

(V-10) 高強度材料を用いた RC 単柱のせん断劣化と靱性評価

*武蔵工業大学大学院 ○学生会員 小林 真樹
 武蔵工業大学工学部 正会員 吉川 弘道
 **東急建設技術研究所 正会員 宮城 敏明
 東急建設(株) 正会員 服部 尚道

1. はじめに

RC 構造物において、地震時の大変形繰返しによりせん断耐力が低下(以下、せん断劣化)することが報告されている¹⁾。せん断劣化は構造物の破壊形式および変形性能に大きく影響し、耐震上特に重要なものと考えられる。そこで本研究では、その主要要因とされるせん断耐力のコンクリート負担分 V_c の低下(以下、 V_c 劣化)に着目し、高強度材料を用いた RC 単柱の交番荷重試験結果からその性状を検討する。

2. 劣化を考慮したせん断耐力式

修正トラス理論により、せん断耐力 V_u は、せん断補強筋負担分 V_s とコンクリート負担分 V_c の合算によって表される。

$$V_u = V_s + V_c \quad (1)$$

V_u の初期値を V_{u0} 、せん断劣化後を V_{uk} とすると、せん断劣化を考慮したせん断耐力式は以下のように表すことができる。

$$V_{u0} = V_s + V_{c0} \quad (2)$$

$$V_{uk} = V_s + V_{ck} \quad (3)$$

すなわち、せん断劣化は V_c 劣化に起因するものとし、その初期値を V_{c0} 、せん断劣化後を V_{ck} と考えるものである。

V_{uk} を初期値 V_{c0} で記述すれば、次式のようになる。

$$V_{uk} = V_s + \zeta V_{c0} \quad (4)$$

V_{c0} の低減率には、せん断劣化係数 ζ ($0 \leq \zeta \leq 1$) を用いる。劣化のない場合を $\zeta = 1$ とし、繰返し外力を受けるほどは小さくなっていく。ここで、 V と τ の関係を $\tau \equiv V/A_c$ (A_c : せん断抵抗面積) とすると、せん断劣化モデルは図-1 に示すように模式的に表現できる²⁾。

3. 実験概要

3.1 対象試験体の諸元

対象とした試験体の諸元を表-1、材料試験結果を表-2 に示す^{2) 3)}。実験パラメータとしては、曲げせん断耐力比、帯鉄筋の強度、軸方向鉄筋の強度、コンクリート強度とした。高強度材料を用いた試験体は S3~S5 試験体であり、S2 試験体と曲げせん断耐力比がほぼ同一になるように設計されたものである。

表-1 試験体諸元

試験体名	断面 B×H(mm)	せん断スパン La(mm)	軸方向鉄筋			せん断補強筋			曲げせん断耐力比 $V_u \cdot L_a / M_u$
			種類	本数	P_s (%)	種類	配筋間隔 S(mm)	P_w (%)	
S1	320×320	1200	SD295A-D13	20本	2.68	SD295A-D4	ctc135	0.06	1.15(曲げせん断破壊)
S2						SD295A-D6	ctc45	0.44	2.33(曲げ破壊)
S3			USD685A-D10	16本	1.20	USD785-D6	ctc120	0.16	2.32(曲げ破壊)
S4									2.06(曲げ破壊)
S5									2.25(曲げ破壊)

キーワード: せん断劣化, コンクリート負担分 V_c , せん断補強筋負担分 V_s , せん断劣化係数 ζ , 高強度材料
 連絡先: *〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL:03-3703-3111(内線:3241) FAX:03-5707-1165

**〒229-1124 神奈川県相模原市田名字曾根下 3062-1 TEL:042-763-9507 FAX:042-763-9503

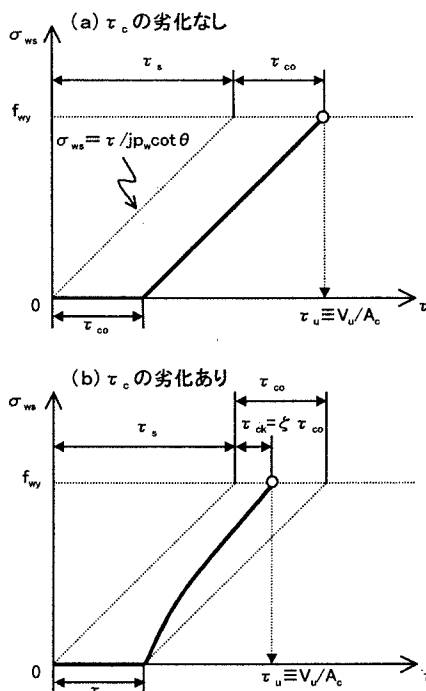


図-1 せん断劣化モデル

表-2 材料試験結果

試験体名	軸方向鉄筋				せん断補強筋				コンクリート	
	種類	降伏強度 f _{sy} (N/mm ²)	弾性係数 E _s (N/mm ²)	降伏ひずみ ε _{sy} (μ)	種類	降伏強度 f _{sy} (N/mm ²)	弾性係数 E _s (N/mm ²)	降伏ひずみ ε _{sy} (μ)	圧縮強度 f _c (N/mm ²)	弾性係数 E _c (N/mm ²)
S1	SD295A-D13	387	1.95×10 ⁵	1890	SD295A-D4	267	1.83×10 ⁵	1322	25.7	2.27×10 ⁵
S2		355	1.92×10 ⁵	1900	SD295A-D6	444	1.87×10 ⁵	2390	28.3	2.04×10 ⁵
S3		368	1.95×10 ⁵	1890	USD785-D6	855	2.05×10 ⁵	4180	17.8	2.02×10 ⁵
S4	USD685A-D10	711	1.93×10 ⁵	3680		1070	1.86×10 ⁵	7760	25.5	2.87×10 ⁵
S5									81.1	3.70×10 ⁵

