

ハイブリッド地震応答実験手法に関する考察

名古屋大学 正員 伊藤義人
名古屋大学 正員 宇佐美勉

新日本製鐵 正員 木曾英滋
名古屋大学 学生員 才塚邦宏

1. 序

名古屋大学においては過去に鋼製橋脚モデルの静的繰り返し実験を行い、その結果を基に、復元力モデルの構築[1]を行ってきた。しかし、そのモデルの妥当性を検証するには正確な地震応答が必要であるため、本研究ではハイブリッド地震応答実験を行った。ハイブリッド実験は、構造物の動的な応答性状を把握する一手法として用いられている。この実験は、計算機と載荷実験装置をオンラインで結び、計算機内で解く運動方程式の復元力項へ、載荷実験により得られる複雑な非線形形態での復元力を直接取り込み、応答解析を進行させて行くものである[2]。本研究では、ハイブリッド地震応答実験を行う際に実験と平行して行う数値計算手法として、過去の研究を参考に以下の4種類の手法に分類を行った。特に、過去の研究資料では、実橋と供試体の相似則、入力する外力等について正確な記述がないため、それらを明確にして分類を行った。

さらに、この4つの手法を用いて実験および数値解析を行い、それぞれの手法による地震応答結果の比較を行った。

2. 実験装置

実験装置として、パーソナルコンピュータ（制御用）、デジタルコントローラー（載荷実験装置とのインターフェイス）、外部変位計（制御用）を既往の実験装置に新たに取り入れた。外部変位計は、リング状の磁石の移動を、差し込んである鋼棒が感知することにより変位を測定するものである。また、供試体の水平荷重作用位置における、正確な水平変位を磁石に与えるための重りのついたスリット板、スリット板に作用する振動を防ぐ減衰の役割を持つ液体の注入された水槽を取り入れた。これらによって計算機で求められた次ステップの応答変位を正確に供試体へ強制することができる（Fig.1）。

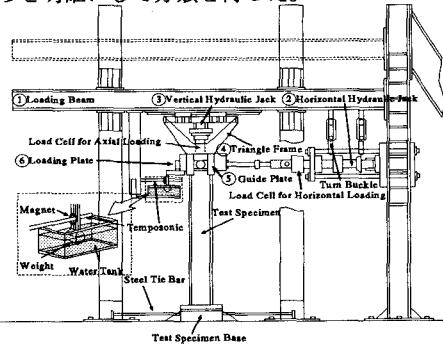


Fig.1 Loading System

3. 実験手法

実橋と供試体の相似比を以下で S とする。

手法1: 実橋解析型手法 実験と平行して行う数値計算を、供試体との相似則を満足するような実橋のパラメータ（質量、剛性、減衰係数）を用いて行う。計算された変位は実橋の値となるため、 $1/S$ 倍して実験供試体に与え、供試体からフィードバックする復元力は S^2 倍して取り込む。入力地震波は実地震波を用いる。

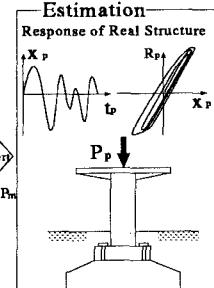
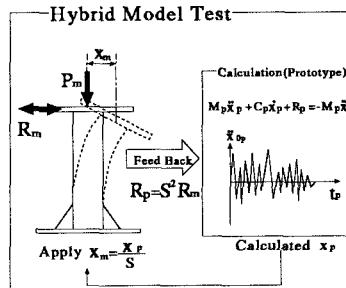


Fig.2 Procedure 1

手法2: 供試体モデル解析型手法 数値計算を供試体のパラメータを用いて行う。計算された変位は供試体の値となるため、そのまま供試体に与え、供試体からフィードバックする復元力もそのまま取り込む。入力地震波は実地震波の加速度を S 倍し、時間ステップを $1/S$ 倍した値を用いる。

手法3: 周波数特性同調解析型手法 （その1） 数値計算は供試体のパラメータを用いて行うが、周波数特性（固有円振動数）を実橋と供試体で同調させるため、質量は $M_m = K_m / K_p \cdot M_p$ で算出される値を用いる。 M は質量、 K は剛性、添字の m は供試体を、 p は実橋を表す。入力地震波としては実地震波を用いる。

手法3:周波数特性同調解析型手法
 (その2) 数値計算に入力するパラメータは、(その1)と同様であるが入力地震波として実地震波の加速度を $1/S$ 倍したものを用いる。

