

東北地方太平洋沖地震における 仙台市内の道路橋の被災度分析

稲積 一訓¹・星隈 順一²

¹正会員 （独）土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ 交流研究員
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

E-mail:k-inazumi44@pwri.go.jp

²正会員 （独）土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ 上席研究員
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

E-mail:hosikuma@pwri.go.jp

著者らは、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震で被災した橋の被害状況を、マクロ的な視点で分析を行っている。仙台市では、橋に影響を与えるスペクトル特性を有する強震記録が観測され、実際に、仙台東部道路の東部高架橋では、レベル2地震動に対して耐震設計されていたゴム支承に破断が生じるような被害が確認されているが、このような橋に影響を及ぼす地震動が強かった地域に存していた橋に着目し、その被災状況と構造形式との関係等について分析を行った。その結果、これらの地域であっても、両端橋台の単純桁橋では被害がほとんど生じていないなど、構造形式によって被災度の特徴的な傾向があることを確認した。また、損傷部位に着目すると、兵庫県南部地震で被害が大きかった橋脚に損傷が生じた割合は少なく、被害の生じた部位は多くの橋で支承部であることも確認された。

Key Words : The 2011 Great East Japan Earthquake, existing bridges, damage level, seismic performance

1. まえがき

平成23年東北地方太平洋沖地震では、広域にわたって強い地震動が観測され、地震動により生じた橋の被害も多く確認されたが、その一方で、耐震補強されていた橋などでは、損傷を生じつつも橋としての機能を確保できた橋も多く見られた¹⁾。地震後に橋に求められる性能に鑑みると、被害が生じた橋の原因説明も重要であるが、橋としての機能が確保できた経験から学びとるという観点からの検討も重要と考えられる。

そこで、設計年次や構造形式の条件が様々である既設橋に対して、これらの橋が保有している大地震に対する耐震性能をマクロ的に分析することを目的として、著者らは平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震で被災した橋の被害状況とその構造条件の関係をマクロ的な視点で分析を行っている。本稿では、橋に影響を与えるスペクトル特性を有する強震記録が観測され、実際に、レベル2地震動に対して耐震設計されていたゴム支承に破断が生じるような橋の被害が確認された仙台市に着目し、その地域に存していた橋を対象として、その被災

状況と構造条件の関係について、マクロ的な分析を行った。

2. K-NET仙台周辺の橋の被災分析

東北地方太平洋沖地震では、各機関において多数の強震記録が観測されているが、坂柳らはこれらの地震動特性が構造物の非線形応答特性に及ぼす影響について様々な観点から検討を行っている²⁾。これによれば、地震に

