

道路橋の耐震性向上に向けた取組み

桐山孝晴



1. はじめに

我が国は世界でも有数の地震多発国であり、これまでに幾多の大規模地震に遭遇し、道路橋の被害も数多く経験してきた。地震による構造物の被害形態は、地震動の特性、当該地域の地形・地質、構造物の性状等によって千差万別であり、新たな地震を経験する度に構造物の新たな被害形態が顕在化している。

耐震技術の研究においては、新たに顕在化した被害形態を克服すべく技術開発が行われ、その成果は技術基準（道路橋の場合は道路橋示方書）に反映されることによって、耐震設計技術は確実に向上を遂げてきた。また、耐震設計技術の向上とともに、過去の技術基準に基づいて築造された既設橋の耐震性を向上させるための耐震補強も必要とされるようになり、実施されている。

ここでは、平成時代の主な大規模地震による道路橋の被害とそれを踏まえた耐震設計技術の向上、耐震補強の実施について振り返るとともに、今後必要とされる技術開発の方向性について、筆者の思うところを記すこととする。

2. 耐震設計技術の向上

耐震設計技術に大きな影響を与えた平成時代の大規模地震として、ここでは、平成7年の兵庫県南部地震、平成23年の東北地方太平洋沖地震、平成28年の熊本地震を取り上げる。

2.1 レベル2地震動の導入

兵庫県南部地震は、我が国が経験した最大級の都市直下型地震である。断層に沿うように震度7の地域が帯状に現れ、そこでは橋脚の倒壊や橋桁の落下等の被害が多数発生した。

耐震設計で考慮する地震動としては、橋の供用期間中に発生する確率が高い中規模程度の地震による地震動と、供用期間中に発生する確率は低い大きな強度を持つ地震動の2段階の地震動を考

慮する。後者の地震動については、これまではプレート境界型の大規模地震を想定し、大きな振幅が長時間繰返して作用する地震動（タイプⅠ）だけを考慮していたが、兵庫県南部地震を受けて平成8年に改定された道路橋示方書¹⁾では、これに加えてマグニチュード7級の内陸直下型地震による、継続時間は短い極めて大きな強度を有する地震動（タイプⅡ）も考慮することとされた。

平成14年に改定された道路橋示方書²⁾においては、橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動をレベル1地震動、発生する確率は低い大きな強度を持つ地震動をレベル2地震動と名付け、橋の重要度に応じて橋に求める耐震性能を表-1のように整理した。ここで、B種の橋とは、高速道路、一般国道の橋、および地方道のうち地域の防災計画上の位置付け等から特に重要な橋であり、A種の橋とは重要度が標準的な橋である。

表-1 設計地震動と目標とする橋の耐震性能²⁾

設計地震動		A種の橋	B種の橋
レベル1地震動		地震によって橋としての健全性を損なわない性能（耐震性能1）	
レベル2地震動	タイプⅠの地震動（プレート境界型の大規模な地震）	地震による損傷が橋として致命的にならない性能（耐震性能3）	地震による損傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行う得る性能（耐震性能2）
	タイプⅡの地震動（兵庫県南部地震のような内陸直下型地震）		

2.2 津波への対応

東北地方太平洋沖地震は、プレート境界を震源とし、マグニチュード9.0という、我が国における観測史上最大の地震である。東北地方から関東地方にかけての広域で震度6～7の強い地震動を受けたが、「平成8年以降の耐震基準に基づいて設計、補修された橋については、地震動による致命的な被害は見られず、基準の改定が耐震性の向上に効果を発揮していることが確認された」³⁾と認識されている。

しかしながら、想定外の巨大な津波により、道路橋の上部工の流出や橋脚の倒壊が発生し、これを踏まえて平成24年に改定された道路橋示方書³⁾

においては、地域における津波に関する防災計画等を考慮した上での橋の構造を計画することが規定された。構造計画の考え方としては、津波の高さに対して桁下空間を確保すること、津波の影響を受けにくいような構造的工夫を施すこと、上部構造が流出しても復旧しやすいように構造的な配慮をすること、が例示されている。

2.3 斜面崩壊、断層変位への対応

熊本地震は内陸の活断層による地震であり、大規模な斜面崩壊により阿蘇大橋が落橋する等、道路橋にも大きな被害が見られた。これを踏まえて平成29年に改定された道路橋示方書⁴⁾においては、地震によって生じ得る斜面崩壊、断層変位の影響を受けないよう架橋位置または橋の形式の選定を行うことを標準とするとともに、やむを得ずこれらの影響を受ける架橋位置または橋の形式となる場合には、少なくとも致命的な被害が生じにくくなるような構造とすることが求められた。

3. 耐震補強の実施

耐震設計技術の向上とともに、過去の技術基準で築造された既設橋の耐震性を向上させるための耐震補強が必要とされるようになる。兵庫県南部地震の後、復旧仕様が策定されるとともに、土木研究所において耐震技術に関する技術開発が加速化され、その成果がレベル2地震動に対応した耐震補強の実施につながった。

耐震補強事業の代表的なものとして、平成17～19年の「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」があり、緊急輸送道路の橋梁耐震補強が重点的に実施された。ここでは、対象路線にある、昭和55年に改定された道路橋示方書より古い基準を適用した橋梁のうち、特に優先的に耐震補強を実施する必要がある橋梁について、RC橋脚の巻立て、鋼製橋脚のコンクリート充填、落橋防止構造の設置等が実施された⁵⁾。

現在も、高速道路や直轄国道において、落橋、倒壊の防止対策に加え、路面に大きな段差が生じないように、支承の補強や交換等を行う耐震補強が実施されているところである⁶⁾。

4. おわりに

これまでに述べた耐震設計技術の向上、耐震補強の実施を踏まえて、道路橋の耐震性向上に向け

て、今後必要とされる技術開発の方向性について筆者の思うところを記す。

1点目は、レベル2地震動を超える超過外力への対応である。レベル2地震動への対応は着実に進展しているが、それが最大の地震動というわけではなく、それをを超える超過外力が作用する可能性についても想定しておく必要がある。そこで、超過外力が作用した際の崩壊シナリオを想定した上で、できるだけ機能低下を少なくし、早期に機能回復することができる構造的な工夫を検討し、それを実現するための設計法を開発する必要がある。熊本地震で落橋した阿蘇大橋の架替え事業には、この考え方が導入されている⁷⁾。

2点目は、橋梁基礎の耐震補強である。これまでに行われた耐震補強は、橋脚、支承の補強、落橋防止構造の設置等、地上構造物の補強が優先され、地中にある基礎の耐震補強については、施工上の制約に応じて個別に検討が行われているというのが実情である。地上構造物の耐震補強が一段落した後は、基礎の耐震補強が必要とされることが増えると考えられ、基礎の補強設計法を開発する必要がある。

土木研究所においては、既にこれらの研究テーマに着手しているところであるが、令和4年度から始まる次期中長期計画においても、プログラム研究「大規模地震に対するインフラ施設の機能確保技術の開発」の中で、さらに本格的に研究を実施することとしている。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、1996
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、2002
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、2012
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、2017
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所：国総研20年史、2021
- 6) 国土交通省HP
<https://www.mlit.go.jp/road/bousai/measures/index1.html>
- 7) 宮原史、今村隆浩、西田秀明、星隈順一：地盤変状の影響を小さくするための配慮をした新阿蘇大橋の計画及び設計～震災経験から得られた教訓を活かして～、土木技術資料、第63巻、第6号、pp.48～53、2021