常時微動に基づく橋脚−基礎−地盤系の振動性状特性

日本大学 正 中村 晋
宇都宮大学大学院 正 中島章典

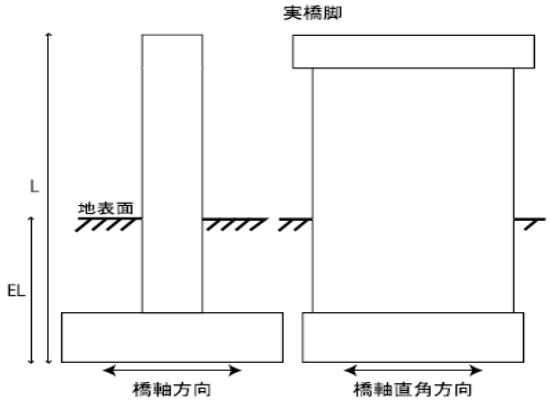
1．はじめに

1995年兵庫県南部地震以降，橋脚の耐震設計はレベル 1 地震動，レベル 2 地震動という 2 つの水準の地震動に対して実施する 2 段階設計法が用いられるようになった．レベル 2 地震動に対する照査では，構造物が人命に損傷を与える可能性のある破損を生じないことを目的とし，強い揺れに対する構造物の揺れを動的解析などより推定することにより行われている．橋脚の地震時応答を精度よく推定するためには，解析に用いる橋脚，さらに基礎と地盤間の動的相互作用のモデル化を適切に行うことが必要となる．その評価には，地震観測や実験に基づいた研究がこれまでに実施されているが，両者とも多くの費用が必要となり，観測が制約されることや実大規模の実験を行うことが困難であることなどの課題がある．このことから，より簡易に橋脚 - 基礎 - 地盤系の振動性状について分析を行うことが必要である．

ここでは，橋脚 - 基礎 - 地盤系の振動性状のうち，動的相互作用に関する地盤バネや減衰特性の評価に必要な周波数応答関数を地震による揺れではなく，簡易に調査可能な常時微動に基づいて評価[1)]を行うため，周波数応答関数の評価手法について検討を行った．分析に用いたデータは，宇都宮市内の上部構造架設前の単柱橋脚を対象として2006年に実施した常時微動の測定[2)]により得られたものである．

2．測定対象とした橋脚の諸元

宇都宮市内の鬼怒川横断するために，現在建設中の新鬼怒川渡河橋の橋脚を常時微動計測の対象とした．橋梁は上部構造，支承および18の下部構造からなり，橋長は 920m である．上部構造はそれぞれ 4 ，7 ，6 径間連続非合成鋼板桁構造形式であり，橋脚は図-1 に示すように小判型の断面形状をした張り出し式 RC 橋脚，基礎は直接基礎である．周辺地盤は，表層に沖積砂質土，沖積砂礫，および基盤層である泥岩が分布している，測定は上部構造架設前に 2 回実施し，5 月に P7と P11 橋脚の 2 橋脚，11月にP6から P10 橋脚の 5 橋脚にて実施した．表-1 に各橋脚の根入れ長さ等を示す．



図−1 橋脚概要

表 −1 橋脚高さと根入れ長さ

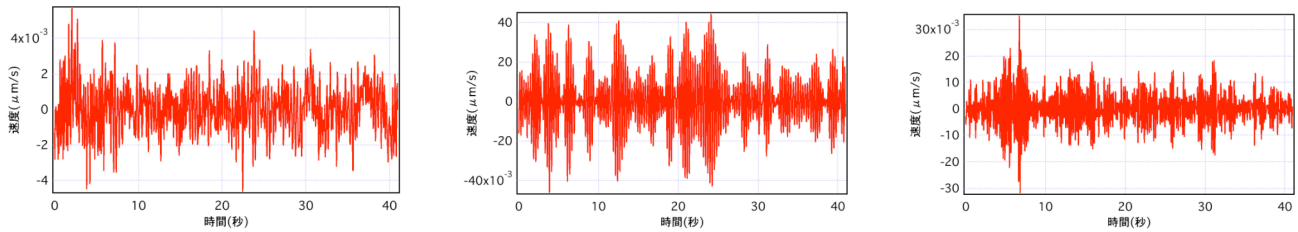
橋脚名	P6	P7	P8	P9	P10
L (m)	20.1	21.1	22.0	23.0	24.0
EL (m)	10.4	9.9	9.1	9.6	11.1

