

繰返し荷重下における RC 単柱のせん断強度劣化モデルと劣化係数の算定

東急建設土木技術設計部 正会員 服部尚道
 **武蔵工業大学工学部 正会員 吉川弘道

1. はじめに

正負交番繰返し荷重下において、RC 単柱のせん断耐力が低下することが知られている。その要因として、塑性ヒンジ部のコンクリートの損傷が考えられる。筆者らは、RC 単柱の正負交番繰返し載荷実験より、作用せん断力からせん断補強筋負担分を差し引いた分をコンクリートの負担分として考え、定性的にコンクリートのせん断強度が低下する傾向を確認した¹⁾。本文は、コンクリートのせん断強度の低下を定量的に表現するため、従来の修正トラス理論にコンクリートのせん断強度劣化モデルを導入するとともに、既往の実験結果からコンクリートのせん断強度劣化係数を算定した。

2. コンクリートのせん断強度劣化モデル

まず、一方向単調載荷下における RC 単柱のせん断強度について、図 1 の上図に示すようなせん断補強筋の応力度 w_s と作用せん断応力度 u の関係において考える。コンクリートのせん断強度 c はせん断補強筋の応力度が降伏強度 f_{wy} に達する時点まで低下しない。従って、修正トラス理論に基づいたせん断強度 u は、式(1)に示すように従来のトラス理論に基づいたせん断補強筋により負担するせん断強度 s とコンクリートにより負担するせん断強度 $c = c_0$ の和として与えられる。

次に、正負交番繰返し荷重下では、図 1 の下図に示すように、コンクリートのせん断強度が低下することから、式(3)および(4)に示すような c に対する劣化係数 α を定義する。ここで、 α は柱頭部変形量 δ と繰返し回数 $cycle$ をパラメータとする $0 < \alpha < 1$ の変数である。例えば、正負交番漸増繰返し荷重下において、RC 単柱のコンクリートのせん断強度が準じ低下していくことから、 α は柱頭部変形量と繰返し回数に応じて、1 から徐々に低下していくものである。

c の劣化係数 α は以下のように導かれる。まず、理論的には図 1 の下図における $(c_0, 0)$ と (u, f_{wy}) を結ぶ直線は式(5)のように記述できる。一方、実験的には式(6)に示すと読み取り、最終的に式(7)および(8)から式(9)の劣化係

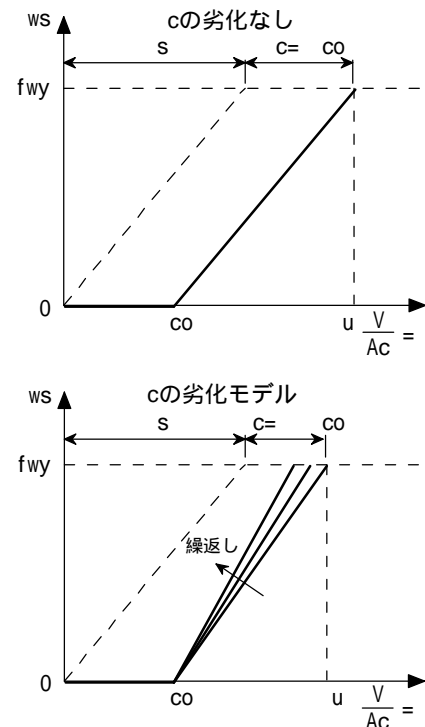


図 1 RC 単柱のせん断強度

$$u = s + c \quad (1)$$

u : 修正トラス理論に基づくせん断強度 (N/mm^2)
 s : せん断補強筋が負担するせん断強度 (N/mm^2)
 c : コンクリートが負担するせん断強度 (N/mm^2)

$$s = j \cdot p_w \cdot f_{wy} \cdot \cot \theta \quad (2)$$

j : 有効高さの係数 (= 7/8 もしくは 1/1.15)
 p_w : せん断補強筋比
 f_{wy} : せん断補強筋の降伏強度 (N/mm^2)
 θ : 圧縮ストラット角度 (rad)

$$c = \begin{cases} c_0 & : c \text{ の劣化なし} \\ \alpha \cdot c_0 & : c \text{ の劣化モデル} \end{cases} \quad (3)$$

c_0 : コンクリートが負担する初期せん断強度 (N/mm^2)

$$\alpha = \alpha(\delta, cycle) \quad (4)$$

δ : 柱頭部変形量 (mm)
 $cycle$: 繰返し回数 (回)

キーワード：鉄筋コンクリート柱、繰返し荷重、せん断強度

* 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 TEL：03-5466-5280 FAX：03-3797-7547

** 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL：03-3703-3111 FAX：03-5707-1165

数 を導くことができる。

3. 破壊形式の判定と変形性能の評価への適用

図 2 に示す柱頭部変位量 と作用せん断応力度 の関係において，上図は修正トラス理論にコンクリートのせん断強度劣化モデルを導入したせん断劣化曲線である。これを下図のように曲げ変形曲線と併記すると，互いに交差する時点が部材の終局変位 u となり，破壊形式は曲げ降伏後のせん断破壊と判定することができる。

