

I-A112 断面形状の違いによるコンクリート充填鋼製橋脚の繰返し履歴挙動と変形性能

関西大学大学院 学生員 安田和宏* 関西大学工学部 正会員 堂垣正博*
(株) 国土開発センター 木村公人** 関西大学工学部 フェロー 三上市藏***

1. まえがき 鋼製橋脚の耐震性を向上させる方法の一つに、橋脚基部にコンクリートを充填する方法がある。ここでは、コンクリートが部分的に充填された鋼製橋脚を対象に、圧縮力と水平荷重が作用する場合の弾塑性履歴挙動を Up-dated Lagrangian 手法にもとづいた有限要素法で解析的に明らかにする。

2. 解析モデル 図-1(a)に示す高さ h 、コンクリート充填高さ h_c の片持ち柱に圧縮力 P と水平方向の繰返し荷重 H が同時に作用する場合の弾塑性挙動を明らかにする。断面は無補剛で、円形あるいは長方形の断面とし、柱には製作時の不可避免的な水平たわみと残留応力が生じているものとする。

漸増や繰返しの荷重が作用する部材を弾塑性解析する場合、荷重と等価な変位を与え、変位を制御しながら解析するのが一般的である。ここでは、図-1(b)に示すようなモデルで解析する。すなわち圧縮力 P を頂部に、繰返し荷重に相当する水平の変位 δ を基部に与えることにする。

鋼材の応力-ひずみ関係には、図-2(a)に示すひずみ硬化型の Bi-linear な関係を適用し、弾性域およびひずみ硬化域での接線弾性係数をそれぞれ $E_s=2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E_{sp}=E_s/100$ とする。降伏点応力は $\sigma_y=2,400 \text{ kgf/cm}^2$ である。また、コンクリート材料には図-2(b)に示す Tri-linear な関係を仮定し、接線係数をそれぞれ $E_{c1}=1.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E_{c2}=0.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E_{c3}=0$ とする。それに対応するコンクリートの圧縮強度をそれぞれ $\sigma_{cy1}=150 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_{cy2}=200 \text{ kgf/cm}^2$ とし、コンクリートの破壊ひずみを 1.1% とした¹⁾。ただし、コンクリートは引張りには抵抗せず、曲げ変形のみを考慮する。

3. 解析法 解析対象のコンクリート充填鋼柱を 2 節点 6 自由度のはり-柱要素に離散化し、要素での節点力と節点変位の関係を Up-dated Lagrangian 手法を適用してポテンシャルエネルギー最小の原理から誘導した。また、それを構造系全体で合成し、系全体の剛性方程式を求めた。得られた方程式は多元連立の非線形代数方程式で、荷重増分ごとに Newton-Raphson 法で解き、繰返し荷重下での柱の弾塑性履歴を明らかにする。

4. 数値解析結果と考察

(1)変形性能 コンクリート充填率、修正細長比、断面形状に着目し、橋脚の耐震性能を変形性能の視点から評価する。ここでは塑性率を

$$\mu_{95} = \frac{\delta_{95}}{\delta_y}$$

(1)

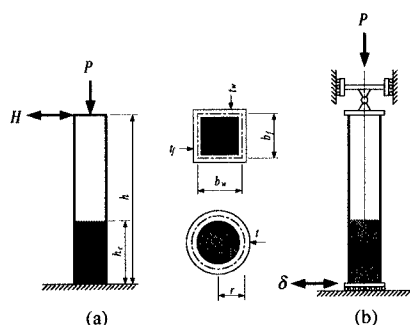


図-1 解析モデル

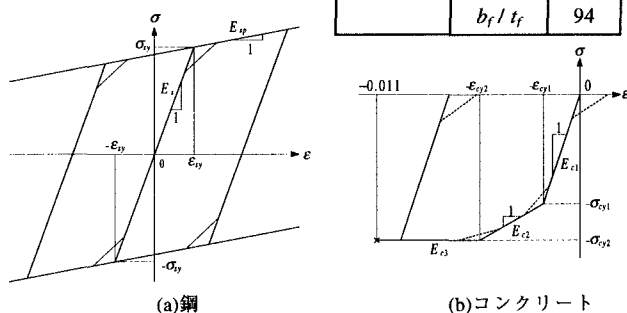


図-2 応力-ひずみ関係

表-1 断面のパラメータ

円形断面	r/t	40
矩形断面	b_f/b_w	1
	t_f/t_w	1
	b_f/t_f	94

キーワード 有限要素法, コンクリート充填鋼製橋脚, 変形性能, 繰返し履歴挙動, 断面形状

* 〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-368-0882 FAX 06-368-0882
** 〒924-0838 松任市八束穂 3-7 TEL 076-274-8800 FAX 076-274-8420
*** 〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-368-0940 FAX 06-368-0940