3．周波数応答の評価方法

橋脚の振動特性のうち，地盤と橋脚頭部との間の周波数応答性状を把握するために，橋脚の頂部位置と地表面位置の 2 箇所に速度計を設置し，橋軸方向，橋軸直について常時微動を同時に測定した．測定は時間隔歴を 0.01 秒とし，180 秒間実施した．

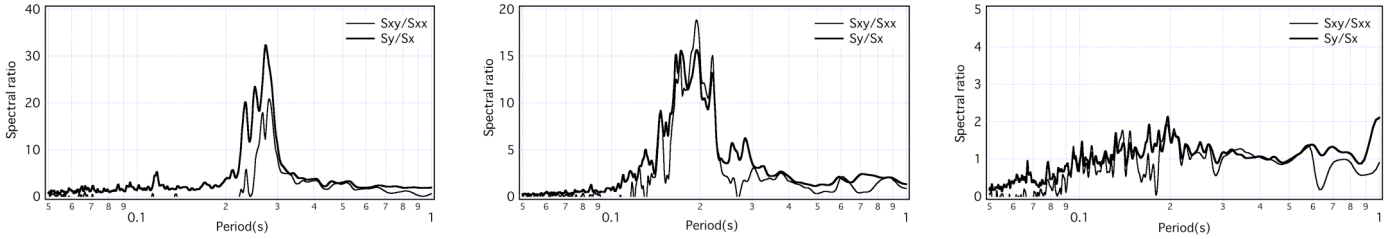
周波数応答は，この計測結果に基づき 2 種類の方法で算出した．一つは，単にフーリエスペクトル比による方法であり，式 (1) に示すように橋脚側面の地表，橋脚頂部で計測した速度波形 g(t) ， f(t) のフーリエスペクトルG(ω)，F(ω)の比として算出する方法である．他の方法は，式 (2) に示すように橋脚の振動に含まれる地盤の揺れに対する振動以外の影響を除くため，橋脚頭部と地面の間の同一方向成分間のクロススペクトル $S_{fx}(\omega)$ と地表面上の記録のパワースペクトル $S_{ff}(\omega)$ とのスペクトル比として算出する方法である．

$$Z(\omega) = F(\omega)/G(\omega) \qquad (1) \qquad Z(\omega) = S_{fx}(\omega)/S_{ff}(\omega) \qquad (2)$$



(a) 橋軸方向　　(b) 橋軸直角方向　　(c) 鉛直方向

図-2　P9橋脚頭部で観測された微動波形



(a) 橋軸方向　　(b) 橋軸直角方向　　(c) 鉛直方向

図-3　周波数応答関数の比較

4. 周波数応答関数に関する解析結果の比較

まず，常時微動測定により得られた記録のうち，P9橋脚頂部で測定した，橋軸方向，橋軸直交方向および上下方向の観測波形を**図-2**に示す．地表面における波形と比べた結果，水平成分についてみると橋脚頂部と波形は互いに異なり，地表面の波形の周期が長く，鉛直方向のそれぞれの波形の周期はほぼ同じであった．

次に，2つの方法により求めた橋軸方向，橋軸直交方向および上下方向に関する周波数応答関数の比較を**図-3**に示す．図中の記号S_y/S_xはフーリエスペクトルを使ったスペクトル比，S_{xy}/S_{xx}はクロススペクトルに基づくスペクトル比を表している．橋軸方向，橋軸直角方向，特に橋軸方向においては，S_{xy}/S_{xx}で周期 1.8 秒に明瞭な卓越が認められるが，S_y/S_xでは周期 1.3 から 1.8 秒の間にスペクトル比の大きな周期が複数認められ卓越周期の評価が困難となっている．一方，鉛直方向では，S_{xy}/S_{xx}がS_y/S_xよりスペクトル比のピークが明瞭に現れるものの，両者のスペクトル比は同程度であり，両者の差異は小さいことが分かる．

５．まとめ

ここでは，常時微動により得られたフーリエスペクトルの比とクロススペクトルを使ったスペクトル比に基づいて橋脚 - 基礎 - 地盤系の振動性状のうち周波数応答関数の評価を行った．ここでは，フーリエスペクトル比による方法とクロススペクトル比に基づく方法とにより得られるスペクトル比の大きさ，さらに卓越周期などは異なることが明らかになった．

参考文献

1) 飯場正紀・藤井睦・小山信・境茂樹・渡壁守正・保井美敏：常時微動を利用した住宅建物の動的相互作用効果の評価，第12回日本地震工学シンポジウム， pp.670 ， 2006

2) 中島章典・角田真彦・中野貴代美・中村晋・長瀬政明：常時微動計測を用いた RC 橋脚の振動特性に関する検討，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 .pp. 2008