

免震ゴム支承と鋼製橋脚の2方向非線形相互作用を考慮した橋梁の地震応答特性

埼玉大学 学生会員 ○新井 大輔
埼玉大学 正会員 党 紀

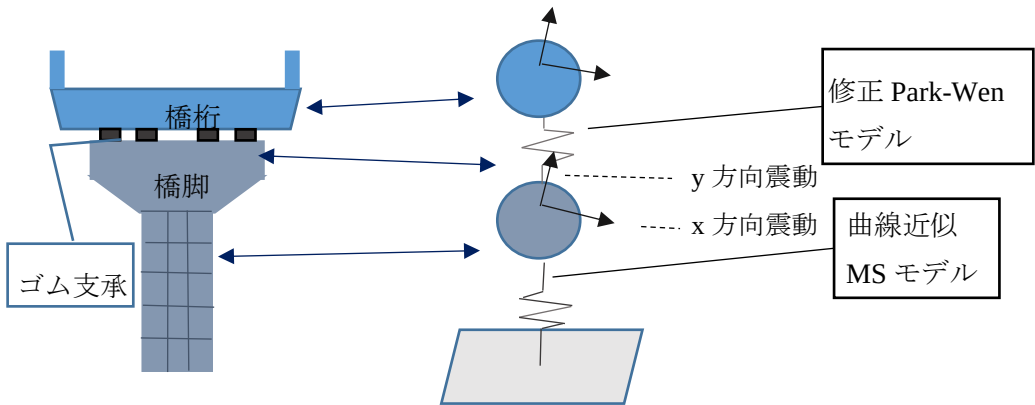
1 はじめに

現在の道路橋示方書では、構造物の耐震性能は、1方向地震動波形を、橋軸方向及びその橋軸直交方向を含む複数の方向へ独立に入力する解析を行う方法によって評価されている。水平2方向へ同時に地震動が作用された場合は、構造物の弾塑性や局部座屈挙動などの、履歴依存性が高く、現在の耐震性能評価では2方向相互作用が考慮されていない。しかし実際の地震動は3次元的な複雑な挙動であり、水平2方向の同時作用については十分に配慮する必要がある。

本研究では、免震ゴム支承と鋼製橋脚を有する橋梁の1方向地震動と2方向同時地震動による応答差の解明を目的とした応答解析を行う。また、地震動強さと応答の関係を正確に比べるため、漸増動解析を行う。応答差を明らかにするためには多数の地震波を用いて解析を行うことが重要である。本研究では50本の地震波に対して漸増動解析を行う。またその結果から fragility curves を算出し、統計的に相違を検討する。

2 解析モデル

解析に用いる橋梁モデルは、橋脚、橋桁、ゴム支承からなり、図1に示すように2質点系モデルを採用に置き換える。橋脚及び免震ゴム支承のパラメータについては表1に表記する。



図ー1 橋梁のモデル化

表ー1 橋梁パラメータ

橋脚		橋脚高さ $h(m)$	9.60
橋脚断面積 $A(m^2)$	0.2015	断面2次モーメント $I(m^4)$	0.1040
橋脚幅 $b(m)$	1.80	橋脚の質量 $M_2(kg)$	5.0×10^5
橋脚の降伏変位 $\delta_0(m)$	0.0487	橋桁の質量 $M_1(kg)$	1.0×10^6
最大荷重点変位比 δ_m/δ_0	8.060	ばねの弾性低下係数 K	0.5
終局点変位比 δ_u/δ_0	15.0	ひずみ幅係数 λ	0.3
ゴム支承		支承面積寸法 $mm \times mm$	750×800
ゴム総厚 m	0.128	減衰定数 h	0.05
固有周期 T_b	1.405	1橋脚当たりの支承数	8

キーワード 水平2方向 ゴム支承 鋼製橋脚 IDA

連絡先 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255 TEL.048-858-3552 E-mail : d.arai.755@ms.saitama-u.ac.jp

