

I-A 111 鋼製橋脚の簡易非線形動的応答解析に関する研究

早稲田大学大学院 学生員 ○松尾 礼子
早稲田大学理工学部 正 員 依田 照彦

1. はじめに 鋼製橋脚の地震時の挙動を非線形動的応答解析を用いてシミュレートする場合、局部座屈の発生に伴う剛性の低下および強度の劣化をいかに評価するかは重要な問題である。実際にはこれらは極めて複雑な性質を有し、動的応答解析を行う上でこれらを正確に表現することは一般に困難であるとされている。そこで本研究では、繰り返し載荷による剛性の低下、強度の劣化を簡単に表現したモデルを用いて動的解析を行い、劣化型の簡易動的応答解析のモデル化について検討する。

2. 解析手法 ここでは、実際の鋼製橋脚を図-1に示すような1次元ばね-質点系モデルに置き換え、橋脚の剛性を、図-2に示す荷重-変位関係を持つように変化させた3ケースについて検討を行う。このうち、ケース③における軟化剛性 K' は、1回繰り返し載荷試験により得られた荷重-変位関係のピークに注目して、包絡線を参考に決定した¹⁾。また、質量 m を $m=1500$ (ton)として、通常のニューマークの β 法を用いて、動的応答解析を実施した。簡単のため、ここでは減衰については考慮していない。

3. 解析結果および考察 本研究では、繰り返し挙動に伴う強度劣化型モデルの比較検討を主たる目的としたため、周期および入力加速度の異なる2種類の漸増型正弦波による加速度曲線を入力波形として用い、応答加速度、応答速度および応答変位に着目して1次元動的応答解析を行った。表-2に、計算結果である入力値の最大値に対する応答倍率を示す。

また、図-4および図-5に、各々のケースについて、時刻歴応答変位図、荷重-変位関係図を示す。

これらの図より、軟化剛性 K' を持つ橋脚では一定の剛性 K を持続ける橋脚と比べて、モデル化によって、結果の荷重-変位曲線が大きく異なることがわかる。このことは入力波形にも依存すると思われるので、その妥当性を検証するには、実験値との比較が不可欠である。しかしながら、軟化モデルの a 、 b についてはあきらかに荷重-変位関係に矛盾が見られるので、劣化型モデルとしては軟化剛性と強度劣化の両方を考慮したモデル化（ケース③）が好ましいと考えられる。

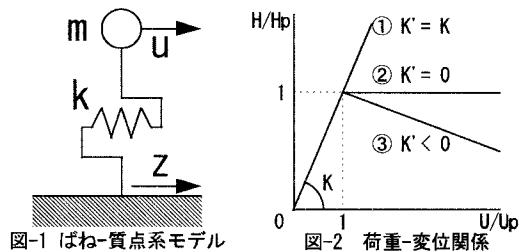


表-1 解析ケース

ケース①	弾性モデル	$K' = K = 6700$ (tf/m)
ケース②	完全弾塑性モデル	$K' = 0.0$ (tf/m)
ケース③	劣化型モデル	$K' = -1600$ (tf/m)

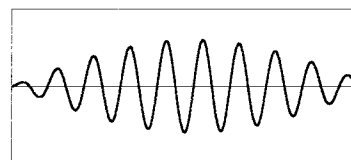


図-3 入力波形の概形

表-2 最大応答加速度、速度および変位の倍率

	波形 A 0.72 T $\alpha=490$ gal			波形 B 0.50 T $\alpha=600$ gal		
	加速度倍率	速度倍率	変位倍率	加速度倍率	速度倍率	変位倍率
ケース①	2.22	1.37	2.35	1.42	2.48	1.48
ケース②	1.18	1.16	1.14	1.16	1.33	1.44
ケース③	1.09	1.09	1.06	1.09	1.13	1.68

