

簡易補修型鋼製橋脚に関する解析的検討

- 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶
- 愛知工業大学 学生員 今中明子
- 愛知工業大学 正会員 青木徹彦

1. 序論

橋脚の耐震性能を評価する場合、重要な要素として応答変位、エネルギー吸収量などが挙げられる。本研究では、簡易補修型鋼製橋脚の提案をし、繰り返し載荷実験を行った。その結果を基に、復元力モデルを構築し、地震時の応答性状を把握するために弾塑性応答解析を行う。また、応答変位などに着目し耐震性能を明らかにする。

2. 復元力モデルの構築

実験により得られた水平荷重 - 水平変位履歴曲線より、1 質点 1 自由度系の復元力モデルを構築した。モデル化にあたり以下の事を考慮した。質点質量(m)、減衰係数(c)、剛性(k)は、実験結果より算出した値を実物大に換算し運動方程式を作成した。解析は、Newmark β 法 ($\beta=1/4$) を用いた¹⁾。入力地震波は、道路橋示方書に示される地震波のうち Level2 地震波を計 12 波(地震波を記号 A~L で表す)入力した²⁾。骨格曲線(k_0, k_1, k_2 の値)は実験値から得られた水平荷重 - 水平変位履歴曲線の包絡線より決定した(図 1)。履歴法則は簡単のために、以下の点について考慮した。(i) 硬化域剛性(k_1)は最大荷重時変位(図 2 中 B 点)または過去の最大変位(図 2 中 C 点)のうち大きいほうを目指す傾きとする(図 2 中 AB 間または AC 間)。(ii) 各サイクルでの最大変位後の除荷域剛性は初期剛性(k_0)と同じとした(図 2 中 CD 間)。(iii) 除荷域で荷重が降伏荷重を下回った場合には、硬化域剛性(k_1)と同じ傾きとした(図 2 中 DE 間)。

3. 解析結果と応答性状の検討

ここでは、簡易補修型橋脚の地震時の耐震性能を把握するため、簡易補修型橋脚と同一断面を有する中心軸圧縮柱(従来モデル³⁾)と比較を行う。簡易補修型橋脚モデルを用いた解析結果の時刻歴応答曲線と復元力履歴曲線の例を図 3 および 4 に示す。図 3 は縦軸に応答変位、横軸に時間を、図 4 は縦軸に復元力を横軸に応答変位をとる。なお、従来モデルについては完全弾塑性型のバイリニアモデルを用いて解析を行った。

3.1 最大応答変位に関する検討

解析結果のうち最大応答変位に着目し、全 12 波を入力した結果を図 5 に示す。縦軸には従来モデルの最大応答変位(δ_{mo})に対する簡易補修型モデルの最大応答変位(δ_{mn})の比(δ_{mn}/δ_{mo})を縦軸にとる。横軸は入力地震波(12 波を記号 A~L で表す)とする。 δ_{mn}/δ_{mo} が大きいほど簡易補修型橋脚の応答変位が大きい事を示している。図 5 よ

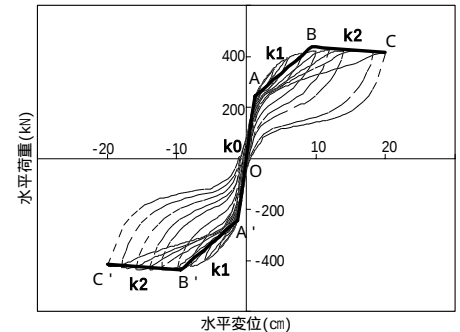


図 1 骨格曲線の決定

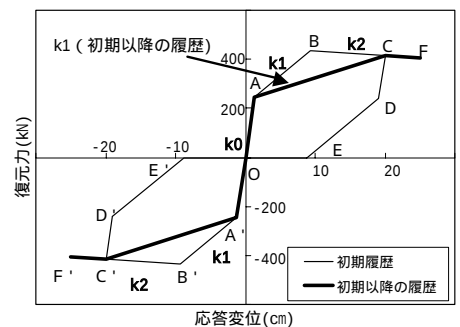


図 2 履歴法則の決定

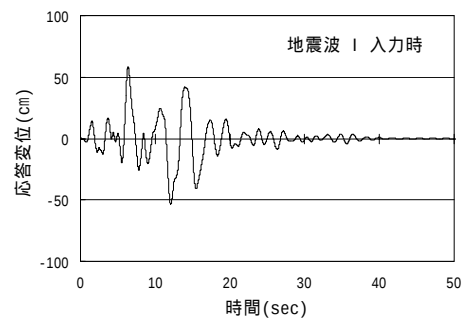


図 3 時刻歴応答曲線

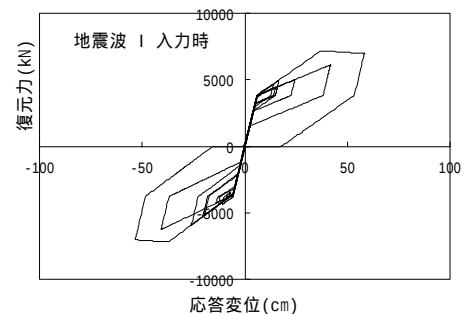


図 4 復元力履歴曲線

Key words: 簡易補修, 鋼製橋脚, 復元力特性, 残留変位, 免震橋脚

連絡先: (〒470-0392 豊田市八草町八千草 1247 TEL:0565-48-8121 FAX:0565-48-3749)

