

コンクリートを充填した八角形鋼製橋脚の耐震設計のための簡易解析法の開発

大分工業高校 正員 足立正和 熊本大学 正員 崎元達郎
熊本大学 正員 渡辺 浩 日立造船 岡 裕幸

1. まえがき

最近では都市高速道路等の橋脚に景観上の配慮から八角形断面が用いられはじめている。箱型断面のかわりに八角形断面を用いた場合、錯視効果により実際の寸法より細長くスマートに見えるという利点を持つことや、断面構成板の幅厚比が箱型断面よりも小さくなるため、板の局部座屈強度が上昇する点が理由に挙げられる。また、橋脚基部に充填されたコンクリートは、比較的低強度であるが、構成板要素が局部座屈を発生させるのを抑制し、耐荷力の低下を改善させる働きをもつ。今後、コンクリートを充填した八角形断面鋼製橋脚は、景観・耐震の両面から有効な構造と考えられるが、終局挙動に関する研究は十分であるとはいえない。

本研究ではファイバー要素を用いた骨組解析に、八角形断面鋼部材に充填されたコンクリートの圧縮実験より定式化された充填コンクリートの応力 - ひずみ関係式と、外側鋼部材に局部座屈を考慮させた応力 - ひずみ関係式を導入し、コンクリートを充填した八角形断面鋼部材の終局挙動を明らかにする簡易解析法を提案する。

2. 応力 - ひずみ関係式

(1) 充填コンクリート：本実験では、局部座屈の発生に支配的な幅厚比 b/t を 3 種類変化させることとし、正八角形断面で、高さは各供試体の全幅の 3 倍とした。供試体断面の板厚は、1.6mm、4.5mm、3.2mm の 3 種類を用い、鋼種は SS400、コンクリートには普通ポルトランドセメントを使用した。断面諸元と軸圧縮実験結果を表 - 1 に示す。供試体名の SH は正八角形断面を示し、後ろの数字は幅厚比の値となっている。充填コンクリート部分のみに載荷板を介して軸圧縮力を作させ、ひずみを計測し、最大強度比、最大強度時のひずみ比及びその後の軟化勾配をそれぞれ幅厚比の関数として定式化を行った。応力 - ひずみ関係を図 - 1 に示す。

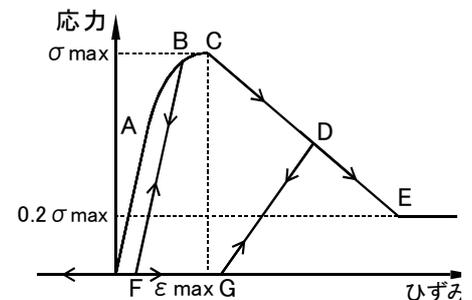


図 - 1 充填コンクリートの
応力 - ひずみ関係

表 - 1 断面諸元と軸圧縮実験結果

供試体	板厚 (mm)	幅 (mm)	幅厚比 (b/t)	充填コンクリート最大強度 σ_{max} (MPa)	円形標準供試体最大強度 f_c (MPa)	最大強度比 σ_{max}/f_c
SH - 80	1.6	128	80	20.5	16.5	1.24
SH - 40	3.2	128	40	25.4	16.5	1.54
SH - 30	4.5	135	30	32.1	16.5	1.95

(2) 八角形鋼部材：充填コンクリートを剛体要素と定義して内部に充填することにより、外側鋼板の内側への変形を抑えるものとし、鋼の等価な応力 - ひずみ関係の定式化を、汎用プログラム MARC を使用した FEM 解析によって行った。補剛板の座屈強度を説明するパラメータとして、補剛される板と補剛材からなる T 型断面柱 (図 - 2) の局部座屈を考慮した細長比パラメータ $\bar{\lambda}^*$ を用いて定式化を行った。

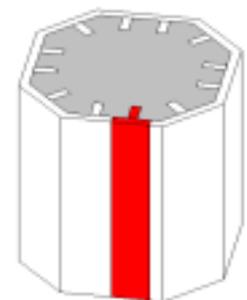


図 - 2 T型断面柱

$$\bar{\lambda}^* = \left(\frac{235}{\sigma_y} \right)^{0.2} * \bar{\lambda} \quad \bar{\lambda} = \frac{\eta a}{\pi r} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (1)$$

キーワード：octagonal cross-section, concrete-filled steel bridge pier, local buckling, seismic design

