

免震構造物の地震応答量に及ぼす不確定性の影響

鹿児島大学工学部

学生員

Myint Htwe

正会員

荒川 勝広

鹿児島大学工学部

正会員

河野 健二

1. **はじめに** 構造物の設計について重要なことは、耐用期間において十分に要求性能を満たすように設計荷重に対する構造物の耐力を与えることである。一般に設計で考慮される荷重及び構造物の耐力を決定する材料特性は不確定性を有している。これらの外力及び構造物の有する不確定性が構造物の最大応答量に及ぼす影響を明確することはより安全で、経済的な構造物を設計する上で重要なものであると考えられる。ここでは免震橋梁構造物を対象として免震支承ならびに橋脚の剛性、降伏強度、入力地震動の最大加速度が不確定性を有する場合を考慮してモンテカルロシミュレーションを行い免震支承および橋脚の最大応答量に及ぼす影響について検討を加えた。

2. **解析概要** 本研究で用いた解析モデルを図-1に示す。変位制御を考慮して設計された免震支承を用いた免震橋梁構造物を上部構造物の質量と橋脚3本の質量からなる4つの質点で表し、それぞれの質量を免震支承および橋脚のバネで結ぶ4自由度系モデルとして表した。上部構造の質量と橋脚の質量の比は5:1とした。図-1に示した上部構造質量を150(t)、橋脚各一本の質量を10(t)とした。基礎を固定とした免震構造物の上部構造物を剛体と考慮し、免震支承と橋脚のバネを水平方向に設置して地震力を橋軸方向のみ作用した場合を考慮した。

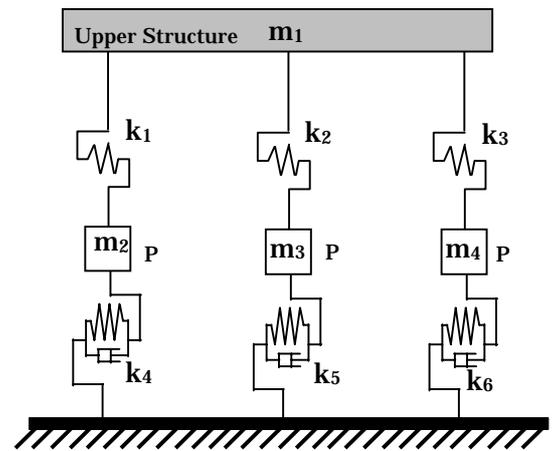


図-1 解析モデル

表-1 目標設計変位と目標固有周期

地盤種	目標設計変位 (cm)	目標固有周期 (sec)	橋脚の固有周期 (sec)	橋脚の固有周期 (sec)	橋脚の固有周期 (sec)
種	20	1.2	0.6	0.8	0.4
	30	1.7	0.9	1.1	0.7
	40	2.2	1.1	1.3	0.9
種	20	0.8	0.4	0.6	0.3
	30	1.0	0.5	0.7	0.4
	40	1.1	0.6	0.8	0.5

表-2 変動要因

変動要因	平均値	変動係数
上部構造重量	1.05	0.05
橋脚重量	1.05	0.05
免震支承剛性	1.00	0.07
免震支承降伏強度	1.13	0.18
橋脚降伏変位	1.18	0.08
橋脚降伏耐力	降伏変位と連動	
橋脚剛性	降伏変位および降伏耐力と連動	

免震支承の設計については¹⁾免震支承の等価減衰定数を設定し、地盤種による入力地震動を与えて変位応答スペクトルの作成を行う。上部構造物の目標設計変位を設定して変位応答スペクトルを用いて目標固有周期の設定を行う。目標固有周期から免震支承の等価な剛性を設定して、免震支承の等価剛性および等価減衰定数より非線形性状を決定する。解析方法として時間刻みを0.001(s)として、Newmarkの法により時刻歴応答解析を行った。1種地盤に関して神戸海洋気象台で観測されたKOBE-NS(最大加速度818gal)及び2種地盤に関してJR鷹取駅で観測されたTAKA-NS(最大624gal)それぞれの地震波を入力する。表-1に示すように目標設計変位を20、30、40(cm)とした場合の固有周期を用いた。表-2に示したパラメータに関する不確定量に関して、免震支承を非線形、橋脚を線形としてモンテカルロシミュレーションによる地震応答解析を行い、各応答量に及ぼす影響について検討した。

3. **解析結果** 図-2はKOBE-NS(2種地盤)地震波に対して、目標設計変位、目標固有周期、橋脚の固有周期を表-1のように設定するとき、橋脚の高さが異なる場合についての最大応答変位を示している。いずれの固

キーワード：免震支承、信頼性評価、モンテカルロシミュレーション
 連絡先：鹿児島大学 工学部 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40
 Tel: 099-285-8470

有周期においても最大変位応答は目標変位以下である。また各橋脚の変位応答は少し異なった応答を示すが、全体としては類似した傾向を示していることが分かる。次に図-3及び図-4は不確定性の影響が最大変位応答に及ぼす影響を示している。図-3は最大変位応答の平均値であり、図-4はその変動係数を示しており、これらの結果は一万回のシミュレーションによって求めた。図-3(a)は構造物の不確定要因を考慮した場合で、図-3(b)は地震力の最大加速度の変動係数20%を考慮した場合で構造物の最大応答変位の平均値を示している。

