

京都大学工学部 学生員 ○尾関孝人
 韓国科学技術院 非会員 C.-B. Yun
 京都大学大学院 正会員 永田和寿

京都大学大学院 フェロー 渡邊英一
 京都大学大学院 正会員 杉浦邦征

1. 研究目的

昨年度までに、複数の実験施設をインターネットにより結び、実験・解析を同時に制御することにより、複数の構造要素の相互作用を考慮した大規模構造物の動的挙動を評価できるオンライン並列ハイブリッド実験を、大阪市立大学と京都大学の間で行った。そこで、本研究では KAIST（韓国科学技術院）と京都大学の間でオンライン並列ハイブリッド実験を行い、免震高架橋の地震時応答性状を明らかにし、さらに本実験システムの汎用性を示すことを目的とした。

2. 対象構造物

本実験の対象とする構造物は Fig.1 のような 3 本の橋脚を持つ免震高架橋である。構造要素は 3 本の橋脚、1 個の上部構造、それを支える 3 個の支承群（1 個の支承群は 8 個の免震支承）である。本実験では免震支承として Fig.2 に示す LRB（鉛プラグ入り積層ゴム支承）を用いた。1 個の支承群における全ての LRB が等しい挙動をすると仮定し、KAIST と京都大学で各々 1 つの LRB に対して実験、つまり計 2 個の支承群に対して実験を行った。また、上部構造は剛体と仮定し、残りの構造要素については解析を行った。この高架橋を 4 自由度バネ質点系でモデル化し、橋軸方向に対する地震時応答性状について調べた。また実験で用いた LRB は実構造の 1/2 のスケールである。

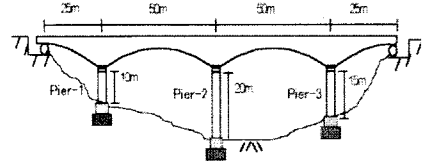


Fig.1 対象構造物

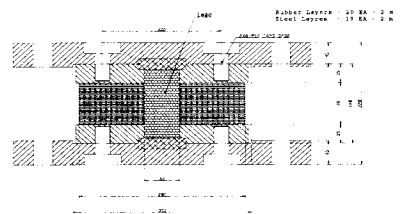


Fig.2 実験供試体

3. オンライン並列ハイブリッド実験

この実験システムのデータフロー図を Fig.3 に示す。この図に示すように本実験では、京都大学に応答計算・通信制御用のクライアント WS を 1 台、KAIST と京都大学に各々 1 台ずつサーバ WS と実験制御用 PC を用意した。クライアント WS はそれぞれの載荷装置における準静的載荷により得られる復元力を用いて応答計算を行い、次のステップにおける目標変位を算出する。その目標変位を各々のサーバ WS に送りこれとハードディスクを共有している実験制御用 PC がその値を読み取り、供試体にこの目標変位まで強制変位を与える。その時の供試体の復元力が共有ハードディスクに書き込まれ、サーバ WS がクライアント WS に送る。このステップを所定の回数だけ繰り返すことで構造物の応答を求めた。

本実験では、Pier-1,2 上部の LRB の復元力については載荷実験により求めた。そのときの京都大学、KAIST の載荷装置を Photo.1,2 に示す。各橋脚については弾性挙動を示すものと仮定し復元力を求め、また Pier-3 上部の LRB についてはバイリニアモデルの非線形履歴曲線を描くものと仮定し、設計時の LRB の特性を用いて解析を行うことにより復元力を求めた。

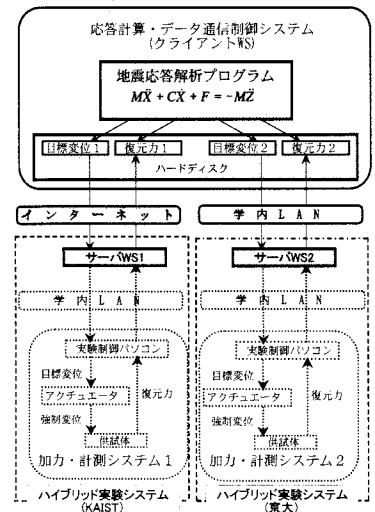


Fig.3 システムのデータフロー図

4.実験結果及び考察

本実験では El Centro における地震波形を用い、この地震波形を 15 秒間入力したときの対象高架橋の応答を調べた。このオンライン並列ハイブリッド実験結果と、この実験前に行った繰り返し载荷実験結果に基づく特性を各々の供試体が示すと考え解析を行った結果とを比較したものを Fig.4~Fig.6 に示す。上部構造応答変位時刻歴を Fig.4 に、KAIST・京都大学の供試体の水平変位一荷重履歴曲線を Fig.5,6 に示す。Fig.5,6 を見ても分かるように、KAIST・京都大学共に同じ供試体を用いているにも関わらず、復元力特性（一次剛性・二次剛性・降伏荷重）が異なっている。これは両大学間の载荷方法の相違、制御変位の誤差等によるものと考えられる。

