

鋼製橋脚のコンクリート巻立てによる減衰性向上策に関する基礎的研究

宇都宮大学大学院 学生員 ○丸山祥平 フェロー会員 中島章典
学生員 Reem Al Sehnawi 非会員 中川大輔

1. はじめに

東日本大震災に際して新幹線の脱線事故が発生した。この事故の原因として、事故現場付近の鋼製橋脚の減衰性の低さが挙げられた¹⁾。このような脱線事故を防ぐためには、鋼製橋脚の減衰性を向上させる必要がある。ダンパー等を用いる対策²⁾もあるが、橋脚そのものに施せる、より簡単な減衰性向上策はあまり検討されていない。

そこで本研究では、鋼製橋脚模型を用いて、橋脚の減衰性を向上させる対策を実施し、その効果の有効性を検討する。

2. 試験対象

(1) 試験体詳細

ここでは、図-1の左側に示す試験体を用いた。その詳細を表-1に示す。この試験体の橋脚部材には鋼管を使用した。その断面形状は図-2に示すように長方形断面とし、断面の板厚は2.3mmとした。このような試験体を2つ作製し、以後それぞれ橋脚1、橋脚2とする。またおもりを載せた状態でも実験を行った。そのおもりを図-3に示す。

(2) 減衰性向上案

今回、減衰性を向上させる方法として、実橋脚でも実現可能なようにコンクリートを橋脚部材に巻きつけるという方法を考案した。しかし、この模型では、巻く厚さを考慮して、モルタルを用いて実験を行った。モルタルを巻く厚さは、橋脚1で5mm、橋脚2で10mmとし、その高さは橋脚1、橋脚2ともに530mm程度となるようにした。これらの試験体に対し振動実験を行った後、モルタル部の高さが353mm程度となるように高さを減らし、その状態での振動実験を再度行った。その試験体の状況を図-1の中央および右側に示す。

表-1 断面諸量

部材	寸法 (mm)	単位体積重量 (kN/m ³)
橋脚部材	1590 × 100 × 50	76.9
下鋼板	19 × 300 × 300	76.5
おもり	48 × 150 × 280	77.1

3. 振動実験

(1) 実験方法

橋脚模型の頂部に加速度計を設置し、頂部をハンマーで叩くことにより、微小振幅からより大きな振幅までの大きさの加速度を発生させた。そこから得られた模型頂部の加速度の自由振動波形より減衰定数を求め、その大きさをモルタル打設前後で比較し、減衰性向上の効果を確認した。なお、振動実験はそれぞれの橋脚に対し、おもりを載せない状態と載せた状態でを行った。また自由振動実験の後、実地震波を用いて強制振動実験を行った。

(2) 実験結果

自由振動実験で得られた結果を図-4～図-6にまとめる。なお、図中のNMがモルタルを巻く前、MHがモルタル部の高さを減らす前、MLがモルタル部の高さを減らした後である。図-4は固有振動数と最大応答加速度の関係、図-5、図-6は減衰定数と最大応答加速度の関係をそれぞれ

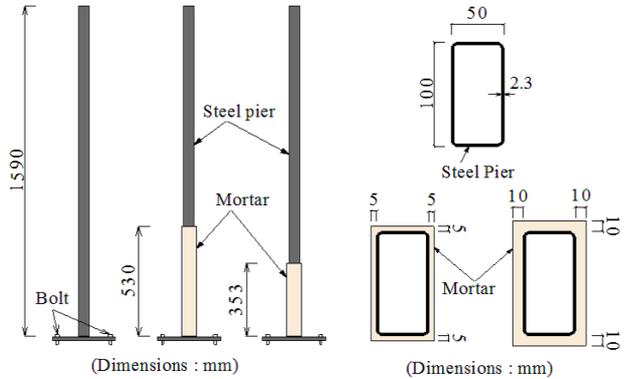


図-1 試験体

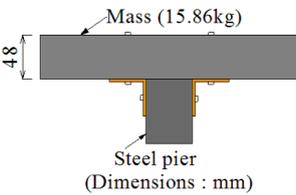


図-3-a 側面図

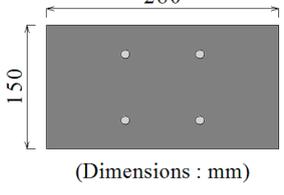


図-3-b 上面図

図-3 試験体上部拡大図 (おもり設置時)