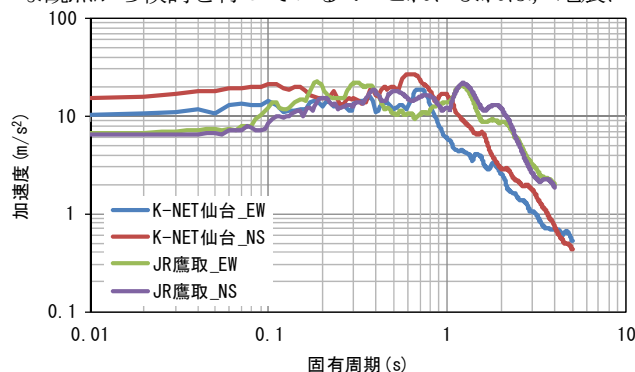


図-1 加速度応答スペクトル

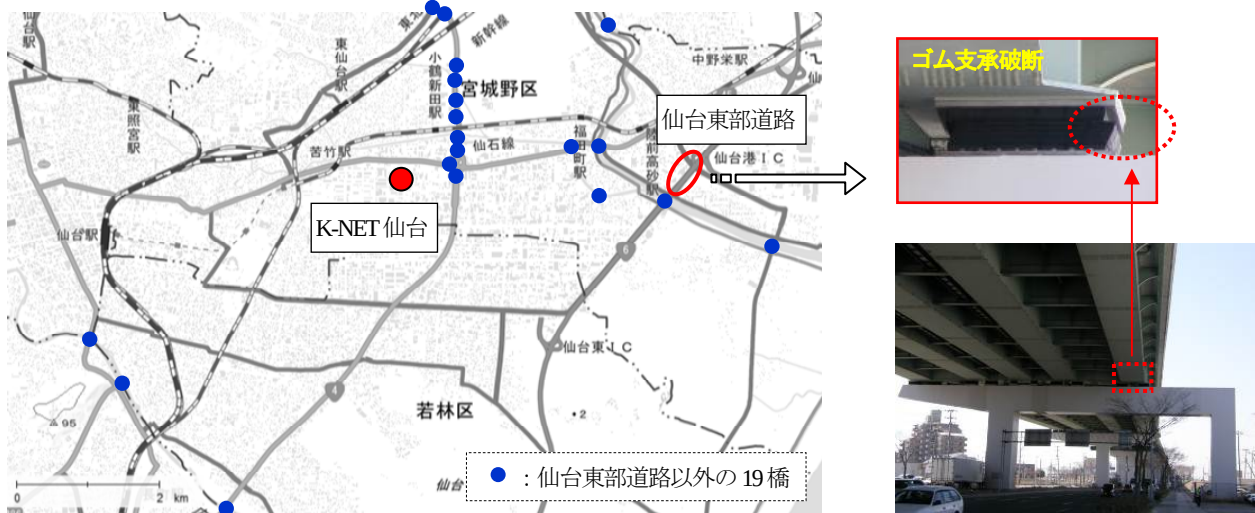


図-2 K-NET仙台とその周辺の橋

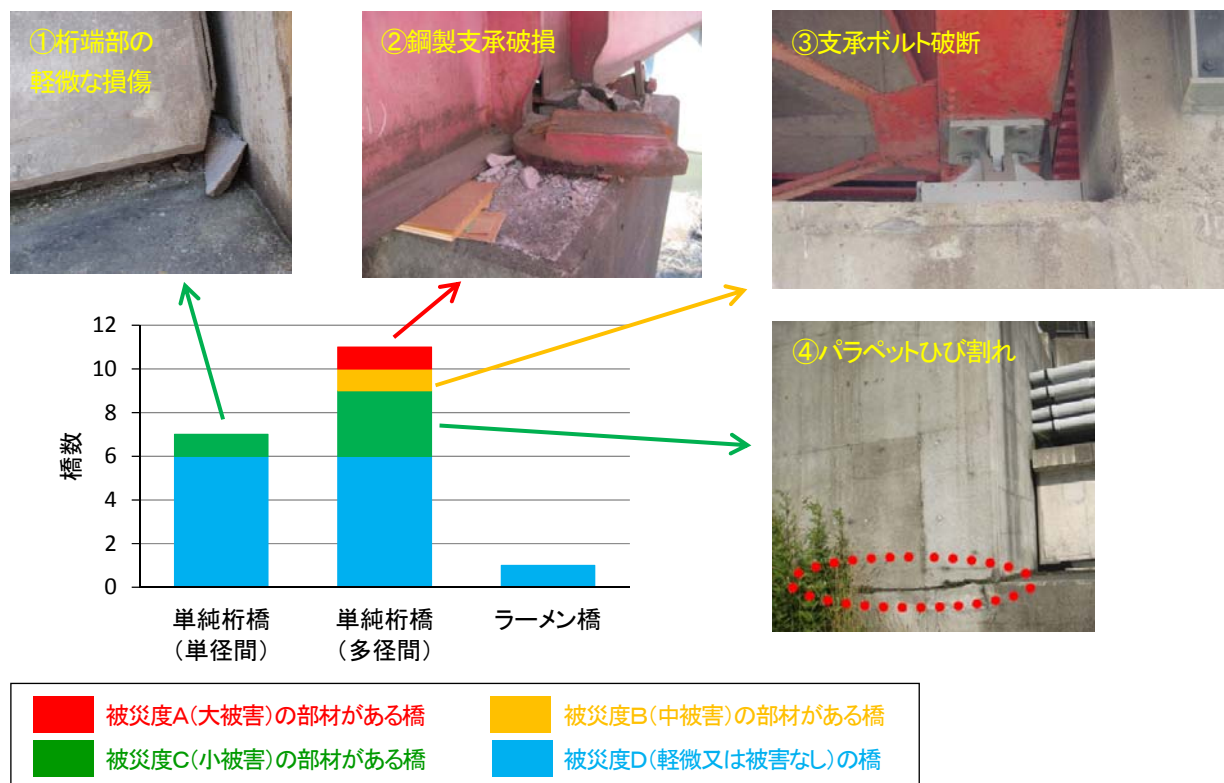


図-3 構造形式と被災度の関係 (19橋) と代表的な損傷例

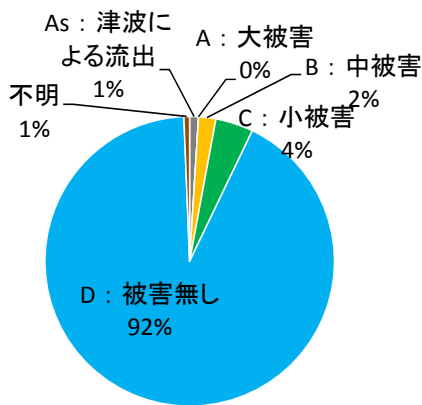
よる構造物の非線形応答に伴う履歴吸収エネルギーの観点から見れば、固有周期が0.5～1.0秒の振動系においては、K-NET仙台の強震記録は兵庫県南部地震におけるJR鷹取駅の強震記録に匹敵する地震動であることが報告されている。図-1は、東北地方太平洋沖地震によるK-NET仙台と兵庫県南部地震におけるJR鷹取駅の強震記録の加速度応答スペクトルを比較したものであるが、当該の周期帯では両者の加速度応答スペクトルは同等レベルとなっている。また、レベル2地震動に対して設計されたゴム支承の破断が生じた仙台東部道路の東部高架橋³⁾は、

