使用材料の力学的特性

鉄筋				
種類	降伏強度 kg/cm ²	引張強度 kg/cm ²	ヤング係数 ×10 ⁶ kg/cm ²	伸び率 %
D16	9600	10304	1.93	12.5
4φ	2949	3705	2.08	

コンクリート				
実験 材令 (日)	圧縮強度 kg/cm ²	圧縮強度 時歪 ×10 ⁻⁶	割裂引張 強度 kg/cm ²	ヤング係数 (1/3) ×10 ⁵ kg/cm
42~46	278~296	2853~3310	24~25	1.92~1.81

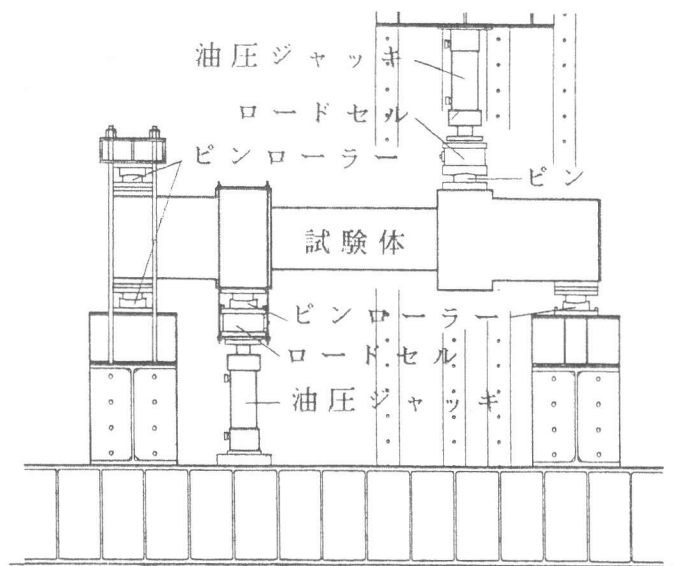


図-3 加力装置図

2. 2 加力・測定方法

加力装置を図-3に示す。2台の油圧ジャッキで左右の柱型に等しい荷重($P = 2Q$)を加え、中央の試験部分が逆対称モーメント状態になるようにした。荷重は加力点に設置したロードセルにより求め、相対変位は、左右の柱型にとり付けたゲージホルダー間の変位を双方向から測定して平均した。またせん断補強筋の歪は、ストレインゲージを貼付して測定した。歪測定位置を表1中に●で示してある。載荷経路については最大耐力まで単調増加荷重を加え、最大荷重確認後は、部材角で制御して片振り繰返し載荷とし、最終的に $R = 1/25$ 程度まで変形させた。

3. 実験結果

3. 1 荷重、変形関係

図-4にせん断力と相対変位の関係を包絡線で示す。いずれの試験体も最大耐力にはあまり差はなく、 $\delta = 10\text{mm}$ 前後で最大荷重に至った。集中配筋されていれば、間隔がはりせいの $1/2$ 程度まで大きくなっても最大耐力後急激に耐力を失うことはなく、むしろ等間隔配筋のNo.1よりも最大耐力後の負勾配は小さいことが分かる。

3.2 破壊性状

図-5にNo.1とNo.3の最大耐力時のひび割れの発生状況を示す。左右の材端部の曲げせん断ひび割れは主筋を横切り、等間隔配置したNo.1では主筋に沿うひび割れへと進展し、ひび割れが大きく開口した。No.3においては、主筋に沿ったひび割れは集中配筋した位置で進展が止まっていた。これはせん断補強筋を斜めひび割れが主筋を横切る位置に集中させたことによりダボ変形が拘束されたためだと考えられる。

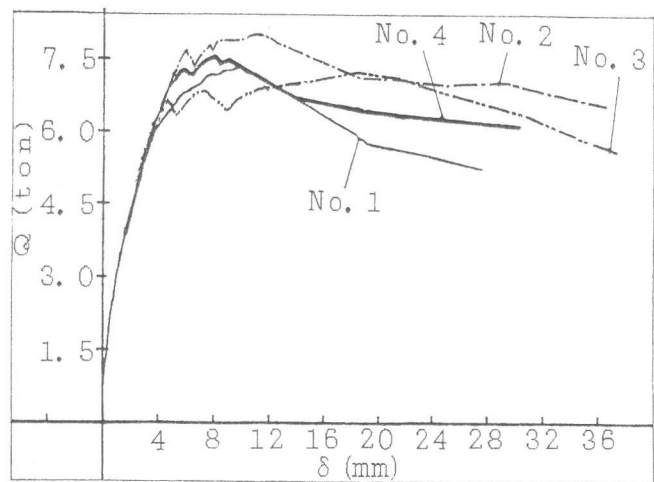


図-4 せん断力と相対変位の関係

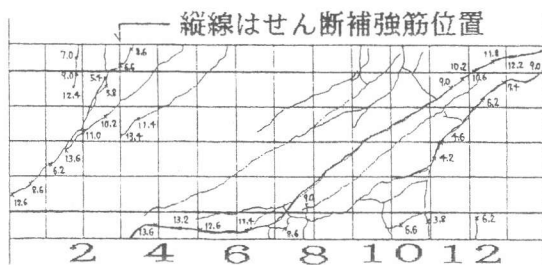


図-5 (a) ひび割れ図 (No.1)

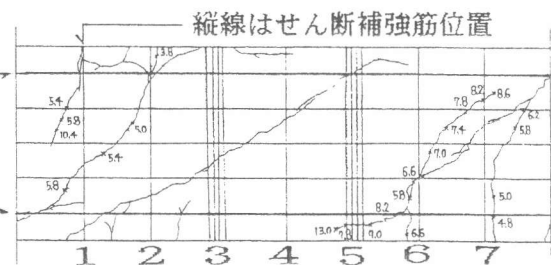


図-5 (b) ひび割れ図 (No.3)

