

[94] 鉄筋コンクリート短柱のせん断破壊機構に関する実験研究

正会員 田 中 弥寿雄（早稲田大学理工学部）

正会員 金 子 雄太郎（西武建設開発部）

正会員 ○矢 代 晴 実（早稲田大学大学院）

1. まえがき

鉄筋コンクリート（RC）短柱のせん断破壊性状に及ぼす主筋付着の影響を実験研究に基づいて検討し、RC短柱のせん断破壊機構について考察を行った。

主筋の付着特性とRC部材のせん断破壊とを関連づける試みは二、三の研究で行われており、付着特性を仮定条件の一つとして与えることによってRC部材の力学特性が説明されることを示している。G. N. J. Kani¹⁾は、帯筋補強を有さない単純ばりのせん断破壊を検討し、曲げひび割れによって生じたくし歯が主筋の付着によって折れる状況を想定してせん断耐力式を導びいた。服部・柴田・大野²⁾は、拘束部材のせん断抵抗をウェブのせん断抵抗機能と対角方向の圧縮抵抗機能の和で表わし、これら抵抗機能の寄与を付着弛緩を表わす係数で与えた。筆者ら³⁾は、シアスパン比1.0の供試体を用いた実験研究に基づいて定性的な検討を行ない、付着せん断耐力を越えるせん断加力に対して、トラス的な抵抗機能が付加されることを想定して、シアスパン比が極めて小さい範囲にある短柱の力学特性を説明した。吉岡・武田・岡田⁴⁾は、主筋の応力分布の実測結果に基づき、塑性ヒンジ部における付着力が低下する点に着目してトラス形成領域の拡大と最終的な付着割裂破壊とを対応づけた。また、渡辺⁵⁾は、付着作用とせん断破壊性状の関連について総説論文を著し、曲げ付着と伝達付着が自らの耐荷挙動に影響を及ぼし、これらの影響は柱・はり部材にとって重要な課題であることを強調した。

以上のように付着とせん断は密接な関係を有していると言えるが、柱・はり部材について付着の影響を実験的に検証することを試みた研究は未だ見られないようである。

RC部材のせん断破壊機構に関する実験研究として、野口、他⁶⁾、及び 神山、他⁷⁾の研究があり、アーチ機構における腹筋、コンクリート、主筋のダボ作用によるせん断力の分担について検討を加えているが、これらの研究は、供試体にあらかじめ曲げせん断ひび割れを与えることにより、検討の対象とする破壊性状を限定しているため、主筋の付着特性が部材性状に影響するであろう点には言及していない。

本研究では、部分的に付着を除去した供試体の破壊実験を行ない、通常の供試体との差異を比較することによって、せん断破壊機構に及ぼす付着の影響を推定することを試みた。すなわち、通常の供試体においては、曲げひび割れの発生により、その部分の付着が曲げ付着から伝達付着にかわり、関連して生ずる局所的な破壊の累積にともなってせん断力の伝達経路が変化してトラスが形成されると考えられるが、一方、曲げひび割れの発生が予測される範囲の付着を予め除去した供試体では、上述のような変化を経ずに部材端部でトラスが形成されると考えられるため、これらの供試体における差異を比較することによって付着特性と部材の破壊性状の関連についての検討資料が得られることを期待したものである。

2. 実験概要

実験供試体を図-1に示す。断面 $25\text{cm} \times 25\text{cm}$ 、内法高さ 75cm （シアスパン比1.5）、主筋6-D16（ $P_t=0.96\%$ ）のもの8体であり、実験変数として軸力（ $\sigma_o=24.0, 48.0\text{Kg/cm}^2$ ）、帯筋比（ $P_w=0.85\%, 1.28\%$ ）及び、部材端部の付着の有無を考慮した。供試体番号は実験変数を基に、〔付着条件：B＝通常、U＝付着除去〕－〔帯筋比（ $\%$ ）〕－〔軸力載荷（t）〕で与えた。主筋付着の除去は、異形鉄筋をビニール系接着剤でコーティングして節のかみ合いを減じ、グリースを塗布して接着力を低下させることによって行った。

