

非線形履歴特性が時刻歴応答解析結果に及ぼす影響に関する検討

株式会社荒谷建設コンサルタント 正会員 ○加納 匠

独立行政法人土木研究所 正会員 小林 寛

独立行政法人土木研究所 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

本研究は、RC 単柱振動台実験により、地震前後の固有周期の変化から応答塑性率が比較的簡便に精度良く推定でき、大地震時における損傷度評価法として有効であることを確認した¹⁾ ことを受け、基礎検討として、振動台実験を非線形時刻歴応答解析により再現し、固有振動特性の変化に基づく損傷度推定を行う際に非線形履歴特性の違いが及ぼす影響について検討を行った結果をまとめたものである。

2. 実験概要および損傷度評価

図 1 の実験供試体に対し、入力地震動として 1995 年兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅で観測された加速度波形²⁾を用いて実験を行った。この時、加振前後の固有周期の変化から算出した応答塑性率と、応答変位より算出した応答塑性率との比較を行った結果を図 2 に示す。

3. 解析モデルおよび解析概要

図 1 の実験供試体を多質点系骨組み構造モデルでモデル化し、振動台実験と同様の手法による損傷度評価が可能であるか解析的に検討を行った³⁾。非線形履歴特性として種々考案されているモデルの中で、今回は表 1 に示す 7 タイプによる時刻歴応答解析を行った。

4. 解析結果

図 3 に剛性劣化モデルによる応答結果、図 4 に原点・最大点指向モデルによる応答結果として、それぞれ柱基部での $M-\phi$ 関係、ウエイト中心位置の慣性力と水平変位関係を、図 5 に加振終了後自由振動中のウエイト中心位置での応答加速度波形の比較を示す。図 3、4 では慣性力と水平変位関係が各履歴特性の構成則に従った $M-\phi$ 関係の特徴を反映した軌跡を描いており、図 5 では履歴特性モデルを変えることで応答加速度波形にその影響が顕著に表れている様子が分かる。また、最大値に関してはいずれのモデルも、ある程度の精度が保てることが分かる。応答塑性率を比較した結果を図 6 に示す。全体的傾向として、原点・最大点指向モデルでは応答変位から求めた塑性率の増加と固有周期から求めた塑性率の増加には高い相関関係があり、一方、剛性劣化モデルを用いた場合では、応答変位から求めた塑性率の増加に対して、固有周期から求めた塑性率の増加の伸びが鈍くなる傾向がある。これは解析における応答値が各履歴特性の構成則に従って得られるためで、図 7 に原点・最大点指向モデルの代表として実験値に最も近似した原点指向トリリニア型、剛性劣化モデルの代表として剛性劣化型トリリニアオリジナル武田型の加振終了後 10s 間の慣性力-水平変位関係を示す。これによると加振振幅の増加とともに剛性が低下している原点指向トリリニア型に対して、剛性劣化型トリリニアオリジナル武田型では剛性低下がほとんど見られない。これは初降伏点を超え、除荷・再載荷の繰り返しを受けた最終的な剛性が、除荷勾配に支配されることに起因すると考えられる。また、固有周期の変化による損傷度評価が完全バイリニアで仮定した等価剛性に基づく評価であるため、

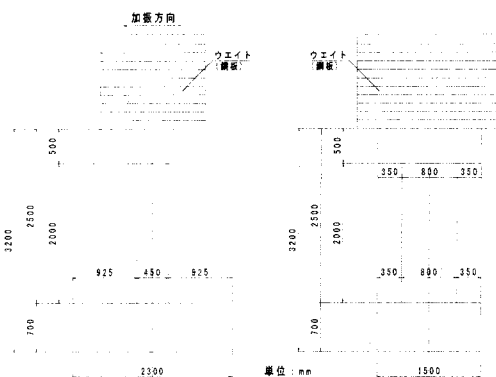


図 1 実験供試体

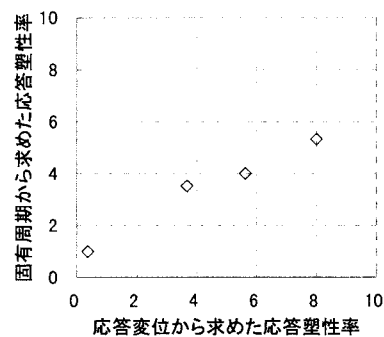


図 2 実験による応答塑性率

表 1 解析に用いた履歴特性

No	モデル名
原点・最大点指向モデル	
1	原点指向トリリニア型
2	最大点指向トリリニア型
3	原点・最大点指向型
剛性劣化モデル	
4	剛性劣化型トリリニア武藤型
5	剛性劣化型トリリニア深田型
6	剛性劣化型トリリニアオリジナル武田型
7	剛性劣化型トリリニア修正武田型

