

I - A 259 コンクリートを充填した円形鋼管柱の繰り返し弾塑性挙動に関する実験的研究

愛知工業大学 学生員 森下益臣

岐阜大学 学生員 天谷公彦

愛知工業大学 正会員 鈴木森晶

愛知工業大学 正会員 青木徹彦

1. はじめに

橋脚基部に部分的に充填されたコンクリートが鋼製橋脚の強度と変形能を向上させることは、既往の研究より箱型断面に限り明らかである¹⁾。円形断面については実験・解析データが不足していることから、その性能は明らかでないものの、箱型断面と同等な効果が期待できると推測されている。本研究では円形断面について部分充填されたコンクリートの耐震性能を調べるためにコンクリートを充填した円形鋼管柱を準静的繰り返し載荷実験した。

2. 実験計画

実験供試体の寸法を図 1、諸元を表 1 に示す。供試体は鋼種 STK490、外径 $D=318.5\text{mm}$ 、板厚 $t=6.9\text{mm}$ の電縫鋼管を使用し、本研究ではコンクリートの充填高さ（充填率）による鋼管の強度と変形能への影響を調べるため充填高さを 0D（充填なし）、1D（18%）、1.5D（27%）、2D（35%）と設定した。また、充填コンクリート上部に設置したダイアフラム（横リブ）の効果を調べるために 1D の高さにダイアフラムを設けた供試体を製作し（図 1(b)参照）、計 5 体について実験した。供試体概要を表 2 に示す。

3. 実験方法

3.1 載荷装置 載荷装置および供試体の設置状況を図 2 に示す。供試体頂部に 300tf 長柱載荷装置により、一定の鉛直荷重（軸力）を負荷した状態を保ちつつ、供試体頂部に設置したスクリュージャッキにより水平荷重（地震慣性力）を載荷する。装置全体は、300tf 長柱載荷装置に対して、上下端ピン支持されている。柱頂部の水平力は、トラスフレームを通して供試体に伝達される。水平力が載荷されると供試体に傾きが生じるが、本研究では、供試体と下部ピン支持装置の間にリニアレールを設け、モーターにより供試体およびフレーム全体をレール上でスライドさせ、レールを水平に、供試体基部を垂直に保つようにして実験を行った²⁾。

3.2 載荷方法 繰り返し載荷の振幅変位は供試体の降伏水平荷重 H_y に対する変位 δ_y を基準とし、 $\pm \delta_y$ 、 $\pm 2\delta_y$ 、 $\pm 3\delta_y$ 、・・・のように漸増させ、各変位での繰り返し回数を 3 回とする。降伏荷重 H_y と降伏変位 δ_y は公称降伏応力（ $\sigma_y=32.14\text{kgf/mm}^2$ ）を用いて次に示す式より求めた。

$$H_y = \frac{M_y}{h} \cdots \cdots (1) \quad \delta_y = \frac{H_y h^3}{3EI} \cdots \cdots (2)$$

ここで、 h ：柱長さ、 E ：鋼材のヤング率、 M_y ：軸力の影響を考慮していない降伏モーメント、 I ：断面 2 次モーメントである。

4. 実験結果

各供試体の水平変位－水平荷重履歴曲線を図 3 に包絡曲線を図 4 に示す。これらの図より以下のことが言える。

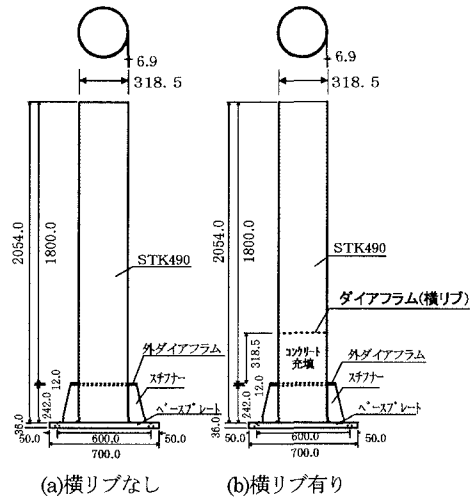


図 1 供試体寸法

表 1 供試体諸元

径厚比パラメータ R/t	0.058
細長比パラメータ λ	0.407
降伏応力 $\sigma_y (\text{kgf/mm}^2)$	32.14
ヤング率 $E (\text{kgf/mm}^2)$	21000
ポアソン比 ν	0.3
軸力比 P/P_y	0.2
水平降伏荷重 $H_y (\text{tf})$	9.2
水平降伏変位 $\delta_y (\text{mm})$	10.16

表 2 供試体概要

供試体名	コンクリート充填高さ	横リブ
C0D-U	0D (0%)	無
C1D-U	1D (18%)	無
C1D-S	1D (18%)	有
C1.5D-U	1.5D (27%)	無
C2D-U	2D (35%)	無

D：鋼管外径 318.5mm

Key words：コンクリート充填 円形断面 充填高さ ダイアフラム 繰り返し載荷実験

連絡先：〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL 0565-48-8121

1) コンクリートを充填した場合の最大水平荷重は、充填無しと比較して充填高さが 1D、1.5D で 10.6%、2D で 16.8% 上昇している。また、C1D-U と C1.5D-U では最大水平荷重を越えた劣化域で耐力力が低下した後、再び耐力力が上昇している。これはコンクリートによる座屈変形抑制効果によるものと思われる(図3(b),(c)参照)。

