

正会員 国鉄 下関工事局 青木桂一
正会員 国鉄 構造物設計事務所 石橋忠良
正会員 国鉄 構造物設計事務所 吉野伸一

1. まえがき

近年、鉄筋コンクリート脚柱の変形性能に関する実験、研究が行われており、供試体の実験により得られる変位には主鉄筋がフーチングから抜け出すことによる回転変位が大きな影響を与えることが明らかにされている。しかし、この影響を定量的に評価するまでには至っていないようである。本報告は、脚柱供試体の水平力交替載荷試験から得られたフーチング内の主鉄筋ひずみ分布から主鉄筋のフーチングからの抜け出し量を算出する方法について検討したものである。

2. 実験概要

表-1に示す14体の脚柱供試体の水平力交替載荷試験によりフーチング内の主鉄筋ひずみから鉄筋の抜け出し量を検討した。

供試体配筋の例を図-1に示す。主鉄筋は先端に半円形のフックを設けてフーチングに定着している。

荷重載荷は軸カー一定の水平力交替載荷であり荷重履歴は参考文献(2)を参照された。

フーチング内の主鉄筋ひずみは図-1に示すように10cm間隔でワイヤーストレインゲージにより測定した。

3. 実験結果および解析

(1) フーチング内主鉄筋の鉛直方向ひずみ分布

フーチング内主鉄筋の鉛直方向ひずみ分布の例を図-2に示す。ひずみ分布形は主鉄筋径、主鉄筋中心間隔等により変化すると考えられる。ひずみ分布形を図-3に示すように二次式で近似し、主鉄筋降伏時には $\alpha = 0$ で $y = 2000 \mu$ 、 $\alpha = \ell$ (460 mm)で $y = 0$ とすると

$$y = \alpha x^2 - (\alpha \cdot \ell + \frac{2000}{\ell})x + 2000 \dots \dots \dots \text{となる。}$$

実験結果のひずみ分布形に最もよく合うように α の値を定めると表-2のようになる。 α を鉄筋ひずみ形を定める変数として、 α の変化を主鉄筋本数(n)、主鉄筋径(ϕ)、主鉄筋中心間隔(δ)、 $C = (\text{柱幅} - n\phi)/\text{柱幅}$ を変数として重回帰分析を行った。変数 C は n と ϕ に關係しており互いに独立とはいえないので、これを除いた組み合わせで検討すると次の式を得た。(重相関係数 $r = 0.95330$)

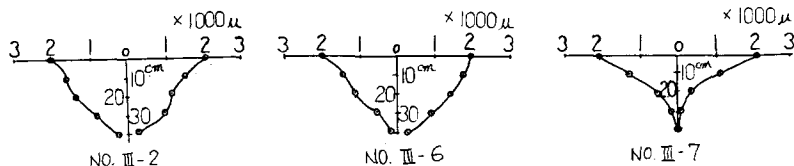


図-2 フーチング内鉄筋ひずみ分布

供試体 No.	a/d	$b \times \ell$ (cm)	d (cm)	P_t 本数-径、%	P_b 本数-径、%	側面鉄 筋本数-径	σ_0 % σ_k	σ_{sk} % σ_k
III-1	2.25	40x50	46	3D13 0.21	0	0	0	240
2	2.25	40x50	46	7D13 0.48	0	0	0	240
3	2.25	40x50	46	7D13 0.48	1D6 0.14	0	0	240
4	2.07	40x50	46	4D10 0.16	0	0	0	240
5	2.07	40x50	46	6D13 0.41	0	0	0	240
6	2.07	40x50	46	6D13 0.41	1D6 0.18	0	0	240
7	1.52	40x50	46	3D10 0.12	0	0	0	240
8	1.52	40x50	46	4D13 0.28	0	0	0	240
9	1.52	40x50	46	4D13 0.28	1D6 0.18	0	0	240
IV-1	2.25	40x40	35	7D16 0.49	1D10 0.40	0	10	270
2	2.25	40x40	35	7D16 0.49	1D10 0.45	2D16	10	270
3	2.25	40x40	35	7D16 0.49	1D10 0.51	5D16	10	270
4	4.0	40x40	35	6D19 1.23	1D6 0.11	0	10	270
5	4.0	40x40	35	6D19 1.23	1D10 0.36	4D19	10	270

ϕ : せん断スパン比 d : 有効高さ $b \times \ell$: 供試体断面
 P_t : 主鉄筋 P_b : 帯鉄筋 σ_0 : 軸方向圧縮応力
 σ_{sk} : コンクリートの設計基準強度

