

1. はじめに

地震動のような正負交番繰返し荷重下では、一方向荷重下と異なりコンクリート負担せん断力が著しく低下することが知られている。本研究では矩形断面R C柱部材を対象として正負交番載荷試験を実施し、帯鉄筋量、軸方向圧縮力（以下軸力）がせん断耐力劣化機構や塑性変形性状に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

図-1 に供試体断面の詳細を、図-2 に配筋と載荷の状況を示す。主鉄筋には 12-D16 ($f_{sy}=385\text{N/mm}^2$)、帯鉄筋には D6 ($f_{sy}=382\text{N/mm}^2$) を用いた。実験要因は、スターラップ配置間隔 s [75mm (帯鉄筋比 $p_w=0.34\%$)、150mm (帯鉄筋比 $p_w=0.17\%$) の 2 種類]、軸方向圧縮力 [1N/mm^2 、 2N/mm^2 の 2 種類] を選定した。載荷位置は基部より 750mm ($a/d=3.66$) とし、載荷方式は降伏変位 (δ_y) の整数倍の変位で、各 3 回繰返す正負交番載荷とした。なお、載荷中は断面中央部に設けたダクト内に配置したアンボンド P C 鋼材により、所定の軸力を作用させた。

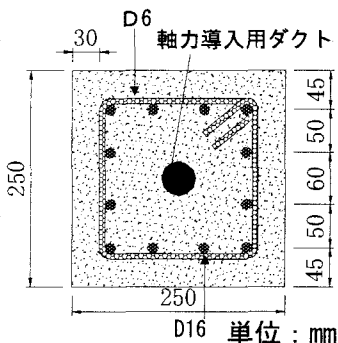


図-1 断面の詳細

3. 実験結果および考察

(1) 破壊状況と荷重－水平変位

表 1 に各供試体の諸元と実験結果を示す。また、図-3、4 に荷重-変位包絡線を示す。なお、終局時を最大荷重時の 80%と定義した。計算上の破壊形式は、D16S15N2 がせん断破壊、D16S15N1 が曲げ降伏後のせん断破壊、それ以外が曲げ破壊であったが、実際の破壊形式はすべて曲げ降伏後のせん断破壊となった。このことはコンクリート標準示方書構造性能照査編で示されているせん断耐力式は、一方向荷重下では十分安全側の値を与えるものの、正負交番荷重下のせん断耐力については、耐震性能照査編に示されているように、安全係数を大きくとる必要があることを示している。なお、最大荷重については軸力の大きい方が大きくなるが、D16S15N2 についてはコンクリート強度が小さいため、その影響は顕著ではない。変形性能についてみると、D16S07N1 と D16S07N2 ではじん性の差はなく最大耐力到達後の低下もほぼ同じである。図-4 の比較でみると、耐力に差は

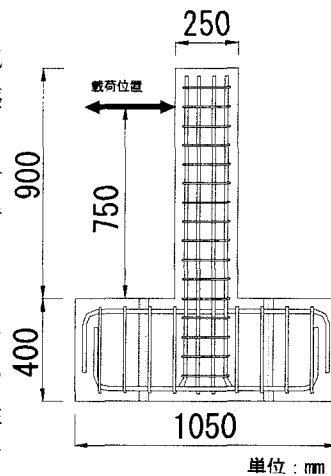


図-2 配筋と載荷の状況

表 1 供試体の諸元

供試体 記号	帯鉄筋 配置間隔 (mm)	コンクリート 強度(f'_c) (N/mm^2)	軸方向 圧縮力 (N/mm^2)	計算値				最大耐力 $P_{\max}$ (kN)	終局耐力 P_u (kN)	終局変位 δ_u (mm)	破壊形 式*1
				曲げ耐力 (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	せん断耐 力 (kN)				
D16S07N1	75	47.6	1	107.02	65.86	57.43	123.28	100.28	80.22	38.91	MS
D16S15N1	150			113.58	69.97	57.43	127.4	106.38	85.10	26.20	MS
D16S07N2	75			107.02	65.86	28.71	94.57	111.02	88.82	38.70	MS
D16S15N2	150	36.8	2	109.18	63.5	25.19	88.69	105.44	84.35	22.20	MS

*1: MSは曲げ降伏後のせん断破壊

ないものの帯鉄筋量の多い D16S07N1 が D16S15N1 よりも終局変位が $2\delta_y$ 大きく、帯鉄筋によりじん性が向上していることが明白にうかがえる。

