

7. まとめ

本報告では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（マグニチュード9.0）および2011年4月7日のマグニチュード7.2の余震により生じた道路橋の被害について、国土交通省国土技術政策総合研究所と独立行政法人土木研究所が実施した調査結果を示した。道路橋に生じた被害を、地震動による被害、津波の影響による被害、液状化の影響による被害の3つに分類してその特徴を整理するとともに、被害と地震動の特性との関係についてまとめると、次のとおりである。

7.1 地震動の影響による被害の特徴

東北地方太平洋沖地震では、様々な機関によって多くの地点の地盤上における加速度記録が観測されているが、橋のような構造物への影響が大きくなる1.0秒前後の周期帯での加速度応答スペクトルに着目すると、兵庫県南部地震において観測された加速度応答スペクトルと同等もしくはそれよりも低い値であった¹⁾。一方、今回の地震は複数の断層の破壊が連動して生じたことにより、主要動が連続して生じるような地震動が観測され、地震動の継続時間が過去の強震記録と比較しても長いという特徴が見られた¹⁾。

このような特性の地震動に対して、道路橋の被害としては、これまでの大規模な地震における被害と概ね同様な形態の被害が多く生じた。すなわち、昭和55年よりも古い基準で設計され、過去の地震でも被害が生じている構造形式の橋で、耐震補強がなされていない橋に比較的大きな被害が生じた。このような分類に入る橋の被害例としては、鉄筋コンクリート橋脚の軸方向鉄筋段落し部の損傷、軸方向鉄筋量の少ない鉄筋コンクリート橋脚の損傷、鋼製支承本体の破損、支承取り付け部周辺の損傷等が挙げられる。いずれの被害形態も、昭和53年宮城県沖地震や平成7年兵庫県南部地震等でも確認されているものである。

その一方で、古い基準で設計された橋でも耐震補強されていた橋では、地震動の影響によって致命的な被害に至った事例はなく、橋の機能回復が速やかにできたかどうかという耐震性能の観点からも、損傷は限定的なものであった。道路橋では、過去の震災経験を踏まえ、兵庫県南部地震のような地震動に対しても落橋や倒壊等の致命的な被害を防止できるようにすることを目的として、まずは鉄筋コンクリート橋脚躯体における軸方向鉄筋段落し部の補強や桁端部における上部構造の落橋防止対策等の耐震補強対策が優先的に進められてきたところであり、その効果が発揮されたことが、東北地方における道路啓開の「くしの歯作戦」にも大きく貢献できた背景の1つになったと考えられる。

ただし、従来からの弱点であった段落し部を耐震補強していた橋脚において、その補強部位とは別の部位に損傷が生じた事例や、耐震補強を目的として橋脚や橋台に設置された制震装置の下部構造側の取り付け部位に損傷が生じた事例が確認された。また、平成7年兵庫県南部地震以降の基準に基づいて設計された橋については、その多くの橋で損傷が軽微であったが、レベル2地震動を考慮して耐震設計されたゴム支承に破断や亀裂等の損傷が生じた事例が数橋で確認されたことは、重要な被害の特徴として挙げられる。

なお、橋の構造本体は橋としての機能を保持できる状態であってもそのアプローチ部となる橋台背面土の沈下が主たる要因となって橋の機能に支障が生じた事例が多く見られ

たことも、橋の耐震性能の観点からは特筆すべき被害の実態である。

7.2 津波の影響による被害の特徴

今回の地震では、東北地方から関東地方にかけての太平洋沿岸部の広い範囲において大きな津波の影響を受けたが、その沿岸地域に架かっていた道路橋も津波により上部構造が流出する等の被害が生じた。津波の影響を受けた道路橋の被災モードとしては、支承の破壊に伴う上部構造の流出、下部構造の折損とその一部流出、橋台背面土の流出、橋脚周辺や基礎の洗掘等が挙げられる。

今回の地震による津波において、津波の高さが上部構造の高さを超えたと考えられる橋の被災に着目すると、小泉大橋や歌津大橋のように上部構造が流出した橋がある一方で、矢の浦橋や大浜渡橋のように流出しなかった橋もある。さらに、上部構造が流出した橋の中には、上部構造が裏返しになったものと裏返しにはならなかったものがある。このような被災状況の違いは、津波の影響を受ける橋の挙動とそのメカニズムを解明していく上で重要な着眼点になると考えられる。

7.3 液状化の影響による被害の特徴

今回の地震では、東北地方だけでなく千葉市、浦安市のように関東地方においても地盤の液状化が生じ、これに伴い、様々な施設に被害が発生した。道路橋においては、地盤の液状化により、橋台が橋桁側に移動する被害が生じた事例等が確認された。また、地盤の液状化により河川堤防に大きな被害が生じた周辺箇所に位置している道路橋では、橋台における支承の取り付け部付近にひび割れが生じたり、周辺地盤の沈下により橋台との間に 50 cm を超える段差が生じたりした事例もあった。ただし、いずれも、橋の構造本体の安全性に影響を及ぼすような損傷には至っていない。

7.4 地震動の特性と橋の被害

橋の耐荷力に関する被災度と地震動の特性値との相関について検証を行った。ここで、地震動の特性としては、SI 値、震度、最大水平加速度の指標を用いて検討を行ったが、その中では、橋の被災度は SI 値および震度との相関があることを確認した。ただし、SI 値が 30kine 程度の場合であっても、橋の構造特性や部材の状態等によっては橋の機能に影響が生じるような損傷が生じる可能性もあることを確認した。

参考文献

- 1) 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第 646 号・土木研究所資料第 4202 号，2011 年 7 月