表-1 実験結果

供試体	軸力 (t)	主筋の付着 の有無	帯筋量 (%)	コンクリートの 圧縮強度 (kg/cm ²)	コンクリートの 引張強度 (kg/cm ²)	初期せん断 ひび割れ荷重 (t)	±1/100 部材角 (t)	±2/100 部材角 (t)	±3/100 部材角 (t)
B-0.85-15	15	有	0.85	296.2	23.2	9.0	+14.0 -10.0	+21.0 -16.0	28.5
B-1.28-15	15	有	1.28	317.8	22.8	9.0	+20.0 -12.0	+20.0 -15.0	23.0
B-0.85-30	30	有	0.85	157.2	12.4	6.0	+11.0 -14.0	+19.0 -20.5	25.0
B-1.28-30	30	有	1.28	286.9	25.8	9.0	+17.0 -14.0	+14.5 -20.0	23.0
U-0.85-15	15	無	0.85	293.5	16.9	9.0	+11.0 -14.0	+15.5 -19.5	22.0
U-1.28-15	15	無	1.28	290.0	21.4	9.0	+13.0 -10.5	+22.0 -15.0	25.5
U-0.85-30	30	無	0.85	282.1	22.4	9.0	+11.5 -16.0	+18.0 -21.5	20.0
U-1.28-30	30	無	1.28	272.8	19.9	9.0	+11.0 -12.5	+18.0 -19.0	24.5

付着除去の区間は部材両端より25cmとした。これらの供試体を実験結果と合せて表-1に示す。また、鉄筋の引張試験結果を表-2に示す。

載荷装置を図-2に示す。載荷方法は先ず上部のジャッキによって所定の軸力を加え、次に左右のジャッキによってせん断繰り返し加力を行った。

せん断加力は荷重制御により±3t、±6t、±9tを各1サイクルおこない、その後、変位制御により±7.5mm(部材角1/100)、±15.0mm(部材角2/100)、±22.5mm(部材角3/100)を各3サイクル行った。

計測はダイヤルゲージによって鉛直変位、水平変位を、ワイヤーストレインゲージによって、主筋、帯筋のひずみを測定した。また、各荷重サイクルにおいて、ひび割れの観察を行った。

3. 実験結果

図-3に荷重-変位関係の一部を示す。Uシリーズは、Bシリーズに比べて初期剛性が小さくなっており、付着除去の影響が表われている。

図-4に変位±7.5mm(部材角1/100)の荷重サイクルまでに生じたひび割れ状況を示す。

図-4において(B-1.28-15)と(U-1.28-15)とを比較すると前者は部材端部における曲げせん断ひび割れが顕著であるのに対し、後者は部材全域にひび割れが生じた。又、(B-1.28-30)と(U-1.28-30)との比較においても同様の差異が表われており、(U-1.28-30)では中央部において、より顕著な付着割裂ひび割れを生じた。

全般的にBシリーズでは曲げひび割れが内部に伸びて曲げせん断ひび割れを生じたのに対し、Uシリーズでは曲げひび割れと無関係にコンクリートコア部分にひび割れを生ずる傾向が見られた。