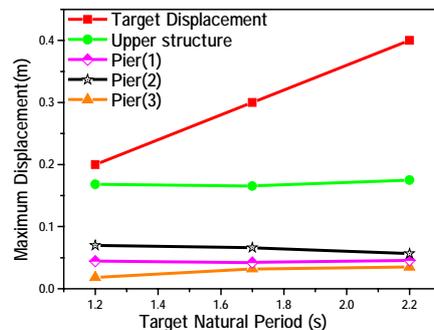


図-2 最大応答変位と固有周期の関係

図-2 および図-3の結果を比較する場合、上部構造物および橋脚3本の最大応答量は同程度の値を示し、固有周期が増加しても構造物の最大応答量は変化しないことが分かる。その結果、構造物の不確定要因を考慮した場合と考慮しない場合及び地震力の最大加速度の変動係数を考慮した場合の最大応答変位は同程度の値を示したことが分かる。さらに、図-4(a)は構造物の不確定要因を考慮した場合および図-4(b)は地震力の最大加速度の変動係数20%を考慮した場合の最大応答変位の変動係数と固有周期の関係を示している。一方、構造物の最大応答変位の変動係数に対しては、地震力の最大加速度の変動係数20%を考慮した場合の方が構造物の不確定要因を考慮した場合より大きくことが分かる。

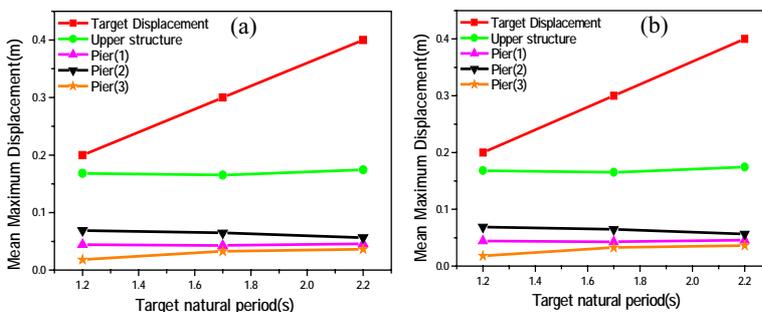


図-3 最大応答変位の平均値と固有周期の関係

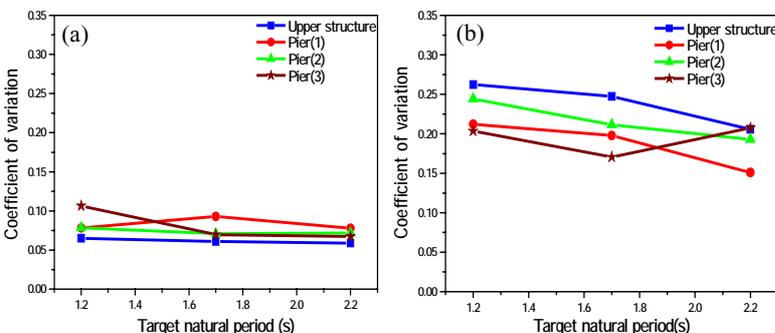


図-4 最大応答変位の変動係数と固有周期の関係

次に免震支承を有する構造物の応答評価に及ぼす不確定量の影響を考慮するため、信頼性指標による検討を行う。図-5(a)および(b)はKOBE-NS地震波を入力した場合免震支承および橋脚の荷重安全係数と強度安全係数の比(/)と信頼性指標()の関係を示している。横軸は安全性指標を、縦軸は荷重安全係数と強度安全係数の比を表している。それぞれの目標設計変位が異なる場合、免震支承および橋脚におけるこれらの安全係数の比は異なっており、免震構造物の安全性の評価のためには不確定量の影響を明確にしておくことが必要であることが分かる。

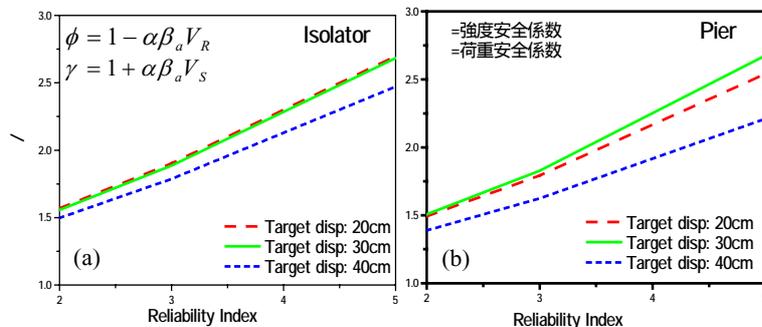


図-5 安全係数と信頼性指標の関係 (KOBE-NS)

4.まとめ 本研究ではMCS法を用いて不確定量が免震支承を有する構造物の応答に及ぼす影響について検討を行った。その結果、免震支承及び橋脚に介在する不確定性や入力強度の不確定性は最大応答変位の平均値に関して、あまり影響は与えないことが分かった。一方、変動係数の評価に関しては構造物の固有周期に大きく依存していることが分かった。

4.まとめ 本研究ではMCS法を用いて不確定量が免震支承を有する構造物の応答に及ぼす影響について検討を行った。その結果、免震支承及び橋脚に介在する不確定性や入力強度の不確定性は最大応答変位の平均値に関して、あまり影響は与えないことが分かった。一方、変動係数の評価に関しては構造物の固有周期に大きく依存していることが分かった。

<参考文献> 1) 松田泰司、大塚久哲、山田純司：鉛入り積層ゴム支承を用いた変位制御型の道路橋の免震設計法に関する一考察、構造工学論文集、Vol.47A, pp.917-926, 2001.