

繰り返し水平力を受けるRC柱の履歴特性に関する実験

熊本大学 ○学生員 今村得光

学生員 新田晃久

正会員 渡辺 浩

正会員 崎元達郎

1. まえがき

RC構造物の耐震設計の考え方の一つとして、外力によるエネルギーを鉄筋降伏後の塑性変形によって吸収しようという考え方がある。しかし、部材降伏後のメカニズムや各種要因が終局変位に及ぼす影響はまだ充分には明らかにされていない。また、実験的研究は比較的多いが理論的研究は充分とはいえない。

本実験では、このような観点から、一定軸力下で水平力を受けるRC部材の耐力や履歴特性を評価するための基礎的な実験として、軸力や帯鉄筋間隔、水平荷重繰り返し回数の違いが及ぼす影響について検討すると同時に、平行して進めている理論的研究の検証データを得ることを目的とした。

2. 実験概要

(1) 供試体 図-1に示すような片持ち梁型の供試体を製作した。帯鉄筋間隔 s を3通り、軸力 V を3通り、載荷繰り返し回数 n を2通りに分けることを考えて、表-1に示すように計11体を製作した。主鉄筋はD10の異形鉄筋、帯鉄筋は $\phi 4$ の丸鋼を使用した。主鉄筋及び帯鉄筋の引張試験結果を表-2に示す。

表-1. 供試体のパラメータ

	帯鉄筋間 隔 s cm	軸力 V kgf/cm ²	f_c'
No. 1-M	7.5	10	218
No. 1-C3	7.5	10	215
No. 2-M	10	0	190
No. 2-C3	10	0	223
No. 3-M	10	10	218
No. 3-C3	10	10	204
No. 4-M	10	20	190
No. 4-C3	10	20	207
No. 5-M	15	10	185
No. 5-C3	15	10	185
No. 5-C10	15	10	185

f_c' : コンクリート圧縮強度(kgf/cm²)

M: 単調載荷 C3: 3回繰り返し載荷

C10: 10回繰り返し載荷

(2) 載荷方法 載荷装置の模式図を図-2に示す。まず、上から吊るしたサーボ試験機を使って一定荷重の軸力 V を与えるようにした。次に、反力壁に設置したサーボ試験機を使って、基部から75cm上の部分に水平荷重 H を与えた。

水平荷重の与え方は単調載荷、3回繰り返し載荷($n=3$)、10回繰り返し載荷($n=10$)の3通りである。単調載荷は早さ1mm/sの変位制御で変位が約10cmになるまで載荷させた。 $n=3$ の場合は、まず主鉄筋が引っ張り降伏するときの水平変位を理論値によって求めたものを δ_v として、図-3に示すように、まず $+\delta_v$ だけ変位を加えて、次に $-\delta_v$ 、以後 $\pm 2\delta_v$ 、 $\pm 3\delta_v$ 、 $\dots$ とそれぞれ3回ずつ繰り返し変位を与えて、終局状態になるまで載荷させた。 $n=10$ の場合も同様にして、10回ずつ繰り返して変位を与えた。

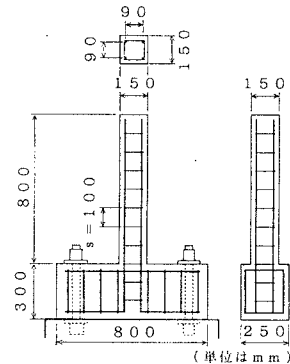


表-2. 主鉄筋、帯鉄筋 引張試験結果

	呼び径	降伏応力 kgf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	ヤング率 kgf/cm ²
主鉄筋	D10	4167	5967	2.1×10^6
帯鉄筋	$\phi 4$	3107	4299	

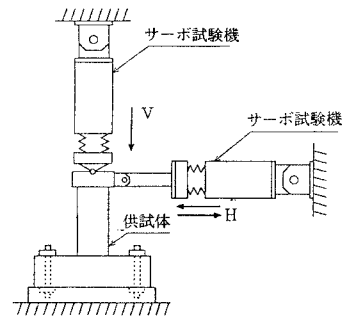


図-2. 載荷装置図

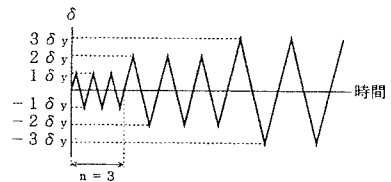


図-3. 繰り返し載荷概略図

3. 実験結果、考察

本実験では、水平力のサーボ試験機が与えた変位と荷重を測定し、供試体の破壊状況を観察した。これにより、次のような結果が得られた。なお、鉛直サーボ試験機の傾斜による水平力の補正を行っており、繰り返し載荷の包絡線は一定載荷の最初のサイクルの曲線のピークを連ねて表し、コンクリートの剥落が開始した点を黒塗りで表している。

