模型実験に基づく橋梁・高架橋の減衰定数と地中部の振動寄与率の関係

（公財）鉄道総合技術研究所　○石橋利倫，坂井公俊，生井貴宏，西岡英俊，小島謙一

１．はじめに

鉄道橋梁・高架橋の地震応答を精度よく評価するためには，対象とする構造物の振動特性（固有周期，減衰）を適切に把握することが重要である．このうち構造物の減衰定数については，未だに未解明な部分が残されている．こうした中で筆者らは，構造物全体系の振動に与える地中部の振動の寄与率（これを振幅比αと定義する）が大きいほど，構造物全体系の減衰定数が大きくなることを確認[1)]するとともに，構造物全体系の減衰の合理的な設定法を提案している[2)]．本検討では，模型橋脚の土被り厚を徐々に変化させた実験[3)]に対して振動計測を実施し，同一構造物における振幅比αと減衰 h の変化を整理することで，既往の減衰設定法の有効性を確認する．

２．模型実験，振動計測の概要

模型橋脚は，実物大の 1/10 スケールを想定した橋脚 3 基を桁で繋いで構築した．実験の詳細は文献 3)を参照されたい．模型全体の寸法概略を**図 1** に示すが，土被り厚がゼロ（地盤上面が基礎下端位置）の状態から**表 1** に示すように段階的に土被り厚を変化させることとした．本検討では P2 橋脚を対象として，橋脚天端と基礎上端，自然地盤の計 3 地点で同時微動観測を実施した（**図 1**）．微動観測は高感度加速度計を用いることとし，各ケースの静穏な時間帯に連続して 1 時間計測（200Hz サンプリング）している（**図 2**）．

データ整理の手順としては，まず全データを 4096 個ずつのデータに分割するとともに，加速度パワーの小さな 20 データセットを用いてそれぞれフーリエ変換，Parzen window（ウインドウ幅 0.2Hz）処理を行う．各位置のフーリエ振幅スペクトルを同一時間の自然地盤におけるフーリエ振幅で除するとともに，全結果の平均値を算定することで，各箇所の周波数応答関数として取り扱う．

続いて，得られた橋脚天端位置の周波数応答関数からピー

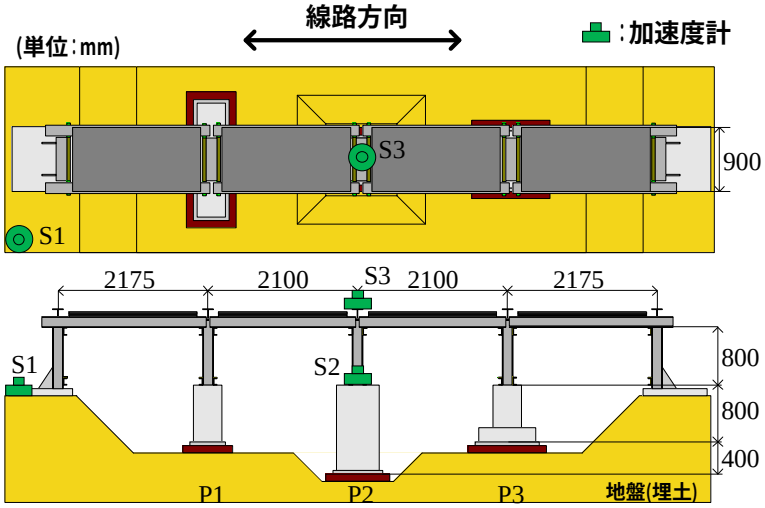


図1　橋脚模型の概要と加速度計の設置位置

表1　試験ケース一覧と振動特性の同定結果（P2橋脚）

Case	土被り厚(mm)	固有振動数f(Hz)		減衰定数h		振幅比α	
		直角方向	線路方向	直角方向	線路方向	直角方向	線路方向
0	0	8.74	11.67	0.016	0.019	0.00	0.00
1	250	9.77	12.06	0.009	0.015	0.11	0.11
2	450	10.84	12.74	0.013	0.012	0.20	0.17
4	850	13.92	16.11	0.038	0.033	0.34	0.21
5	1050	15.04	17.97	0.070	0.042	0.43	0.17

