

## 水管橋の実大レベルにおける減衰特性の振幅依存性に関する実験的研究

福井工業大学 正会員 ○竹田 周平  
 国土交通省 正会員 河内 昭徳  
 金沢大学 正会員 池本 敏和  
 金沢大学 正会員 宮島 昌克

### 1. はじめに

水管橋はライフラインの中でも重要度の高い構造物であり、地震後の通水機能を確保するための耐震性能を確保する必要がある。この水管橋における耐震基準<sup>1)</sup>は既往の研究事例が少ないことから、動的解析で重要なパラメータである減衰定数は道路橋示方書・同解説<sup>2)</sup>に準じたものとなっている。近年では、振動模型を用いた実験<sup>3)</sup>より、定性的であるが減衰定数の振幅依存性が報告された。しかしながら、実橋レベルにおける減衰定数の振幅依存性について検討されたものはこれまでに見当たらない。このため実大レベルの橋を対象とした振幅依存性に関する検証も重要である。以上より、本研究では既往の研究より発展させるために、振幅依存性に着目した減衰特性を探求することを目的として、逆三角形トラス形式の水管橋における振動実験を行った。

### 2. 振動実験の概要と対象橋梁

今回対象とした橋梁は、支間長  $L=34.40\text{m}$  の汎用的な水管橋である。構造形式は、配水管を上部構造の下弦材として兼ねた逆三角形ワーレントラス補剛形式で、両端は橋台に支持されている。地盤特性は沖積層が比較的厚く堆積する軟弱地盤上に位置し、支承構造は鋼製支承による固定可動型である。また、点検用歩廊が上弦材の上に全区間にわたって設置されており、実験中の加振はこの歩廊上で行った。写真-1 に対象橋梁の全景を示す。今回の実験では、振幅依存性に着目して実験するために、自由振動を開始させる初期振幅をコントロールすることが重要となる。すなわち、上部構造の剛性が大きいと人力によるパワーでは大きな振幅を与えることが難しい。そこで今回選定した対象橋梁は、あらかじめ人力による振動実験を行い、目標とする振幅が発生させることが可能であると検証している。振動実験は、上部構造のスパン中央で人が鉛直方向の振動数に合わせて屈伸を繰り返し行い、目標とする鉛直方向の振幅に達した時点で屈伸を静止、その後の自由振動を記録する方法とした。また今回の実験では、屈伸回数等を調節しながら振幅の異なる自由振動波形を発生させた。スパン中央における振幅計測はスパン中央から河床に錘を吊し、その下(河床付近)に設置した接触型変位計により計測した。また、可動支承部にも接触型変位計を橋軸方向に設置して、上部構造の自由振動時の可動支承の水平変位を計測した。写真-2 に河床に設置した計測機器の設置状況を示す。この様に河床付近には脚立を強固に固定し、振幅による変位を確実に計測できるように実験を行った。

### 3. 実験結果

表-1 に各グループの分類と7つのグループ内におけるデータ数(データ総数は69)の関係を示す。また、



写真-1 対象橋梁



写真-2 計測機器の設置状況

表-1 グループの分類とデータ数

グループ	1	2	3	4	5	6	7	合計
最大Acc. (gal)	~50	50~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 250	250~ 300	300~ 350	
データ数	12	17	14	16	5	3	2	69

キーワード 水管橋, 振動実験, 減衰特性, 振幅依存性

連絡先 〒910-8505 福井県福井市学園 3-6-1 TEL : 0776-29-2710 (直)

