

超過作用下における道路橋の地震応答特性

防衛大学校 学生会員 ○本庄 俊介 防衛大学校 正会員 矢代 晴実
防衛大学校 正会員 松崎 裕

1. はじめに

道路橋の耐震設計では、地震後における橋の社会的役割及び地域の防災計画上の位置付けを考慮して橋の重要度が決定され、要求性能とそれを満足していることを照査するための設計地震動が定められている¹⁾。一方、設計地震動の強度を超過する作用(以降では、超過作用)に対しても、早期復旧を行うためには致命的な損傷を回避する必要がある。こうした対策には、当然ながらソフト的対応も必要であるが、効果的なハード対策を検討する基礎としても、超過作用に対して道路橋の応答特性を把握しておく必要がある。こうした地震動強度が地震応答特性に及ぼす影響を評価するための手法として、地震動強度を徐々に増加させて繰り返し非線形応答解析を行う漸増動的解析²⁾が広く用いられている。

本研究では、漸増動的解析を用いることで、構造特性や地盤条件が超過作用下における道路橋の地震応答特性に及ぼす影響を評価する。

2. 解析対象とモデル化

本研究では、単柱式の RC 橋脚で支持された道路橋を解析対象とする。RC 橋脚の基部を固定条件とした 1 質点 1 自由度系にモデル化し、動的解析を行う。RC 橋脚の骨格曲線は降伏点を折れ点としたバイリニア型で与え、履歴復元力特性には除荷時剛性低下指数を 0.4 とした Takeda 型モデルを用いた。減衰定数は 0.02 とした。

3. 解析条件

構造特性として、降伏震度 k_{hy} (0.2 刻みに 0.4~0.8)、降伏剛性に対応した固有周期 T (0.2s 刻みに 0.4s~1.2s) の組み合わせを変化させ、地盤条件と合わせて地震応答特性に及ぼす影響を検討する。入力地震動は、I 種地盤~III 種地盤の設計地震動レベル 2 タイプ II 地震動¹⁾の振幅を 0.1 倍から 0.1 倍刻みで変化させて漸増動的解析を行った。振幅倍率の上限については、応

答塑性率で 10 を超える振幅倍率と振幅倍率 2.0 のいずれか小さい値とした。

4. 解析結果

まず、構造特性が超過作用下における地震応答特性に及ぼす影響について検討する。I 種地盤において、降伏震度 k_{hy} が 0.4 および 0.8 の場合、固有周期 T が 0.4s および 1.2s の場合を例にとり、入力地震動の振幅倍率と RC 橋脚の応答塑性率の関係を図-1 に示す。なお、レベル 2 タイプ II 地震動の標準 3 波のそれぞれに対する応答に加えて、3 波平均の応答を図にまとめている。

図-1(a)のように、固有周期が 0.4s と短周期の場合には、振幅倍率 1.0 の設計地震動レベルで比較すると、降伏震度 0.4 の場合に比較して降伏震度が 0.8 まで増加した場合に、応答塑性率は 7 割程度低減する。それに対して、図-1(b)のように、固有周期が 1.2s と長周期の場合には、同様に降伏震度が 0.4 から 0.8 まで増加した場合であっても、超過作用下を含めて応答塑性率は 5 割程度低減するに過ぎない。これには、固有周期が短周期の場合には、エネルギー一定則に従うため、地震動強度の増加に対して応答塑性率が急激に増加しやすい一方で、固有周期が長周期の場合には変位一定則に従うため、応答塑性率が地震動強度の増加に比例して増加する特性が反映されている。また、標準 3 波は同一の加速度応答スペクトルにフィッティングされた地震動であるが、降伏震度が小さく、結果として応答塑性率が大きく生じる場合に、標準 3 波の個別地震動に対する応答塑性率のばらつきがより大きいことも確認される。

次に、地盤条件が RC 橋脚の地震応答特性に及ぼす影響について検討する。降伏震度 k_{hy} が 0.6 の場合、固有周期 T が 0.6s および 1.2s の場合を例にとり、入力地震動の振幅倍率と RC 橋脚の応答塑性率の関係を図-2 に示す。なお、図-1 と同様に、標準 3 波のそ

キーワード 漸増動的解析, 超過作用, RC 橋脚, 降伏震度

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL : 046-841-3810 E-mail : s65629@ed.nda.ac.jp

