

RC 柱部材の終局曲率と終局変位に対する検討

武蔵工業大学 学生員 牧原 成樹
 武蔵工業大学 学生員 依田 宏之
 武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道

1. はじめに

鉄筋コンクリート(以下, RC)柱部材は, 大規模な地震発生時に安定した耐力を保持し, 脆性的なせん断破壊を回避することが重要である. また高靱性に設計することが望ましい. 本研究では靱性評価式で用いられる終局変位に着目し, 変形性能を示す曲げ変形量, せん断変形量を分離する手法を用い, 本学で行った実験結果と比較を行った.

2. 変形成分の実験的分離¹⁾

RC 柱部材に水平荷重が作用すると, せん断力と曲げモーメントが発生する(図 1 参照). 本実験では, 試験体を 4 区間に分割しそれぞれの区間に取り付けられた変位計から曲げ変形 δ_{flex} とせん断変形 δ_{shr} を計測した.

曲げ変形: $\delta_{flex} = \sum \phi_i(H - y_i) \cdot h$

せん断変形: $\delta_{shr} = \sum \gamma_i \cdot h$

載荷点変位: $\delta_{total} = \delta_{flex} + \delta_{shr}$

ϕ_i : i 番目の区間における平均曲率, H : せん断スパン長
 y_i : 基部から i 番目の区間の中心点までの距離
 γ_i : i 番目の区間におけるせん断ひずみ, h : 区間長 = 250mm
 ここで, 各区間での曲率 ϕ_i とせん断ひずみ γ_i は, 6 基の変位計から, 図 2 に示すような幾何学量を用いて次式により算出できる.

曲率: $\phi = (\Delta h_r - \Delta h_l) / (L \cdot h)$

せん断ひずみ: $\gamma = \Delta d_{shr} / \cos R \cdot h$

Δh_r : 鉛直方向における圧縮力による変形

Δh_l : 鉛直方向における引張力による変形

L : 水平方向の長さ, h : 鉛直方向の長さ

Δd_{shr} : 斜め方向の変形, R : 水平方向に対する斜め角度

3. 実験概要と試験体諸元

断面 320 × 320(mm), せん断スパン長 1200mm, せん断スパン比 4.05 で実建造物の 40%を有する試験体を用いた. 図 3 に試験体図, 表 1 に試験体を示す.