表-1 供試体諸元

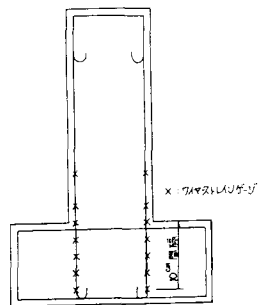


図-1 配筋の例

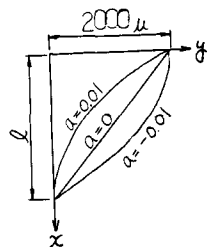


図-3 鉄筋ひずみ分布の決定

$$\alpha = -0.00053\phi + 0.00014\delta + 0.00063$$

上式から α が大きくなると α は小さくなり（ふくらんだ形）・ δ が大きくなると α は大きくなる（へこんだ形）ことがわかる。

(2) 主鉄筋抜け出し量の計算

鉄筋に引張力が作用すると伸びるがコンクリートとの付着によりその伸びは押えられる。岡村、周らにより付着力は鉄筋とコンクリートの相対すべり量に比例し付着力とすべり量の関係が提案されているが、鉄筋間隔の影響にはふれられていない。本実験の結果では、同一埋込長（ $l = 460\text{mm}$ ）、同種鉄筋、引張端同一ひずみ（降伏時 2000μ ）でもひずみ分布が異なっている。これは、付着力とすべり量の関係が鉄筋径や鉄筋中心間隔の影響を受けるためと考えられる。岡村、周らの提案した図-4に示すモデルをもとに、 K （最大付着力密度を求める係数）、および、 H （付着力密度が最大となる時の δ （すべり量））／ ϕ （鉄筋径）＝ β を 1.0 とした係数）について検討した。

鉄筋のフーチングからの抜け出し量は、埋込まれた鉄筋の全長にわたってひずみを積分したものである。鉄筋の引張応力度は鉄筋とコンクリートの付着力によりフーチング内部へ入るに従って減少する。鉄筋のひずみは鉄筋の σ - ϵ 曲線により求める。（図-5）

主鉄筋の先端にはフックを設けているので、先端ですべり量が 0 となり、実験で得られた抜け出し量、ひずみ分布と最もよく合う K と H を求めると図-6、7のようになり次式が推定される。

$$K = 0.00776 e^{2360 \cdot \frac{\delta}{\sqrt{1.3}\phi}} + 0.95$$

$$H = 0.00244 \cdot \frac{\delta}{\sqrt{1.3}\phi}$$

以上の条件より求めた抜け出し量を表-3に示すが実験で得られた値とよく一致することがわかる。

4. あとがき

供試体変位に占めるフーチングからの主鉄筋抜け出しに占める割合は大きく、供試体による実験結果を実構造物へ適用拡大するためにはこの抜け出し量を明らかにしなければならない。今回検討した結果、鉄筋抜け出しに影響を与える鉄筋径や鉄筋中心間隔についてその傾向を明らかにしたが、さらに、その精度をあげてゆきたいと考えている。

本研究にあたり、東大岡村教授、岡氏らに多くの助言を得たことを記して感謝の意を表わします。

		α	n	ϕ	δ	C
III-	1	0.008595	3	13	160	0.9025
	2	-0.005588	7	13	533	0.7725
	3	-0.003569	7	13	533	0.7725
	4	0.007570	4	10	107	0.9000
	5	-0.005588	6	13	64	0.8050
	6	-0.004570	6	10	64	0.8500
	7	0.011623	3	10	160	0.9025
	8	0.002508	4	13	107	0.8700
	9	0.001480	4	10	107	0.9000

表-2

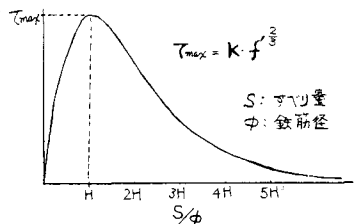


図-4 付着すべりモデル

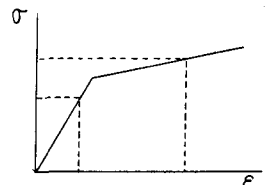


図-5 鉄筋 応力ひずみ曲線

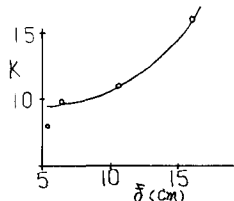


図-6 Kと δ の関係

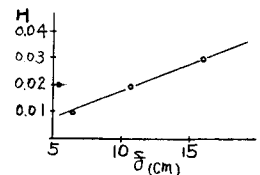


図-7 Hと δ の関係

	実験値	計算値
III-	1	0.339
	2	0.466
	3	0.501
	4	0.316
	5	0.435
	6	0.453
	7	0.265
	8	0.359
	9	0.396
IV-	1	0.462
	2	0.394
	3	0.493
	4	0.439
	5	0.505

表-3 抜け出し量 (cm)

参考文献

- 1) 石橋外「鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に関する研究」土木学会第35回年次講演会
- 2) 石橋 吉野 外「水平力交番繰返し荷重を受ける脚柱の変形性能に関する研究」同第39回同上
- 3) 岡村、周外「フーチング中に埋込まれた鉄筋のひずみ分布」第4回コンクリート工学年次講演会
- 4) 岡村、山尾外「定着長さ コンクリート強度が局部付着応力-すべり関係におよぼす影響」第5回同上
- 5) 羽、岡外「付着応力-すべり関係に関する実験的研究」土木学会論文報告集第243号 1984年3月