

並列ハイブリッド実験システムによる免震高架橋の地震応答評価に対する予備検討

京都大学大学院 学生員 ○廣島和輝
 大阪市立大学 正会員 北田俊行
 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

京都大学大学院 フェロー 渡邊英一
 韓国科学技術院 非会員 C.-B. Yun
 大阪市立大学 正会員 山口隆司

1. 目的

著者らは高架橋の地震時応答性状を解明するために多自由度構造系の応答評価に対応したインターネット並列ハイブリッド実験システムを構築してきた¹⁾。そこで本研究では並列ハイブリッド実験システムの国際ネットワーク作りの一環として、長距離通信によるデータ転送の信頼性の確認を数値実験により行った。なお、本数値実験は韓国科学技術院と京都大学との共同作業により、今後並列ハイブリッド実験に使用するネットワークシステムの骨組みの構築を目的としている。

2. 高架橋モデル

本研究では、図-1に示す高架橋を想定し、これを図-2のように2自由度のバネ質点系にモデル化した。Pier-A、Pier-Bとも鋼製橋脚とし、両橋脚上に設置された支承は、図-3に示す鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を想定した。表-1に、上部構造と両橋脚、支承の諸元を示す。上部構造については剛体と仮定し、両橋脚は降伏しないものとした。以下にこの運動方程式を式(1)に示す。

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = -M\ddot{Z} \quad (1)$$

$$M = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} c_2 + c_3 & -c_2 & -c_3 \\ -c_2 & c_1 + c_2 & 0 \\ -c_3 & 0 & c_3 + c_4 \end{pmatrix}$$

$$K = \begin{pmatrix} k_2 + k_3 & -k_2 & -k_3 \\ -k_2 & k_1 + k_2 & 0 \\ -k_3 & 0 & k_3 + k_4 \end{pmatrix} \quad \ddot{X} = \begin{pmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \end{pmatrix} \quad \dot{X} = \begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$$

表-1 解析諸元

	質量(tf)	減衰定数	一次剛性(tf/cm)	二次剛性(tf/cm)	降伏荷重(tf)
上部構造	600	-	-	-	-
Pier-A	20.4	0.02	99.3	-	-
Pier-B	24.5	0.02	57.4	-	-
LRB支承	-	0.00	27.8	2.10	317

3. 解析手法

図-4に本研究に用いたシステムを、図-5にこのシステムにおけるデータフローを示す。京都大学学内LANに応答計算・データ通信制御用(以下WS0)として、エンジニアリングワークステーション(以下EWS)を1台設置した。さらに韓国科学技術院(以下KAIST)学内LANと大阪市立大学学内LANにEWSをそれぞれ1台ずつサーバWS1として設置し、京都大学学内LANに、EWSをサーバWS2として設置し、これらにWS0から逐次接続するというシステムを用いた。ただし、サーバWS1

キーワード：高架橋、並列地震応答解析、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

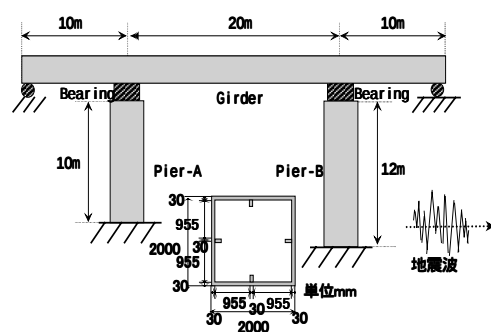


図-1 対象とした高架橋

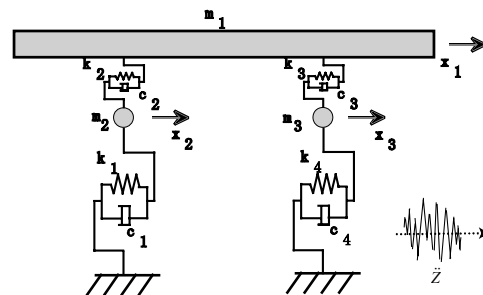


図-2 高架橋のモデル化

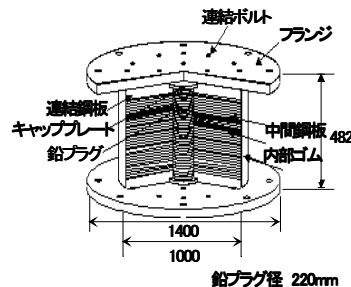


図-3 LRB 支承

については各解析においてどちらか一方のみを用いた。WS0 において、各大学のサーバで算出された両橋脚の復元力を用いて次ステップの各目標変位を計算し、その値をサーバ WS1 には Pier-A の目標変位をインターネットを介して転送し、サーバ WS2 には Pier-B の目標変位を LAN を介して転送した。それぞれのサーバでは、受信した目標変位に対する各橋脚の復元力を、予め設定しておいた剛性を基に算出した。なお、ハイブリッド実験では、図 - 5 に示すように載荷実験により各橋脚の復元力が算定される。

