

腐食損傷を受けた鋼製橋脚の2方向ハイブリッド実験のシステム構築と検証

名古屋工業大学 学生会員 ○横井 勝旭
 名古屋工業大学 正会員 永田 和寿
 名古屋工業大学 学生会員 野村 直之

1. はじめに

1950年代半ば、日本は高度経済成長期を迎え、多くの鋼構造物が建設された。そして現在、建設から50年以上経過し、老朽化の時代を迎えた。よって、地震時の挙動を把握することが必要であり、有効な補修・維持管理を行うことで、構造物の長寿命化を図ることが重要である。

そこで、本研究では矩形断面を有する腐食が生じた鋼製橋脚を対象とし、水平2方向の地震力を作用させたときの、力学的挙動をハイブリッド実験によって明らかにする。そして、動的解析の妥当性を検証することを目的とし、今回は、実験システムの構築を試みた。

2. 実験概要

2.1 モデル化と運動方程式

水平2方向に地震力を受ける鋼製橋脚の応答性状を明らかにするために、動的特性を2自由度のバネ-質点系でモデル化した。その運動方程式を式(1)に示す。

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

ここで、

$$M = \begin{pmatrix} m_x & 0 \\ 0 & m_y \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} c_x & 0 \\ 0 & c_y \end{pmatrix}, \quad F = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix}$$

$$\ddot{X} = \begin{pmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \end{pmatrix}, \quad \dot{X} = \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix}, \quad \ddot{Z} = \begin{pmatrix} \ddot{z}_x \\ \ddot{z}_y \end{pmatrix}$$

\ddot{X} , \dot{X} , \ddot{Z} はそれぞれ加速度、速度、入力地震加速度であり、 M , C , F はそれぞれ質量マトリックス、減衰マトリックス、復元力ベクトルである。

2.2 ハイブリッド実験システムの概要

図-1にハイブリッド実験システムの概要図を示す。この実験システムは、応答計算用パソコン、実験制御用パソコンと、写真-1に示す三次元構造物試験装置で構成される。また、2台のパソコンをネットワ

ークで共有させることで、目標変位と復元力のデータのやり取りすることを可能にする。

これらのデータの流れは、まず地震応答解析プログラムにより目標変位の初期値を算出し、応答計算用パソコン内のハードディスクに数値とフラッグファイルを書き込む。次に、実験制御用パソコンがその数値を読み取り、三次元構造物試験装置により、実験供試体に载荷をして復元力を検出する。そして、その数値とフラッグファイルを応答計算用パソコン内のハードディスクに書き込む。最後に、応答計算用パソコンでその値を読み取り、地震応答解析プログラム内に入力する。この手順を繰り返すことによって、水平2方向に地震力を作用させたときの弾塑性応答性状を精度よく評価することができる。

フラッグファイルにより目標変位と復元力のデータをハードディスク内に書き込まれた後に作成されることで、各ステップにおいて2台のパソコンが誤った数値を読み込むことを防ぐことができる。

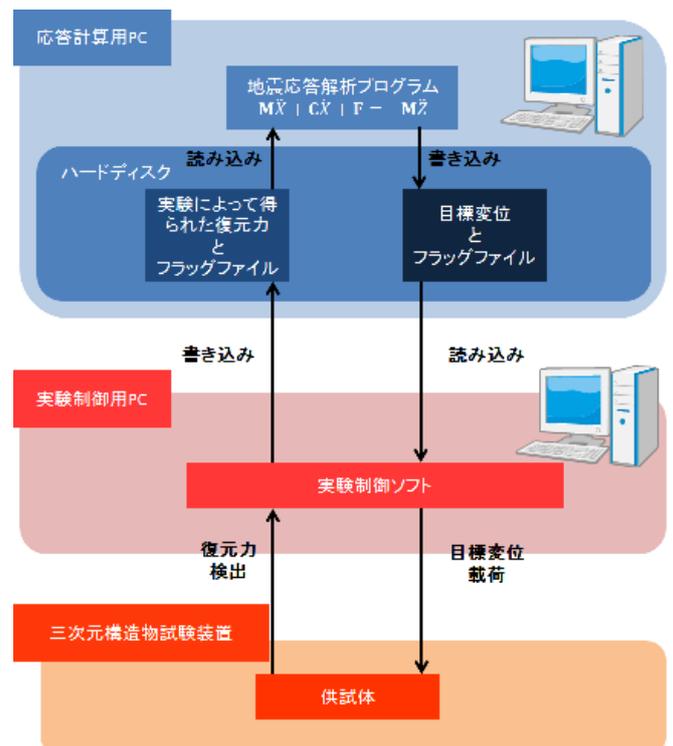


図-1 ハイブリッド実験システム概要図



写真-1 三次元構造物試験装置 (京都大学に設置)