さらに Fig.4 より応答変位に差異はあるものの、実験結果、解析結果両者の固有周期がほぼ同じであることが確認でき、この実験が妥当なものであることが分かる。このことは、Fig.5,6 を見ても分かるように、解析における一次剛性・二次剛性が実験結果と近い値を示しており、剛性の相違がないためと思われる。また、上部構造の応答変位について実験結果と解析結果の間で差異が生じているが、これは実験結果の降伏荷重と解析に用いた降伏荷重の値が異なっているためと考えられる。

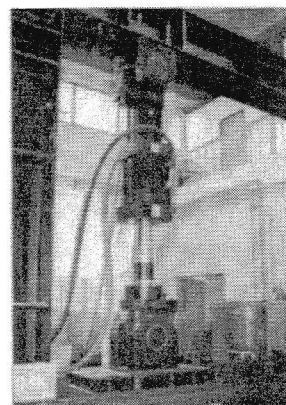


Photo.1 载荷装置(KAIST)

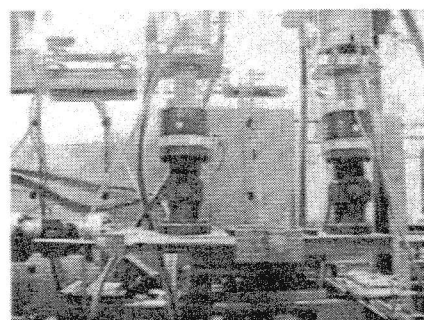


Photo.2 载荷装置(京都大学)

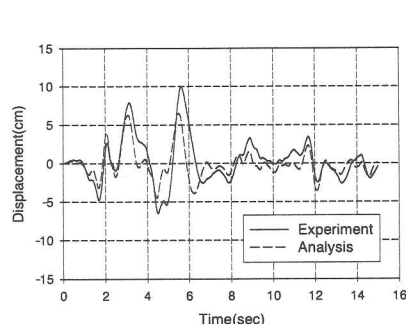


Fig.4 上部構造応答変位時刻歴

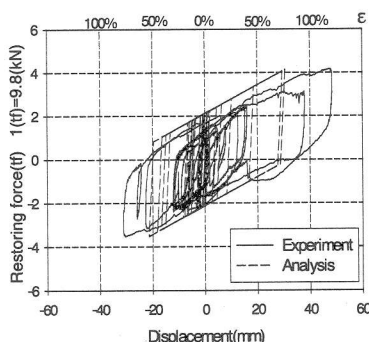


Fig.5 水平変位一荷重履歴曲線(KAIST)

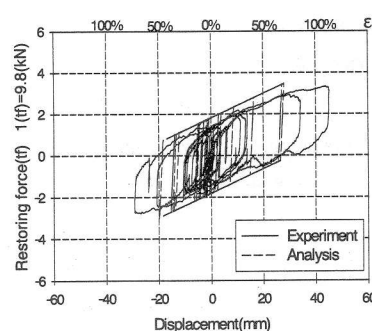


Fig.6 水平変位一荷重履歴曲線(京都大学)

5.結論

KAIST と京都大学の間で行ったインターネットを用いたオンライン並列ハイブリッド実験システムは、長時間の実験にも対応でき構造物の地震時応答性状を明らかにするために利用できる信頼性があり、かつ国内の比較的近距離の施設だけでなく、国際間においても有効であるという汎用性も持つことが確認できた。しかし、様々な要因により制御変位や剛性の値に誤差が生じた場合、それらの誤差が伝播し応答性状を歪めてしまう可能性が考えられる。したがってこの実験システムをさらに有効なものとするため、ハイブリッド実験手法の標準化を行い、実験精度の向上化を図る必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 岸本吉弘、鈴鹿良和、渡邊英一、北田俊行、山口隆司、杉浦邦征、永田和寿：インターネット並列ハイブリッド実験システムの開発、第 25 回土木情報シンポジウム論文集、pp.111-120、平成 12 年 10 月