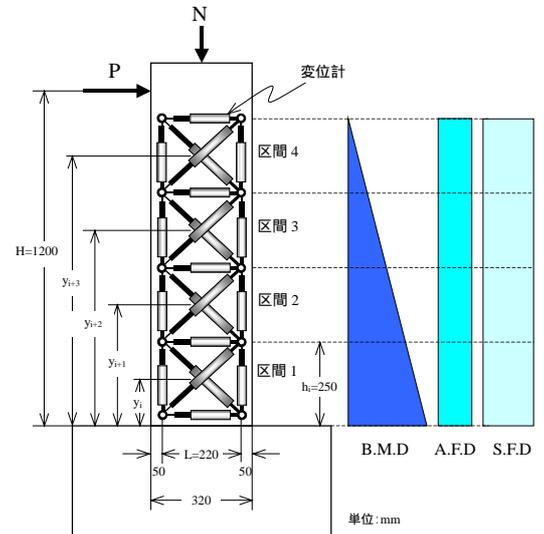


図 1 変位計取付け位置と計測区間における内力分布図

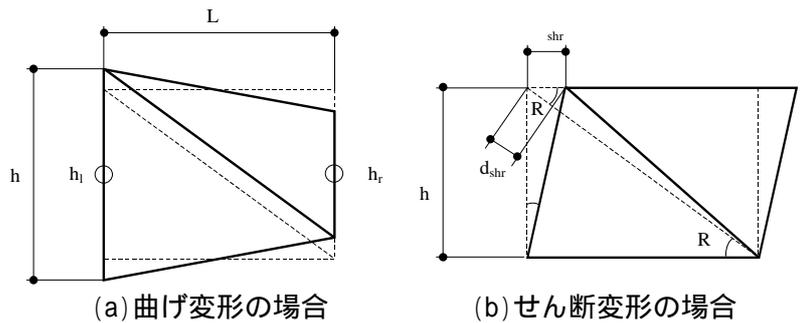


図 2 変位計による曲率とせん断ひずみの算定

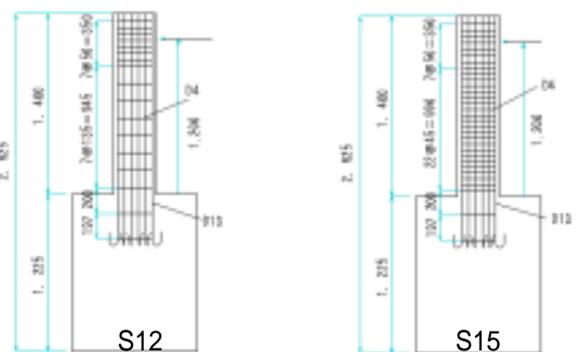


表 1 試験体諸元

図 3 試験体図

試験体名	断面形状 (mm)	せん断スパン長 (mm)	曲げせん断耐力比	軸力 (kN)	繰り返し回数	軸方向鉄筋		コンクリート 圧縮強度 (kN/mm ²)
						鉄筋径 (mm)	降伏強度 (kN/mm ²)	
S12-1-3	320 × 320	1200	1.2	1	3	12.7	402.5	20.38
S12-3-3				3				24.76
S15-0-3				0				24.1
S15-1-3			1.5	1				20.34
S15-1-10				1				24.24

Key Word : RC 柱部材, 終局曲率, 終局変位

連絡先 : 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 都市基盤工学科 構造材料工学研究室
 TEL 03-3703-3111(内線:3441)FAX:03-5707-2125

4. 終局曲率 ϕ_u の考察

まず、終局時の曲率 ϕ_u の算定法を考察する。実験値は、終局時における基部(区間1)の曲率を用い、一方、計算値として、石橋らによる提案式(1)²⁾、および終局曲げ理論式(2)を用いた。

$$\phi_p = 0.00005 \ln(p_w) + 0.00018 \quad (1)$$

$$\phi_u = \frac{\epsilon_{cu}}{C_u} \quad (2)$$

ϕ_p : 終局変位時の塑性ヒンジ区間の平均終局曲率 (1/mm)

p_w : 帯鉄筋比(%), ϵ_{cu} : 終局圧縮ひずみ, C_u : 中立軸位置

以上をまとめ、図4および表2に整理した。この結果より、 ϕ_u 算定式に石橋らによる提案式を用いた。

5. 載荷点変位(曲げ成分)の算出方法

変位計測システムの測定精度を確認するため、図5にまとめた。これは、縦軸: 変形成分の実験的分離にて示した区間ごとの変形成分の合計量、横軸: 柱頭(載荷点)位置での変位計による測定値であるが、両者はほぼ合致し(±3.2%)、十分な実験精度を確認することができた。

次に、曲げ成分のみを対象とした載荷点変位の算定式として、以下を採用する。

$$\delta_u = \delta_y + (\phi_u - \phi_y)L_p(H - L_p/2) \quad (3)$$

δ_y : 降伏変位, ϕ_u : 終局変位, ϕ_y : 降伏変位, H : 載荷点位置

ここで降伏曲率 ϕ_y は、従来の曲げ理論(RC断面弾性解析)を適用し、終局曲率 ϕ_u は前述の石橋らによる ϕ_u (式(1))をそのまま用いる。また、塑性ヒンジ長に関しては、鉄筋の直径 d_b と軸方向鉄筋の降伏強度 f_y を考慮している Priestley の式(4)³⁾を用いた。以下に各算定式を示した。

$$L_p = 0.08L + 0.022d_b f_y \quad (4)$$

このような準備のもと、曲げ成分のみに着目した載荷点変位について検討し、図6を得た。ここでは、表1に示した5試験体に対して、解析値(縦軸)として先述の式(3)を用い、実験値(横軸)として全体変形からせん断成分を除去している値を用いた(δ_{shr})。両者は極めてよく合致し、本文で提案した手法の有効性を示唆するものである。

ただし、終局曲率 ϕ_u に関して、解析値と実験結果が合致しないもの(図4での検討)も含まれており、さらに広範囲の実験値との比較検討が必要である。

[参考文献]