示す。図-4よりモルタルを巻く前では固有振動数はほぼ一定であり、モルタルを巻いた状態では最大応答加速度が大きくなるにつれ、固有振動数は小さくなるという傾向が見られた。固有振動数はモルタルを巻く厚さが厚い程、高さが高い程大きくなる傾向を示した。これはモルタル量の増加に伴い、橋脚の剛性と質量が増加したが、質量よりも剛性の寄与が大きかったためであると考えられる。

図-4-bより、図中のMHの固有振動数が、最大応答加速度 5m/s² と 20m/s² 付近で顕著に下がっている。これは橋脚2の橋脚基部において、モルタルと下鋼板との付着が弱くなったためであると考えられる。

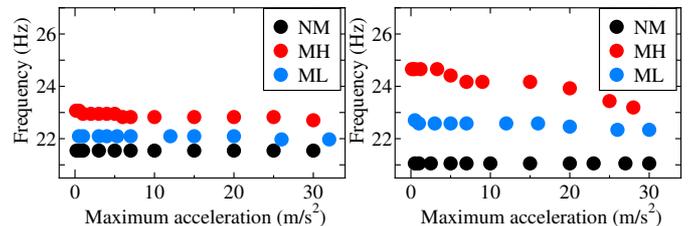


図-4-a 橋脚1-おもりなし

図-4-b 橋脚2-おもりなし

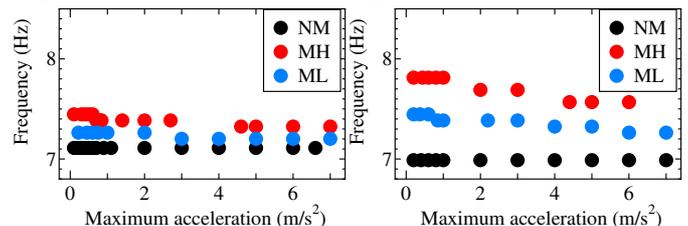


図-4-c 橋脚1-おもりあり

図-4-d 橋脚2-おもりあり

図-4 固有振動数と最大応答加速度の関係

Key Words: 鋼製橋脚 振動実験 減衰性向上策 コンクリート巻立て

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科地球環境デザイン学専攻 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

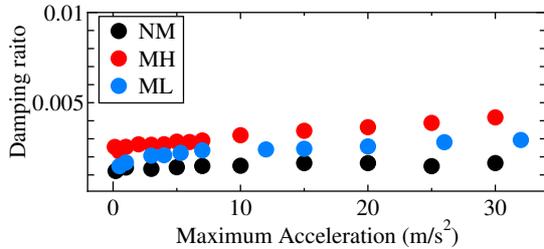


図-5-a 橋脚1 (モルタル厚 5mm)

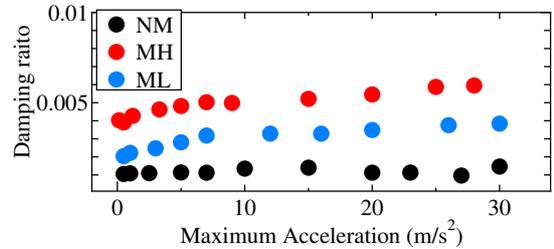


図-5-b 橋脚2 (モルタル厚 10mm)

図-5 減衰定数と最大応答加速度の関係 (おもりなし)

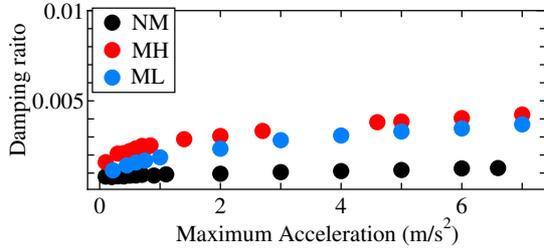


図-6-a 橋脚1 (モルタル厚 5mm)

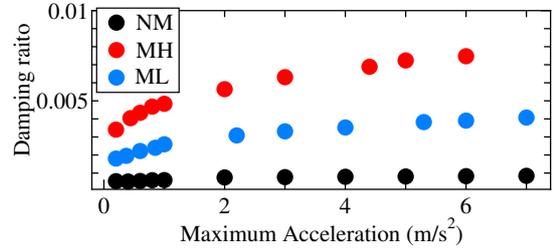


図-6-b 橋脚2 (モルタル厚 10mm)

図-6 減衰定数と最大応答加速度の関係 (おもりあり)

