

I - B 180

大地震時における鋼製高架橋の合理的設計法に関する一提案

摂南大学大学院 学正員 中野将志 摂南大学 正会員 頭井洋
 (株) 神戸製鋼所 正会員 大谷修 (株) 神戸製鋼所 正会員 岡本安弘

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震以降、高架橋の構成要素を個別に耐震設計するのではなく、システム全体として合理的な耐震設計が必要と考えられるようになった。

その 1 つとして、発生確率の高い中小地震に対しては、支承を健全に機能させ、発生確率の低い大地震に対しては、支承をヒューズメンバーとして意図的に崩壊させることにより、上部構造から下部構造に過大な地震力が伝わらないようにする考え方（支承ヒューズ論）がある。

本研究では、落橋防止を兼ねる鋼製ベローズ（図-1 参照）を上部工間、および上部工と橋脚上部間に設置し、タイプⅠ（プレート境界型）、タイプⅡ（直下型）のような大地震に対しては、支承を積極的に崩壊させ、崩壊させた後は、鋼製ベローズの塑性変形によるエネルギー吸収により、上部工の変位や、橋脚への過大な地震力をおさえることを目指した。本文では、鋼製ベローズの有効性を、有限要素法を用いた地震応答解析により数値的に検討した。図-1 に上部工間の鋼製ベローズを示す。

2. 有限要素モデル

支間長が 40m の連続する単純支持桁を数径間（今回は、6 径間）取り出して計算モデルを作成した。上部工は、主桁間隔 3.4m の 8 本主桁で、死荷重の合計は、920tonf である。基礎地盤は、Ⅱ種地盤（沖積層）とした。図-2 は、6 径間の計算モデルである。

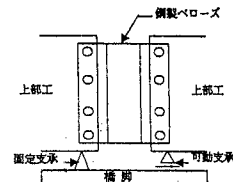


図-1 鋼製ベローズ（上部工間）

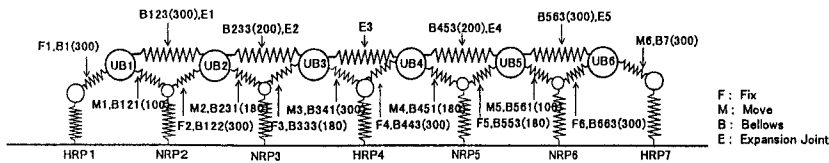


図-2 6 径間高架橋の計算モデル

図-2 における UB は上部工、Fix は固定支承、Move は可動支承を意味している。また、Bellows の括弧内の値は、鋼製ベローズの最大耐力を表わしている。今回の計算モデルでは、左右両端と中央に周期 0.68s である高剛性の橋脚（HRP）を用い、残りは周期 0.86s である通常の橋脚（NRP）を用いた。鋼製橋脚に関しては、弾塑性はり・柱要素モデルを用い、橋軸方向に対して地震力を静的に作用させた解析より荷重と変位間の関係を求め、非線形バネに置換えた。通常の橋脚での頂部水平変位と水平地震力（水平震度で表示）との関係を図-3 に示した。また

鋼製ベローズについては、平面ひずみモデルを用い、繰り返し強制変位を作用させた弾塑性解析により、荷重と変位間の履歴曲線を求め、これより履歴型の非線形バネモデルを作成した。鋼製ベローズの履歴曲線の一例を図-4 に示す。

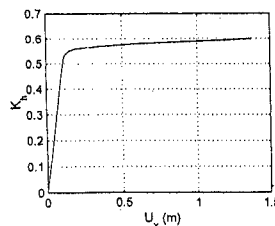


図-3 水平地震力による橋脚頂部の変位

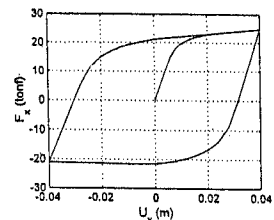


図-4 鋼製ベローズの履歴曲線の一例

キーワード：鋼製高架橋、支承ヒューズ論、鋼製ベローズ、耐震設計

〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17 番 8 号 摂南大学大学院工学研究科 TEL (0720) 39 - 9116