K-NET仙台の観測地点から約4kmの位置にあり (図-2)、K-NET仙台の強震記録が橋に影響を及ぼす地震動であったことを裏付けるものと考えられる。

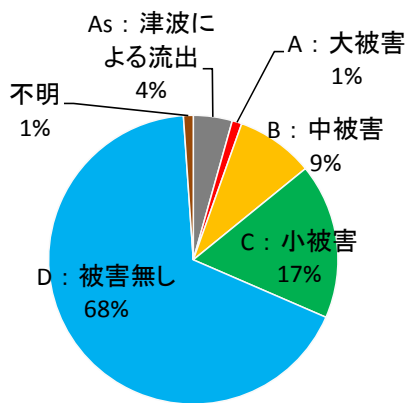
そこで、まず、橋に影響を及ぼす地震動が生じたと推定されるK-NET仙台の観測地点周辺 (6km以内) を対象に、当該地区に存していた仙台東部道路の東部高架橋以外の道路橋19橋 (図-2) について、道路震災対策便覧 (震災復旧編)⁴⁾に基づいて被災度の判定を行い、その傾向分析を行った。なお、ここでいう被災度は、耐荷力に関する被災度で、各部材毎に部材の構造特性を考慮し

で5ランク（落橋、大被害、中被害、小被害、被害無し）に分類している。

図-3は、橋の構造形式と被災度の関係と被災度毎の代表的な損傷例を示したものである。これより、単径間の単純桁橋ではほぼ損傷が生じていないが、多径間の単純桁橋では大きな損傷が生じている橋もあることが分かる。ここで、被災度Aの橋（図-3②）に着目すると、この橋では、鋼製支承が破壊し、橋軸直角方向に桁が大きく移動した状態となったが、橋脚の頂部から逸脱することではなく落橋には至っていない。このように、兵庫県南部地震と同等レベルの橋に影響を及ぼす地震動であっても、両端橋台の単径間単純桁橋では通行機能に影響が生じるような損傷は生じず、大きな被害は複数径間に渡って単純桁が連なるタイプの構造形式であることがわかる。



(A) 両端橋台の単径間単純桁橋の被災度
(対象橋数 309 橋、橋長 2～65m)



(B) 複数径間の単純桁橋または連続桁橋の被災度
(対象橋数 92 橋、橋長 7～305m)

図-4 構造形式と被災度の関係 (401橋)

3. さらに広範囲の橋を対象とした被災分析

次に、前述したK-NET仙台周辺からさらにズームアウトした地域の橋（401橋）に範囲を広げて被災の分析を行った。このように範囲を広げると、当然のことながら、地震動の特性はK-NET仙台の特性とは異なってくるため、前述したような地震動特性がほぼ同一条件という前提での被害分析をすることはできないが、分析対象橋数を増やすことでおよその傾向を把握する目的で分析を行った。

図-4は、構造形式の観点から、両端橋台の単径間単純桁橋と複数径間の単純桁橋または連続桁橋に分けて、それぞれの被災度を示したものである。この分析の結果からも、両端橋台の単径間単純桁橋（橋長2～65m）は、