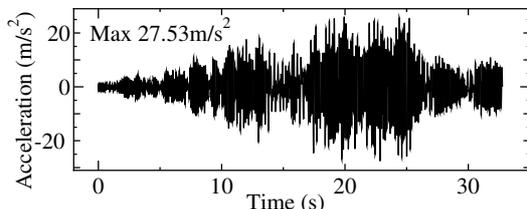


図-7-a モルタルなし

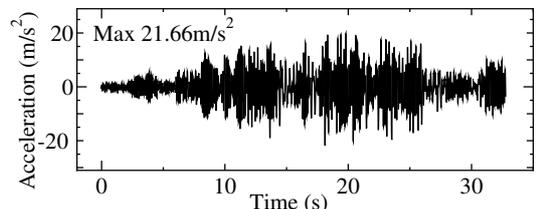


図-7-b モルタルあり

図-7 強制振動実験

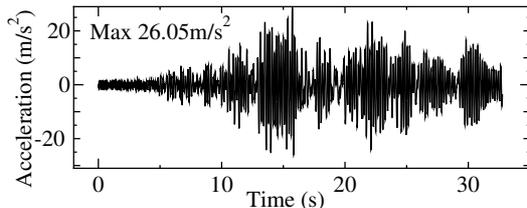


図-8-a モルタルなし

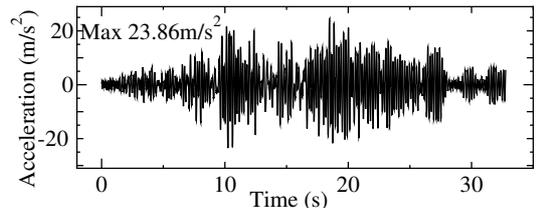


図-8-b モルタルあり

図-8 強制振動実験 (おもり変更)

図-5, 図-6より減衰定数は, モルタルを巻く前ではおもりなしでほぼ一定, おもりありで最大応答加速度が大きくなるにつれ, 大きくなる傾向を示した。一方, モルタルを巻いた後では, おもりの有無に係わらず, 最大応答加速度が大きくなるにつれ, 減衰定数は大きくなる傾向を示した。またそれぞれモルタルを巻いた方が減衰定数は大きくなっており, モルタルの高さが高い方がより減衰定数は大きくなった。図-5および図-6をそれぞれ比べると, 橋脚2, つまりモルタルを巻く厚さが厚い方が減衰定数は大きくなる傾向を示した。

モルタルを巻くことで減衰定数は大きくなったが, 同時に固有振動数も増大, つまり剛性が高くなったと考えられる。1自由度系において減衰定数 h は, 減衰係数 C , ばね定数 K と質量 M とすると $h = C/2\sqrt{KM}$ で表される。本実験では, この式におけるばね定数が増大し, 橋脚の低い位置にモルタルを巻いているので, その質量増大の影響は少ないと考えられ, 減衰定数が大きくなったので減衰係数は大きくなったと考えられる。よってモルタルを巻くことで固有振動数は増大したことを考えても減衰性が向上したと言える。減衰定数が2倍になれば共振による応答を半分にすることができる。つまり減衰定数が, 対策を実施する前の2倍以上になれば, その対策が有効であると言える。基部のモルタルの付着が弱くなると, 剛性が低くなり, 減衰定数も小さくなると考えられる。しかし基部のモルタルの付着が弱くなったと考えられる橋脚2の場合を含めても, 今回の実験では全ての試験体において減衰定数がモルタル

を巻く前の橋脚のほぼ2倍以上となった。よって鋼製橋脚にモルタルを巻くという対策は自由振動においては有効であると言える。

図-7, 図-8に強制振動実験結果を示す。図-7より, 加速度応答を減少させることができた。しかし, 図-8に示すように, おもりの重さを変えて固有振動数を変化させた場合, 入力地震動の振動数特性と系の固有振動数の関係から, モルタルを巻くことで必ずしも顕著な応答低減が見られない場合もある。

4. まとめ

本研究では, 鋼製橋脚の減衰性を向上させることを目的とし, 鋼製橋脚の基部付近にモルタルを巻くという減衰性向上策を考え, 振動実験を行うことでその効果を確認した。その結果, 実験に使用した鋼製橋脚模型において, モルタルを巻くことで橋脚の減衰性をある程度向上させることができた。しかし, 強制振動実験では, 減衰性が向上しなかった結果もあり, 今後固有振動数の異なる橋脚を用い, 再度実験を行うことでこの減衰性向上策の有効性をさらに検討する。

参考文献

- 1) 運輸安全委員会: 鉄道事故調査報告書 東日本旅客鉄道株式会社 東北新幹線 仙台駅構内 列車脱線事故, 2013.
- 2) 丸山達弥, 川島一彦: 橋梁の地震応答低減に対する高減衰ゴムダンパーの有効性に関する研究, 第14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, 2011.7.