

オンライン並列ハイブリッド実験手法を用いた国際間実験

京都大学大学院	学生員	廣島和輝	京都大学大学院	フェロー	渡邊英一
韓国科学技術院	非会員	C.-B. Yun	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	京都大学	学生員	尾関孝人

1. はじめに

複数の構造要素からなる構造物に対し地震時応答評価をする際、各構造要素の相互作用を考慮した上で、各構造要素の挙動だけでなく全体系としての挙動を評価することが必要である。これを実現する手法として、本研究においてオンライン並列ハイブリッド実験手法を用いた。平成 13 年度までに国内におけるオンライン並列ハイブリッド実験を成功させている。海外との長距離通信を用いた実験の実施、実験より得られる結果の有効性の確認、通信状況の確認、以上の3点を本研究の目的とした。

2. システム概要

本研究において、韓国科学技術院(以下 KAIST)と京都大学それぞれの実験施設を連結した並列ハイブリッド実験を行った。この実験に用いたシステムを Fig.1 に示す。今回は2つの実験施設を連結するためクライアント WS1 台、サーバ WS2 台、実験制御 PC2 台を必要とし、クライアント WS は京都大学学内 LAN に設置した。クライアント・サーバ両 WS の OS として UNIX を用いているが、PC に関してはその OS の種類を限定していない。実験制御 PC の種類や制御用ソフトはそれぞれの実験施設により一般的に異なっているため、本システムで用いることのできる PC やソフトを限定することは、共同研究を行う上で障害となると考えるためである。従って、本システムを用いることにより、あらゆる共同研究者との並列ハイブリッド実験が可能である。

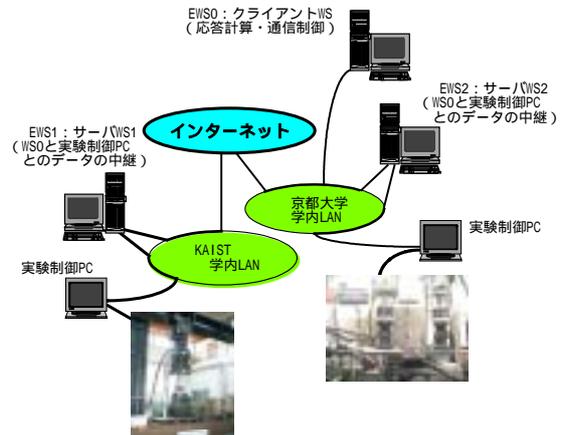


Fig.1 実験システム図

3. 実験対象と実験結果

鉛プラグ入り積層ゴム支承(以下 LRB)を用いた免震構造物を橋梁の地震時応答性状の評価を研究対象とした。この図を Fig.2 に、さらにパネ・ダッシュポット・質点系にモデル化したものを Fig.3 に示す。構造物の固有周期は、支承により免震化されており 2.09 秒である。橋脚は全て鋼製橋脚であり弾性と仮定している。LRB 支承は各橋脚上部に 8 個ずつ(8 個の支承をま

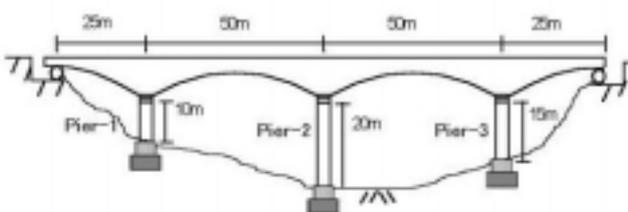


Fig.2 対象橋梁

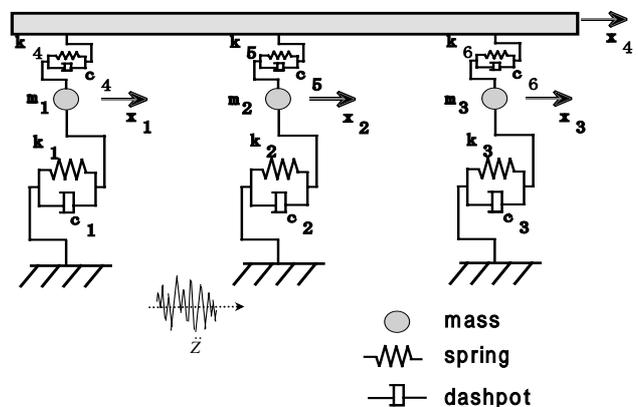


Fig.3 対象橋梁のモデル化

キーワード：並列ハイブリッド実験、LRB 支承、地震応答解析、インターネット

連絡先：〒606-8051 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL075-753-5079

とめて支承群とする）設置されており、3本の橋脚上に計24個存在している。今回の実験では実験施設が2つであるため、2つの支承群に対し載荷実験を行い、残りの構造要素についてはその復元力特性をバイリニアで仮定している。同一の支承群においては全ての支承に均等な上部構造からの鉛直荷重がかかり、上部構造の水平変位と橋脚の水平変位の相対変位が生じる際も、全ての支承に等しい水平変位が発生し、また等しい水平剛性にに基づく等しい復元力を働かせるものとする。この考えにより、支承群中の1つの支承について実験を行い、得られた結果を同一支承群中の他の支承も示すこととなるために、計2つの支承群に対して実験可能となる。KAIST、京都大学においてそれぞれ Pier-1、2上の支承に対し載荷を行う。

