

鹿児島大学工学部 正会員 出口 秀 史
 鹿児島大学工学部 正会員 松 本 進

1. はじめに

地震時における鉄筋コンクリート橋脚の復元力特性には、特に主鉄筋降伏後のフーチング部からの引抜きによる回転変位が大きく影響することが、これまでの研究から明らかにされてきた。著者らも、これまでに鉄筋のフーチングからの引抜き現象に対して、鉄筋の吸収する歪エネルギーを計算することによって、鉄筋の引抜きを精度良く推定することが可能であることを発表してきたが、本論文は交番载荷を受ける鉄筋の挙動ならびに、歪エネルギー法の適用に関してさらに検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験供試体は図-1に示すように、フーチング部をモデル化したもので、コンクリート躯体の断面中心に異形鉄筋を垂直に埋め込んだものである。鉄筋表面には、歪測定のため図示するように塑性ゲージを貼付してある。鉄筋頭部にロードセルを介して面動オイルジャッキを取付け、交番载荷を行った。载荷方法は、コンクリート表面上の鉄筋歪ゲージによる歪制御とし、鉄筋降伏以前の弾性域を4段階に分け、それぞれ繰り返す、降伏後は歪を適宜漸増させながら繰り返す交番载荷を行った。なお、供試体諸元は表-1に示すとおりである。

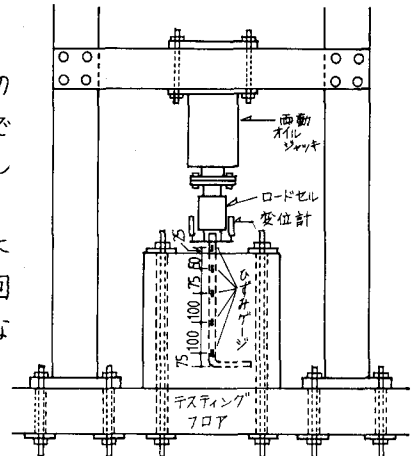


図-1 実験供試体および実験装置

3. 実験結果および考察

(1) 鉄筋降伏後の歪分布挙動

図-2は、鉄筋降伏後の交番载荷を受けた鉄筋の歪挙動の一例を示したもので、図のように鉄筋引張降伏後に圧縮载荷を受けるような場合には、コンクリート表面直下の塑性領域では、上部では前回の引張载荷時の引張残留歪が残っているが、下部では圧縮歪を生じているといった、見かけ上引張歪と圧縮歪が混在した歪分布挙動を示しこれはまた、圧縮载荷後の引張载荷時にも現れる。

表-1 供試体諸元

供試体	鉄筋径	降伏応力 (kg/cm ²)	コンクリート強度 (kg/cm ²)	断面寸法 (cm)	高さ (cm)
NO. 1	D 13	4017	362	40X60	60
NO. 2	D 16	3776	362	40X60	60
NO. 3	D 16	3776	371	40X60	60
NO. 4	D 19	4014	292	40X60	60
NO. 5	D 19	4014	371	40X60	60
NO. 6	D 19	4014	448	40X60	60

(2) 鉄筋降伏後の弾性領域の歪分布挙動

図-3は、鉄筋降伏後における鉄筋下部の弾性領域の歪分布挙動を示した一例である。図に示すように、鉄筋降伏後の下部の弾性領域では、前回に受けた载荷時の弾性歪分布長は再载荷時においてはあまり変化せず、载荷荷重の増大に伴って、歪分布の傾きがだいに大きくなるといった歪分布挙動を示している。

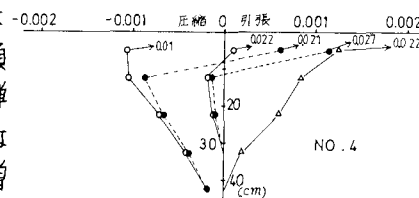


図-2 塑性域歪分布

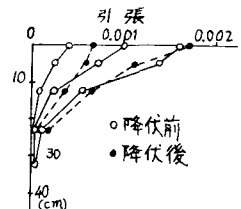


図-3 降伏後の弾性歪挙動

(3) 鉄筋降伏後の応力-歪履歴挙動

鉄筋の吸収した歪エネルギーを計算するために、鉄筋の応力-歪曲線が必要となるので、ここでは実験より得られた応力-歪履歴曲線を図-4に示すようにモデル化した。ここで a, b は係数である。図-5~図-8は、実験結果より得られた係数 a, b と繰返し回数 n 、前回の載荷で受けた塑性歪 ϵ_p との間の関係を示したものである。