3. 地震応答解析

3.1 解析モデルおよび解析条件

今回の解析では、上部工は、慣性質量のみを考慮し、高架橋全体を図-2に示すバネ質点モデルで表現した。HRP、NRPの固定支承に作用する水平地震力が、それぞれ約600tonf（HRP）、約400tonf（NRP）を越えたとき支承を破断させた。入力地震波として、道路橋示方書における地震時保有水平耐力法による耐震設計結果の照査に用いられるⅡ種地盤のタイプⅠ、タイプⅡに対する応答スペクトルを満足するように地震波を修正した波形（タイプⅠを1種類、タイプⅡを3種類）を用いた。震度法による耐震設計結果の照査に用いられる地震波を、1種類用い鋼製ペローズが弾性範囲内におさまることを確認した。解析プログラムには、汎用有限要素法解析パッケージANSYS（ver5.3）を用いた。

3.2 解析結果

タイプⅡの入力地震波に対する通常の橋脚（NRP5）の地震応答解析結果の一例を示す。

①従来タイプの固定支承を用いた場合

図-5に、タイプⅡの入力地震波に対する橋脚頂部の変位（橋軸方向）および履歴曲線を示した。

タイプⅡの地震波を入力した場合の橋脚頂部の最大変位は、40cmを越えており、橋脚に大きな塑性変形が生じている。

②鋼製ペローズを用い支承を破断させる場合

図-6に、タイプⅡの入力地震波に対する橋脚頂部の変位（橋軸方向）および履歴曲線を、図-7に上部工変位を示した。図-8には、鋼製ペローズに作用する力と変位の履歴曲線を示した。タイプⅡの地震波を入力した場合、すべてのHRP、NRPの固定支承は、それぞれ600tonf（HRP）、400tonf（NRP）を越えたので切断したが、その際の橋脚頂部の最大変位は、図-6に示すように10cm程度になり、図-5に比べ大きく低減している。上部工変位は、最大で30cm程度生じるが、免震支承を用いた場合に比べ、大きくはないと考えられる。

4. 結論

本研究では、支承を破断させた後も、鋼製ペローズによるエネルギー吸収により、上部工や橋脚に生じる水平変位をおさえられ、橋脚に伝わる地震力も低減されることを示した。これらのことから鋼製ペローズは、大地震に対する耐震設計の有効な装置になり得ると思われる。今後は、単純支持鋼製高架橋だけでなく、連続桁高架橋も含めより詳細な検討を進めていく予定である。

（参考文献）

- 1)日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、平成8年12月
- 2)ANSYS ユーザーエレメントマニュアル、96.4.
- 3)土木学会関西支部：阪神淡路大震災調査研究委員会報告書 大震災に学ぶ：鋼構造、1998,6

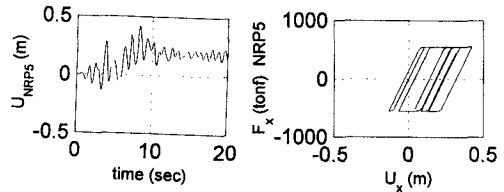


図-5 橋脚変位および履歴曲線（タイプⅡ）
（鋼製ペローズを設置しない）

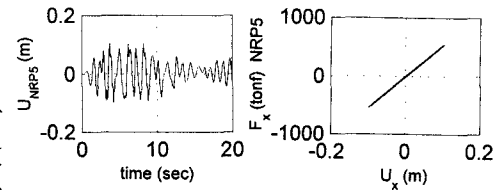


図-6 橋脚変位および履歴曲線（タイプⅡ）
（鋼製ペローズを設置する）

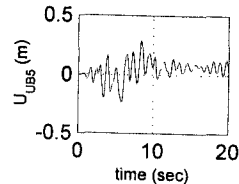


図-7 上部工変位（タイプⅡ）
（鋼製ペローズを設置する）

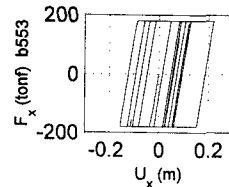


図-8 鋼製ペローズの履歴曲線
（タイプⅡ）