(1) 軸力別の比較 図-4に単調載荷の比較、図-5に繰り返し載荷の包絡線の比較を示す。短調載荷、繰り返し載荷ともに軸力が大きいほど初期剛性が大きくなる。これは軸力によってコンクリートの圧縮域が大きくなり、水平力に対する曲げ抵抗が大きくなるためである。また、繰り返し載荷のときは軸力が大きいほど最大荷重が大きくなっている。これは繰り返し載荷では、一度引っ張りを受けた後のコンクリートの圧縮強度は減少するが、軸力が大きいほどコンクリートの受ける引張り力が小さくなるので、その分圧縮強度の減少が小さいことが理由として考えられる。繰り返し載荷のときは軸力が大きいほど早くコンクリートが剥落した。P- δ 効果により梁の下部に曲げモーメントが余分に生じ、軸力が大きいほど劣化が著しくなるものと思われる。

(2) 帯鉄筋間隔別の比較 図-6に単調載荷の比較、図-7に繰り返し載荷の包絡線の比較を示す。図-7において、No. 1-C3の包絡線が全体的に上に偏った原因が主鉄筋の配置に問題があった（実験後に供試体を切断して確認）ことを考慮すると、初期剛性や最大荷重は、あまり大きな違いはないようである。繰り返し載荷のコンクリートの剥落の開始は、帯鉄筋間隔が小さいほど遅く生じた。これは、帯鉄筋間隔が小さいほど、かぶりコンクリートが主鉄筋の座屈によって外へ押し出されるのを防ごうとするためであると考えられる。

(3) 載荷繰り返し回数別の比較 図-7に包絡線の比較を示す。n=10のときは、n=3のときに比べて小さい変位で最大荷重に達した。繰り返し回数が多いほど、主鉄筋のひずみ硬化が速まったからだと考えられる。しかしその分劣化も早く、7 δ_y で主鉄筋の座屈が生じた。

4. まとめ

以上のことより、次のような結論が得られた。

- (1) 軸力が大きいと、一時的に耐力が大きくなるが、劣化が早くなる。
- (2) 帯鉄筋を密に配置するほど、コンクリートの剥落（主鉄筋の座屈）の開始が遅くなる。
- (3) 水平荷重の一定変位に対する繰り返し回数が多いと、劣化が促進される。

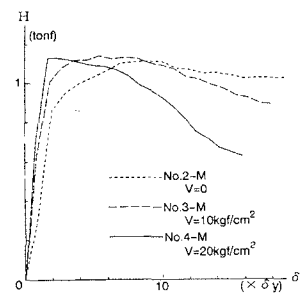


図-4. 単調載荷（軸力別）

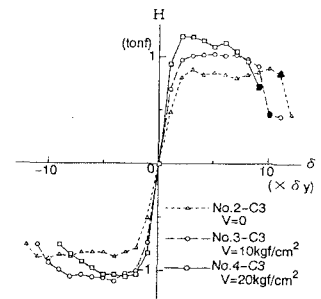


図-5. 包絡線（軸力別）

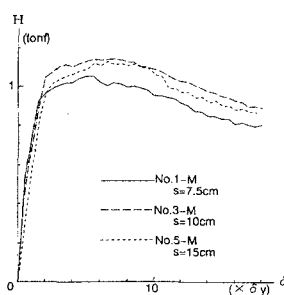


図-6. 単調載荷
（帯鉄筋間隔別）

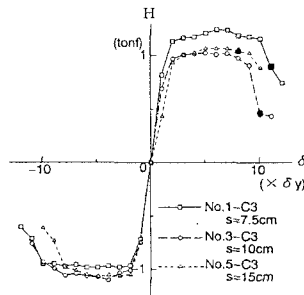


図-7. 包絡線
（帯鉄筋間隔別）

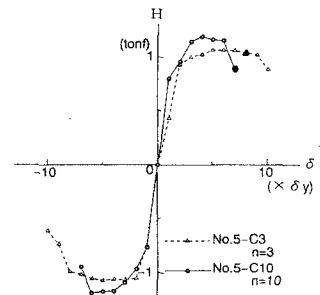


図-8. 包絡線
（載荷繰り返し回数別）

参考文献：川島一彦他「鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の調査法の開発に関する研究」
建設省土木研究所報告第190号 1993.3