図-1 にグループ 7 におけるスパン中央の鉛直方向の時刻歴変位波形を、図-2 にその波形による振動波数と変位との関係を示す。減衰定数の算定方法は、各変位波形の振動波数とピークとの相関関係から、振幅減衰比法によって算定した。また、図-3 にグループ 7 における変位図の拡大を示す。この図に示すように、振動波数の定義は最大変位を示す {1} を 1 波目とするのではなく、指数関数的な減衰を開始する①を 1 波目と定義し、そこから 10 波目までの波形を対象とした。図-2 の振動波数とピークとの関係より、振幅のプロットが指数近似直線上に位置していることから指数関数的に減衰する結果を得た。図-4 に各波形の最大変位と減衰定数との相関関係を示す。この図から最大変位が大きくなるにつれて減衰定数も大きくなっていることが判る。すなわち、減衰定数は振幅に依存していると考えられる。また減衰定数は、振幅が最も小さな場合の  $h=1\%$  程度と最も大きな場合の  $h=4\%$  と比較し振幅の増大に伴い変化する結果を得た。既往の実験結果<sup>3)</sup>と合わせて考えると、水管橋の様な道路橋と比較し剛性が低い構造では、振幅増加に伴い減衰特性も大きくなると推測できる。また図-5 に各グループの代表的なフーリエスペクトルを示す。この図より、振幅が大きくなると卓越ピークが低い振動数へと変化する。すなわち、上部構造の鉛直剛性が低下する結果を得た。今回の実験では、塑性するような振幅でないため、この振動数の変化はトラス構造の幾何学的非線形の影響によるものと推測できる。また、1~1.5mm 程度の非常に小さな振幅においても振動数が低下することが判った。

4. まとめ

本研究では、これまでに調査されていない実大レベルを対象に振幅を変化させて自由振動実験を行い、減衰特性や振動数との相関関係について調査した。ここで得られた結果を以下に示す。

- ・ 上部構造の減衰定数は振幅に依存して大きくなり、このときの最大減衰定数は  $h=4\%$  程度であった。
- ・ 振幅の増加と共に上部構造の振動数も変化した。これらは幾何学的非線形の影響と推測できる。

参考文献

- 1) 水管橋設計基準 (耐震設計編) WSP064-97、日本水道鋼管協会、平成9年9月。
- 2) 道路橋示方書・同解説 耐震設計編、平成14年3月。
- 3) 河内昭徳他：鋼単純スパンを対象とした橋梁構造の減衰性能に関する実験的研究、第11回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、2008.1。

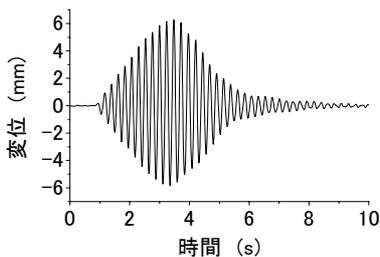


図-1 時刻歴変位波形 (グループ 7)

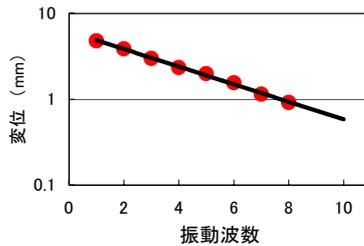


図-2 振動波数と変位の関係 (グループ 7)

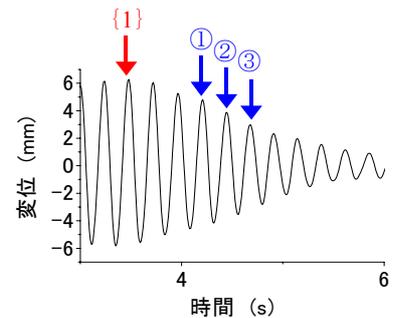


図-3 時刻歴変位図の拡大 (グループ 7)

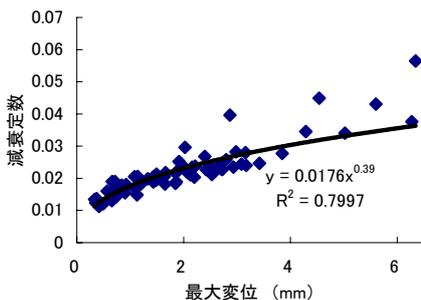


図-4 最大変位と減衰定数との関係

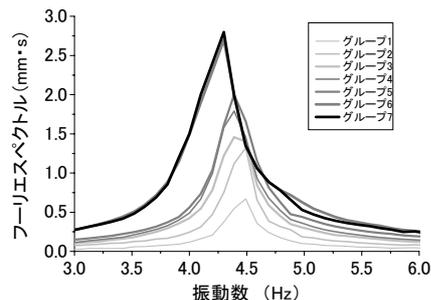


図-5 各グループのフーリエスペクトルの関係