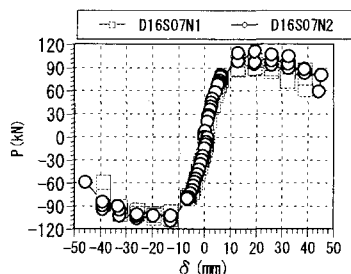


図-3 荷重変位包絡線（軸力の影響）

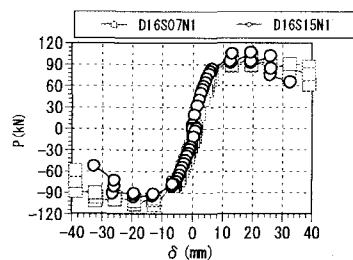


図-4 荷重変位包絡線（帯鉄筋間隔の影響）

(2) コンクリート負担せん断力-変位関係

図-5にコンクリート負担せん断力の割合と変位の関係を示す。ここでは帯鉄筋ひずみからトラス理論により帯鉄筋負担せん断力 V_s を求め、全作用せん断力から V_s を差し引いたものをコンクリート負担せん断力 V_c とした。図-5からわかるように、コンクリートが負担するせん断力の割合は変位の増加とともに減少し、降伏時点では 80%以上をコンクリートが負担しているのに対して、終局近傍では 50%程度にまで低下している。このことから、終局近傍では帯鉄筋の負担が増加し、最終的に帯鉄筋が降伏してコアコンクリートが拘束できなくなり、せん断ひび割れ・変形が増大して破壊に至るといふメカニズムが推測される。なお、D16S15N2 についてはグラフからはこの状況が読みとれないが、これはひずみゲージの不具合によるものと考えられ、載荷時の状況からも上記のような破壊メカニズムが確認された。

(3) 変形量の分離

ここでは載荷位置での変形量を主鉄筋基部からの伸出しによる回転変形量、せん断変形量、躯体の曲げ変形量に分離した。それらを図-6、7に示す。伸出しによる変形量は柱基部長 5cm 位置の軸方向鉄筋に溶接接合したボルトの両側変位から回転角 θ を求め、載荷位置での変位を算出した。せん断変形は柱前面の塑性ヒンジの生成が予測される範囲に斜め 45° に三段に配置した変位計の測定値より算出した。また、全変形より伸出し変形量を差し引くことにより算出した。ある変形量が卓越して増加するということは、その変形によって破壊が進行するということである。D16S15N1 について見れば終局時にせん断変形が急増してせん断破壊により終局に至っている。

(4) まとめ

1. 帯鉄筋を密に配置することによりじん性は向上する。
2. 曲げ降伏後せん断破壊する場合は、終局時近傍でせん断変形が急増し、破壊に至る。
3. 曲げ降伏後のせん断破壊を防止するためには、せん断耐力、特にコンクリート負担せん断力に対する安全係数を大きめに設定する必要がある。

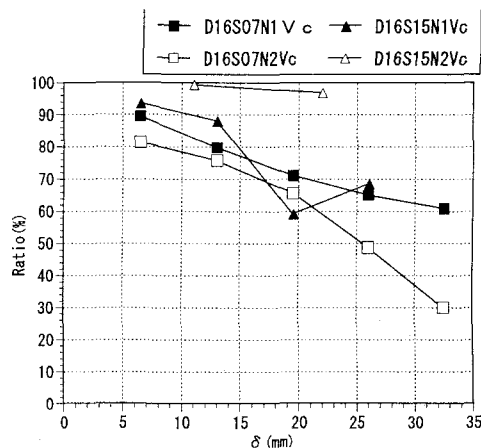


図-5 コンクリート負担せん断力の割合-変位関係

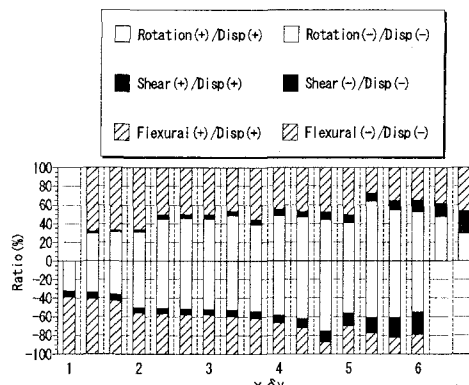


図-6 D16S07N1 の各変形量

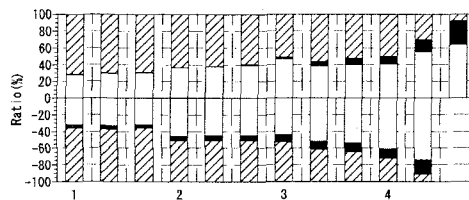


図-7 D16S15N1 の各変形量