

コンクリートを充填した鋼製橋脚の簡易解析法の精度

熊本大学 学生員 〇渡海雅信 熊本大学 学生員 石田貴顕
 熊本大学 正 員 渡辺 浩 熊本大学 正 員 崎元達郎

1. まえがき

鋼管にコンクリートを充填した柱は、靱性に富んだ鋼材と圧縮に対して有利なコンクリートを一体とした構造のため、耐荷力や剛性、靱性に富み、耐震上も優れた構造物であると考えられる。コンクリートを充填した鋼製橋脚に関する研究の多くは実験によるものであり、塑性変形能力の定量化が行われているが、個別的であり一般性のあるものにはなっていない。

現在、繰り返し水平力を受けるコンクリート充填鋼製橋脚の履歴曲線は、FEMを用いても、解析することが困難である。また、可能であるとしても大変な労力が必要であり、何らかの簡易解析法が必要である。

そこで本研究では、熊本大学で開発された簡易解析法の解析結果と他の機関で実施された実験結果と比較することにより解析法の妥当性を検討するものである。

2. 解析方法

解析方法としては開発された簡易解析法⁽¹⁾を用いて解析を行う。この解析法は次の様な考え方により作成されている。

充填鋼管構造について、はり-柱要素を用いる場合、鋼板の局部座屈の影響は直接考慮できないので鋼の応力-ひずみ関係にその影響を持ち込むことを考える。そこで、内部コンクリートの拘束を考慮に入れた外側鋼板の局部座屈挙動を有限要素法で解析し、その結果を用いて局部座屈の影響を考慮した鋼の等価な応力-ひずみ関係を定式化した。その際、解析に用いた鋼(SM490Y)の応力-ひずみ関係は、図-1に示すようなMulti-linearを採用し、表-1に解析条件を記した。

また、充填鋼管構造では、充填コンクリートにより内部への座屈変形が抑止されるため、中空鋼管構造とは異なった強度や座屈モードを示すことが考えられることから、外側鋼管を内側に変形させないような拘束条件を採用することが重要となる。本解析では、充填コンクリートを剛体として扱い、外側鋼管の内側への変形を拘束した。この解析により得られた外側鋼管の等価な応力-ひずみ関係を直線近似で定式化したものの一例を図-2に示す。この線図は、幅厚比の関数として定義されている。

図-3には、実験から求められた内部コンクリートの応力-ひずみ関係を近似に定式化したものを示す。これらは、外側鋼管の幅厚比の関数として定義される。

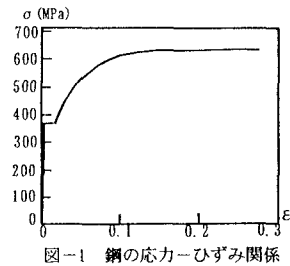


図-1 鋼の応力-ひずみ関係

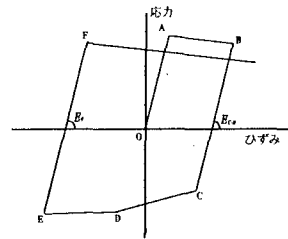


図-2 繰り返し載荷における等価な応力-ひずみ関係

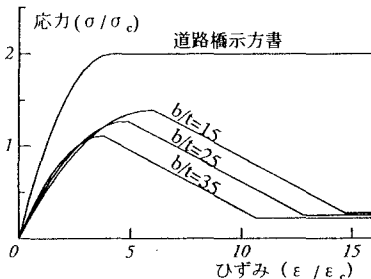


図-3 内部コンクリートの応力-ひずみ関係

表-1 外側鋼管の等価な応力-ひずみ関係を求める時の解析条件

使用プログラム	MARC
使用要素	4 接点シェル要素
積分点	面内方向 2×2、板厚方向 5
降伏条件	Von Mises
硬化則	移動硬化
幾何学的非線形性	Cauchy の応力で記述、Total Lagrange による定式化
初期条件	初期不整、初期応力考慮しない