によって定義し、変形性能の指標とする²⁾。ここに、 δ_y は降伏水平荷重 H_y に達したときの水平変位であり、 δ_{95} は最高荷重を経てその95%に達したときの変位である。

断面は円断面と正方形断面を想定する。ただし、円形と正方形断面のコンクリート充填部分の断面積ならびに鋼断面の降伏モーメントがともに等しくなるようにした（表-1）。

修正細長比が $\bar{\lambda}=0.5, 0.6, 0.7$ の柱に対し、充填率と塑性率の関係を求めると図-3のようになる。ただし、軸力比 $P/P_y=0.2$ の場合である。図から明らかなように、充填率の増加とともに、優れた変形性能が期待できる。ただし、コンクリート充填率が40%以上になると、変形性能にあまり差異は見られない。修正細長比 $\bar{\lambda}=0.5$ の場合、コンクリートを充填しなくても十分な変形性能を有していることがわかる。また、円断面の方がコンクリート充填の効果が顕著に現れている。

(2)履歴挙動 断面の形状やコンクリート充填の有無が繰り返し履歴挙動に及ぼす影響を調べると、図-4に示す水平荷重-水平変位の履歴曲線を得た。ただし、反復曲げの振幅は $\delta/\delta_y=1, 1.5, \dots, 4$ のように変動させ、それぞれの振幅でのサイクル数は1回とした。修正細長比 $\bar{\lambda}=0.7$ 、軸力比 $P/P_y=0.2$ の場合である。また、断面寸法は表-1のようで、コンクリート充填率が $h_c/h=0$ と 0.4 の場合である。図から明らかなように、円形および矩形のいずれの場合もコンクリート充填の効果により強度の上昇が認められる。また、図-4(a)と(c)に示すコンクリート無充填柱の場合は履歴挙動にほとんど差異はみられない。しかし、図-4(b)と(d)に示す充填率40%の場合、正方形断面は円断面と比較して、繰り返し回数の増加とともに強度の劣化が生じている。

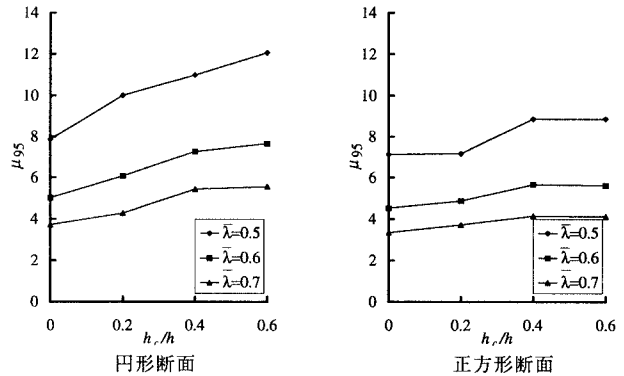


図-3 コンクリート充填率が変形性能に及ぼす影響

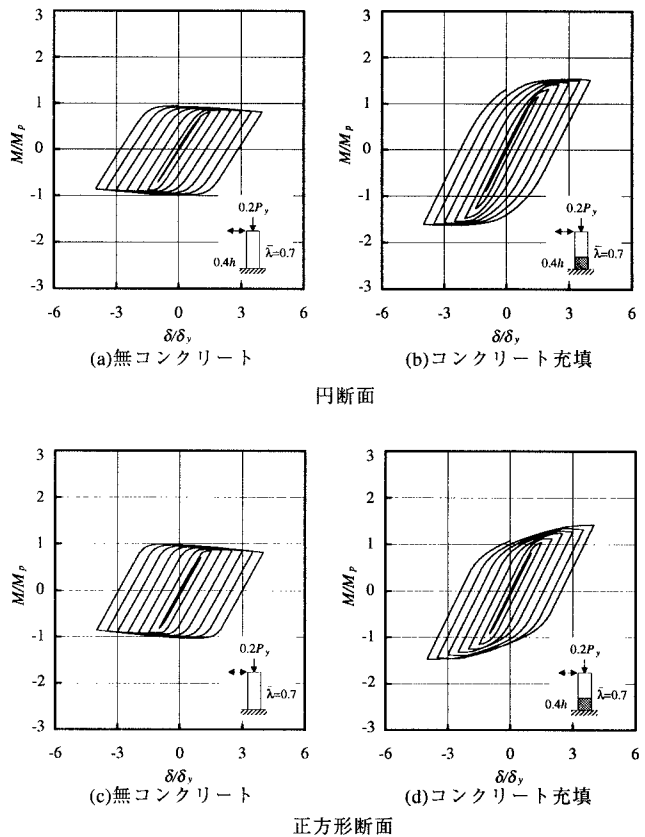


図-4 断面形状およびコンクリート充填の有無が履歴挙動に及ぼす影響

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 編：土木学会，1996-7. 2) 鈴木・宇佐美：構造工学論文集，Vol.41A，1995-3.