

東日本旅客鉄道(株)仙台支社設備部工事課 正会員 橋内真太郎
東日本旅客鉄道(株)仙台土木技術センター 正会員 茂木 初邦

1.はじめに

鉄道橋りょう橋脚は、戦前等に建設されたものが多く、そのほとんどが直接基礎または木杭基礎となっている。よって、鉄道橋脚は河川増水による洗掘の被害を受けやすい。JR 東日本管内における近年の大規模な橋りょう橋脚洗掘災害には、平成7年の田沢湖線六枚沢橋りょうの橋脚洗掘傾斜災害、平成9年の花輪線長木川橋りょう橋脚洗掘倒壊災害がある。これら二つの洗掘災害では列車の輸送に支障をきたし、長期間の運転中止を余儀なくされた。また、運転中止にいたらないまでも、多くの河川で洗掘の報告がされている。

このような洗掘は上流部の環境変化等の要因により発生するが、橋脚基礎における地盤の強度も要因の一つとして考えられる。岩盤のように地盤同士が密に接していれば強度があり、洗掘は発生しにくい。逆に、砂礫地盤のように地盤同士の接しかたが疎ならば強度がなく、洗掘は発生しやすくなる。このことから、地盤の強度がわかれば、洗掘の発生しやすい地盤かどうかの判定基準となる。しかし、実際に地盤の強度の判定を行うとなると、目視での確認では正確に判断できず、ボーリングによる調査では莫大な費用がかかる。よって、洗掘に対する橋脚の健全度判定で行われる衝撃振動試験の結果が、地盤と橋脚間のバネ係数の違いなどにより変化することからそのデータを使用することで、橋脚基礎地盤の強度の判定ができるようにすることを研究の目的とした。

2.減衰定数の算出と橋脚基礎地盤の判定

衝撃振動試験は、橋脚の振動によって得られたデータから、フーリエスペクトルおよび位相差スペクトルから固有振動数を求める試験である。一般に、橋脚基礎周辺の洗掘または地盤沈下による支持力低下等の変状が固有振動数の低下となって現われるが、同じようにその橋脚が置かれている基礎地盤の強度の影響も、固有振動数に変化として現われ、それと相対する位相差スペクトルにも変化として現われると考えられる。よって、固有振動数または位相差スペクトルと地盤の強度との相関関係がわかれば、基礎地盤の強度の判定が可能と考える。ここで、固有振動数を ω_0 、減衰定数を h とすると、位相差は次の式で表わされる。

$$\phi_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{2h(\omega/\omega_0)}{1 - (\omega/\omega_0)^2} \right\}$$

ここで、砂礫地盤は空隙がダッシュポットの役目となり減衰は大きくなり、位相差と関連がある減衰定数も大きくなる。逆に、岩盤は密のためにダッシュポットの役目は薄れ減衰は小さくなり、減衰定数も小さくなると考えられる。また、位相差スペクトルは減衰定数によって、表される形状が異なってくる。そこで、衝撃振動試験で得られたデータから測定現場で減衰定数を求めることが可能のように、フーリエスペクトルのピーク値の振動数から1.1倍の振動数での位相差、0.9倍の振動数での位相差を求め、その比から減衰定数を求めることにした。

ここで、明らかに基礎地盤が岩盤と考えられ橋脚の位相差スペクトルは図1になる。そして、この橋脚基礎地盤の減衰定数を上記の方法で求めると0.018となる。また、衝撃振動試験のデータから、直接および木杭基礎橋脚266基の振動数と減衰定数の関係をみると図2になる。岩盤と考えられる橋脚では、減衰定数がほぼ0.1以下となり、0.15以上では岩盤と考えられる橋脚はみられなくなる。このことから、岩盤橋脚のように強度のある基礎地盤の減衰定数は相対的に低い値になるということが出来る。

3.減衰定数による地盤判定への指標

しかし、岩盤橋脚も含めて、橋脚基礎地盤の強度を実際に判定をするとなると基準となる数値が必要になる。ここで、岩盤橋脚は洗掘の被害を受けにくい地盤となっていることから、岩盤橋脚の減衰定数の数値が、橋脚基礎

