

I-B38

簡易動的解析を用いた鋼製橋脚の地震時残留変位の
計算に関する一考察

首都高速道路公団（研究当時：早大大学院）正 員 春日清志
早稲田大学理工学部 正 員 依田照彦

1. はじめに 現在、動的解析には、有限要素法の汎用プログラムが多く用いられているが、この手法は時間を必要とし、数値計算そのものも必ずしも容易ではない。そこで、本研究では、簡易な非線形動的応答解析を用いて、実際の現象を再現することを試みる。再現性の検討をする上で重要となるのは、最大応答変位、残留変位であるので、これらの動的応答解析結果を実験結果と比較し、簡易非線形動的応答解析の妥当性を検討するとともに、再現性の優れた簡易モデルを構築する。

2. 解析手法 本研究では、実際の鋼製橋脚の地震時の挙動が図1のような1自由度のばね-質点系モデルで表現できるものと仮定する。動的応答解析には、ニューマークの β 法を用い、減衰定数は5%としている。荷重-変位履歴構成則モデルには、下記の3段階のバイリニアモデルを用いる。

3段階のバイリニアモデルを用いた場合の解析手順を以下に示す。

①実験結果に、傾きが初期剛性の1/10、0、-1/10となるような包絡線を引く（図2の点線）。

②包絡線より、図2の太線のような骨格曲線を決定する。

③骨格曲線 OAF を用いた硬化型バイリニアモデルによる動的応答解析を行う（ステップ1）。

④解析結果の荷重-変位曲線が直線 BF 上にこなければ③で終了。

⑤直線 BF 上にきた場合は、骨格曲線 OEG を用いた完全弾塑性型バイリニアモデルによる動的応答解析を行う（ステップ2）。

⑥解析結果の荷重-変位曲線が直線 CG 上にこなければ⑤で終了。

⑦直線 CG 上にきた場合は、骨格曲線 OECD を用いた劣化型バイリニアモデルによる動的応答解析を行う（ステップ3）。

⑧解析終了。

①～⑧の手順は、荷重の正側と負側で別々に行う。

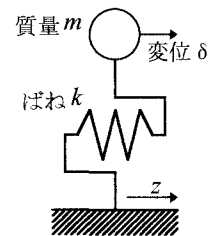


図-1 ばね-質点系モデル

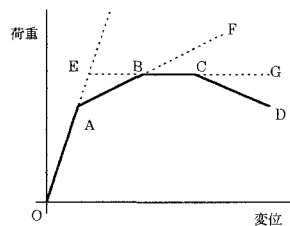


図-2 3段階のバイリニアモデル

表-1 構造諸元

供試体 番号	質量 tf・s ² /cm	降伏水平力 tf	降伏変位 δ_y cm	初期剛性 tf/cm	入力地震動
R-11	3.096	905.0	8.36	108.25	神戸海洋気象台
R-13	2.336	953.7	8.88	107.40	東神戸大橋

表-2 解析結果

供試体 番号	実験 結果	解析結果		
		ステップ1	ステップ2	ステップ3
R-11	最大変位 ($\delta_{\max}/\delta_y$)	2.38	2.91	2.93
	最小変位 ($\delta_{\min}/\delta_y$)	-5.37	-4.04	-4.73
	残留変位 ($\delta_{\text{rsd}}/\delta_y$)	-3.40	-0.12	-2.18
R-13	最大変位 ($\delta_{\max}/\delta_y$)	1.65	2.24	2.31
	最小変位 ($\delta_{\min}/\delta_y$)	-4.93	-3.84	-3.94
	残留変位 ($\delta_{\text{rsd}}/\delta_y$)	-2.60	-1.51	-1.82

3. 解析結果および考察 ハイブリッド実験および解析に用いた構造諸元を表-1に示す。入力波形には、兵庫県南部地震時に神戸海洋気象台と東神戸大橋でそれぞれ観測された地震動を1.5倍した拡大波を用いた。

実験結果および解析結果である最大応答変

キーワード：鋼製橋脚、非線形動的応答解析、最大応答変位、残留変位

連絡先（東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16-06 号室・電話 03-5286-3399・FAX 03-3200-2567）