表-2 鉄筋の性質

	材質	降伏点 (kg/mm ²)	最大引張強度 (kg/mm ²)
D16	SD30	38.1	57.1
9φ	SS41	36.3	50.0

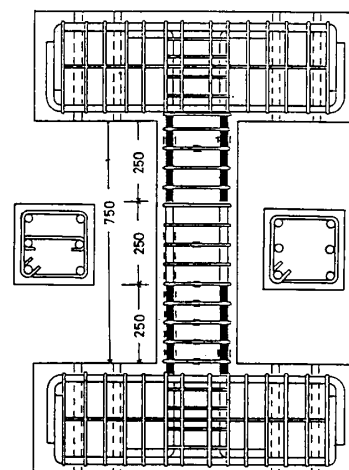


図-1 実験供試体

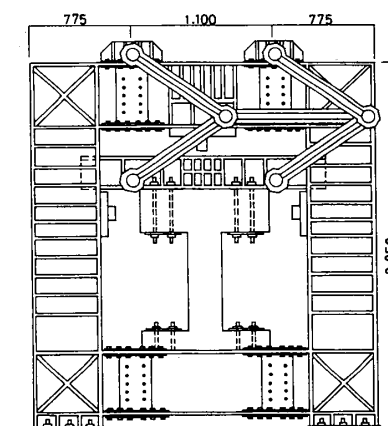


図-2 載荷装置

せん断加力±9 tのサイクルまでの帯筋ひずみの変化を図-5に示す。図-5に見られるようにUシリーズにおいて、中央部の帯筋応力が大きい。部材端部の帯筋については、UシリーズとBシリーズの差異は明らかではない。