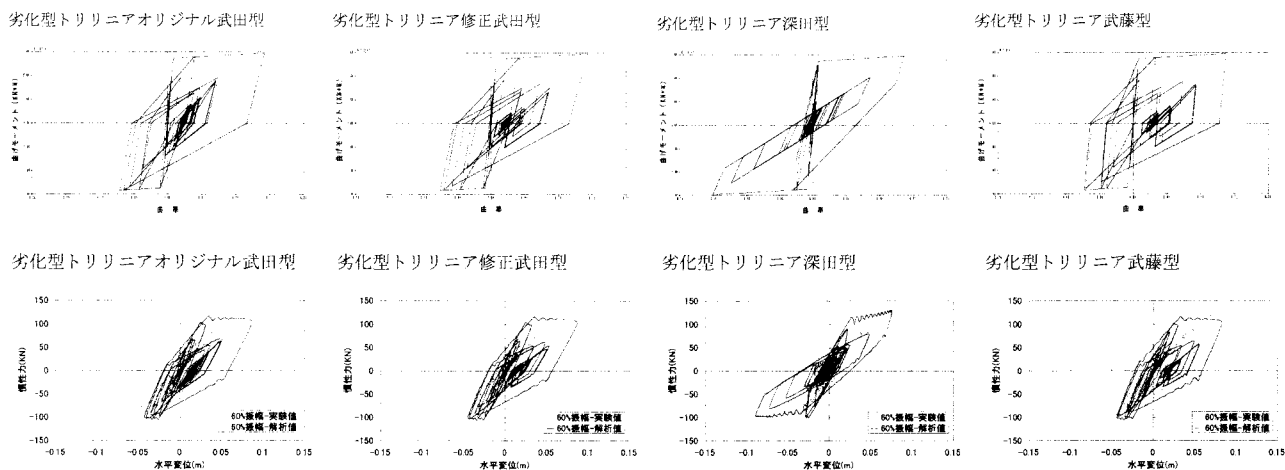


図 3 剛性劣化モデルによる応答結果

(上段：柱基部での $M-\phi$ 関係，下段：ウエイト中心位置での慣性力-水平変位関係)

原点指向トリリニア型が最も良く近似したと考えられる。

5. まとめ

本研究による知見では、変位の履歴の把握を目的とする場合、非線形履歴特性として剛性劣化モデルを用いたものが良い近似を示すが、固有周期の変化に着目した解析を行う際は、

原点指向トリリニア型が最も良い結果を示すことが分かった。

参考文献

- 1) 小林寛，運上茂樹：道路橋の地震時被災度判定システムに関する基礎的研究，リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム論文集，2004.6
- 2) Nakamura Y. “Waveform and its Analysis of the 1995 Hyogo-Ken-Nanbu Earthquake, JR Earthquake Information.” No.23c, RTRI, 1995.
- 3) 加納匠，小林寛，運上茂樹：橋梁の損傷度と固有振動特性の変化に関する解析的検討，第8回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，2005.2

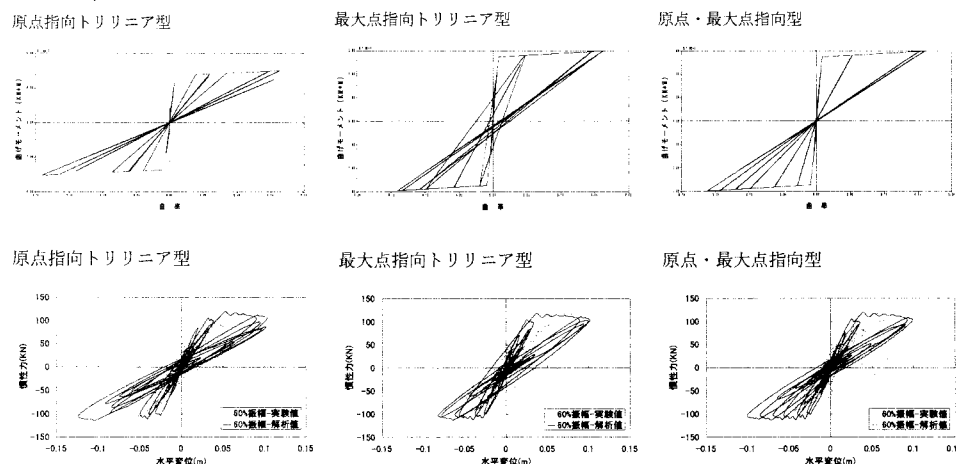


図 4 原点・最大点指向モデルによる応答結果

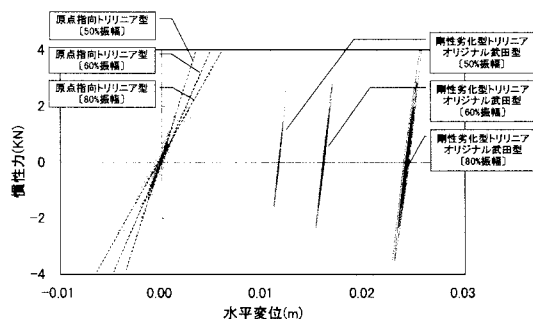


図 7 加振終了後 10s 間の慣性力-水平変位

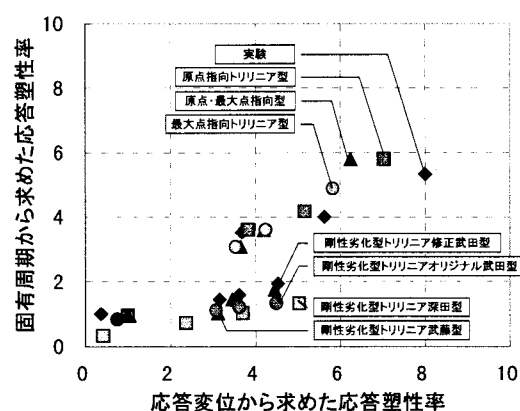


図 6 解析による応答塑性率

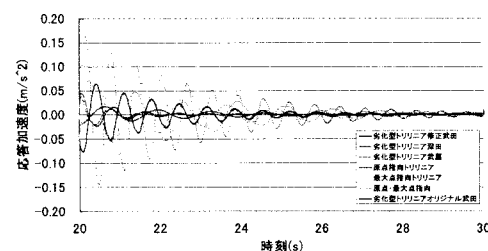


図 5 ウエイト中心での応答加速度