2) コンクリートの充填高さによる耐力力を比較すると、最大耐力力は充填高さに比例するが、劣化域での耐力力の減少は充填高さに反比例する。これはコンクリートが破壊後、鋼管の変形に伴いコンクリートが上方に抜けて機能しなくなるためと思われる(図4参照)。

3) ダイアフラムを設置しない供試体が $5\delta y$ 付近で最大水平荷重を記録しているのに対し、ダイアフラムを設置した供試体は $5\delta y$ 以降の耐力の向上が見られる。このことから、ダイアフラムがコンクリートの抜けを抑制し、有効に機能していると考えられる(図4参照)。

4) いずれの供試体も $4\delta y$ までは包絡線の傾きがほぼ等しいが、 $4\delta y$ 以降は傾きに差が出ている。充填コンクリートの効果が現れるのは $5\delta y$ 以降であり、変位の増大に従いその差は明瞭となる。そして、劣化域の傾きはコンクリートの充填高さが高くなる程大きくなる。

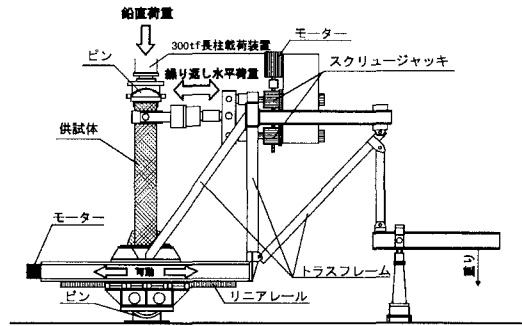


図2 実験装置全体図

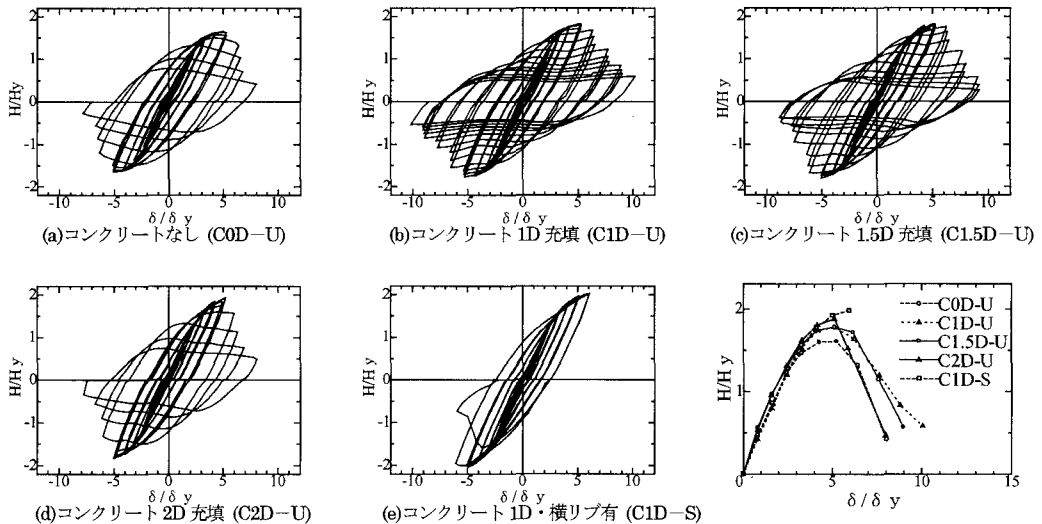


図3 水平変位—水平荷重履歴曲線

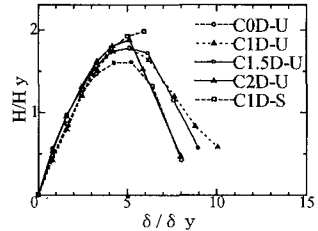


図4 包絡曲線

5. まとめ

本研究ではコンクリートを充填した円形鋼管柱の繰返し載荷実験を行い、コンクリートの充填高さとコンクリート上部に設置したダイアフラムが鋼管の強度と変形能に及ぼす影響を調べた。実験によって得られた結論を以下に示す。

- (1) 充填したコンクリートは鋼管の局部座屈の進行を遅らせ、耐力力を充填高さ 1D、1.5D で 10.6%、2D で 16.8% 向上させた。
- (2) 鋼管の最大耐力力はコンクリートの充填高さに比例するが、劣化域における耐力力はコンクリートの充填高さに反比例し減少する(包絡線の劣化勾配が大きくなる)。
- (3) コンクリート上部に設置したダイアフラムは、コンクリートの抜けを抑制し、鋼管の最大耐力力を充填無しと比較して 23%、コンクリートのみと比較して 12.4% 向上させることから有効である。

<参考文献>

- (1) 土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究 WG (主査：宇佐美勉)：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術、1996 年 5 月。
- (2) 安波博道、寺田昌弘、青木徹彦、山田将樹：高張力鋼(SM570Q)鋼管柱の繰返し弾塑性挙動に関する実験的研究、土木学会論文集、No.591/I-43、pp.233-242、1998 年 4 月。