

調査報告

2003年5月26日三陸南地震における東北新幹線高架橋橋脚の損傷と局所的な地盤震動特性の関係

Local Site Response Characteristics Dependency in Damage to Piers of Tohoku Shinkansen Viaducts due to South Sanriku Earthquake in May 26, 2003

目黒 公郎*・高島 正典*・吉村 美保*・黒田 武大*・菅野 有美**
Kimiro MEGURO, Masasuke TAKASHIMA, Miho YOSHIMURA, Takehiro KURODA and Yumi SUGANO

1. はじめに

2003年5月26日に発生した三陸南地震では、東北新幹線水沢江刺一盛岡間の高架橋橋脚が23本損傷した。その結果、東北新幹線は地震発生から約27時間にわたり不通となり、東北地方一首都圏間の交通に多大な影響をもたらした。この被害の特徴、原因について土木学会コンクリート委員会の「三陸南地震(2003年5月26日)によるコンクリート構造物地震被害調査 速報」¹⁾(以下“速報”)では、次のようにまとめている。「今回の三陸南地震により被災した東北新幹線ラーメン高架橋は、(中略)高架橋の端部に位置する橋脚に被害が集中している点が特徴である。被災した高架橋がある岩手県内は、緊急耐震補強対策(関東運輸局:平成7年8月3日(関鉄技一第128号)「鉄道施設耐震構造検討委員会の提言に基づく鉄道構造物の耐震性能に係る当面の措置について」)の対象線区から外れており、宮城県沖地震(1978年6月)以前に設計された高架橋であるため、現在の規準よりもせん断補強筋量の少ない構造となっていた。(中略)このように高架橋の端部に位置する橋脚に被害が集中した原因として、(中略)端部に位置する橋脚は、中間位置にある橋脚に比べ、せん断スパン比が小さく(端部の橋脚高約5.3m, 中間部の橋脚高約6.2m(ともにハンチ部除く)、柱幅は全て85cm)、曲げせん断耐力比が小さいこと、および端部に位置する橋脚は、中間位置にある橋脚に比べ作用水平力が大きいこと、などが原因と考えられる。また、柱の4側面のひび割れ状況から判断して、被災した橋脚は、線路軸直角方向への応答が卓越していたと推察される。」

この速報では、今回の被害の原因を主に高架橋の構造に求めている。しかし実際には、損傷した高架橋に隣接し、かつ高架橋端部に位置しながらも、損傷しなかった橋脚も多く存在する。この事実は、今回の損傷要因の一つとして、

高架橋の立地点に依存した局所的な地盤震動振動特性の違いがありうることを示すものである。仮にそうであるならば、今後、想定宮城県沖地震に向け高架橋補強を進める際には、構造に加え、立地点の局所的な地盤特性をも考慮した上での優先順位付けが必要になってくる可能性がある。

このような問題意識から、著者らは、橋脚の損傷と局所的な地盤の振動特性との関係を検証するため、2003年5月30日に、損傷した橋脚23本中、10本が集中した第五猪鼻高架橋付近(岩手県石鳥屋町、東北新幹線上東京駅より469.301km)において、損傷した橋脚および損傷しなかった橋脚付近において常時微動計測を行い、各橋脚付近の地盤の振動特性を比較した。

2. 常時微動観測

第五猪鼻高架橋周辺図を図1に示す。第五猪鼻高架橋付近の高架は、四径間のラーメン高架を橋桁でつなぐ構造となっている。第五猪鼻高架橋付近において損傷した橋脚の位置関係を図2に示す。損傷した10本の橋脚は全て、各ラーメン高架の両端に位置する2つの橋脚であった。そこ