4. 劣化係数 の算定

既往の実験結果²⁾から RC 単柱試験体（断面：600mm × 600mm，せん断スパン：2900mm）を対象として劣化係数の算定を行う。実験緒元として，軸力は 1200 kN，載荷方法は正負交番漸増繰返しであった。劣化係数の算定に際し，載荷実験結果より得られる図 3 の作用せん断応力度とせん断補強筋応力度の関係より，軸の切片である o および s とせん断補強筋応力度の最大値を結んだ直線の勾配を各ステップごとに抽出する。ここで， $(= c_0)$ は軸力の影響を含んでいるものとした。また，式(2)の s の算出において，圧縮ストラット角度は Kim, Mander³⁾モデルより算出した値 $\alpha = 35.3^\circ$ を用いた。

以上のような算定手順の結果，図 4 に示すような劣化係数が得られた。は塑性率 1~2 から徐々に減少しており，Priestley らの提案式⁴⁾と比較すると同様な傾向を示すことが確認できた。

5. まとめ

本文は，まず，従来の修正トラス理論にコンクリートのせん断強度劣化モデルを導入した。次に，既往の実験結果からコンクリートのせん断強度の劣化係数 を算定し，コンクリートのせん断強度 c の低下を定量的に確認することができた。今後，異なる条件下における実験を行い，さらに検討していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 服部, 宮城, 吉川, 藤田: 載荷履歴が異なる RC 単柱のせん断強度低下に関する研究, 土木学会第 54 回年次学術講演会 V-249, 1999
- 2) 田畑, 佐藤, 渡邊, 安原: 鋼板巻き補強におけるディティールの影響に関する実験的研究, 土木学会第 51 回年次学術講演会 V-529, 1996
- 3) Jang Hoon Kim, John B. Mander: Truss Modeling of Reinforced Concrete Shear-flexure Behavior, Technical Report MCEER-99-0005, pp.49-53, 1999.5
- 4) Priestley, M.J.N. and Paulay, T.: Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, 1995.10

$$ws = (c_0 - c) \cdot f_{wy} / [s - (1 - c) / c_0] \quad (5)$$

ws : せん断補強筋応力度 (N/mm²)
 c : 作用せん断応力度 (N/mm²)

$$ws = (| \quad | -) \quad (6)$$

s : $ws \sim$ 関係での直線の傾き
 c : $ws \sim$ 関係での直線の ws 切片 (N/mm²)

$$= f_{wy} / [s - (1 - c) / c_0] \quad (7)$$

$$= c_0 \quad (8)$$

$$= 1 - (s - f_{wy} /) / c_0 \quad (9)$$

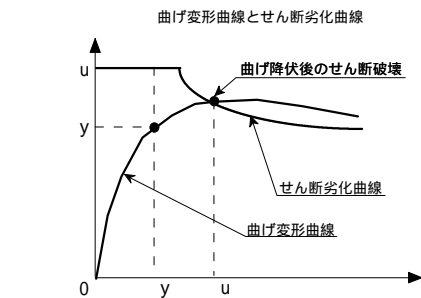
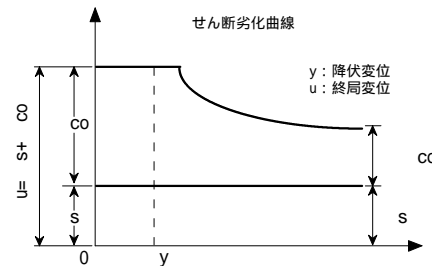


図 2 曲げ変形曲線とせん断劣化曲線

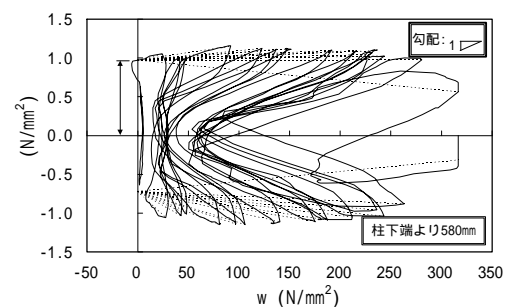


図 3 作用せん断応力度とせん断補強筋応力度の関係

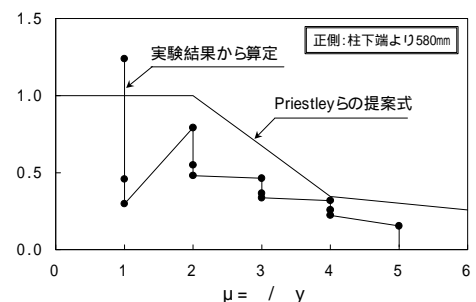


図 4 劣化係数 と塑性率 μ の関係