(注) T：固有周期 α ＝入力加速度

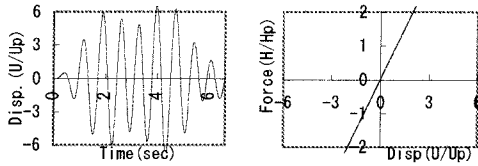


図-4.1 弾性モデル（ケース①）、波形A

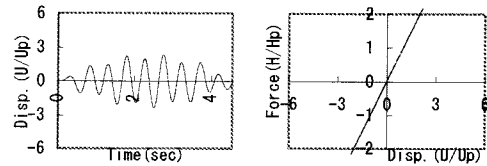


図-5.1 弾性モデル（ケース①）、波形B

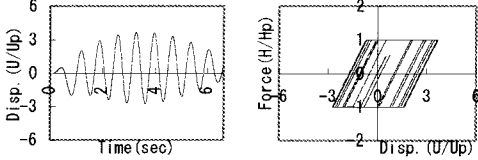


図-4.2 完全弾塑性モデル（ケース②）、波形A

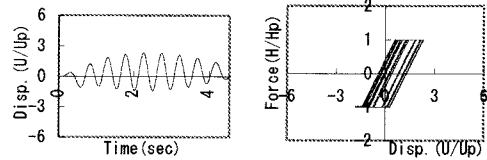


図-5.2 完全弾塑性モデル（ケース②）、波形B

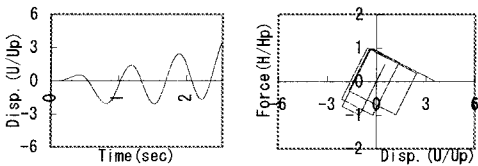


図-4.3 軟化モデルa（劣化なし）、波形A

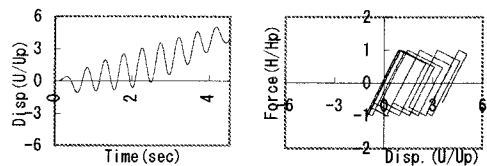


図-5.3 軟化モデルa（劣化なし）、波形B

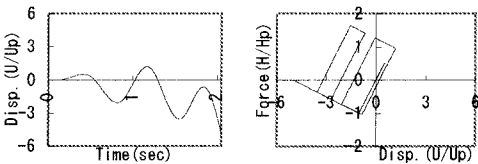


図-4.4 軟化モデルb（劣化なし）、波形A

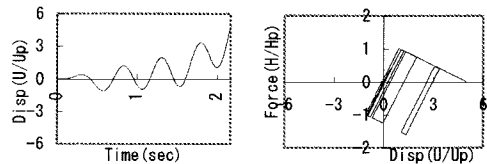


図-5.4 軟化モデルb（劣化なし）、波形B

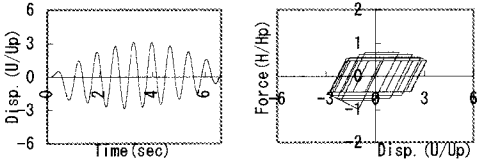


図-4.5 劣化型モデル（ケース③）、波形A

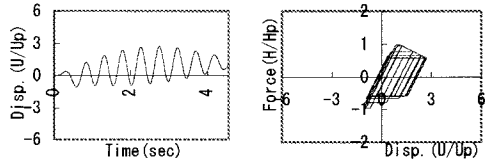


図-5.5 劣化型モデル（ケース③）、波形B

4. 結論

- (1) 繰り返し载荷による剛性の低下および強度の劣化を表現できる非線形簡易動的応答解析モデル（ケース③）を提案した。
- (2) 劣化型モデルを用いた非線形動的応答解析の場合、線形弾性応答解析と比べ、応答加速度は常に小さくなる。
- (3) 繰り返し载荷による剛性の低下および強度の劣化を表現できるモデルとしては、両者を同時に表現したケース③（図-4.5 および図-5.5）が残留変位の再現性などにすぐれ、定性的には実際の繰り返し载荷実験の結果に近い荷重-変位関係を有していると考えられる。

終わりに、パラメータの選択にあたっては、土木学会構造工学委員会震災調査特別小委員会WG 2における資料を参考にさせていただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 鈴木 森晶, 宇佐見 勉：繰り返し荷重下における鋼製橋脚モデルの強度と変形能の推定式に関する研究、土木学会論文集、NO. 519/ I-32, pp. 115-125, 1995. 7.