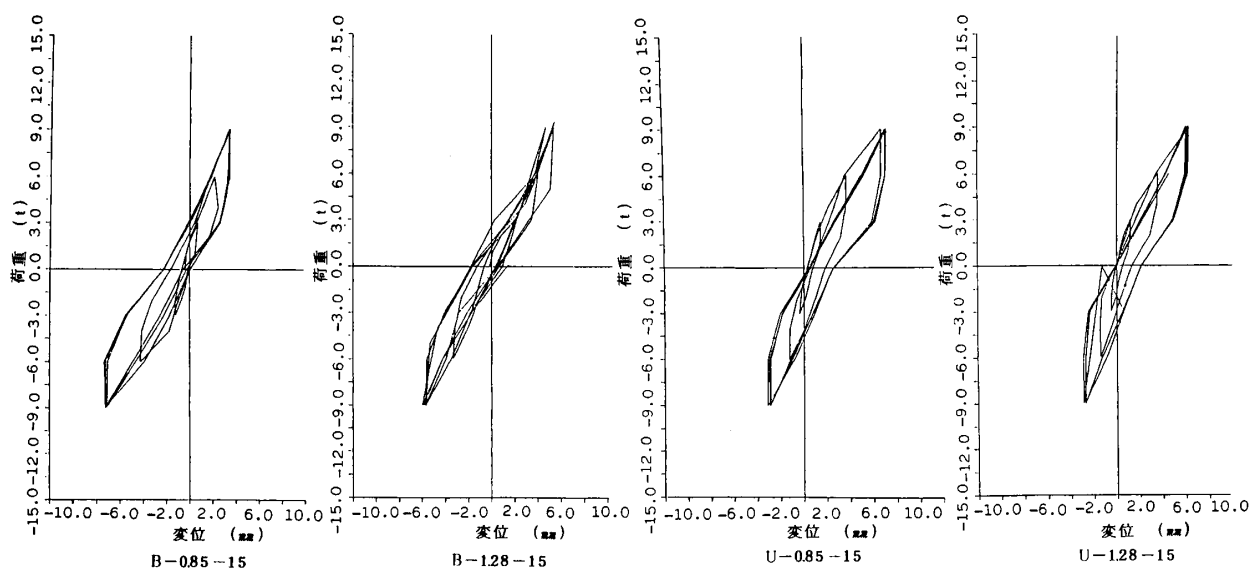


図-3 荷重-変位関係

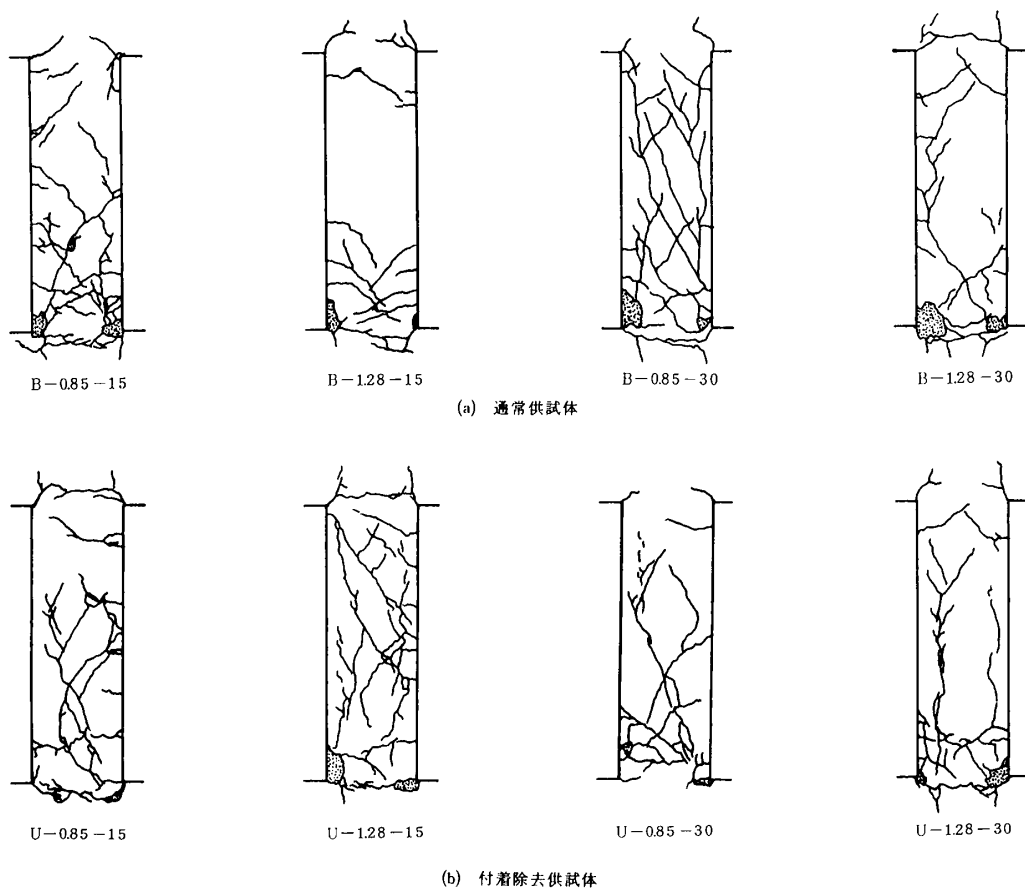


図-4 ひび割れ図

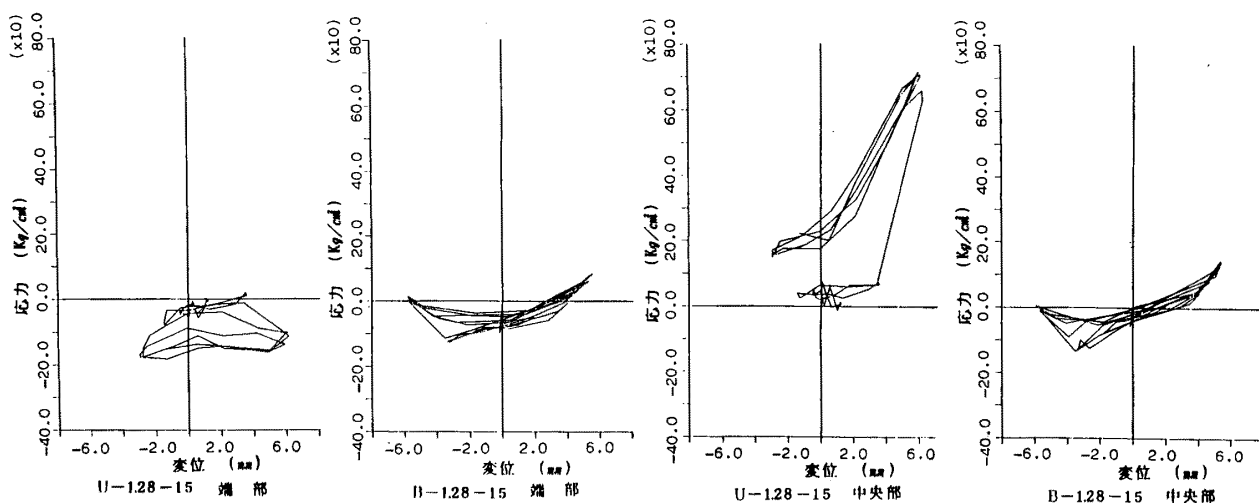


図-5 応力-変位関係

4. 考 察

本実験研究においては、回転拘束装置の剛性が十分でなく、拘束部材としての条件は完全ではなかったが、RC短柱のせん断破壊に及ぼす付着の影響について、定性的に以下のような性状が確認された。

部材端部における主筋の付着が除去された場合、部材中央部でせん断力の影響が大きくなり帯筋応力の増加、付着割裂ひび割れの発生が見られる。一方、通常の付着を有する場合、上述のような部材中央部への影響はそれほど顕著でなく、部材端部における曲げせん断ひび割れ周辺の劣化が著しい。

以上の傾向は、図-6に示すように、引張材としての主筋と、斜め支圧材としてのコンクリートが部材中央部の付着力で接続してトラスを構成すると考えることによって説明される。

すなわち、部材端部での付着が低下することによりこの部分でトラス的な抵抗機構が構成されると、この抵抗機構の破壊条件は支圧コンクリートの破壊、又は支圧材と引張材の接合部における付着破壊で与えられるため、通常の供試体においては曲げせん断ひび割れの影響によって支圧コンクリートの破壊が、又予め付着を除去した供試体においてはトラス接合部の破壊として付着割裂ひび割れが顕著になると考えられる。

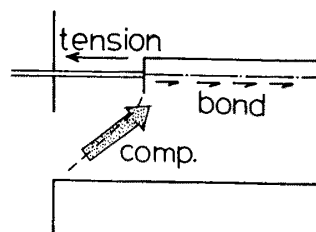


図-6 トラス機構

謝 辞

