

武蔵工業大学* 学生会員 藤田幸弘, 正会員 吉川弘道
 東急建設技術研究所** 正会員 服部尚道, 正会員 宮城敏明

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材の靱性率の評価において、降伏変位および終局変位を精度よく算定することは重要である。一般に降伏変位は、降伏荷重時の躯体変位(δ_l)と軸方向鉄筋抜出しによる変位(δ_n)との和として表される¹⁾。この時、軸方向鉄筋の抜出しによる回転変位量は全体の変位量の50%以上を占めると報告されている²⁾。本論文では、鉄筋コンクリート柱を対象に島モデル、土木学会提案式、鉄道設計標準による評価式により算定した抜出しによる回転変位と実験結果とを比較検討した。

2. 解析方法

実験結果の主鉄筋の抜出し量を算定する方法として、フーチング内の主鉄筋のひずみを積分する方法、柱脚部に設置した変位計から直接柱の回転角を計測する方法などがある。一方、計算により算定する方法として

表1 試験体諸元

No.	有効高さ d (mm)	せん断スパン la (mm)	鉄筋径 φ (mm)	鉄筋間隔 Db (mm)	降伏強度 f _{sy} (N/mm ²)	降伏ひずみ ε _{sy}	破断強度 f _{su} (N/mm ²)	弾性係数 E _s (×10 ⁵ N/mm ²)	コンクリート強度 f' _c (N/mm ²)
S10C	296	1200	13	54	356	0.00190	515	1.87	32.2
CJ1	740	3000	32	136	313	0.00175	500	2.02	31.3
CJ2	740	3000	32	136	313	0.00175	500	2.02	28.2
CJ3	740	3000	32	136	313	0.00175	500	2.02	32.7
CJ4	740	3000	32	136	313	0.00175	500	2.02	32.5
CJ5	740	3000	32	136	313	0.00175	500	2.02	34.7

島モデルによる方法³⁾、土木学会提案式²⁾、鉄道設計標準⁴⁾による方法が挙げられる。これらの方法を用いて、断面 800×800(mm)の大型試験体(CJ1~CJ5)⁵⁾と、断面 320×320(mm)の縮小試験体(S10C)の比較検討を行った。表1に断面諸元を示した。

3. 軸方向鉄筋ひずみレベルでの比較

実験結果より得られた S10C 試験体と、CJ1 および CJ2 試験体のフーチング内の降伏時と最大耐力時のひずみと島モデルによる算定結果を図1に示し、ひずみレベルでの比較を行った。S10C では降伏時(+1δ_y時)の主鉄筋ひずみ値は、柱基部から-200mm の位置で実験値の方が大きくなっているが、全体的なひずみ分布は同様な傾向となっている。終局時(+4δ_y時)においては、島モデルのひずみ分布は実験値に比べ小さめの値となっている。それは、島モデルでは計算ピッチを細かく設定できるのに対して、実験では鉄筋定着長に対してひずみゲージ設置間隔が大きいことによると考えられる。CJ1 における終局時(+2δ_y)におけるひずみ分布は、島モデルと実験値ではほぼ合致していることが確認できる。一方、CJ2 における終局時(+2δ_y)におけるひずみ分布は、島モデルと実験値では S10C と同様、島モデルのひずみ分布は小さめの傾向を示している。その違いは、CJ1 での柱基部の主鉄筋ひずみ値が 20000μ と硬化ひずみ 15000μ を超え

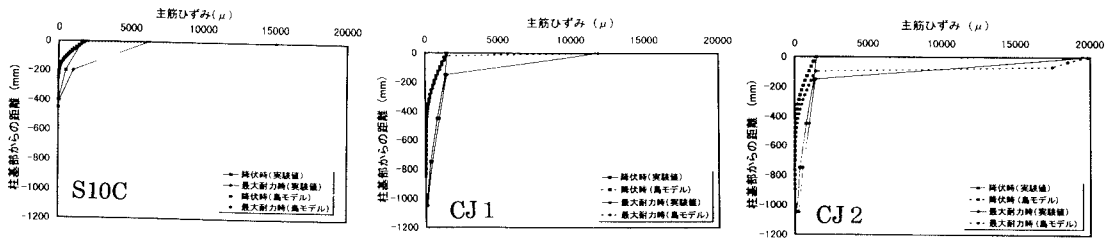


図1 フーチング内主鉄筋ひずみ分布

キーワード：主鉄筋抜出し、靱性率、付着

連絡先：*〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1

TEL:03-3703-3111 FAX:03-5707-1165

$$S_y = \alpha \cdot S_{y1} \quad \Lambda \quad (1)$$

ここで、 S_{y1} は、単独鉄筋の拔出し量で、

$$S_{y1} = 7.4 \epsilon_y (6 + 3500 \epsilon_y) D_s / f'_c \quad (mm)$$

α は、鉄筋間隔の影響で、

$$\alpha = 1 + 0.9 e^{0.45(1-\alpha_1/D_s)} \quad (\text{一段配筋})$$

ϵ_y : 鉄筋の降伏ひずみ

f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2)

