

京都大学工学部	正会員	○清水 計	京都大学大学院	フェロー	渡邊英一
韓国科学技術院		C.-B.Yun	大阪市立大学大学院	正会員	山口隆司
京都大学大学院	正会員	杉浦邦征	京都大学大学院	正会員	永田和寿

1. 研究背景及び研究目的

複数の構造要素からなる大規模構造物を想定したとき、その安全性を論ずるには、構造要素を個別に考えるのではなく、動的相互作用を考慮しなければならない。しかし、構造物の非線形力学特性を数理モデル化することは難しい為、力学的挙動が明らかで数理モデル化が容易な領域は計算機上で解析し、数理モデル化が困難な領域は実験で評価するハイブリッド手法が有効な手段である。そこで本研究では大阪市立大学・KAIST（韓国科学技術院）－京都大学の3大学間で、リモートハイブリッド実験システムを用いて、高架橋の地震応答性状評価を行った。

2. 実験概要

図1に示すようなシステムを用いて実験を行った。クライアント用ワークステーション（以下クライアントWS）を京都大学に設置し、3大学それぞれにサーバ用PCを設置する。大阪市立大学ではFEM解析を、KAIST・京都大学では載荷実験を行った。対象とする構造物は図2に示すような2本の鋼製橋脚を有する高架橋で、図3のようにモデル化を行い、このうち、2橋脚については大阪市立大学で数値解析を行い、RB2は京都大学で、RB3はKAISTでそれぞれ高減衰積層ゴム支承（以下RB）の載荷実験を行い、各構造要素の復元力特性を評価した。つまり、図3において、 K_1 、 K_2 を大阪市立大学で算出し、 K_4 を京都大学で、 K_5 をKAISTで、それぞれ実験によって計測し、 K_3 、 K_6 はそれぞれ解析的計算によって算出した。入力地震波は、阪神大震災で東神戸大橋において観測された地震波を用いた。また、計算時間間隔 Δt を0.01秒とし、これを1ステップとして20秒間地震波を入力したときの高架橋の応答を調べた。3大学の実験・解析結果はクライアントWSに集約され、クライアントWSで応答計算が行われる。算出された次ステップの目標変位がそ

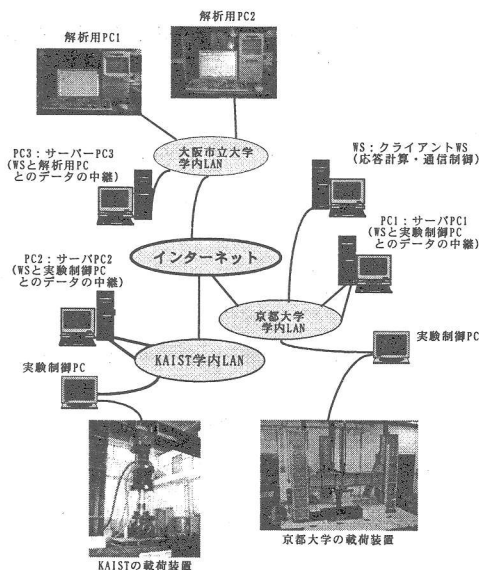


図1 実験システム図

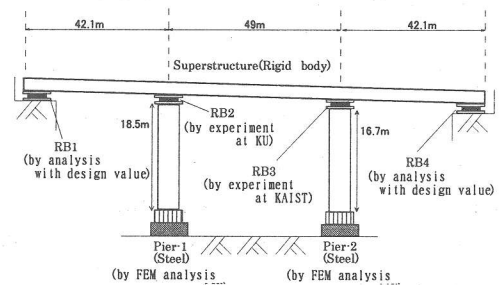


図2 対象構造物

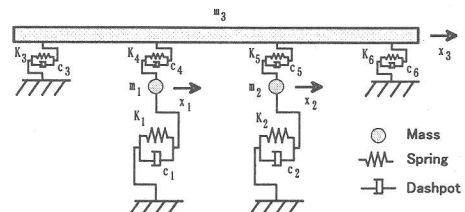


図3 3自由度バネ-質点系モデル

それぞれの施設に送られ、実験施設では供試体に強制変位を与え、供試体の復元力を測定し、解析施設では目標変位を入力して解析モデルの復元力を算出する。それらの結果を、クライアント WS に送る。このような手順を繰り返すことにより、高架橋の地震応答性状の評価を行った。