3. 実験システムの動作確認

腐食損傷のない健全な鋼製橋脚の弾性地震応答解析により、本研究で開発したハイブリッド実験システムの妥当性を確認した。その際、試験装置を模擬したパソコンで式(2)に示す弾性の復元力 F_x と F_y を計算した。ここで k_x と k_y はX方向とY方向の弾性剛性であり、 x と y はX方向とY方向の目標変位である。

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_x x \\ k_y y \end{pmatrix} \quad (2)$$

3. 1 地震波形と構造諸元

入力した地震波は1995年の兵庫県南部地震においてJR鷹取駅構内で観測された水平2方向の地震波形を用いた。この妥当性の確認では弾性地震応答解析とするため、加速度振幅を10分の1にスケールダウンした地震波のE-W成分をX方向に入力し、N-S成分をY方向に10秒程度入力した。また、本確認で用いた鋼製橋脚の構造諸元を表-1に示す。

表-1 鋼製橋脚の構造諸元

	単位	X方向	Y方向
質量 m	ton	512	
減衰定数 C	-	0.05	
弾性剛性 k	N/m	69.0×10^6	44.0×10^6
固有周期	sec	0.541	0.678

3. 2 妥当性の確認

得られたX方向の時刻歴応答変位と荷重-変位曲線をそれぞれ図-2、図-3に示すとともに、Y方向の時刻歴応答変位と荷重-変位曲線をそれぞれ図-4、図-5に示す。本実験システムを用いた時刻歴応答解析は

正しく行われ、実験システムの妥当性が確認された。

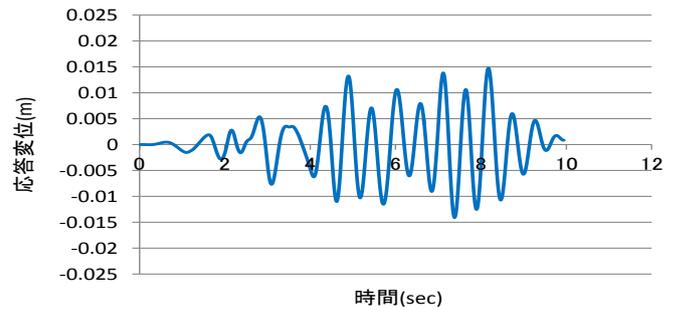


図-2 時刻歴応答変位 (X方向)

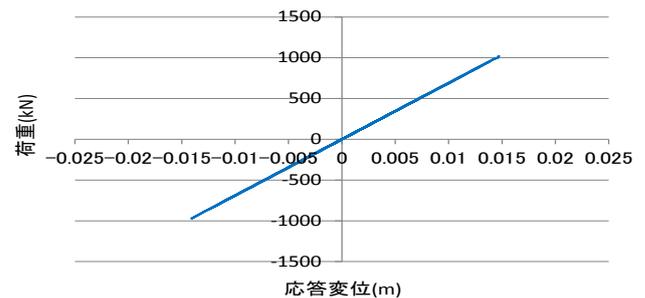


図-3 荷重-変位曲線 (X方向)

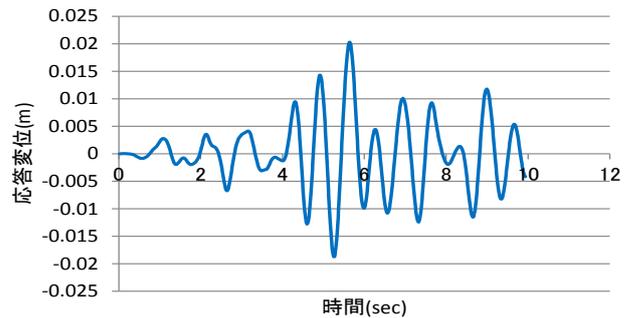


図-4 時刻歴応答変位 (Y方向)

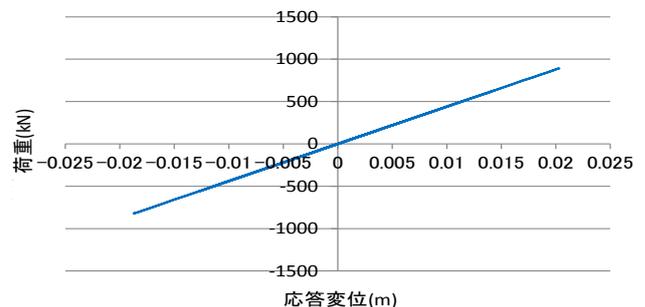


図-5 荷重-変位曲線 (Y方向)

4. まとめ

本研究ではハイブリッド実験システムを構築し、その妥当性を確認した。今後は、本実験システムを適用した三次元構造物試験装置によるハイブリッド実験を行い、腐食損傷を有する鋼製橋脚の2方向地震時挙動を明らかにする予定である。