

免震橋梁の橋脚と支承の履歴吸収 エネルギー比について

徳島大学工学部 学生員○安富泰弘
徳島大学工学部 正 員 成行義文
徳島大学工学部 正 員 平尾 潔

1. まえがき

免震橋梁は、保有水平耐力レベルの地震時において、免震支承と橋脚が同時に塑性化するように設計されるのが合理的である。その場合、免震支承の特性を適当に変化させることにより、免震支承と橋脚との履歴吸収エネルギー比ならびに免震支承の変形等を調整し得ることが望ましい。このような観点より、ここでは、免震支承と橋脚の履歴吸収エネルギーおよびそれらの比に及ぼす免震支承の復元力特性パラメータの影響について比較、検討するとともに、それらの結果をもとに免震支承の履歴吸収エネルギー分担率および最大変形の制御法について若干の考察を行った。

2. 解析法

免震橋梁の解析モデルは、図-1に示すように、上部構造を第1質点、RC橋脚部を第2および第3質点とした基礎固定のせん断3質点系とする。また、免震支承およびRC橋脚の復元力履歴特性は、それぞれBilinearモデル(図-2)およびQ-hystモデル¹⁾とした。表-1に免震橋梁の構造諸元を示す²⁾。入力地震波としては建設省土木研究所によって作成された修正開北橋記録、ならびにEl-Centro NS成分、八戸NS成分の3種類を考え、いずれも最大加速度を300galに調整して用いた。

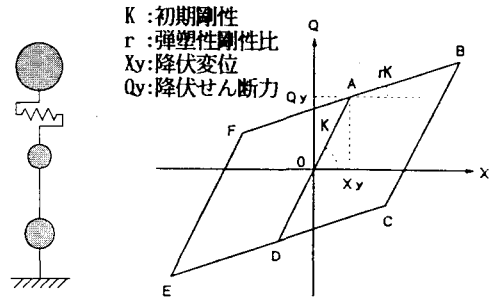


図-1 せん断3質点モデル 図-2 Bilinearモデル

表-1 構造諸元

	質量 kgf·s ² /cm	剛性 kgf/cm	降伏変位 cm
1	740.0	K = 30000, 60000, 120000 r = 0.0~1.0	Xy = 0.1, 0.5, 1.0, 3.0
2	100.0	K ₂ = 230000 r ₂ = 0.1	Xy ₂ = 1.0
3	210.0	K ₃ = 230000 r ₃ = 0.1	Xy ₃ = 1.0

3. 解析結果の比較と考察

1) 免震支承の履歴吸収エネルギー分担率に及ぼす各種パラメータの影響

修正開北橋記録に対する初期剛性K=60000(kgf/cm)の場合の免震支承の履歴吸収エネルギー分担率(W_{HIS}/TW_H)を図-3に示した。横軸は弾塑性剛性比rであり、また4種類の降伏変位Xyについて線種を変えて示している。図からわかるように、免震支承のエネルギー分担率は弾塑性剛性比rの増大に伴い単調減少している。また、図は出していないが、初期剛性Kの増大に伴いエネルギー分担率は単調減少し、エネルギー分担率が最大となる降伏変位は初期剛性により変化することがわかった。実地震動についても同様の傾向がみられた。

図-4は免震支承の履歴吸収エネルギー分担率をパラメータとした場合の初期剛性K=60000(kgf/cm)における降伏変位Xy-弾塑性剛性比r関係を示している。この図より、Xy-r関係は上に凸な曲線となり、弾塑性剛性比が最大と

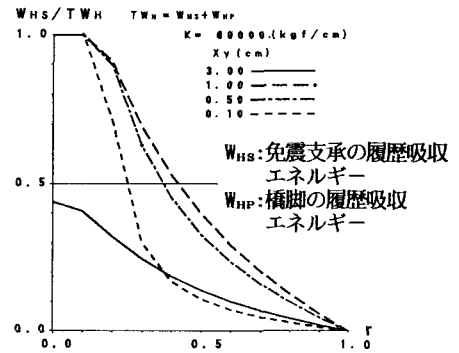


図-3 免震支承の履歴吸収エネルギー分担率(修正開北橋記録)