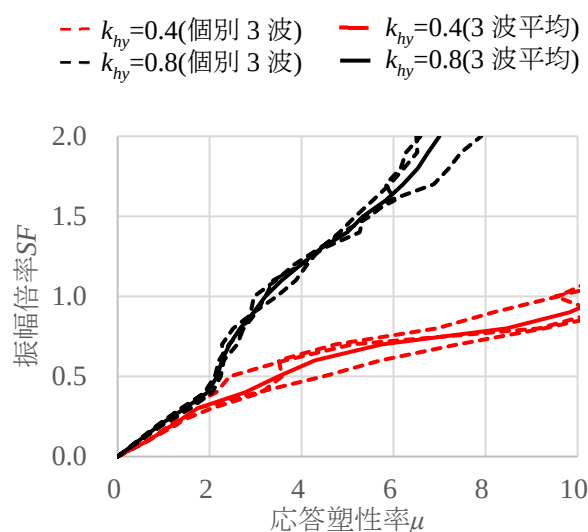
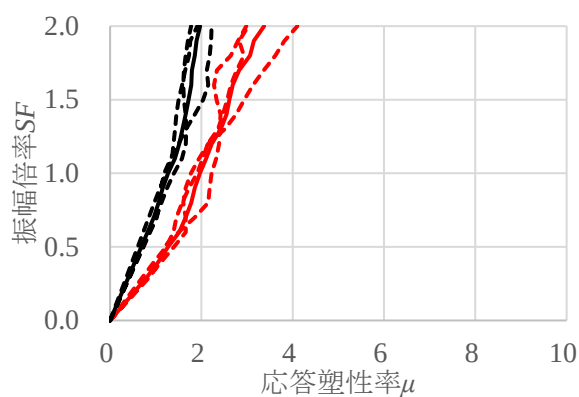
(a) $T=0.4s$ の場合(b) $T=1.2s$ の場合

図-1 降伏震度が応答塑性率に及ぼす影響(I 種地盤)

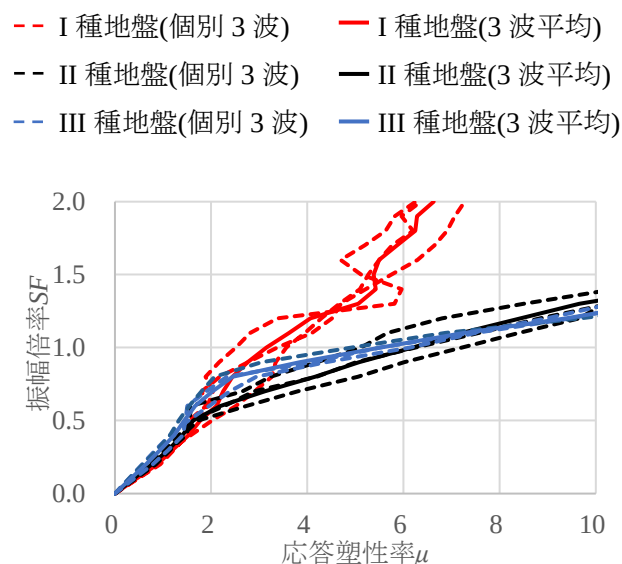
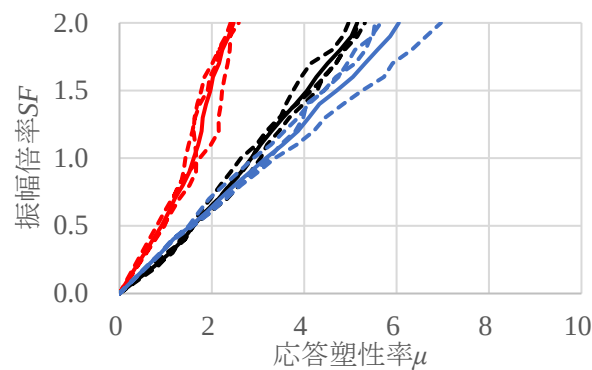
れぞれに対する応答に加えて、3 波平均の応答を図にまとめている。

図-2 から明らかなように、I 種地盤の場合に比較して、II 種地盤・III 種地盤の場合には振幅倍率 1.0 倍以上の範囲において 2 倍程度の応答塑性率が生じている。また、図-1 と同様に固有周期が短周期の場合には応答塑性率のばらつきが大きいことも示されている。

5. まとめ

本研究では、RC 橋脚に支持された道路橋の構造特性としての降伏震度および降伏剛性に対応した固有周期、そして地盤条件が超過作用下における道路橋の地震応答特性に及ぼす影響について、漸増動的解析に基づいて評価し、以下のことが示された。

- 1) 降伏震度が増加すると、応答塑性率は低減するが、その低減度合いは、降伏剛性に対応した固有周期の影響によって異なる。固有周期が短周期の場合

(a) $T=0.6s$ の場合(b) $T=1.2s$ の場合図-2 地盤条件が応答塑性率に及ぼす影響 ($k_{hy}=0.6$)

には、応答塑性率の低減効果がより強く表れる。これには、固有周期によって、非線形挙動がエネルギー一定則に従うのか、変位一定則に従うのかが異なることが反映されている。入力地震動の同一振幅倍率で比較すると、固有周期が短周期の場合には応答塑性率のばらつきが大きい。

- 2) I 種地盤の場合に比較して、II 種地盤・III 種地盤の場合にはより大きな応答塑性率が生じる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2017。
- 2) Vamvatsikos, D. and Cornel, C. A.: Incremental Dynamic Analysis, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No. 3, pp.491-514, 2002.