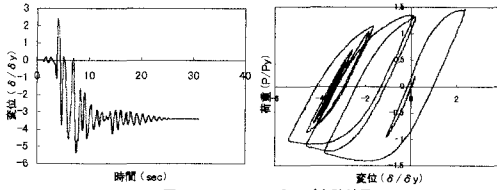


図-3.1 R-11 ハイブリッド実験結果

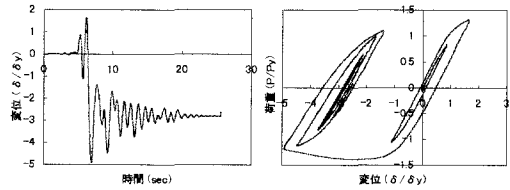


図-3.5 R-13 ハイブリッド実験結果

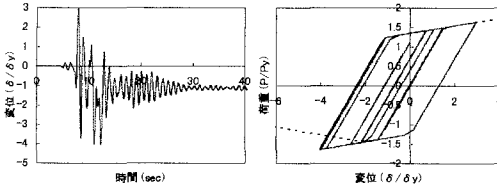


図-3.2 R-11 解析結果(ステップ1)

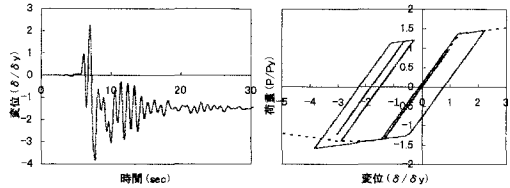


図-3.6 R-13 解析結果(ステップ1)

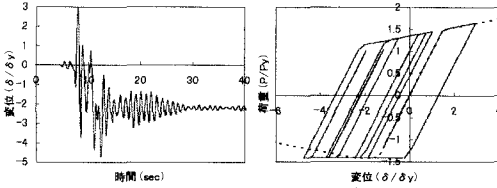


図-3.3 R-11 解析結果(ステップ2)

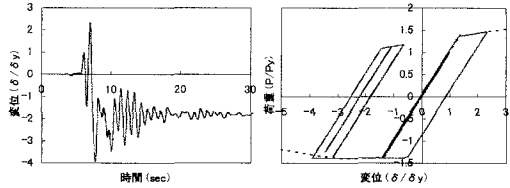


図-3.7 R-13 解析結果(ステップ2)

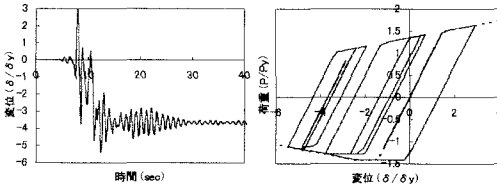


図-3.4 R-11 解析結果(ステップ3)

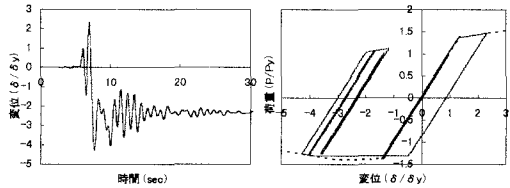


図-3.8 R-13 解析結果(ステップ3)

位、最小応答変位、残留変位を表-2 に示す。また、図-3 に各々のケースについての時刻歴応答変位図および荷重-変位曲線を示す。

表-2 および図-3 から分かるように、3 段階のバイリニアモデルを用いるとステップが進むにつれて、解析結果が実験結果とよく一致する。これは、残留変位において特に顕著である。これより、3 段階のバイリニアモデルを用いた簡易非線形動的応答解析の妥当性が確認できる。

4. 結論

- (1) 荷重-変位履歴構成則モデルにおいて動的挙動を左右非対称にすると、最大（最小）応答変位および残留変位の再現性が高い。
- (2) 提案したような包絡線を用いた 3 段階のバイリニアモデルは、最大（最小）応答変位および残留変位の再現性が高い。特に、残留変位の再現性が高くなる。

参考文献

- 1) 中村豊、上半文昭、井上英司：1995 兵庫県南部地震の地震動記録波形と分析(2)、JR 地震情報 No. 23d、財団法人鉄道総合技術研究所ユレダス開発推進部、1996. 3
- 2) 建設省土木研究所：道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(VII)、pp. 403-527、1997. 4
- 3) 依田照彦、春日清志、米倉聡：簡易非線形動的応答解析を用いた鋼製橋脚の地震時残留変位の計算について、第 25 回関東支部技術研究発表会講演概要集、1998. 3
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、丸善、1996. 12