なる時の降伏変位は分担率の値によらずほぼ一定となっていることがわかる。そして、初期剛性の増大によって各極大値は減少し、極大値をとる場合の降伏変位も減少する。

2) 免震支承の最大変形に及ぼす各種パラメータの影響

図-5は修正開北橋記録に対する初期剛性 $K=60000$ (kgf/cm) の場合の免震支承の最大変形 (X_{smax}) と弾塑性剛性比 r の関係を示したものである。初期剛性が免震支承の最大変形に及ぼす影響は、地震動の種類によらず同様であり、初期剛性の増大に伴い減少するが、弾塑性剛性比ならびに降伏変位の影響は修正開北橋記録と El-Centro及び、八戸記録等の実地震動で異なる。すなわち修正開北橋記録を対象とした場合、図-5のように弾塑性剛性比 r ならびに降伏変位 Xy の増大に伴い最大変形はほぼ単調減少するが、実地震動を対象とした場合、最大変形と弾塑性剛性比との関係は複雑となり明確な傾向はみられない。

図-6は免震支承の最大変形をパラメータとした場合の初期剛性 $K=60000$ (kgf/cm) における降伏変位 Xy - 弾塑性剛性比 r 関係を示したものである。最大変形が大きいかほど弾塑性剛性比 r は小さくなっているが、いずれの最大変形に対しても、降伏変位 Xy の増大に伴い弾塑性剛性比 r は単調減少し、その割合はどの最大変形についてもほぼ一定である。

3) 免震支承の履歴吸収エネルギー分担率と最大変形の制御法

図-7は、前出の図-4および図-6の結果を重ねて示したものである。図中の網掛の部分はその所定の免震支承の履歴吸収エネルギー分担率 ($W_{HS}/T_{WH} \geq 0.5$) ならびに最大変形 ($X_{smax} \leq 10.0$ cm) を満たす降伏変位 Xy - 弾塑性剛性比 r の範囲を示している。初期剛性 $K=60000$ (kgf/cm) の場合、この範囲に存在する Xy, r を用いれば、免震支承のエネルギー分担率 ($W_{HS}/T_{WH} \geq 0.5$) かつ免震支承の最大変形 ($X_{smax} \leq 10.0$ cm) を満たす免震橋を設計することができるものと思われる。

4. あとがき

免震支承の初期剛性、弾塑性剛性比、および降伏変を適当に調整することによって、免震支承と橋脚の履歴吸収エネルギー比、および免震支承の最大変形をある程度制御することができると思われる。実地震動記録に対する解析結果等は講演会当日、O.H.P. により紹介する予定である。

参考文献 1) Mehdi and Sozen ; Simple Nonlinear Seismic Analysis, ASCE Si May 1981 pp.939 Quali-tative Force-Displacement History Showing Application of Four Hysteresis Rules 2) (財) 国土開発技術センター「道路橋の免震設計法ガイドライン(案)」、平成元年3月

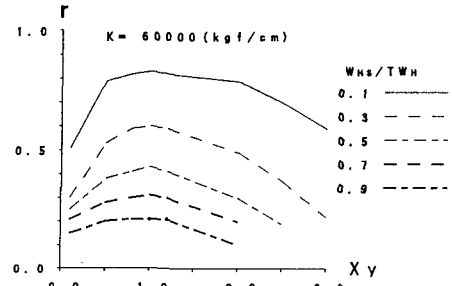


図-4 免震支承の履歴吸収エネルギー分担率一定の場合の $Xy-r$ 関係 (修正開北橋記録)

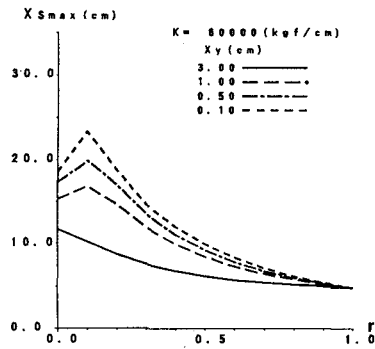


図-5 免震支承の最大変形 (修正開北橋記録)

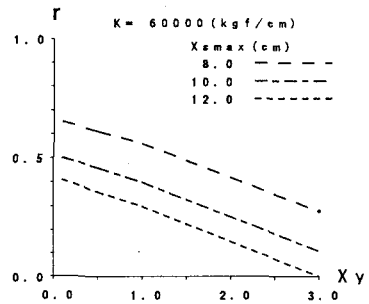


図-6 免震支承の最大変形一定の場合の $Xy-r$ 関係 (修正開北橋記録)

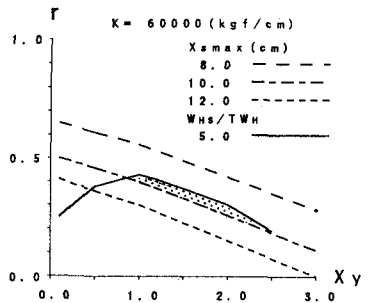


図-7 所定の履歴吸収エネルギー分担率ならびに最大変形を満たす r および Xy の範囲 (修正開北橋記録)