

バイリニア型復元力モデルを用いた鋼管橋脚の動的応答解析法に関する検討

(株)日本製鋼所 正員 奥野 寛人 開発土木研究所 正員 三田村 浩
 (株)日本製鋼所 正員 小枝 日出夫 室蘭工業大学 正員 岸 徳光

1. はじめに

道路橋示方書耐震設計編¹⁾では、コンクリートを充填しない鋼製橋脚に関しては、非線形動的解析により耐震性を判定することが推奨されている。このような中、繰り返し載荷実験結果をもとに復元力モデルを設定し、それを用いた1自由度モデルによる動的応答解析が数多く行われている。しかしながら、これらの解析結果の検証を動的応答実験との比較により行った例は少ないようである。本研究では、先に行われた静的繰り返し載荷実験²⁾から得られた履歴曲線に基づいて、バイリニア型の復元力モデルを作成し、これを用いた1自由度モデルによる動的応答解析を行った。この解析結果を正弦波加振実験結果³⁾と比較することにより、この動的応答解析法の適用性について検討を行った。

2. 試験体

先に行われた静的載荷実験²⁾と基部加振実験³⁾では、鋼種と細長比を固定し径厚比を変化させた小型鋼管橋脚模型(以下、試験体)を用いて実験が行われている。本研究では、板厚が1.5mmおよび2.5mmの試験体を対象に応答解析を行っている。表-1に形状寸法および各パラメータを一覧にして示している。試験体の名称は、第1項が板厚、第2項が載荷方法(C:繰り返し載荷、D:正弦波加振)を表している。

3. 動的応答解析

上部工の質量を考慮した鋼管橋脚模型に関して1質点系の振動モデルを作成し、線形加速度法を用いて応答解析を行うこととする。したがって、質点は上部工の重心位置に取り、試験体基部を加振するものとする。このモデルの運動方程式は次式で表わされる。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + Q(x) = -m\ddot{x}_0 \quad (1)$$

ここで、 x は相対変位、 m は上部工の質量、 c は減衰率、 $Q(x)$ は復元力、 \ddot{x}_0 は入力加速度である。基部加振の入力加速度 \ddot{x}_0 は実験における入力加速度を用いている。なお、本解析では $c = 0$ とし試験体の減衰率を考慮しないこととした。復元力モデルは、2次剛性を有するバイリニアモデルとし、繰り返し載荷実験結果から得られた水平荷重 - 水平変位履歴曲線をもとに作成している。図-1に復元力モデルの模式図を示す。同図で H_y は降伏荷重、 d_{yE} は降伏変位、 H_m は最大荷重、 d_m 最大荷重時の変位を示している。本解析では、弾性域における応答の精度を確保するために、繰り返し載荷実験の初期勾配を復元力モデルの初期剛性 k_1 とし、降伏荷重点と最大荷重点を結んだ直線の傾きを2次剛性 k_2 としている。降伏荷重点の設定に関しては、

表-1 試験体の形状寸法および各パラメータ

試験体名	荷重点 高さ L (mm)	鋼管 高さ L' (mm)	板厚 中心半径 R (mm)	板厚 t (mm)	細長比 パラメータ \bar{I}	径厚比 パラメータ R_t
t15-C,-D	631.5	500	48.00	1.5	0.511	0.099
t25-C,-D			48.50	2.5		

$$R_t = \frac{R s_y}{t E} \sqrt{1-n^2} \quad \bar{I} = \frac{2L}{pr} \sqrt{\frac{s_y}{E}}$$

s_y : 鋼管の降伏応力、 E : 縦弾性係数、
 n : ポアソン比、 r : 断面2次半径

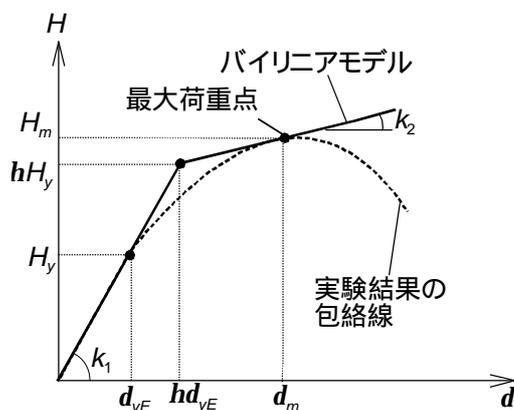


図-1 復元力モデルの模式図

キーワード：鋼管橋脚，動的応答解析，復元力モデル，バイリニアモデル

〒051-8505 北海道 室蘭市 茶津町四番地 (株)日本製鋼所 室蘭研究所 TEL 0143-22-9211 FAX 0143-22-4180

初期剛性の延長上でかつ履歴吸収エネルギーが実験結果と等価になるように降伏荷重を h 倍に修正している。

4. 解析結果および考察

図 - 2 と図 - 3 には、試験体 t15D ($R_t=0.099$) および t25D ($R_t=0.060$) の解析結果から得られた履歴曲線、応答変位および応答加速度波形をそれぞれ実験結果と比較して示している。

試験体 t15-D において解析による応答変位および応答加速度は、4.5 秒程度まで実験結果をほぼ再現していることがわかる。これより、実験における応答加速度が最大値に達するまでの領域に関しては、本解析法を用いて実験結果をほぼ再現できるものと考えられる。一方、試験体 t25-D に関しては