キーワード 洗掘、衝撃振動試験、位相差、減衰定数

連絡先 980-8580 仙台市青葉区五橋 1-1-1 022-266-9636 022-214-7512

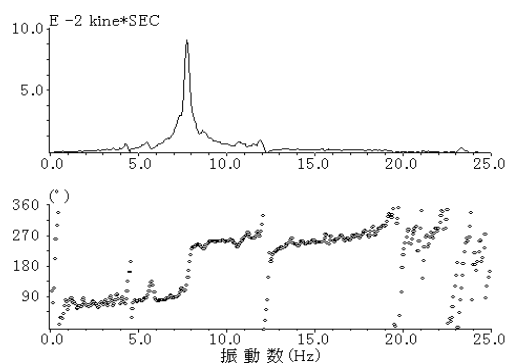


図1 岩盤橋脚の位相差

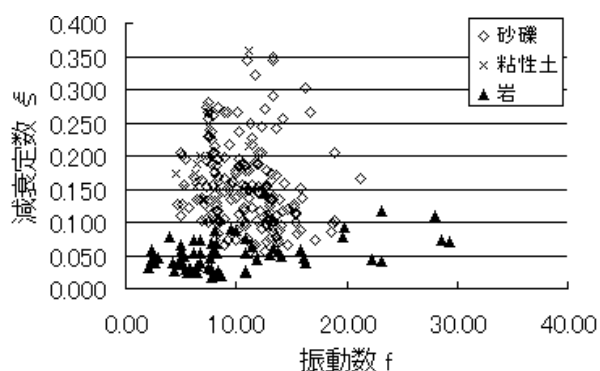


図2 橋脚基礎地盤の減衰定数

地盤において地盤の強度があるかどうかの判定の基準になると考える。このことから、図2において岩盤橋脚の減衰定数の上限と考えられる数値を抽出して近似式を求めた。その結果、固有振動数を f とすると式は次のようになる。

$$h_0 = 0.0013f + 0.0759$$

よって、各橋脚の減衰定数が、この近似式から導かれる数値以下ならば、岩盤橋脚と同じように基礎地盤の強度があると判定することができる。ここで、減衰定数が0.1以下で橋脚基礎地盤が砂礫地帯の橋脚をみると、もともと地盤が良好であるか、根固め工が設置されているなどして、基礎地盤の強度がある橋脚となっている。

4.健全度判定への減衰定数の活用

また、同じように減衰定数を次のように用いることが可能と考える。

橋脚の健全度は固有振動数とその橋脚における固有振動数の標準値の比から判断しているが、健全度が良好と判定される橋脚においても、洗掘が進行している橋脚がある。このような橋脚はその形状などにより標準値を適用しにくい橋脚になっている。ここで、その橋脚における減衰定数を見ると、大きな値を示しており、橋脚基礎地盤は、強度がなく、洗掘が進行する可能性があるかと判断できる。このように標準値が当てはめにくい橋脚では、固有振動数の代替として減衰定数を使用し、健全度を判定することも可能と考える。

根固め工を設置した橋りょうにおいても、周辺の河床低下により、根固め工付近の土砂が吸い出され、機能の低下が発生している。実際に古い根固め工を撤去し、新たな根固め工を設置した橋脚で、減衰定数を比較すると、古い根固め工では0.116だったのが、施工後は0.098となり、新たな根固め工により橋脚基礎地盤の強度が上がったと言える。また、橋脚の健全度判定においては、根固めをしても橋脚の根入れ量に大きな変化が生じなければ、固有振動数への変化は現われにくいことから、根固め工施工後の判定の一つとして減衰定数を使用し、その変化があるかどうかによって、根固め工の施工状態を判定する方法も可能と考える。

5.まとめ

橋脚の洗掘は、様々な要因により発生することから、一つの値から洗掘が発生するかどうかの判定は難しいが、減衰定数を調べることにより、橋脚基礎地盤の強度の判定ができるものと考え。その判定基準として、岩盤橋脚の減衰定数より、地盤の強度があるかどうかの基準としての近似式を求め、地盤の強度の判定基準とすることを提唱する。これにより、その橋脚基礎地盤が洗掘の被害を受けやすいかどうかの判定が可能と考える。

また、固有振動数から健全度判定を行えない橋りょうにおいて、代替の数値として減衰定数も用いることができ、根固め工の施工状況についても、根固めの状態が良好に機能しているかどうかの判定をする際に、減衰定数が有効と言える。

【参考文献】1.小野桂寿：衝撃振動試験を用いた河川増水時の橋脚洗掘判定について、日本鉄道施設協会誌 2000年1号、pp88～91、2000.1

2.西村昭彦、棚村史郎：既設橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究、鉄道総研報告、Vol.3、No.8、1989.8