また、本研究では応答解析を行う際、ニューマーク β 法($\beta=1/6$)及び予測子修正子法を使用する。使用する復元力モデルは、ゴム支承部分には修正 Park-Wen モデルを、橋脚部分には曲線近似 MS モデルを使用する。修正 Park-Wen モデルとは、せん断ひずみを考慮することでより精密な非線形挙動を表現したモデルである。曲線近似 MS モデルとは、橋脚の基部を複数のばねに置き換え、それより上を剛体とし、バネのひずみで橋脚の挙動を再現したモデルである。

3 漸増動解析と解析結果

本研究では、漸増動的解析(IDA)を行いIDA曲線及び fragility カーブを算出することで、1方向地震動と水平2方向地震動による地震応答及び耐震性能の違いを評価する。

IDA解析とは地震応答解析を行う際、地震波の振幅のみを徐々に増加させていき、繰り返し非線形応答解析を行うことで、構造物の入力地震波の強度と動的応答の関係(IDA曲線)を評価する手法である。同一の地震波であっても、2方向合成の場合のPGAは1方向のみのPGAと異なる値になってしまうため、同一の波形かつ同一の強さの地震で1方向地震動と2方向地震動の応答結果を比べるためにも、この手法が使われる。

さらに、多数の地震波についてIDA解析を行うことにより、IDA曲線の平均値とばらつきから fragility カーブを算出、構造物の耐震安全性を確率論的に評価することもできる。

算出された平均IDA曲線と fragility カーブを図2及び図3に示す。例えば熊本地震の本震の最大加速度は約1600galであり、図-2で示すように、1方向IDA曲線の1600galにおけるDamage Indexが1未満であるが、2方向地震動による解析では平均Damage Indexが1に達してしまっている。また図-3に示すように、1方向入力平均と水平2方向入力を比べると全体的に水平2方向入力の方が同じPGAでも倒壊確率が高いことが見て取れる。

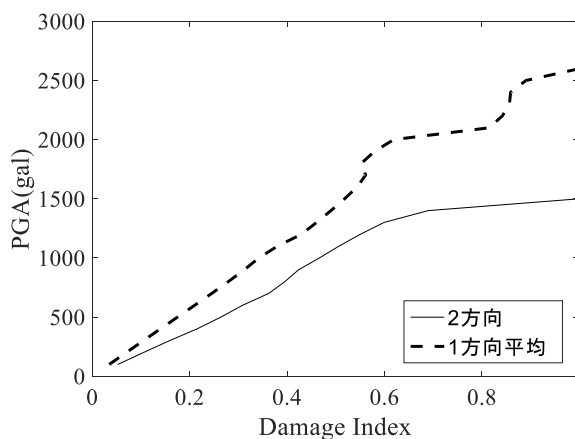


図-2 平均IDA曲線

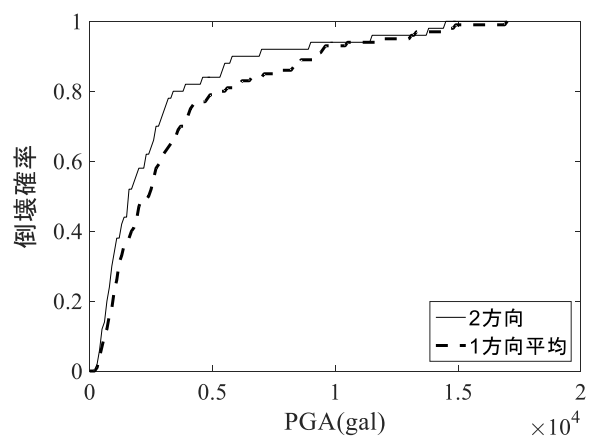


図-3 フラジリティカーブ

4 結論

IDA 曲線、fragility カーブより、同じ PGA であっても、1方向入力と比べ、2方向同時入力は高い倒壊確率を示す、つまり1方向のみの入力より小さい地震動で終局状態に至る可能性が高い。このように、地震動が1方向入力か2方向同時入力かで応答差が存在することが分かり、構造物の耐震性能をより高精度に評価するため、2方向相互作用を考慮する必要があるといえる。fragility カーブにおいては、2方向同時入力の方が常に1方向入力を上回っている。

参考文献

Dimitrios Vamvatsikos, C.Allin Cornell : Incremental Dynamic Analysis EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS, 2002,