

RC 柱のせん断耐力の劣化性状に関する研究

武蔵工業大学 学生会員 池谷 和之 正会員 吉川 弘道
 東京建設技術研究所 正会員 宮城 敏明 正会員 服部 尚道

1. はじめに

地震力を受ける RC 構造物において、繰返し作用によるコンクリートの劣化が生じ、せん断耐力が低下して脆性的な破壊に至ることが知られている。また、既往の研究からせん断耐力劣化モデルとして Priestley らのモデル等が提案されている。そこで、曲げせん断耐力比と荷重方法の異なる耐震実験結果においてせん断耐力のコンクリートによる負担分に対し、その劣化性状を把握するものである。

2. 試験体概要

2.1 試験体の諸元

池谷ら¹⁾の耐震実験は、表 1 に示すような断面 320mm×320mm、せん断スパン 1200mm、せん断スパン比 4.05 の RC 試験体でおこなわれた。S10 試験体は鉄道構造物等設計標準²⁾において曲げせん断耐力比 (以下、 V_y/V) を 1.08 とし、曲げせん断破壊を想定した。また、S20 試験体はせん断補強筋を S10 試験体に比べて密に配筋し、せん断耐力を向上させて V_y/V を 2.3 として曲げ破壊を想定した。せん断補強筋のひずみ計測位置は図中の■位置とした。

2.2 荷重方法

荷重方法は軸力なしで、柱基部から 1200mm の位置を載荷点として静的交番荷重を行った。また、柱基部の引張り鉄筋のひずみが降伏ひずみに達する時点の荷重点変位を降伏変位 (以下、 δ_y) と定義し、以後 δ_y の整数倍の変位において 3 回の片振り繰返し荷重、正負交番繰返し荷重を行った。

3. せん断耐荷機構における分離

修正トラス理論により実験による作用せん断力 V は、コンクリートによる負担力 V_c とせん断補強筋による負担力 V_s の合算により式①で与えられる。また、 V_s は式②で与えられ、せん断ひびわれの通過領域に存在するせん断補強筋の総負担耐力として表される。なお、せん断ひび

$$V = V_c + V_s \quad \cdots \textcircled{1}$$

$$V_c = V - V_s$$

$$V_s = n \cdot 2A_w \cdot \sigma_w \quad \cdots \textcircled{2}$$

$$\sigma_w = E_w \cdot \varepsilon_w \quad (0 \leq \varepsilon_w \leq \varepsilon_{wy})$$

$$= f_{wy} \quad (\varepsilon_{wy} \leq \varepsilon_w)$$

V : 作用せん断力 (N)
 V_c : コンクリートによる負担分 (N)
 V_s : せん断補強筋による負担分 (N)
 n : ひび割れ区間を通過するせん断補強筋の本数
 A_w : せん断補強筋の 1 本の断面積 (mm²)
 σ_w : せん断補強筋応力度 (N/mm²)
 E_w : せん断補強筋の弾性係数 (N/mm²)
 ε_w : せん断補強筋ひずみ
 ε_{wy} : せん断補強筋降伏ひずみ
 f_{wy} : せん断補強筋降伏強度 (N/mm²)

表 1 試験体一覧

S10M・C	S20M・C
主鉄筋: D13-SID295A 帯鉄筋: $\phi 6$ -SR235	主鉄筋: D13-SID295A 帯鉄筋: D6-SID295A
計測位置 基部より 30mm 80mm 80mm 80mm	計測位置 基部より 30mm 75mm 165mm 255mm 345mm 480mm
$\phi 6$ etc 330mm	D6 etc 45mm
曲げせん断破壊型	曲げ破壊型

M: 片側繰返し荷重 C: 正負交番繰返し荷重

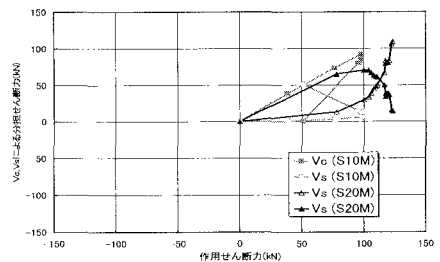
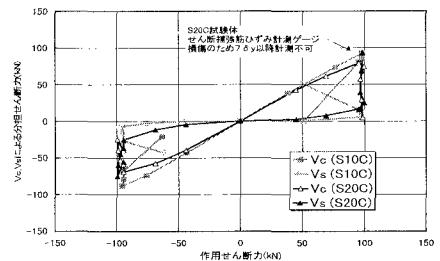
(a) 片側繰返し荷重 (M): V_c , V_s (b) 正負交番繰返し荷重 (C): V_c , V_s