入力波形は El Centro 地震において観測されたものであり、0.005 秒を 1 ステップとして 15 秒間（3000 ステップ）入力した際の構造物・供試体の挙動を調べた。供試体は 1/2 スケールとして製作し、この設計時の特性は他の構造要素と共に Table1 に表される。ハイブリッド実験結果を検証するために、先立って行った繰返し載荷実験より得られた供試体の履歴特性を元に、KAIST と京都大学のそれぞれの供試体が示す履歴特性を仮定した解析を行った。これらの結果を比較したものを Fig.4 に示す。両供試体の挙動共に、実験結果と解析結果で一次剛性、二次剛性は類似しているが、降伏荷重は実験時の値が小さい結果となっているが、これは鉛のせん断力の変化が原因と考えられる。供試体が示すこれら特徴の結果、上部構造の応答は実験時が解析時の約 1.5 倍となっているが、これは載荷や測定の誤差によるものと思われる。このような相違は存在するが、実験・解析ともに固有周期がほぼ同じであることから、実験より得られる結果は構造物・構造要素の地震時挙動を考慮する際に有効であると言える。

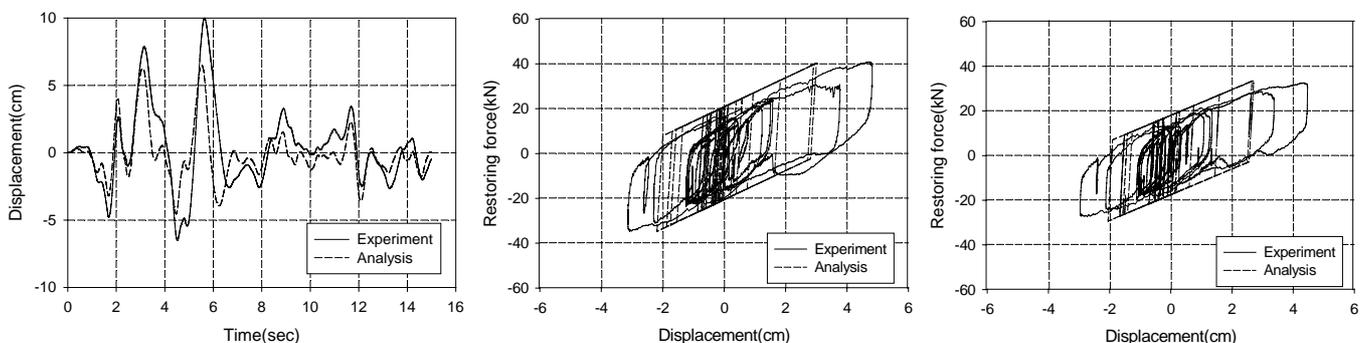
実験時に京都大学のクライアント WS から KAIST のサーバ WS への通信状況を調査し、通信状況が実験に及ぼす影響を検討した。その結果、実験時における通信ルートは変更される可能性が低く、常時同一ルートを通じて通信し、かつその通信に要する時間の変化も最大で 10%程度と安定したものであることが判明した。したがって、通信状況が実験に及ぼす影響は比較的少なく、安定した環境を提供していることが分かった。

4. 結論

KAIST・京都大学間の国際間実験は成功を収め、その実験結果の有効性さらには実験が安定した通信状態を利用していることが確認できた。本システムを用いることにより、あらゆる実験施設を連結した並列ハイブリッド実験が可能であり、国内・国外問わないことが証明出来た。

Table1 対象構造物の諸元

	重量 (kN)	剛性 (kN/cm)	減衰定数
橋脚 1	$6.46 \times 10^2$	$3.44 \times 10^3$	0.05
橋脚 2	$1.27 \times 10^3$	$8.60 \times 10^2$	0.05
橋脚 3	$9.80 \times 10^2$	$1.37 \times 10^3$	0.05
上部構造	$3.53 \times 10^4$	(剛体)	(剛体)
支承		23.1(一次)   5.78(二次)	



a) 上部構造の時刻歴応答

b) 免震支承の力学的特性 (KAIST) c) 免震支承の力学的特性 (京都大学)

Fig.4 実験結果