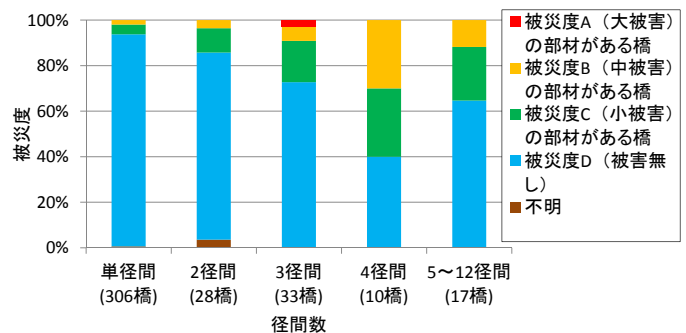


図-5 径間数と被災度の関係

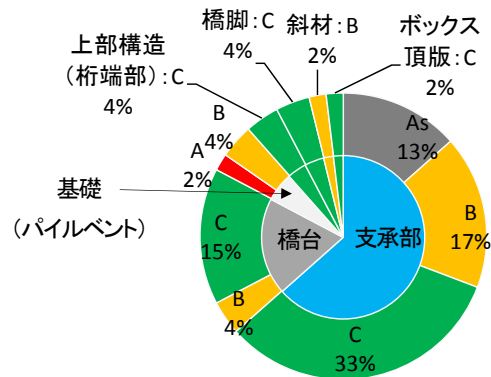


図-6 損傷部位と被災度の関係

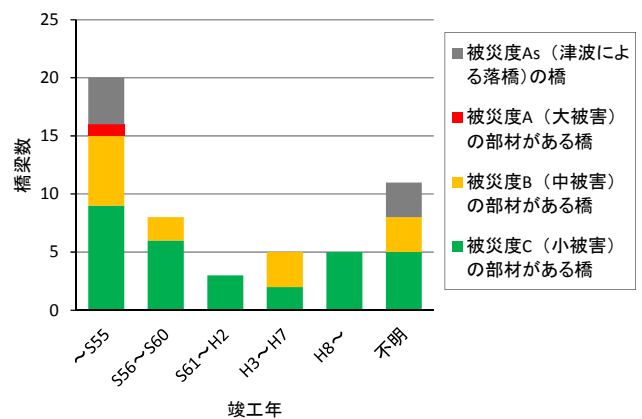


図-7 竣工年と被災度の関係

複数径間の単純桁橋または連続桁橋（橋長7～305m）に比べて、被害が限定的であることが分かる。ここで図中には落橋している橋も示されているが、これは津波により上部構造が流出したものである。また、図-5に径間数と被災度の関係を示す。これより、径間数が多くなるほど被害が大きくなっていることが分かる。これは、複数径間の橋となるほど、単径間の橋と比べて振動が生じやすくなる構造となるためと考えられる。さらに、当該範囲の対象橋で被害が生じた52橋の損傷部位と竣工年に着目した。損傷部位とその被災度の関係を図-6に、竣工年と被災度の関係を図-7にそれぞれ示す。これらより、損傷部位としては支承部が多く、橋脚に損傷が生じた割合は少ないことがわかる。ここで、被災度Aに分類されている橋もあるが、これは昭和55年以前に建設された橋で、パイルベント橋脚基礎が損傷したものである。また、今回の分析からも、古い年代の橋の方が被災度の高い損傷が生じている傾向も確認された。

4. おわりに

本稿では、兵庫県南部地震での強震記録と同等な橋に強い影響を及ぼす地震動が生じたと推定される地域とその周辺を対象として被災マクロ分析を実施した。これらの地域においては、地震動によって落橋するような被害はなく、特に両端橋台の単純桁橋は被害が少

ないなど、構造形式による被災度の特徴をデータにより改めて確認することができた。また、兵庫県南部地震で被害が大きかった橋脚に損傷が生じた割合は少なく、被害の大部分は支承の損傷であることも確認された。

謝辞：本分析に際し、国土交通省東北地方整備局、宮城県、仙台市のご協力により貴重なデータを提供していただきました。また、防災科学研究所の強震ネットワークおよび基盤強震観測網の観測データを利用させていただきました。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 星隈順一，張広鋒，堺淳一：橋梁の耐震性の向上に向けて，土木技術資料 54-1(2012)。
- 2) 坂柳皓文，星隈順一，堺淳一：東北地方太平洋沖地震による地震動が構造物の非線形応答特性に及ぼす影響，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.68, No.4, I_79-I_92, 2012。
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報，国土技術政策総合研究所資料 646 号，土木研究所資料 4202 号，2011。
- 4) 社団法人日本道路協会：道路震災対策便覧（震災復旧編），2007。

TREND ANALYSIS OF DAMAGE TO BRIDGES IN SENDAI CITY DUE TO THE 2011 GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE

Kazunori INAZUMI and Jun-ichi HOSHIKUMA

Damage of bridges suffered from the 2011 Great East Japan Earthquake was overviewed based on the statistic analysis. In this paper, the bridges built near the Tobu viaduct in the Sendai Tobu Highway were analyzed, because a significant ground motion was recorded near the Tobu viaduct and the laminated elastomeric bearings in the viaduct were ruptured due to the ground motion effect. It is found from the data analysis that characteristic of damage level depends on the structural type of bridges. For example, damage of single-span simple girder bridge supported by abutments was less significant than multi-span simple girder bridge. Furthermore, it was found that there were few ratios of the damage to bridge columns which was remarkably observed during the 1995 Kobe Earthquake, while the damage was observed at bearing supports during the 2011 Great East Japan Earthquake.