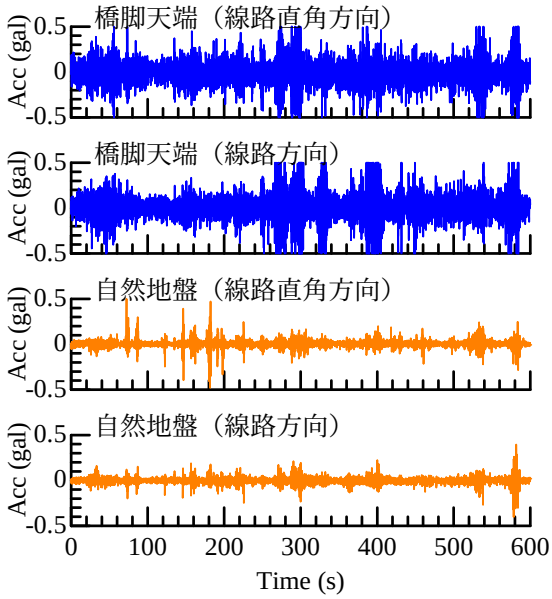


図2　時刻歴波形の例（Case0）

キーワード　橋梁・高架橋，減衰定数，振幅比，模型実験
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　（公財）鉄道総合技術研究所 地震動力学　TEL042-573-7394

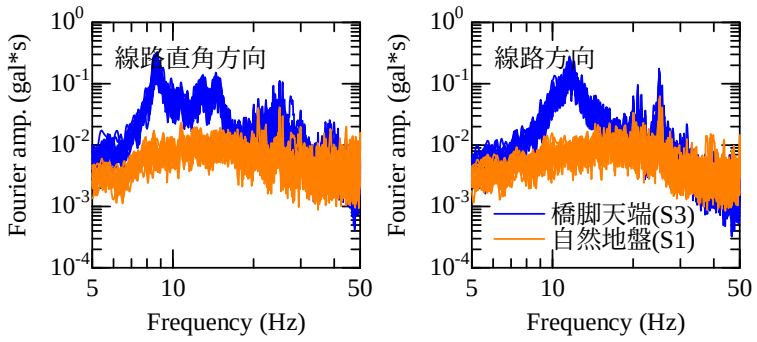
ク振動数を目視で読み取るとともに，カーブフィット法によって減衰定数を同定した．さらに，このピーク振動数における橋脚天端の周波数応答関数の値で，基礎上端位置の周波数応答関数を正規化することで，各ケースの地表位置の振幅比αを算定した．この時，基礎の変形は回転挙動のみ考慮することとし，基礎下端の水平変形，基礎の曲げ変形の影響は無視した．橋脚の曲げ変形は考慮する．Case0 を対象としたデータ整理手順の概要を**図 3** に，全ケースの橋脚天端位置の周波数応答関数を**図 4** に示す．

3．振幅比αと減衰定数 h の関係

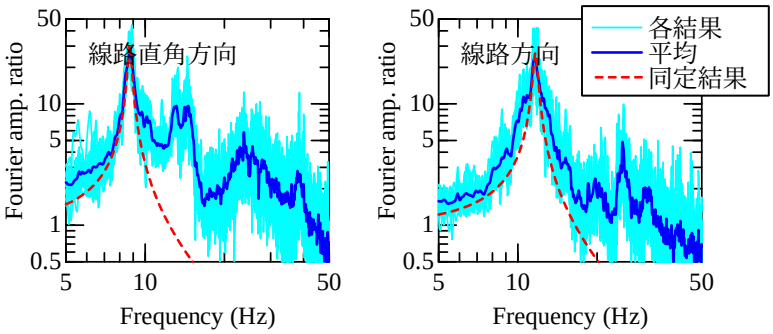
振幅比αと減衰定数 h の関係をまとめて**図 5** に，実際の値を**表 1** に示す．この図には，多数の鉄道橋梁・高架橋を対象に同様の検討を行った結果[1)]も示している．