本研究を進めるにあたり、早稲田大学大学院 金山明煥君、福島誠一郎君、畠山博章君、及び同学年4年生 高橋功君の協力を得ました。ここに謝意を表わします。

【参考文献】

- 1) G.N.J.Kani: "The Riddle of Shear Failure and Its Solution", ACI Journal, Proceedings Vol. 61 第4, Apr., 1964.
- 2) 服部・柴田・大野: 「鉄筋コンクリート部材のせん断耐力機構に関する考察」、日本建築学会論文報告集、第200号、昭和47年10月。
- 3) 金子・田中: 「せん断伝達理論に基づく鉄筋コンクリート短柱のせん断耐力に関する研究」、日本建築学会論文報告集、第267号、昭和53年5月。
- 4) 吉岡・武田・岡田: 「鉄筋コンクリート柱の変形性能向上に関する研究(第2報 破壊機構、並びに補助筋の歪分布について)」、日本建築学会論文報告集、第280号、昭和54年8月。
- 5) 渡辺: 「鉄筋コンクリートのせん断性状と付着」、コンクリート工学協会、RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集、昭和57年6月。
- 6) 野口、他: 「鉄筋コンクリートばりのせん断抵抗機構に関する研究」、第2回コンクリート工学年次講演会論文集、1980年6月。
「鉄筋コンクリート連続ばりのせん断抵抗機構に関する研究」、第4回コンクリート工学年次講演会論文集、1982年6月。
- 7) 神山、他: 「鉄筋コンクリートはりのせん断破壊機構」、コンクリートジャーナル、Vol. 6, 第8, 1968年8月。
「鉄筋コンクリートはりにおける主鉄筋のせん断力伝達効果について」、セメント技術年報XXVII, 1973年