4. 解析結果と考察

本研究においては、地震波として JR 鷹取駅における NS 成分を用い、3 秒間橋軸方向に入力した。解析においては 0.01 秒を 1 ステップとし、中央差分法を用いた。解析した 3 ケースを以下に示す。

Case-1：対象高架橋について 1 台のマシンで解析（単独解析）

Case-2：Case-1 において大阪市立大学と京都大学とのネットワークシステムを用いて解析（並列解析）

Case-3：Case-1 において KAIST と京都大学とのネットワークシステムを用いて解析（並列解析）

各解析結果について、図 - 6 に高架橋の挙動を代表して上部構造の挙動を示す。Case-1、Case-2、Case-3 の解析結果が一致していることから、大阪市立大学と京都大学間の通信と、さらに長距離の通信を用いる KAIST と京都大学間のネットワークシステムを用いた並列解析の妥当性が確認された。

また、表 - 2 に示すように Case-2 では応答解析に 1 ステップあたり平均約 36 秒を費やしているが、Case-3 では平均約 26 秒と、通信距離が応答解析に与える時間的影響は比較的少なく、通信状況などが解析時間に影響することがわかる。さらに、このような長距離に及ぶ解析においても、ネットワークを用いることによる障害は生じていないことが、図 - 6 に示すようにこれらの解析結果が一致していることからわかる。

5. 結論

インターネットを用いた並列ハイブリッド実験システムの妥当性を数値実験により示した。1 ステップあたり約 30 秒のデータ通信処理時間が必要であるが、実載荷時間と比べると大きな障害とはならないといえる。本研究に続き、KAIST と京都大学で免震高架橋のインターネットを用いた並列ハイブリッド実験を行う予定である。

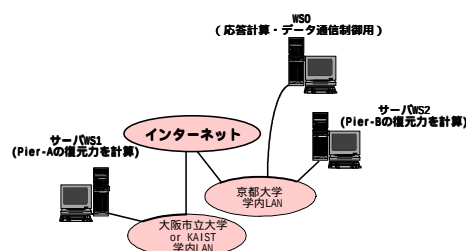


図 - 4 解析システム図

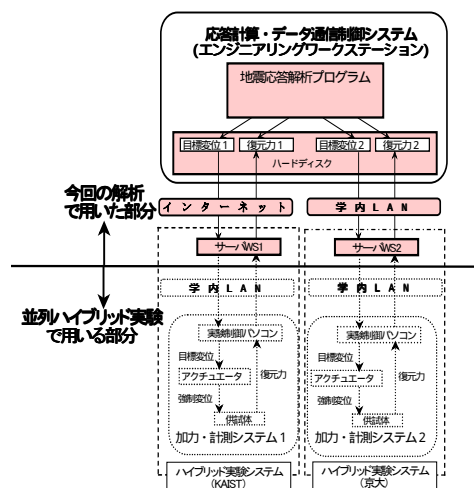


図 - 5 解析システムにおけるデータフロー

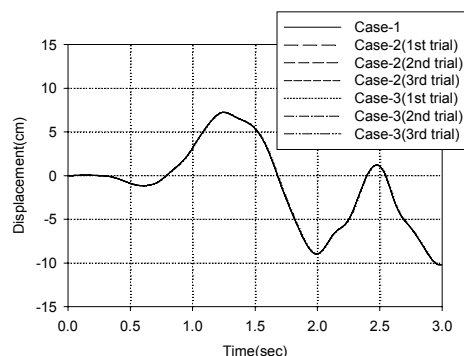


図 - 6 上部構造の挙動

表 - 2 応答解析に要した時間

	Case-2			Case-3		
	1st trial	2nd trial	3rd trial	1st trial	2nd trial	3rd trial
解析時間(sec)	10298.4	11550.2	1076.8	8370.6	7248.9	7698.3
1ステップ当たり平均解析時間(sec)	34.3	38.5	35.9	27.9	24.2	25.7

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、永田和寿、杉浦邦征: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