

I - A79

コンクリートを部分的に充填した鋼製八角形断面橋脚の繰返し載荷実験と解析

日本鋼管(NKK) 正会員 ○荒川 貴信*
 名古屋大学 フェロー会員 宇佐美 勉**
 名古屋大学 正会員 葛 漢彬***
 名古屋高速道路公社 正会員 前野 裕文****

1 緒言

本研究ではコンクリートを部分的に充填した鋼製八角形断面橋脚について、一定軸力下で漸増する水平荷重を受ける片持ち柱を想定し、実験により八角形断面柱の構造特性、耐震性能を確認する。また、解析を行い実験結果と比較することで、解析方法の妥当性を検証する。

2 実験

実験は、名古屋高速道路公社の発注により、同公社が計画している市道高速分岐2号丸の内オンランプ工区で採用予定の鋼製八角形断面柱に、地震力を想定した水平力を繰返し載荷する繰返し載荷実験である。載荷は変位制御で行う。まず降伏水平変位 δ_{yT} （曲げとせん断を考慮してある）を片振り幅とした両振りの交番載荷を行い、以降 δ_{yT} の整数倍の変位を片振り幅とした両振りの交番載荷を行う。各振幅における繰返し回数は3回とする。

実験供試体は実橋脚の1/4モデルであり、Fig.1に示すようなフランジ（ウェブ）と斜辺パネルの幅が異なる偏平八角形断面であるが、ほぼ正八角形に近い形状となっている。またコンクリート充填率は30%である。Table 1に実験供試体の断面定数および材料定数を示す。

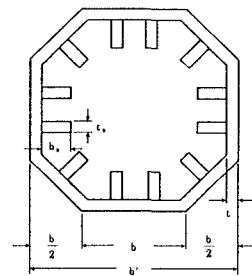


Fig.1 実験供試体断面図

Table 1 実験供試体断面定数および材料定数

Model.No	α	λ	R	λ_s	γ/γ^*	P/P_y	l_c/h	$E(GPa)$	$\sigma_y(MPa)$	$\sigma_{ck}(MPa)$
No.1	1.0	0.341	0.363	0.233	3.016	0.134	0.3	203	302	32.3
No.2	2.0		0.373	0.471	0.827			204	309	28.7

α : Aspect Ratio, λ : Slenderness Ratio Parameter, R : Width-Thickness Ratio Parameter
 λ_s : Slenderness Ratio Parameter of Stiffener, γ/γ^* : Relative Flexural Rigidity, P/P_y : Axial Force Ratio
 l_c : Filled-in Concrete Length, h : Column Height, E : Young's Modulus
 σ_y : Yield Stress of Steel, σ_{ck} : Compressive Strength of Concrete

Fig.2に実験供試体 No.1 の、水平荷重－水平変位の履歴曲線を示す。この図を見ると、 $8\delta_{yT}$ まで荷重が増加し、その後徐々に低下し、 $13\delta_{yT}$ で H_y 以下となる。ここで、 H_y は、コンクリートを充填しない鋼柱の軸力を考慮したときの降伏水平荷重である。最大水平荷重 H_{max} は $2.13H_y$ であり、過去の箱形断面の実験結果 ($H_{max} = 1.5H_y$ 前後) と比較してかなり大きい。座屈は $6\delta_{yT}$ 前後で柱基部に補剛材間の規則的な座屈が発生し、最大荷重時の $8\delta_{yT}$ でフランジと斜辺パネルの角部に溶接割れが発生し、その後溶接割れが進展し、 $11\delta_{yT}$ で横割れが発生している。中空断面の座屈は軽微である。

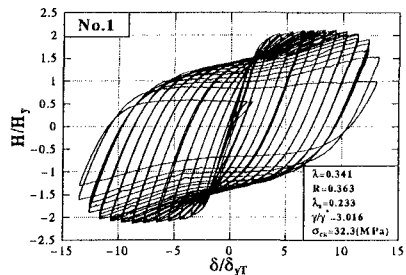


Fig.2 水平荷重－水平変位履歴曲線

* 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号

** 名古屋市千種区不老町, Tel:052-789-4617/Fax:052-789-3738

*** 名古屋市千種区不老町, Tel:052-789-4619/Fax:052-789-3738

**** 名古屋市中区丸の内2丁目1番36号, Tel:052-223-3562/Fax:052-223-3574

3 解析

実験供試体断面において、Fig.3のように、一定軸力下で漸増水平荷重を作用させる単調載荷解析を行った。解析は汎用有限要素法プログラムFEAPを用いた。解析モデルにははり要素を用い、荷重は変位制御で行った。コンクリート充填部分と中空断面部分の最下部から l_e の領域を有効破壊長領域とし、それぞれの領域での平均ひずみ($\varepsilon_{a,c}, \varepsilon_{a,s}$)のうち、どちらか一方が限界圧縮ひずみに達したときに破壊と定義する。コンクリートの限界圧縮ひずみは $\varepsilon_{u,c} = 1.1\%$ とし、鋼材の限界圧縮ひずみ $\varepsilon_{u,s}$ は、あらかじめ別の予備解析により求めた。

