

示方書適用年次の違いによる RC 橋脚の損傷度曲線の比較検討

熊本大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○清田 玲央
熊本大学大学院自然科学研究科 正会員 松田 泰治
熊本大学大学院自然科学研究科 正会員 藤見 俊夫
株式会社エイト日本技術開発 正会員 宮本 宏一

1. はじめに

地震大国である我が国では大地震の被災経験や解析評価技術の進歩により構造物の耐震設計が見直されてきた。道路橋の耐震設計については昭和55年に道路橋示方書に耐震設計編が導入、平成2年に保有水平耐力法の導入、平成8年には兵庫県南部地震の被害により細目規定が全面改定といった変遷を経ている。しかしながら、多くの橋梁が高度経済成長期に建設されているため示方書の適用年次が古く、十分な耐震性能を有しているとは言い難い。また、既設橋梁の耐震補強は未着手のものが多く、大地震が発生した際の甚大な被害が想定される。従って、地震時における橋梁被害を精度良く評価することが重要である。そのためには地震動強度に基づいた橋梁の損傷度曲線を作成する必要がある。

本研究では、示方書適用年次の異なる道路橋の橋脚を対象として、構造パラメータの不確定性を考慮するためにモンテカルロシミュレーションを用いて検討した。入力地震動の倍率をスペクトル強度 (Spectrum Intensity) に基づく振幅調整を行うことで既設橋梁における橋脚の破壊を損傷度曲線として作成した。

2. 解析モデルと解析条件

2.1. 対象構造物

昭和43年制定道路橋下部構造設計指針¹⁾(以下S43橋脚)、昭和55年、平成2年制定道路橋示方書・同解説V耐震設計編^{2),3)}(以下S55、H02橋脚)を参考にⅡ種地盤A地域の鉄筋コンクリート製の単柱式橋脚(直接基礎)を試設計した。図-1にその構造概要及び解析モデルを示す。また、各橋脚の構造諸元を表-1に示す。桁は桁の重心で一質点にモデル化し(節点1)、RC橋脚(フーチングを含む)は二次元はり要素でモデル化した。橋脚基部の二次元はり要素の非線形性は武田モ

デルで考慮した。地盤ばねは水平、鉛直、回転ばね及び水平・回転の連成ばねでモデル化した。地盤ばねの減衰定数はすべて10%とし、上部構造は0%、下部構造は2%とした。

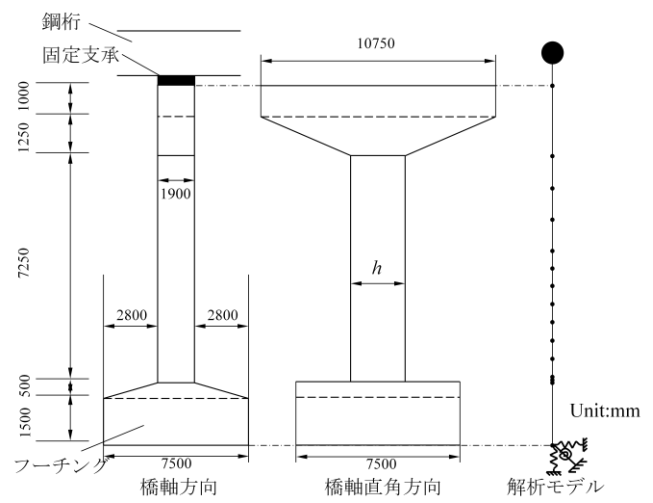


図-1 構造概要及び解析モデル

表-1 解析諸元

適用示方書	S43	S55	H02
h(mm)	2500	2500	3000
定着頂部			
橋脚基部からの高さ(m)	2.570	3.800	3.800
せん断耐力(kN){タイプⅠ}	1274.7	2648.5	2903.3
せん断耐力(kN){タイプⅡ}	1569.6	2943.4	3284.7
段落とし部			
橋脚基部からの高さ(m)	1.450	2.785	3.100
初降伏曲げモーメント(kN・m)	12039.4	11831.5	15885.4
塑性ヒンジ位置			
橋脚基部からの高さ(m)	0.19	0.19	0.19

2.2. 解析条件

解析方法は直接積分法による時刻歴応答解析で、用いた数値計算法はNewmark β method ($\beta=0.25$) である。時間刻みは0.002秒とし、検討用の入力地震動は平成14年度版道路橋示方書V(耐震設計編)の標準波より、表-2に示す6波を用いた。また、これらの波形をスペクトル強度に基づく振幅調整を行うことで

キーワード：損傷度曲線，モンテカルロシミュレーション，スペクトル強度，破壊確率，動的応答解析
連絡先：〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 熊本大学大学院 自然科学研究科 TEL096-344-2111(代表)

入力地震動とした．スペクトル強度は式(1)より計算した⁴⁾．標準波に対するスペクトル強度を表-2 に示す．

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv(T, h = 0.2) dT$$

(1)