は、解析結果の応答変位波形は、4 秒前後から振幅が急激に増幅しており、実験結果と対応していない。さらに応答加速度に関して、最大値が実験結果とほぼ等しいもののその波形性状は異なっている。また、両試験体の応答解析において、実験から得られる座屈発生後の偏心性状は再現できていないようである。

5. まとめ

本解析の範囲内で得られた結果を要約すると、以下のように示される。

- 1) 径厚比が大きい場合には、最大荷重までの応答挙動を解析によりほぼ再現可能である。
- 2) 径厚比が小さい場合には、応答解析結果は最大荷重時の変位を過大評価する傾向にある。
- 3) パイリニアモデルを用いた応答解析により、実験の応答変位波形に見られる偏心性状を再現することは困難である。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会，道路橋示方書・同解説 耐震設計編，1996.
- 2) 松岡健一，小枝日出夫，小室雅人，梶山義晴：鋼管柱模型の繰り返し水平載荷実験と弾塑性解析，北海道支部論文報告集，第 55 号(A)，pp.18-23．1999．
- 3) 佐藤昌志，三田村 浩，川浪幸一，小枝日出夫，岸 徳光：正弦波加振による鋼管柱模型の弾塑性応答形状，北海道支部論文報告集，第 55 号(A)，pp.12-17．1999．

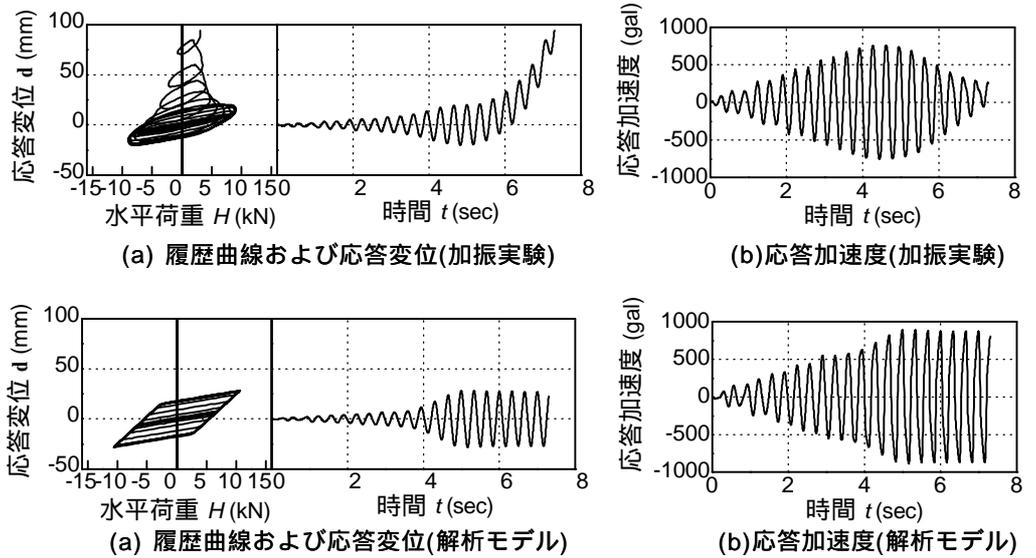


図 - 2 実験および解析結果(t15-D)

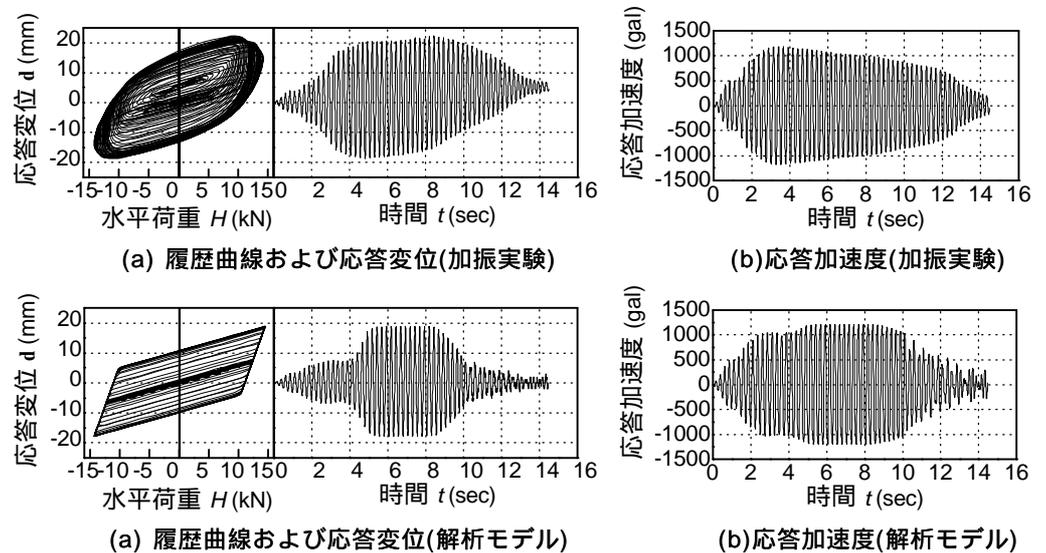


図 - 3 実験および解析結果(t25-D)