予備解析はFig.4に示すように、実験供試体の中空断面においてダイアフラム2区間を取り出したものを考え、一定軸力下で漸増モーメント荷重を作用させる解析を行った。解析は汎用有限要素法プログラムMARCを用いた。解析モデルにおいては、フランジ、ウェブ、斜辺パネルはシェル要素を、補剛材ははり要素を用いた。また、ダイアフラムは拘束条件(タイニング)によって与えることとした。

この解析により、Fig.5のような $M-P-\Phi$ 曲線が得られる。部材端におけるモーメントが、最大モーメント以後最大モーメントの95%まで低下したときを破壊と定義し、そのときの部材端中央における軸方向変位 $\delta_{u,z}$ と曲率 Φ_u から、圧縮側のフランジのひずみ $\varepsilon_{u,f}$ を次のように求めた。

$$\varepsilon_{u,f} = \frac{\delta_{u,z}}{a} + \frac{\Phi_u}{\Phi_y} \varepsilon_y \quad (1)$$

ここで、 a =ダイアフラム間の長さ、 Φ_y =降伏曲率、 ε_y =鋼材の降伏ひずみである。式(1)で求められるひずみを鋼製八角形断面短柱の限界圧縮ひずみとし、解析の結果、No.1では $\varepsilon_{u,s} = 3.31\%$ となった。

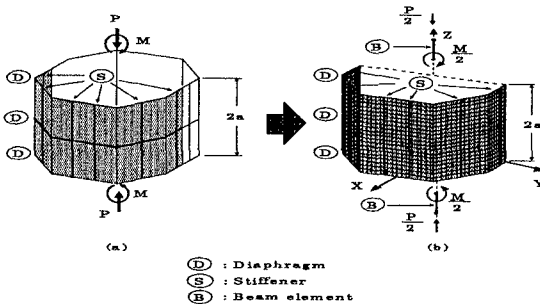


Fig.4 八角形断面短柱の曲げ解析モデル

5 実験と解析の比較

Fig.6は実験結果から得られる包絡線とFEAPによる単調載荷解析結果の水平荷重-水平変位曲線を、No.1について比較したものである。ここでは、解析結果において H_y に対応する変位 δ_y (せん断を考慮していない)で無次元化してある。解析モデルははり要素であるためせん断の影響がないので、解析結果と実験結果では若干剛性が異なる。

終局変位 δ_u を最大荷重以後、最大荷重の95%まで低下した時の変位(δ_{95})とすれば、実験における終局変位 δ_u は、 $12.5\delta_y$ である。これに対し解析における終局変位 δ_u は $9.6\delta_y$ である。解析は実験と比較して若干安全側の結果となったが、実験結果と解析結果は比較的良好に一致していると言える。

4 まとめ

実験では、八角形断面橋脚が優れた耐震性能を有していることが確認された。また解析の妥当性を検証した。今後、パラメトリック解析や実験により、更なる検討が望まれる。

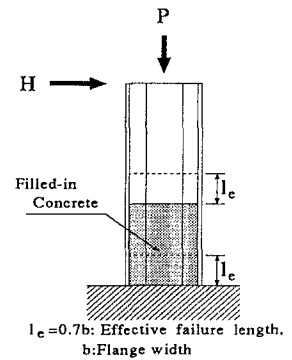


Fig.3 解析モデル

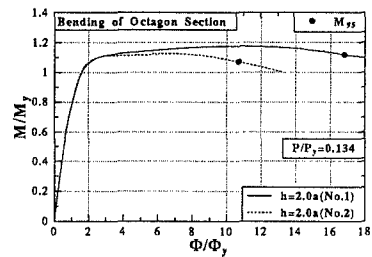


Fig.5 モーメント-曲率曲線

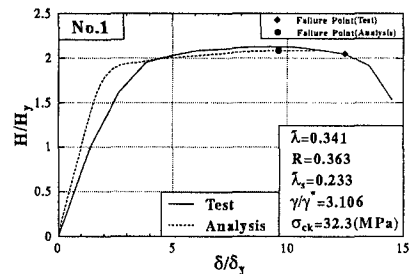


Fig.6 水平荷重-水平変位曲線