連絡先：〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 096-342-3533

3. 簡易解析概要

解析モデルは、図 - 2 に示すように既往の実験供試体と同一の寸法とした。荷重方法は実験同様変位制御で行ったが、降伏変位 y の整数倍の変位を片振幅として、実験供試体が最大水平荷重に達した後、降伏水平荷重まで低下した $13 y$ まで、各振幅における繰り返し回数を 1 回とする両振りの繰り返し荷重とした。また、ダイヤフラムの位置に関わらず高さ方向の部材要素はアスペクト比 = 1 で分割した要素数 10 とし、断面要素分割は補剛材を除いた鋼断面積のうち 1 本のファイバー要素が占める割合を 2.0% とした。

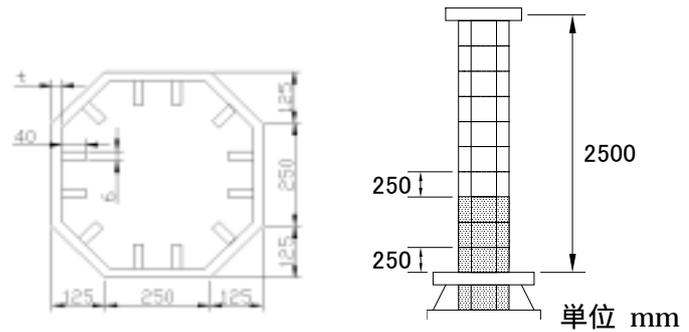


図 - 2 供試体断面及び側面図

4. 実験値と簡易解析値の比較

図 - 3 に各供試体の実験と簡易解析の荷重 - 変位履歴曲線を示す。また、最大水平荷重とその時の変位及び、95% 荷重とその時の変位（終局変位）を表 - 2 に示す。両解析モデルと実験供試体の比較では、最大水平荷重の値は精度良く近似でき、安全側に評価している。しかし、実験では水平変位が $8 y$ で最大水平荷重となっているのに

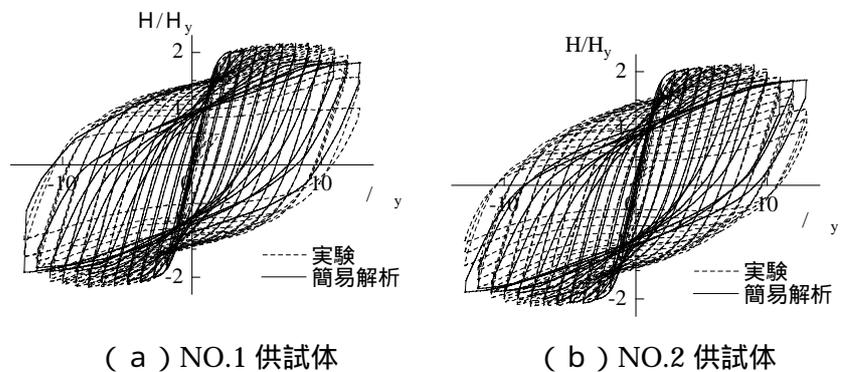


図 - 3 簡易解析と実験の荷重 - 変位履歴曲線

対し、簡易解析では $5 y$ で最大荷重となり、その変位に大きな差がみられた。これは、実験では $3 y$ 以降のひずみの増加が大きくなっていることが確認されているが、コンクリートが充填されている柱基部から軽微な座屈が発生しているため、急激に荷重が低下しなかったが、簡易解析ではひずみが増加すると局部座屈が考慮されるため、荷重が低下したと考えられる。

終局変位は、簡易解析から得られた値が、実験から得られた値より多少安全側に評価している。最大水平荷重以降、実験では柱基部付近のコーナー溶接部で縦割れが発生し荷重が低下したのに対し、簡易解析の柱基部では、充填コンクリートが圧縮応力を分担し、鋼引張側のひずみの伸びが大きくなっているが、座屈には至っていないため荷重は緩やかに低下していくと考えられる。

参考文献

- 1) 本多康司、鋼部材に充填されたコンクリートの終局挙動と応力 - ひずみ関係に関する実験、平成 13 年度卒業論文
- 2) 前野 裕文 他 5 名：コンクリートを部分充填鋼製八角形断面橋脚の強度と変形能に関する実験的研究、構造工学論文集, Vol.44A, pp.189-199, 1998.3.

表 - 2 簡易解析と実験結果の比較

	NO.1		NO.2	
	解析モデル	実験供試体	解析モデル	実験供試体
最大水平荷重	$2.06H_y$	$2.13H_y$	$2.06H_y$	$2.10H_y$
最大水平荷重時の変位	$5 y$	$8 y$	$5 y$	$8 y$
95% 水平荷重	$1.96H_y$	$2.02H_y$	$1.96H_y$	$2.00H_y$
終局変位	$8.1 y$	$11.3 y$	$8.1 y$	$10.5 y$