[1] 小林真樹: 繰返し大変形を受ける RC 単柱のせん断劣化と靱性評価, 武蔵工業大学修士学
位論文, 2002.3

[2] 石橋忠良, 津吉毅, 小林薫, 吉田徹, 海原卓也: 大変形領域の交番載荷を受ける RC 脚柱の変形性能算定に関する研究, 土木学会論文集 No. 711/V-56, pp45-57, 2002.8

[3] Priestley, M.J.N., Seible, F. and Calvi, G.M.: Seismic Design and Retrofit of Bridges, A Wiley-Interscience Publication, 1996

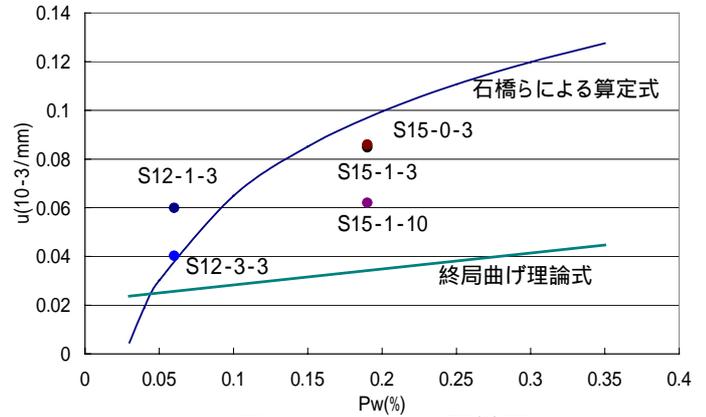


図4 ϕ_u と ϕ_p の関係図

表2 測定および解析結果

試験体名		区間測定値	解析値
S12-1-3	y	1.159E-05	1.13E-05
	u	5.687E-05	3.93E-05
S12-3-3	y	1.381E-05	1.19E-05
	u	3.98E-05	3.93E-05
S15-0-3	y	1.319E-05	1.05E-05
	u	8.399E-05	9.43E-05
S15-1-3	y	1.185E-05	1.13E-05
	u	7.862E-05	9.43E-05
S15-1-10	y	1.363E-05	1.11E-05
	u	6.207E-05	9.43E-05

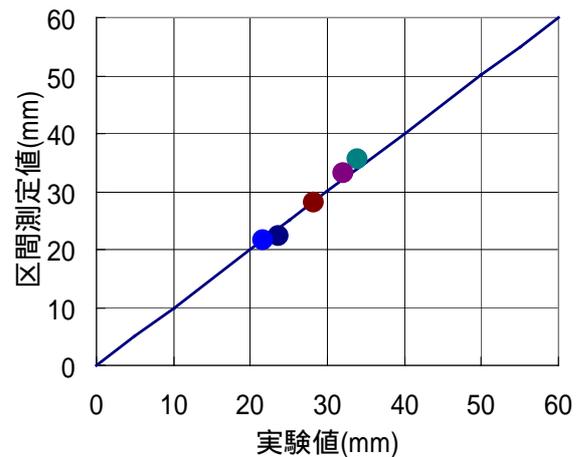


図5 測定値と実験値の関係図

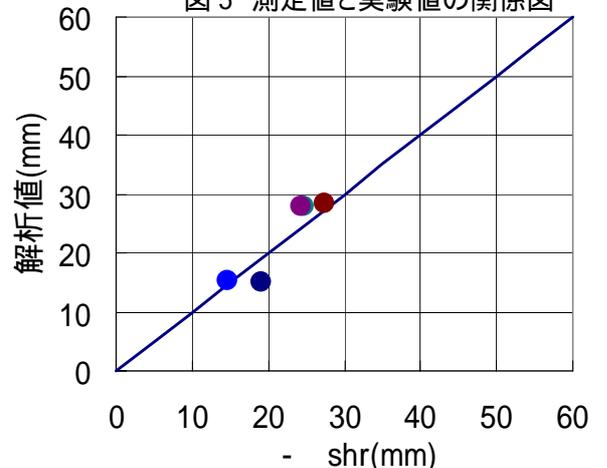


図6 解析値と実験値の関係図(曲げ変形量)