図1 第五猪鼻高架橋周辺図

*東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター
**東京大学大学院 工学系研究科

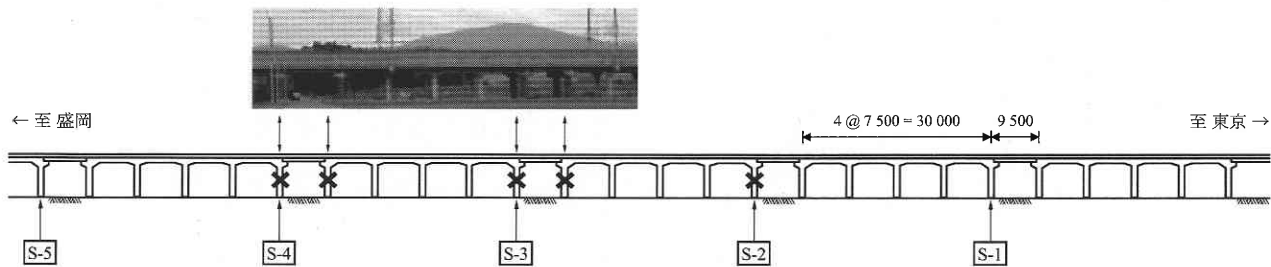


図2 第五猪鼻高架橋付近において損傷した橋脚と微動計測地点の位置関係（高架の西側から見た図）

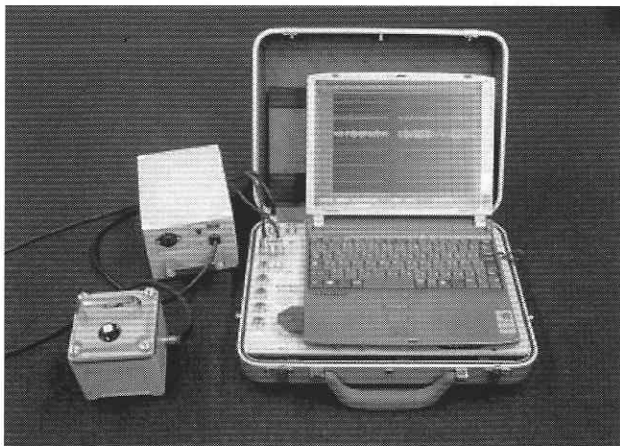


図3 常時微動測定システム GEODAS-10 と速度計 CR4.5-2 SV

で、高架の構造上の条件を同じくするため、各ラーメン高架の東京側の橋脚付近で計測を行った。計測には、図3に示す、物探サービス株式会社の常時微動測定システム GEODAS-10 および速度計 CR 4.5-2 SV を用いた。計測は日中、橋脚の修復作業によって発生する振動の影響を避けるため、作業の昼休み時間帯に行った。微動計測は、損傷した橋脚の付近3箇所 (S-2,3,4) とその両隣の損傷しなかった橋脚の付近2箇所 (S-1,5) で行った。測定点のごく近傍を通る自動車や人の歩行、新幹線の通過による影響を避けながら、水平2成分および上下成分を、サンプリング周波数 100 Hz で 40.96 秒間記録した。S-1～5 においては1測定点あたり3～5セット記録した。水平成分については、線路軸方向と線路軸直角方向の成分を計測した。これは、速報でも指摘されているように、被災した橋脚は線路軸直角方向への応答が卓越していたことが推察されるためである。

3. 常時微動に基づく各橋脚付近の地盤振動特性

S-1～5の各測定点において記録された3～5セットのうち、比較的振幅が安定している2セットを選び、1セットにつき、10秒間ずつ重複させながら20秒間の記録を3

区間取り出して得られた計6区間について、各成分のフーリエ・スペクトルと、さらに線路軸方向および線路軸直角方向の水平上下スペクトル比を計算した。その結果を、図4に示す。図中実線は、各測定点における6区間の記録から得られたスペクトルおよびスペクトル比の平均を示す。

図5にS-1～S-5における水平・上下スペクトル比（線路軸方向・線路軸直交方向）の平均を比較したものを示す。S-1～S-5のどの測定点においても、線路軸方向、線路軸直角方向ともに、2.0 Hz～3.0 Hz 付近にピークが見られた。損傷発生の有無との関連をみると、損傷がなかったS-1およびS-5におけるスペクトル比のピークよりも、損傷があったS-2～S-4におけるスペクトル比のピークの方が大きく、その傾向は線路軸直角方向について特に顕著にみられた。この結果は、線路軸直角方向の揺れが卓越していたという、速報における橋脚側面のひび割れの観察を踏まえた考察とも一致するものである。

4. ま と め

以上の結果から、第五猪鼻高架橋付近における橋脚の損傷要因の1つとして、局所的な地盤振動特性の違いがあることが推察される。これらの局所的な地盤振動特性と橋脚自体の振動特性との関係については、今後より詳細な検討を行いたい。

謝 辞

現地調査実施に際しては、東京大学生産技術研究所の上半文昭研究員に貴重なご意見をいただいた。また、フーリエスペクトル解析に際しては、同じく東京大学大学院博士課程の Paola Mayorca さんにプログラムを提供していただいた。ここに謝意を表す。

(2003年7月14日受理)

参 考 文 献

- 1) 土木学会コンクリート委員会：三陸南地震（2003年5月26日）によるコンクリート構造物地震被害調査速報，2003 (<http://www.civil.tohoku.ac.jp/%7Eakiyama/sokuho2.htm>)