3.2 V_c および ζ の算出方法

V_c は、せん断耐力 V_u = 水平荷重 P として式(5)より求めた。 V_s の算出方法は、せん断ひび割れ通過区間 ℓ におけるせん断補強筋の最大ひずみ量 $\epsilon_{ws}^{\max}$ を代表断面とし、全ての断面を代表断面で算出した。ただし、せん断補強筋降伏までは、 $\epsilon_{ws}^{\max}$ を用い、降伏後は全断面降伏とし、 σ_{ws} の代わりに降伏強度 f_{wy} を用いた(図-2 参照)。

さらに、算出された V_c を初期値 V_{c0} (V_c の最大値)で正規化することにより、せん断劣化係数 ζ を算出した²⁾。

$$V_c = P - V_s, \quad V_s = n \cdot A_w \cdot \sigma_{ws} \quad (5)$$

$$\sigma_{ws} = E_s \cdot \epsilon_{ws}^{\max} \quad (0 \leq \epsilon_{ws}^{\max} \leq \epsilon_{ys})$$

$$= f_{wy} \quad (\epsilon_{ws}^{\max} \geq \epsilon_{ys})$$

P : 水平荷重(kN), A_w : せん断補強筋の断面積(mm²)

n : せん断補強筋の本数, σ_{ws} : せん断補強筋の応力(kN/mm²)

4. 実験結果

図-3 に S1~S3 試験体、図-4 に S4 および S5 試験体のせん断劣化係数 ζ と応答塑性率 μ_{resp} の関係を示す。また、Priestley らの提案式¹⁾を併記した。各試験体とも $\mu_{resp}=2 \sim 3$ において ζ の低下が確認され、Priestley らの提案式とほぼ同様な劣化傾向を示した。S1 および S2 試験体を比較すると、S1 試験体は $\mu_{resp}=3$ 以降に急激な低下を示した。これは、S1 試験体の曲げせん断耐力比が S2 試験体に比べて小さく、破壊形態は曲げ降伏後のせん断破壊となったためである。次に、S2 および S3 試験体を比較すると、S3 試験体の下降勾配が緩やかであった。これは、変形量が増大しても S3 試験体に用いられた高強度のせん断補強筋が降伏せず、 V_c 劣化を抑制する効果が終局時まで保持されたものと考えられる。さらに、S4 および S5 試験体を比較すると、高強度コンクリートを用いた S5 試験体の下降勾配が緩やかであった。つまり、コンクリート強度が大きい程、 V_c 劣化に対して優れていると考えられる。

5. まとめ

高強度材料を用いた RC 単柱の交番載荷試験結果から、 V_c 劣化の検討を行い、以下のことが確認できた。

- (1) V_c 劣化は破壊形態によって異なり、せん断破壊した場合にもっとも劣化が激しい。
- (2) せん断補強筋に高強度材料を用いることは、急激な V_c 劣化を防ぐ有効な手段と考えられる。
- (3) コンクリート強度が大きい程、 V_c 劣化に対して優れている。

【参考文献】

- 1) Priestley, M. J. N and Paulay, T. : Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, 1995.10
- 2) 大江 亮二: 繰返し大変形を受ける鉄筋コンクリート単柱のせん断劣化と靱性評価, 平成 12 年度 武蔵工業大学修士学位論文
- 3) 岡本, 佐藤ら: 高強度材料を用いた RC 部材の変形性能について, コンクリート工学年次論文集 Vol.23, No.3, pp781~786, 2001

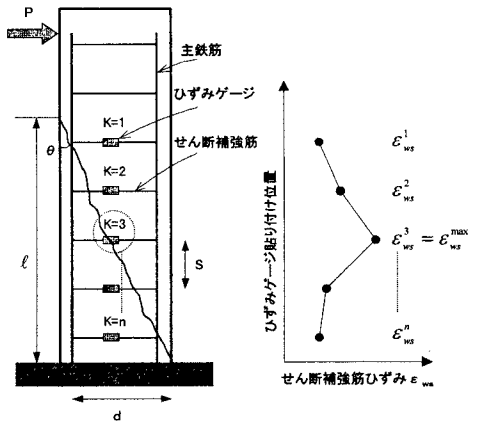


図-2 せん断補強筋ひずみの代表断面の決定

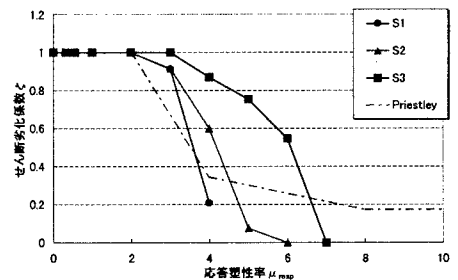


図-3 $\zeta - \mu_{resp}$ 関係 (S1~S3)

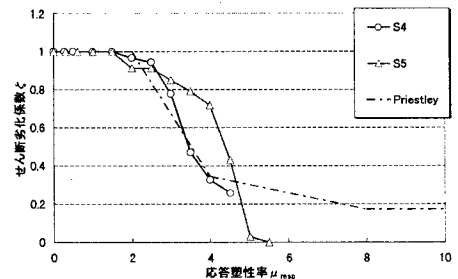


図-4 $\zeta - \mu_{resp}$ 関係 (S4, S5)