図 1 分担せん断力

キーワード: 荷重方法, 曲げせん断耐力比, せん断耐力の劣化性状

〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1

TEL: 03-3703-3111

FAX: 03-5707-1165

〒229-1124 神奈川県相模原市田奈字曾根下 3062-1

TEL: 0427-63-9507

FAX: 0427-63-9503

割れ区間を通過するせん断補強筋の本数に関しては、各 δy において目視で行い、決定した。式①、式②を用いて各 δy における V_c と V_s の分担せん断力の算出を行い図1 (a), (b)に示す。このことより V_y/V が大きくなるに従い作用せん断力の低下は緩やかになっている。しかし、S20 試験体においてはせん断補強筋が密に配筋されていることから、変形性能が向上し、コンクリートの劣化による負担分の低下していることが確認された。またその低下の割合はせん断破壊に至った S10 試験体のほうが急激な低下を示していることが確認された。

4. Priestley らによる提案式

Priestley ら³⁾ はせん断耐力をコンクリートによる負担分 (V_c)、せん断補強筋による負担分 (V_s)、軸力による増加分 (V_p) との合算により式③のように算出するものである。このうち、 V_c は部材靱性率 μ に対して図2のようにコンクリート有効係数を $\mu = 2$ から低減させ、せん断耐力の劣化を表現している。

5. 実験結果と Priestley らの提案式の比較

図3 (a), (b)に変形に対する実験値より算出した V_c の低下と Priestley らのモデルとの比較図を示す。このことから実験値は $2\delta y$ 付近を超えたあたりから V_c の低下が見られ、せん断破壊した S10 試験体においてはその低下の割合が大きいことが確認された。このことは Priestley らの提案と合致している。また、正負交番载荷を受けた試験体は、片側繰返し载荷を受けた試験体に対してコンクリートの損傷が大きく、 V_c の低下が早期に発生していることが確認された。

6. まとめ

载荷方法と V_y/V の違いによりせん断耐力の劣化性状に対して以下のことが確認された。

- (1) せん断補強筋が密に配筋されていると V_c の低下は緩やかとなり靱性的な破壊となるが、不足している場合 V_c の低下が急激であり脆性的な破壊となる。また、正負交番繰返し载荷のほうが片振り繰返し载荷よりも V_c の低下が著しいことが確認された。
- (2) 耐震実験結果より $2\delta y$ 付近からの V_c の低下が見られた。また、Priestley らの提案式を併記することにより、 V_c に対し提案式も同様な傾向を示していることが確認された。

[参考文献]

- 1) 池谷・吉川・宮城・服部：鉄筋コンクリート柱の破壊形式の判定と靱性評価，コンクリート工学年次論文報告集，第20巻第2号，1998年6月（投稿中）
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，丸善株式会社，1992.11
- 3) Priestley, M.J.N. and Paulay, T. : Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, 1995.10

$$V_y = V_c + V_s + V_p \quad \dots \textcircled{3}$$

ここで

$$V_c = k \sqrt{f'_c} A_c$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y h \cdot d \cot \theta}{s}$$

$$V_p = N \tan \alpha$$

V_c : コンクリートによるせん断耐力負担分

V_s : せん断補強筋によるせん断力負担分(矩形断面)

V_p : 軸力によるせん断力増加分

f'_c : コンクリート圧縮強度 (N/mm^2), A_c : 柱の有効断面積 (mm^2),

A_v : せん断補強筋断面積 (mm^2), f_y : せん断補強筋降伏強度 (N/mm^2),

dh : 部材断面有効高さ (mm) θ : トラス機構角度 N : 軸力 (N), α :

軸力による斜め圧縮ストラットと部材軸のなす角度

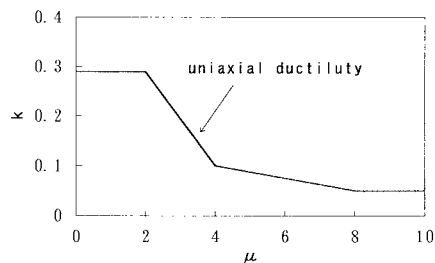
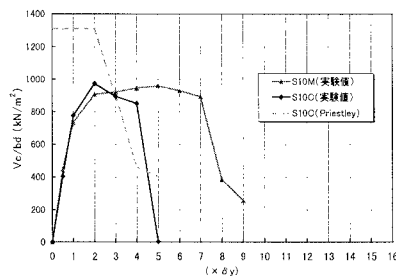
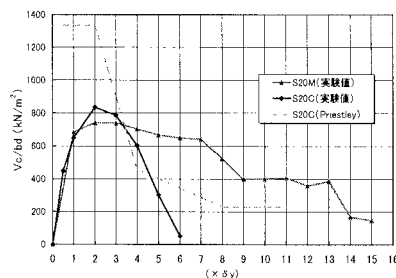


図2 コンクリート有効係数



(a) S10M,C 試験体の V_c の低下



(b) S20M,C 試験体の V_c の低下

図3 Priestley らの提案式との比較