これらの結果を見ると，まず若干ばらついているが，土被りが厚くなるほど振幅比α，減衰定数 h とも徐々に大きくなっていることが分かる．これは土被りが厚くなるに従って，構造物全体の振動特性の主体が地上部から地中部に移行することで，地下逸散減衰の効果が顕著になってきたためであると考えられる．また，既往の実構造物を対象とした評価結果とも調和的な傾向を示している．本結果は，当然のように同一構造，同一地盤に対する評価であり，振幅比αによって減衰定数 h を簡易に評価する手法の有効性を改めて確認した結果と捉えることができる．

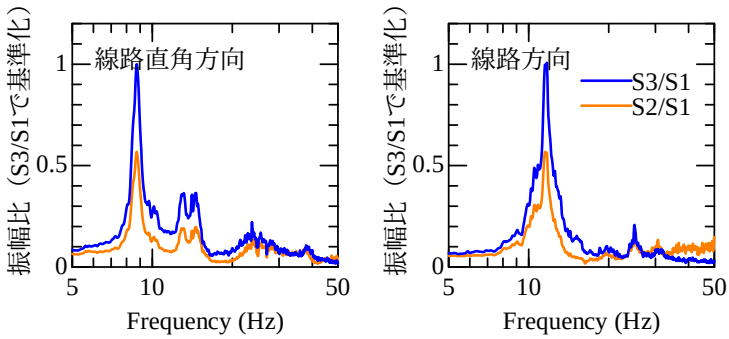
参考文献　1) 和田，坂井，室野：土木学会論文集，2018. 2) 石川，坂井，和田，小島，室野，北村：鉄道総研報告，2017. 3) 生井，西岡，佐名川，上野：地盤工学研究発表会，2018.



(a) フーリエ振幅スペクトル

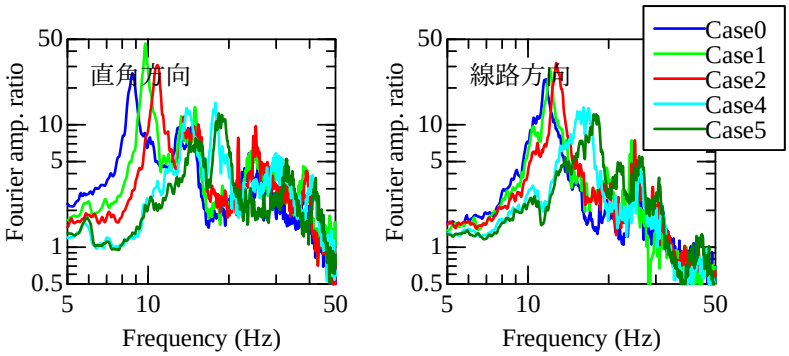


(b) フーリエ振幅比（S3/S1）と振動特性の同定結果



(c) 振動寄与率の評価結果（基礎上端位置）

図3　フーリエスペクトルの整理手順の例（Case0）



(a) 線路直角方向　　(b) 線路方向

図4　周波数応答関数の総括（S3/S1）

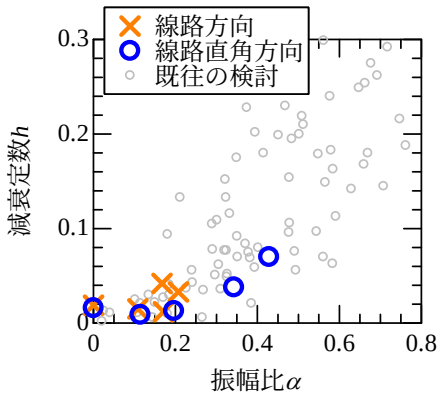


図5　振幅比αと減衰定数hの関係