り簡易補修型モデルと従来モデルを比較すると、多くの場合従来モデルより1～3倍の応答変位が生じている。地震波によっては、4～5倍の応答変位が生じている場合(図5より入力地震波B)もある。

3.2 残留変位に関する検討

残留変位に着目し、全12波を入力した結果を図6に示す。従来モデルの残留変位(δR_o)に対する簡易補修型モデルの残留変位(δR_n)の比($\delta R_n/\delta R_o$)を縦軸にとり、横軸は入力地震波(記号A～Lで表す)とする。 $\delta R_n/\delta R_o$ が1に近づくほど従来モデルとの差が小さくなることを示している。図6より簡易補修型モデルの残留変位(δR_n)は、従来モデルに比べて一部を除き極めて小さい値であることがわかる。入力地震波Bの場合では、簡易補修型モデルの方が従来モデルより残留変位が最大で1.3倍程度に大きく生じている。これは簡易補修型モデルの残留変位が0.076cm($\alpha 1$)、0.422cm($\alpha 2$)、0.089cm($\beta 1$)、0.234cm($\beta 2$)といずれも小さな値であるが、従来モデルの残留変位も0.326cmと小さな値である。従って従来モデルに対する簡易補修型モデルの比が大きく示されたためである。

3.3 卓越周期に関する検討

時刻歴応答の結果より卓越周期を求めるために、応答変位に関してフーリエスペクトルを作成した。このスペクトルより応答変位の卓越周期を求めた。全12波の卓越周期を図7に示す。縦軸を卓越周期Tとし、横軸に入力地震波(記号A～Lで表す)をとる。図7より、従来モデル(STD)は1秒付近に分布しているのに対して簡易補修型モデルは3～4秒付近に多く分布している。地震波によっては6秒近くの卓越周期が得られていることがわかる。免震支承を用いた橋脚が固有周期を3～4秒まで長周期化させていること等を考えると、本研究で提案した簡易補修型橋脚は、橋脚自身が免震化していると考えられることもできる。

4. 結論

本研究は、簡易補修を想定した新形式の橋脚に対して行った繰返し載荷実験より復元力モデルを構築した。この復元力モデルを用いて地震時動的応答解析を行った。その結果と従来モデルの結果を比較し、以下のような結論を得た。なお、本研究は愛知工業大学耐震実験センター研究経費を受けて実施した。

- (1) 最大応答変位を見ると、従来モデルと比べて1～3倍生じている場合が多い。地震波によっては、4～5倍の変位が生じている場合もある。
- (2) 残留変位は、従来モデルは大きく残るが、簡易補修型モデルはほぼゼロであり、どの地震波を入力した場合でも1cm以内に収まっている。
- (3) 簡易補修型モデルの卓越周期は、ほぼ3秒以上に長周期化していることが言える。また、長周期化していることによって橋脚自体が免震化していることがわかる。

参考文献

- 1) Mario Paz (訳:木村 欽一):パソコンで解く振動と力,丸善,1989
- 2) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説書(V 耐震設計編),丸善,2002
- 3) 青木徹彦,鈴木真一,渡辺俊輔,鈴木森晶,宇佐美勉,葛漢彬:面外繰返し水平力を受ける逆L形鋼製箱型断面橋脚の強度と変形能に関する実験的研究,土木学会論文集, No.724/I-62, pp.213-223, 2003.1

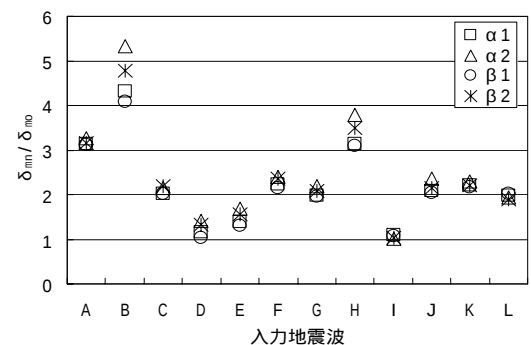


図5 最大応答変位に関する検討

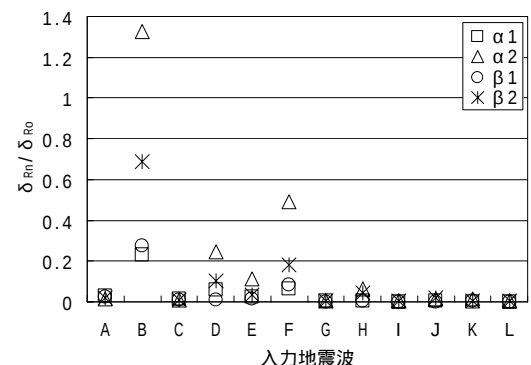


図6 残留変位に関する検討

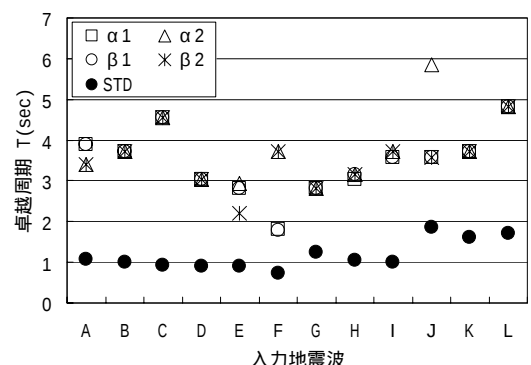


図7 卓越周期に関する検討