これらの各手法を用いることによる応答値への影響としては、計算機と実験装置の間で、相似則に従った数値変換をする場合の数値の丸め等が考えられる。以上の手法の中で、手法1の概念図のみをFig.2に示す。

4. 実験結果による比較

実験は地震波として建設省土木研究所の作成したLevel 2 地震波で地盤種IIおよび地盤種IIIを入力し、供試体としてU70-40H(フランジ幅厚比パラメータ0.7、細長比パラメータ0.4)を用い、道路橋示方書に従って1次設計した軸力をかけて行った。また、実験手法として地盤種IIの場合に手法1と手法3(その2)を、地盤種IIIの場合に手法1、手法2を用いた。実験結果として手法1,3(2)および手法1,2の時刻歴変位波形をFig.3に示す。また、Fig.4に地盤種II、手法1の復元力履歴ループを示す。Fig.3より、Level 2 地震波を入力した場合の弾塑性地震応答の挙動に関して、波形はよく一致しており、手法1,2,3(その2)の各手法による応答値に違いはないと言える。このことより、実験中に計算機と実験装置の間で行われる数値の変換による影響はないと考えられる。

5. 数値解析による比較

応答解析には、昨年度考案されたひずみ硬化型モデル[1]を復元力モデルとして用い、地震波としては地盤種IIのものを用いた。数値解析による応答波形は、手法1,2,3(その2)で一致していた。即ち理論的にはこの3つの手法は、全く同一の応答を与えることが判った。Fig.3 Time-History of Displacement

また、手法3(その1)を用いた場合には、供試体は弾性域を超えた後に応答変位は発散し、破壊に到ってしまった。つまりこの手法は実験に用いることは不可能であることが分かる。これは、実橋と供試体の相似関係を考えると、実橋に対して実地震波の加速度を S 倍した地震波が入力された形になっているためである。解析例として、地盤種IIの地震波入力時の手法1を用いた結果をFig.5に示す。

参考文献

- [1] 寺田昌弘、宇佐美勉、鈴木森晶：土木学会 第48回年次講演会、平成5年9月
- [2] 伯野元彦ら：ハイブリッド実験の応用マニュアル、平成2年3月

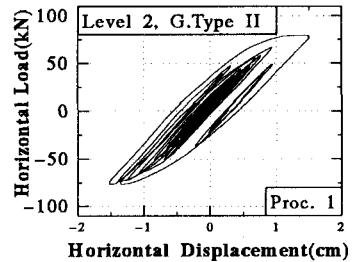
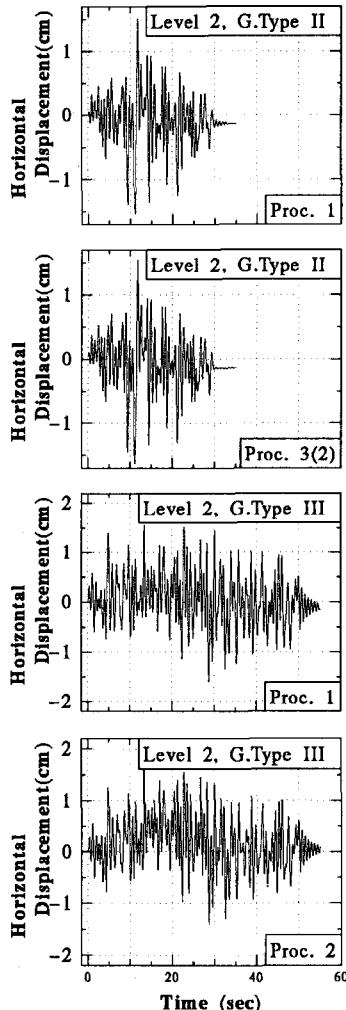


Fig.4 Hysteretic Curve

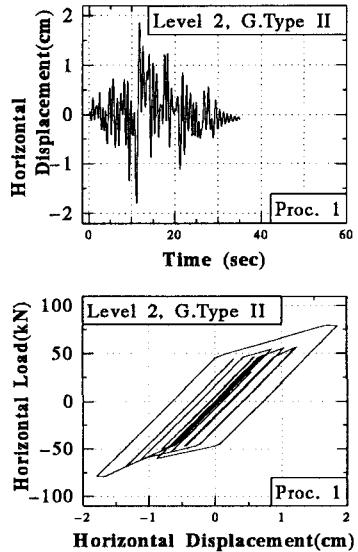


Fig.5 Analyzed Response