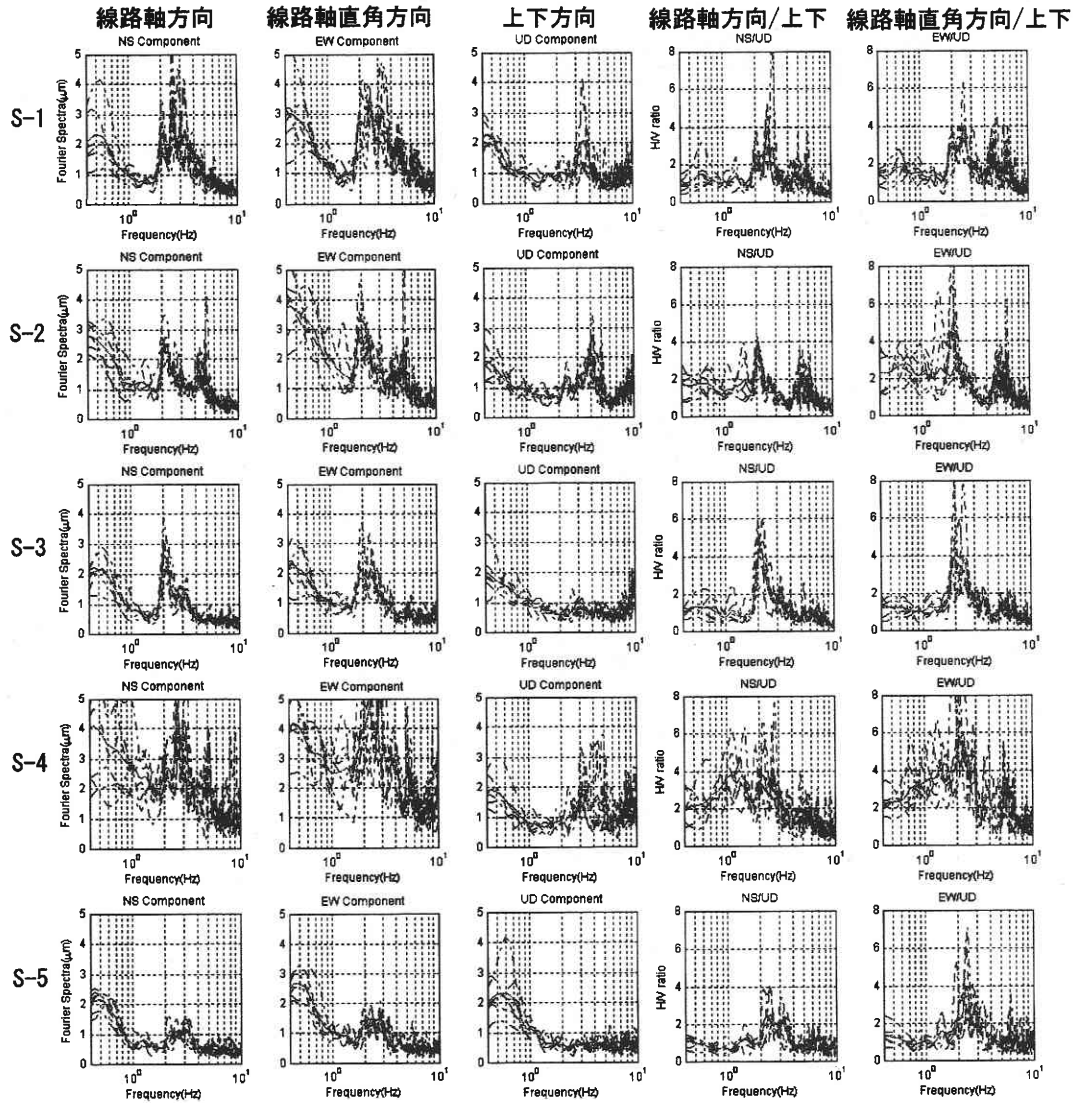


図4 S-1～5における水平・上下フーリエ・スペクトルおよび水平上下フーリエスペクトル比

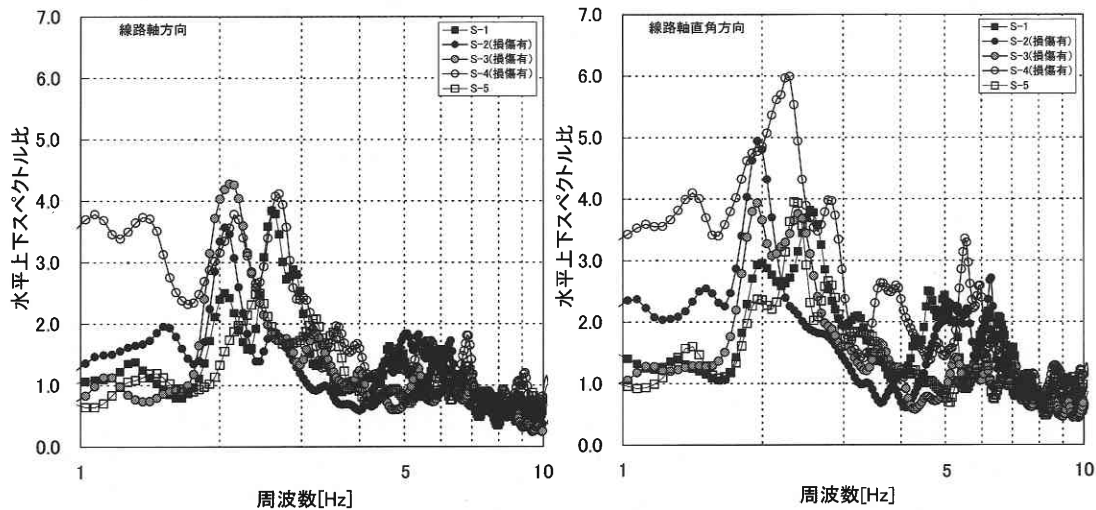


図5 S-1～5における水平上下スペクトル比の比較(線路軸方向・線路軸直角方向)