

東北自動車道 利根川橋の耐震補強設計検討について

東日本高速道路株式会社 正会員 藤野 和雄

NEXCO 西日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○難波 正幸

NEXCO 西日本コンサルタンツ株式会社 野村 眞之

1. 利根川橋の概要と現行技術基準における耐震性能の観点の課題

東北自動車道は首都圏と東北地方を結ぶ大動脈として重要な役割を担っている。特に地震等の災害時には緊急輸送路としての役割を果たすことが義務付けられている。

利根川橋は、昭和 48 年に完成した上下線一体断面の 4 径間連続×2 連からなる、橋長 639.4m の鋼トラス橋である。日交通量 8 万台の重交通下でありながら、高速道路橋としては稀な下路式トラスであるため、耐震補強工事の際は、交通規制等の社会的影響を最小限にするような施工が求められ、工事難度は非常に高いと思われる。

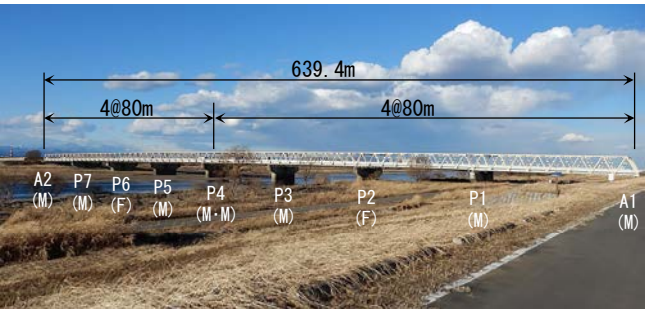


写真 1. 東北自動車道 利根川橋の全景（右岸より望む）

一方で、災害発生時には高速道路に求められる社会的要求が高まりつつあることは、東北地方太平洋沖地震や熊本地震など、近年発生した大地震の経験から見ても明らかである。

すなわち、高速道路は単なる包括的な緊急輸送路ではなく、フェーズ①「被災者・生活者支援のための緊急輸送路」、フェーズ②「経済活動再開のための応急復旧路」、フェーズ③「本復旧のための輸送路」というように、段階的にその役割が変わるといえる。

しかし、道路橋示方書等の技術基準では、地震による損傷を限定的なものに抑え、緊急輸送路としての機能を「速やか」に回復させるための損傷の目安は明示されているが、時間的・段階的な機能確保の目安は橋梁の立地条件や形式等に依存するため、明確に示されていないのが現状である。

よって、利根川橋の耐震補強設計検討にあたっては、前述のような橋梁の特性と緊急輸送路としての段階的必要対策を熟慮して計画したので、ここに報告する。

2. 利根川橋の耐震対策の方針と照査項目

耐震補強設計のために、先述した各フェーズに対して求められる道路機能と必要な対策を、表 1 のように整理した。

表 1. 大規模地震発災後の高速道路に求められる性能と対策

フェーズ		時 期	求められる道路機能	必要な対策
①	被災者・生活者支援のための緊急輸送路	発災後 24時間以内	緊急車両の通行確保	路面段差防止、路面より上の部材の対策
②	経済活動再開のための応急復旧路	発災後 1週間以内	一般車両の通行確保	支承取替え、橋脚の過大な変形防止とその補修補強
③	本復旧のための輸送路	数週間～数年	〃	基礎の過大な変形防止

以下に各フェーズに対する対策の概要を記す。

- ①「被災者・生活者支援のための緊急輸送路」としては、緊急車両の通行の妨げとなる損傷を事前に防止する必要がある。桁端部の路面段差発生を抑え、メイントラス部材（上弦材・下弦材・斜材）、床組部材（縦桁・横桁）は降伏させない。さらに路面より上の部材（横支材・上横構・橋門構）に対して交通に支障を及ぼすレベルの損傷は許容しない。
- ②「経済活動再開のための応急復旧路」については、一般車両の通行を確保するための橋の安全性（耐震性能 2）を確保する必要がある。一般車両の通行を確保した状態であれば、路面から下の部材の補強は交通供用下で作業ができることから、ある程度の時間をかけて機能回復が可能である。よって、多少の損傷は許容される。
- ③「本復旧のための輸送路」については、上記①②の対応に加えて、基礎の過大な変形を抑制し、ある程度の長期間を要しても、橋としての復旧が可能な状態とする。

キーワード 下路トラス橋，高速道路橋，耐震補強
連絡先 〒732-0057 広島県広島市東区二葉の里 3-5-7 NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) TEL082-207-1670