尚、本実験では、対象構造物を免震化しない場合 (Case1) と、RB を用いて免震化した場合 (Case2) を想定し、Case1 については数値解析を、Case2 についてはハイブリッド実験を行った

3.実験結果

本実験は 21 時間をかけ、2,000 ステップの実験を順調に終えた。その間リモートハイブリッド実験システムは正常に機能した。

図 5～図 7 に、Case2 の実験結果(Experiment)と事前に得られた供試体特性を用いた予備解析(Analysis)を比較したグラフを示す。図 5 の上部構造時刻歴応答変位は実験結果と予備解析結果がほぼ一致していることが分かる。また、図 6、図 7 においては、変位が大きくなると急激に剛性が高くなるハードニング現象を正しく評価できていることが分かる。これらの点から、本実験は妥当なものであり、本実験システムにより複数の構造要素から成る構造物の非線形挙動を正確に評価できることが分かる。

図 8～図 10 に、Case1 と Case2 を比較したグラフを示す。これらの図にみられるように、免震化したことで、上部構造の応答変位は大きくなっているものの、2 本の鋼製橋脚は、Case1 ではその挙動は塑性領域まで達しているが、Case2 では弾性範囲に収まっていることが分かる。

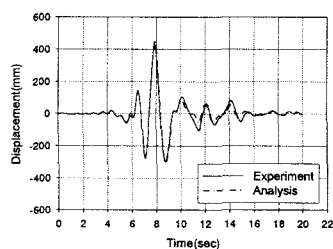


図 5 上部構造時刻歴応答変位
(実構造物レベル)

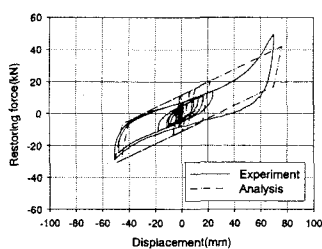


図 6 水平変位－水平荷重曲線
(RB2、京都大学、 $s=1/5$)

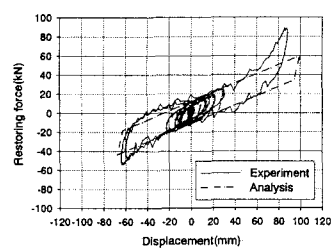


図 7 水平変位－水平荷重曲線
(RB3、KAIST、 $s=1/4$)

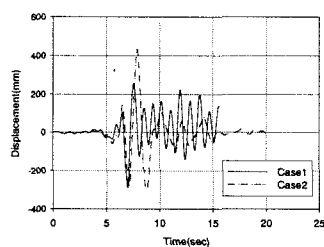


図 8 上部構造時刻歴応答変位
(実構造物レベル)

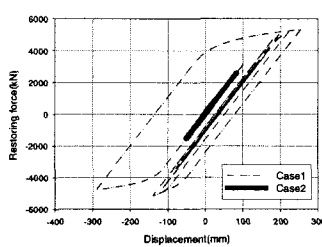


図 9 水平変位－水平荷重曲線
(Pier-1、大阪市立大学、実構造物レベル)

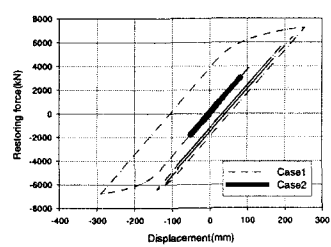


図 10 水平変位－水平荷重曲線
(Pier-2、大阪市立大学、実構造物レベル)

4.結論

本研究では海外の研究機関も含めた 3 大学間でリモートハイブリッド実験システムを用いて、高架橋の地震応答性状評価を行った。この実験システムを用いることで数値解析や載荷実験により支承や橋脚などの非線形挙動を同時に評価し、大規模構造物の地震応答性状を解明することができた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、川口金属㈱の吉田雅彦様、東洋ゴム㈱の宮内康宏様に貴重なご助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。