3、解析モデル

名古屋高速道路公社が実施した実験供試体を解析対象として用いた。図-4(a)に示すような単柱式橋脚であり諸元は表-2に示す。簡易解析では、図-4(b)に示すような10のはり一柱要素に分割しモデル化する。断面分割数は図-4(c)に示すように20の層に分割した。載荷方法は単調載荷と繰返し載荷を行う⁽²⁾。

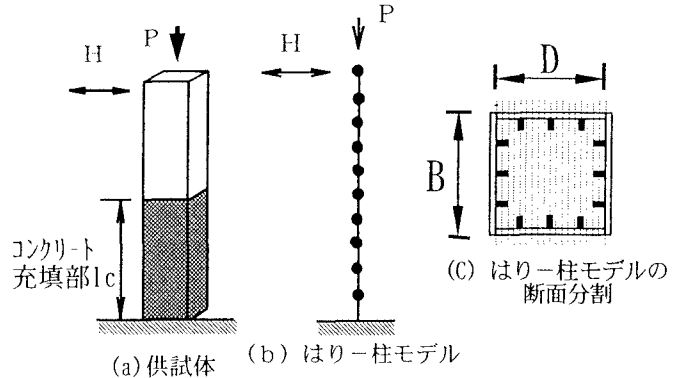


図-4 解析モデル

表-2 解析モデルの諸元

供試体名	B(mm)	D(mm)	板厚t(mm)	R_F	lc(mm)	σ_y (kgf/mm ²)	σ_{ck} (kgf/mm ²)	ポアソン比 ν
N-1	900	880	10	0.496	1350	37.8	2.31	0.3
N-2	900	880	10	0.496	1400	37.8	2.31	0.3

注： R_F ：フランジ幅厚比パラメーター

σ_y ：鋼材の鋼材応力

σ_{ck} ：コンクリートの圧縮応力

4、解析結果と考察

図-5には、モデルN-1の繰返し載荷の場合に座屈を考慮して得られた解析結果と実験結果の履歴曲線を、図-6には、各変位での第1サイクルの最大変位点を結んで得られる荷重-変位の包絡線を示した。図-6を見ると、解析値では、実験値よりピークが10%程低くなっており、 $2\delta_y$ 付近の剛性が少し弱くなっているが、おおむねに実験の挙動をとらえている。また、ピーク後の挙動においては、実験値では $10\delta_y$ を過ぎると大きく強度が低下している。これは $10\delta_y$ 付近において基部に亀裂が発生し破断したためである。

本研究では外側鋼管の局部座屈による内部コンクリートの拘束が失われることや内部コンクリートのひび割れの影響を考慮することはできない。これが解析精度にどの程度影響しているのかは未解明である。

その他に行った解析結果と実験結果の比較は当日に報告の予定である。

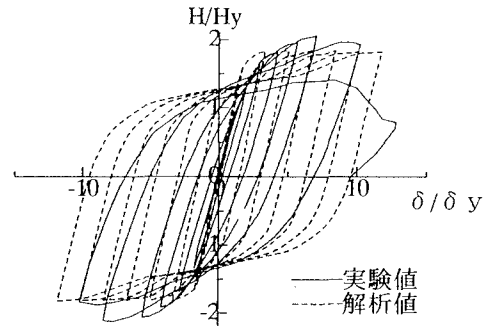


図-5 荷重-変位曲線

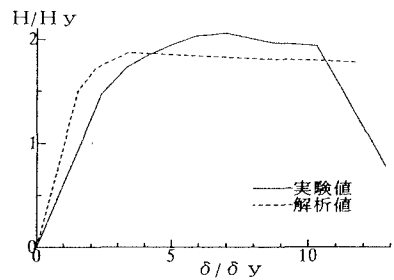


図-6 包絡線（実験値と解析値の比較）

参考文献

- (1) 渡辺、崎元、千葉、大西：「コンクリート充填鋼管構造の終局挙動の簡易解析法」
構造工学論文集 Vol.43A 平成9年3月
- (2) 名古屋高速道路公社：「道路橋橋脚の地震限界状態設計法に関する共同研究報告書（V）
－鋼製橋脚の正負交番繰返し載荷実験－」 平成9年4月