3. 耐震補強対策結果

以上を踏まえて、利根川橋の目標耐震性能と、性能確保のための照査項目を図1のように設定し、以下に示すような耐震補強設計を行った。

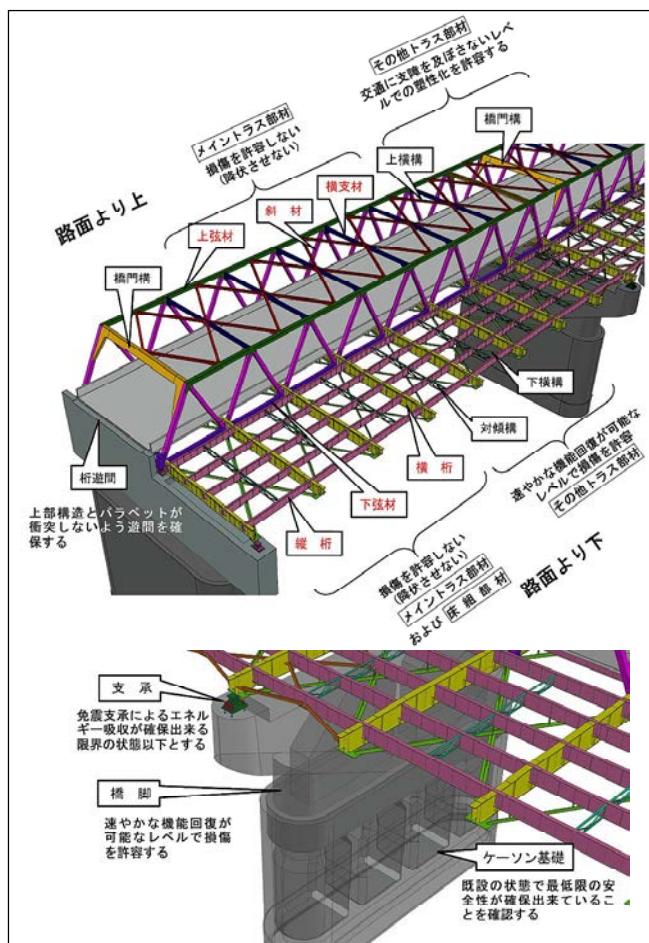


図1. 目標耐震性能と照査項目の概要図

3.1 全体構造系

(1) 橋軸方向

軟弱で地震時に液状化を生じる恐れのある地盤であるが、橋梁と地盤が共振せず、免震構造によってエネルギー吸収が確実に得られることを確認することで免震構造を採用可能と判断し、現況の金属支承による橋脚1点固定の構造系から、ゴム支承を用いた免震構造（多脚分散構造）へ変更し、リダンダンシーの高い全体構造系とした。免震構造への変更と併せて、橋台部の桁遊間の不足に対し、日中の交通へ影響を与えない方法で、逐次橋台部を改築して行き、桁遊間を広げる計画を立案した。

(2) 橋軸直角方向

現況の全支点固定から免震構造へ変更するとともに、橋軸直角方向に機能するように中間橋脚および橋台部へ摩擦型ダンパーを配置して、トラス部材の損傷を軽減し、さらに桁端部の過大な残留変位を抑

制した。

3.2 上部構造

構造系を橋脚1点固定構造からゴム支承による多脚分散構造に変更することで、卓越する振動モードを上部構造が上下方向に変形するモードから、上部構造全体が水平移動するモードへと変化させることができる（図2）。その結果、大規模地震時の上部構造主要部材の損傷を大幅に軽減させるとともに、メイントラスの補強部材数を減少させることができた。

路面より下の下横構等の部材については、最大で $4\epsilon_y$ 程度の塑性化であり、塑性化を許容する設計とした。

3.3 下部構造

免震ゴム支承の剛性調整により、耐震補強済みである固定橋脚のP2、P6橋脚の再補強を回避した。

また、可動橋脚（P1、P3、P4、P5、P7橋脚）は中空断面であり、せん断耐力が不足するため、中空内部に補強鋼板を充てがい、コンクリートを充填する補強工法とした（図3）。これにより、河川内における締切り等を不要とし、出水期の制約を受けない施工計画とした。

3.4 基礎構造

構造系の変更により、既設のケーソン基礎に対してはさらに補強を行うことなく、交通規制と応急復旧により緊急車両が通行可能となるよう、既設道路橋に求められる耐震性能を確保した。

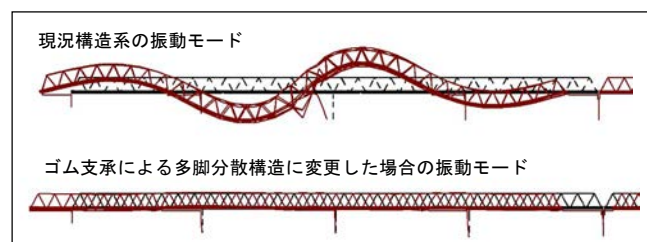


図2. 構造系変更による振動モードの違い

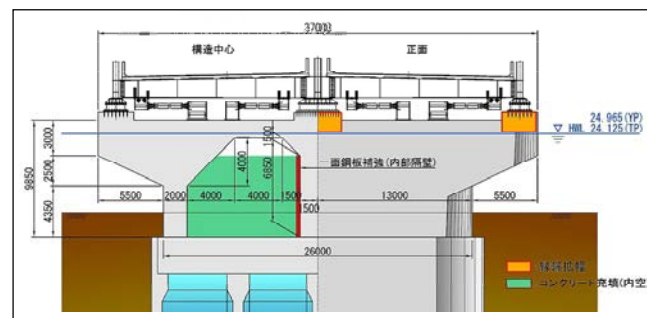


図3. 中空橋脚のせん断補強概要図

最後に、本業務の遂行にあたり、有益なご指摘・アドバイスをいただきました利根川橋耐震補強設計検討委員会の委員先生方に感謝申し上げます。