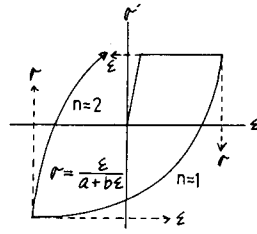


図-4 応力-歪履歴モデル

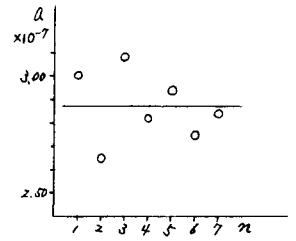


図-5 係数 a - n 関係

i) 係数 a と n, ϵ_p の関係

図-5は係数 a と n の関係を示した一例であり、係数 a の値は変動が大きく、繰返し回数 n との間の顕著な傾向は認められない。また、図-6は係数 a と前回の載荷時に受けた塑性歪 ϵ_p との間の関係を示した一例で、係数 a は塑性歪 ϵ_p の間でも明確な傾向は認められない。これは、応力-歪履歴モデルにおいて、係数 a が除荷時の剛性の逆数を表現することになるため、定数となるのではないかと考えられる。

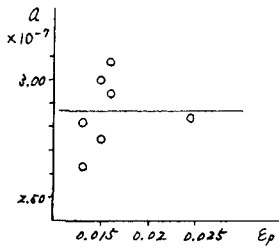


図-6 係数 a - ϵ_p 関係

ii) 係数 b と n, ϵ_p の関係

図-7は、係数 b と n の間の関係を示した一例である。係数 b の値は、交番載荷回数 n が増加するにつれて、小さくなる傾向があり、ほぼ直線関係が認められる。図-8は、塑性歪 ϵ_p との間の関係を示す一例であるが、 ϵ_p に対しても同様に、 ϵ_p が増大するにつれて係数 b の値はしだいに小さくなり、ほぼ直線に近い関係が認められる。

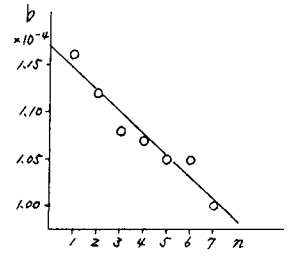


図-7 係数 b - n 関係

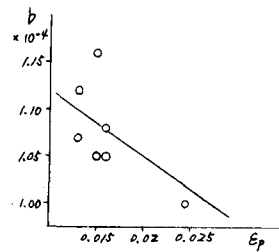


図-8 係数 b - ϵ_p 関係

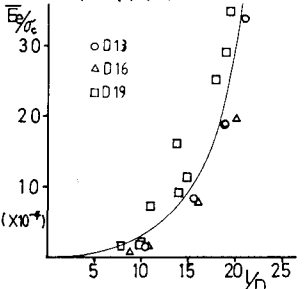


図-9 $E_p/\sigma_c - l/D$ 曲線

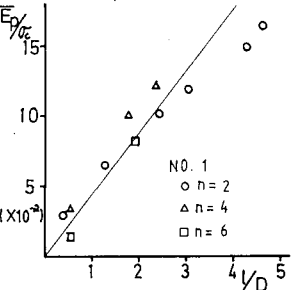


図-10 $E_p/\sigma_c - l/D$ 曲線

(4) 歪エネルギー

図-9および図-10は、それぞれ弾性域と塑性域における鉄筋の吸収する歪エネルギー(E)とコンクリート強度(σ_c)、鉄筋歪分布長(l)、鉄筋径(D)との間の関係を示したものである。図-9に示すように、弾性域においては、 E_p/σ_c は、 l/D の4次関数で表現することができる。また、図-10は、同様に塑性域における歪エネルギーの関係を示したものである。塑性域では、(1)を示したように複雑な挙動を示す前回は生じた塑性域をさらに拡大していくために必要な鉄筋の吸収する歪エネルギーを用いると、図-10に示すように、 E_p/σ_c は、 l/D の直線式として表わることができる。したがって、この弾性域、塑性域の歪エネルギーを計算することによって、歪分布長を決定づけることができ、引抜き量を推定することができる。

4. あとがき

歪エネルギーを計算することによって精度よく引抜き量を推定することができるが、塑性域の挙動に関してさらに検討を行うつもりである。

参考文献 (1) 出口、松本 交番載荷を受ける鉄筋の引抜き性状について 第29回工不学会年次講演会 第V部門 昭和59年