3.3 せん断補強筋の歪分布

図-6にNo.1とNo.3のせん断補強筋の歪分布の例を示す。X軸の数値はせん断補強筋の番号を示している。No.1では低い荷重段階においては材端部のみ歪が現れているが、荷重増加とともに中央に向かって大きな山なりの分布に変化しており、主筋のダボ作用に対してせん断補強筋が抵抗しきれなくなっている様子が分かる。これに対し、No.3では最大耐力直前まで集中配筋位置の歪は、増大せず主筋のダボ変形が拘束されていることが分かる。これは図-5のひび割れ図とも対応している。

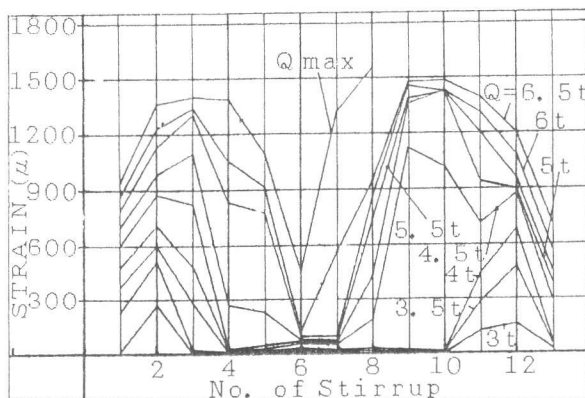


図-6 (a) せん断補強筋の歪分布 (No.1)

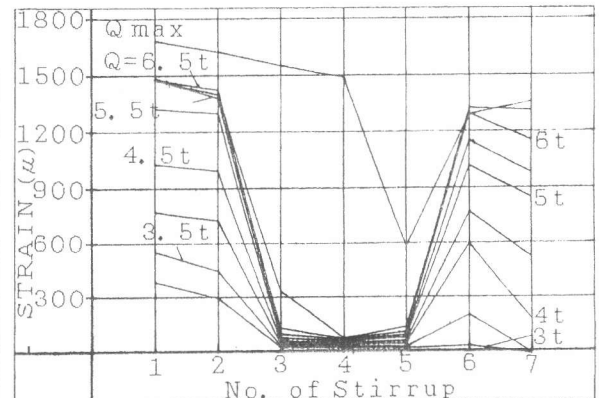


図-6 (b) せん断補強筋の歪分布 (No.3)

4. セン断耐力について

本実験では集中配筋によるセン断耐力の差は、ほとんどなかった。表-3にセン断耐力に係わる計算値を示す。荒川式によれば、集中配筋を無視したときセン断耐力の差は1割程度でありコンクリート強度が大きくなったために、セン断補強筋の負担分が相対的に小さくなったと考えられる。トラス機構とアーチ機構[2]という考え方をすれば、トラス機構における集

中配筋した位置でのコンクリートストラットに生じる局所的応力はかなり大きくなり、セン断耐力に大きな差が生じることになる。しかし局所的な応力でトラス機構の耐力が決定されるとは考えにくく、むしろトラス機構の耐力としては集中配筋を無視した方が考えやすい。集中配筋を無視すればセン断補強筋間隔が広がっただけトラス機構の耐力が小さくなり、セン断耐力も小さくなるはずである。ところが実験結果でどの試験体も耐力がほぼ一定ということはトラス機構の耐力低下分を何かが補っていないからではない。ひび割れ状態、セン断補強筋の歪分布、から判断すると集中配筋によって主筋のダボ変形が拘束され、斜めひび割れ幅も小さくなっていることが分かり、トラス機構とアーチ機構以外のセン断力伝達要素、すなわちダボ作用による分と斜めひび割れに沿う骨材のかみ合いによる分が大きくなってトラス機構の耐力低下分を補っているとも考えられる。

5. まとめ

斜めひび割れが主筋を横切り、主筋のダボ作用が生じるあたりにセン断補強筋を集中配筋すれば、ダボ変形が拘束されひび割れ幅も小さくなってセン断補強筋間隔が大きくなって等間隔で配筋したものに劣らないセン断耐力・セン断性能を得ることができると思われる。

謝辞

本実験に使用した高強度異形鉄筋は、川崎製鉄(株)よりご提供頂きました。実験の実施に当たっては、福井大学技官・福田 萬氏及び卒論生・淡路知子さんのご協力を得ました。また本研究費の一部は、文部省科学研究費補助金によるものであります。関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小林克巳ほか：R/C部材における主筋のダボ作用を考慮した付着特性に関する基礎実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.10、No.3、pp.179-182、1988
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説、1990.11
- 3) 黒正清治ほか：鉄筋コンクリートはりのセン断終局強度に及ぼすセン断補強筋量およびコンクリート強度の影響に関する実験研究、日本建築学会構造系論文報告集、第373号、pp.83-91、1987

表-3 セン断強度に係わる計算値

試験体 番号	間隔 cm	Pw* ¹ %	荒川式第2項 ton	$c\sigma_t^{*2}$ kg/cm ²	$c\sigma_t^{*3}$ kg/cm ²
No.1	5.35	0.36	2.16	53.5	53.5
No.2	7.50	0.26	1.81	37.8	113.4
No.3	9.37	0.21	1.63	30.5	122.4
No.4	12.5	0.15	1.41	22.7	113.5

*1 集中配筋を無視した場合

*2 集中配筋を無視したときトラス機構のコンクリートストラットに生じる応力(A法[2])

*3 集中配筋位置で局所的にトラス機構のコンクリートストラットに生じる応力(A法[2])