表-2 入力地震動及びスペクトル強度

地盤種別	加速度波形名	スペクトル強度(kine)
Ⅰ種	TypeⅠ-Ⅱ-1	74.93
	TypeⅠ-Ⅱ-2	91.22
	TypeⅠ-Ⅱ-3	82.94
Ⅱ種	TypeⅡ-Ⅱ-1	127.66
	TypeⅡ-Ⅱ-2	124.55
	TypeⅡ-Ⅱ-3	142.79

3.RC橋脚の安全性評価

不確定性を考慮した構造パラメータは材料不確定性や非線形を考慮する必要のある10 要素とした(表-3)．ばらつきは正規分布を仮定し，変動係数10%としてばらつきを与えた．

表-3 各不確定要素

位置	不確定要素
定着頂部	剛性率
段落とし部	第一剛性低下率
	第二剛性低下率
	ひび割れ回転角(rad)
	降伏回転角(rad)
塑性ヒンジ位置	ばね定数(MN/m)
	第一剛性低下率
	第二剛性低下率
	ひび割れ回転角(rad)
	降伏回転角(rad)

表-2 に示す橋脚を構成する部材のばらつきが橋脚全体の耐震性に及ぼす影響についてモンテカルロシミュレーションを行い検討した．その際，地震作用に対する橋脚の破壊形態として，定着頂部でのせん断破壊型，段落とし部での曲げ損傷からせん断破壊(以下，曲げせん断破壊)型，橋脚基部(塑性ヒンジ位置)での曲げ破壊型の三種類が存在し，各部位においていずれかひとつでも許容値を越えると破壊と判断できる．応答値が想定した限界状態に達する可能性のことを「破壊確率」と定義した．

4.解析結果

モンテカルロシミュレーションによって得られた100サンプルの結果をそれぞれの位置における応答に基づいて判定し，その破壊確率を算定することでスペクトル強度-破壊確率の損傷度曲線を作成した．タイプⅠ地震動，タイプⅡ地震動の結果の三波平均値を図-2，図-3に示す．

タイプⅡ地震動の結果の三波平均値を図-2，図-3に示す．S43橋脚ではスペクトル強度30～40kine，S55橋脚では60～80kine，H02橋脚では70～100kineの範囲において破壊確率の上昇が確認された．また，S43橋脚では定着頂部のせん断破壊，S55及びH02橋脚では段落とし部の曲げせん断破壊が発生している．

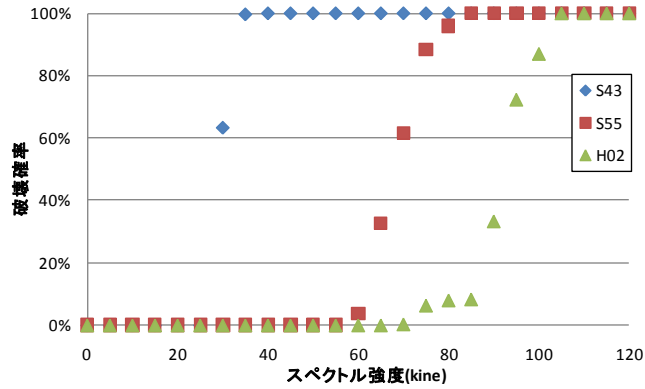


図-2 損傷度曲線(TypeⅠ 三波平均)

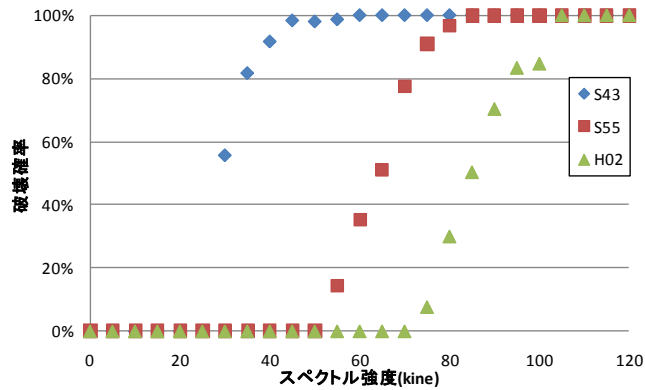


図-3 損傷度曲線(TypeⅡ 三波平均)

まとめ

本研究では示方書適用年次の異なる道路橋の橋脚を対象として，モンテカルロシミュレーションを用いた損傷度曲線を作成した．今後は本研究で得られた結果を基に既設橋梁の地震被害を評価していく．

参考文献

1) 社団法人 日本道路協会:道路橋下部構造設計指針 橋台・橋脚の設計編(昭和43年)
2) 社団法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅴ(耐震設計編)(昭和55年)
3) 社団法人 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅴ(耐震設計編)(平成2年)
4) 郭献群，西岡隆：地震動の強さの指標と応答スペクトルの変動について，土木学会論文集，No.428，I-15，pp167-175，1991.4