D_s : 鉄筋直径 (mm)

α_1 : 鉄筋間隔 (mm)

$$\Delta l_y = 0.070 - 0.0054 \left(\frac{D}{\phi} \right) + 0.00017 \left(\frac{D}{\phi} \right)^2$$

$$\Delta l_n = 0.083 - 0.0054 \left(\frac{D}{\phi} \right) + 0.00015 \left(\frac{D}{\phi} \right)^2 \quad \Lambda \quad (2)$$

Δl_y : 降伏時の拔出し量 (cm)

Δl_n : 終局時の拔出し量 (cm)

D : 鉄筋中心間隔 (cm)

ϕ : 鉄筋径 (cm)

ただし、 $3 \leq D/\phi \leq 16$

$$\theta = \frac{\Delta l}{(d - x_n)}$$

$$\delta_y = h \cdot \theta \quad \Lambda \quad (3)$$

Δl : 軸方向鉄筋拔出し量 (cm)

d : 部材の有効高さ (cm)

x_n : 圧縮縁より中立軸までの距離 (cm)
(ファイバーモデルによる)

ているが、CJ2 では 12000 μ と硬化ひずみ以下となっていることによる。このように、島モデルでは柱基部の主鉄筋ひずみ値が硬化ひずみを超えているかどうかで主鉄筋のひずみ分布に大きく影響するものと考えられる。なお、島モデルにおける柱基部の主鉄筋ひずみは降伏時、終局時とも実験結果と同じ値を用いた。

4. 主鉄筋拔出し量での比較

次に、主鉄筋の拔出し量での比較を行う。実験結果の主鉄筋の拔出し量は、フーチング内の主鉄筋のひずみを積分して算出した。また、土木学会提案式³⁾は式(1)、鉄道設計標準⁴⁾は式(2)で算出した。図2に S10C および CJ2 試験体における各々の算定方法と実験結果を示す。降伏時には、土木学会提案式と実験値がよく一致している。鉄道設計標準では S10C および CJ2

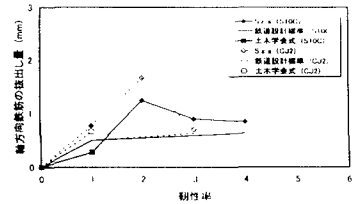


図2 拔出し量の比較

ともほぼ同じ値となっている。式(2)からもわかるように、拔出し量は D/ϕ の関数となっており試験体寸法による違いは表現されない。また、S10C および CJ2 の実験値の拔出し量は降伏後も +2 δ_y まで同一勾配で大きくなっている。S10C は+4 δ_y まで拔出し量はほぼ一定となっている。CJ2 試験体はその時点で終局となった。鉄道設計標準は実験値に比べ小さい値となっている。

表2 結果一覧

試験体	計測ひずみ ($S \epsilon_s$)		土木学会式		鉄道設計標準	
	降伏時	最大耐力時	降伏時	降伏時	降伏時	最大耐力時
S10C	23.6	15.2	19.8	43.5	11.3	
CJ1	28.7	34.9	22.4	18.3	9.4	
CJ2	23.1	20.4	19.7	15.1	7.7	
CJ4	23.7	32.0	22.9	19.3	9.9	
CJ5	20.6	21.1	17.1	15.0	7.7	

5. 柱頭変位での比較

主鉄筋の拔出し量から柱頭変位を算出する方法は、式(3)を用いて行った。表2に各試験体の降伏時、終局時の全体変位量に対する主鉄筋拔出しによる変位量の割合を示す。この表から、降伏時の主鉄筋

の拔出しによる割合は実験値では 20~30% となり、土木学会提案式とほぼ一致している。終局時の実験値は降伏時とほぼ同じ割合となっている。鉄道設計標準は降伏時に比べ終局時の割合は小さくなっている。

6. まとめ

主鉄筋拔出しによる変位を各算定式と実験結果を比較することにより以下のことが確認できた。

- ①降伏時におけるフーチング内の主鉄筋ひずみ分布は、島モデルと実験値はほぼ一致する。
- ②降伏時の主鉄筋の拔出しによる割合は実験値では 20~30% となり、土木学会提案式とほぼ一致する。

【参考文献】

- 1) 吉川,池谷,宮城,増田,岡本:RC 柱における破壊形式の判定と靱性評価,土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集 V-278,pp.556-557,1997.9
- 2) 靱性評価土木学会:阪神淡路大震災被害分析と靱性率評価式,コンクリート技術シリーズ No12,pp.53,1996.7
- 3) 島,周,岡村:異形鉄筋の鉄筋降伏後における付着特性,土木学会論文集 第 378 号 V-6,pp.213-220,1987.2
- 4) 石橋,吉野:鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形能力に関する研究,土木学会論文集 第 390 号 V-8,pp.57-66,1988.2