

大黒線における4径間連続鋼トラス橋の耐震設計概要

首都高速道路株式会社 正会員 ○大嶋 健太
 首都高速道路株式会社 成沢 光弘
 首都高速道路株式会社 牧山 大祐

1. はじめに

首都高速道路では、想定外地震での崩壊メカニズムや道路啓開等の新たな視点への配慮が求められている中、大地震後速やかに緊急輸送道路としての役割を果たす必要があるため、耐震性向上対策を継続的に実施している。

本稿では、基礎を支持する地盤が縦断方向に大きく変化した地層構成を有する特徴がある高速神奈川5号大黒線のトラス橋に着目して、照査及び検討された対策について報告する。

2. 橋梁概要

対象橋梁は、重要度区分B種の4径間連続鋼トラス橋（鋼重約1万トン）である。昭和63年にしゅん功しており、適用基準は昭和55年道路橋示方書である。橋脚は壁式RC構造で、中空断面の内P6のみが平成10年にコンクリート充填による耐震補強が実施されている。地盤種別はI種～III種が混在している。上層は鋼床版の床組構造、下層桁はトラス横桁に支持された、ダブルデッキ構造となっている。図-1に本橋梁の断面図、図-2に側面図を示す。

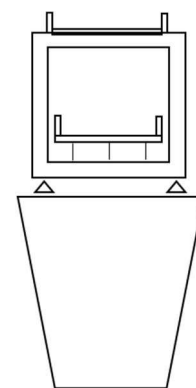


図-1 橋梁断面図

3. 耐震性照査

(1) 非線形動的解析

トラス橋の振動特性を反映できるよう橋梁全体系での非線形動的解析を実施した。対象橋梁は、海岸埋め立て地に位置しているため、基礎及び地盤のモデル化が橋梁全体系の地震応答に及ぼす影響について検討を実施した上で解析モデルを決定した。入力地震動は、平成29年道路橋示方書Vに示されるIII種地盤の加速度波形を使用し、耐震性能照査にはタイプI・IIそれぞれ3波の最大応答値の平均値を使用した。なお、要求する耐震性能は2とし照査を行った。非線形動的解析による照査結果とその対応を表-1に示す。

- ・基礎及び地盤のモデル化は、集約ばねとするケースと基礎-地盤系の相互作用を考慮したケースとで比較したが、最大応答値の相違は少なく影響は無視できる結果であった。
- ・上部構造は、支点部付近のトラス部材（主に橋門構と下弦材）が降伏する。発生応力が降伏応力を超過した箇所は、エネルギー一定則に従って応答ひずみを算出した結果、許容ひずみ（鋼橋の耐震・制震設計ガイドラインより $8.4\epsilon_y$ ）以下であり、塑性化が限定的な範囲に留まることを確認した。

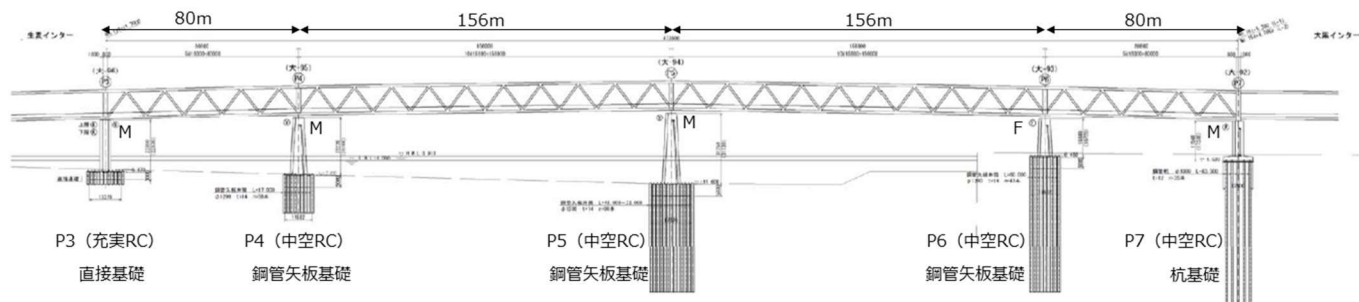


図-2 橋梁側面図

キーワード 首都高速道路，トラス橋，耐震補強

連絡先 〒221-0044 神奈川県横浜市神奈川区東神奈川 1-3-4 首都高速道路(株)神奈川管理局 TEL045-451-7931

表-1 現況照査結果及びその対応

地震動 入力方向	桁(トラス)		支承(ピボット)		橋脚(RC)		基礎(杭ほか)	
	照査結果	対応	照査結果	対応	照査結果	対応	照査結果	対応
橋軸方向	支点部付近で 部材降伏 (特に橋軸直角 方向下弦材)	塑性化範囲 は限定的 →補強無し	応答値が許容値超過 (P6固定部)	支承交換困難 →水平力分担構造 ほか	せん断耐力 NG (全橋脚)	FEM解析 による再照査	照査満足	補強無し
橋軸直角 方向			応答値が許容値超過 (全支承)					

- ・ 支承の免震化やダンパー等の制震デバイスによる上部構造応答値の低減を検討したが、効果が限定的であることや変位量が大きくなることが懸念された。
- ・ 支承は部材ごとに照査した応答値が許容値を超過しているため、支承交換または補強が必要とされた。
- ・ 橋脚はせん断耐力が不足していたため、(2)に示す弾塑性FEM解析にて補強の要否を判断した。

(2) RC橋脚の弾塑性FEM解析

橋脚は、供用後に一度耐震補強を実施しているが、動的照査ではせん断応答が耐力を超過する結果となった。橋脚は高さ方向と軸方向に形状が3次元的に変化する複雑な形状であることから、弾塑性FEM解析（2次元・3次元）によりRC橋脚の耐力を改めて評価した。コンクリートは圧縮軟化と引張軟化を考慮した非線形ソリッド要素とし、ひび割れは分散ひび割れモデルで平均的なひずみを評価した。図-3に解析結果の一例を示す。ひび割れの向きは水平方向が卓越しており、曲げ破壊型の挙動といえる。荷重～変位関係を見ても、剛性低下後に荷重を保持したまま変位が伸びる曲げ破壊型の挙動を示している。また、曲げ照査は動的照査にて満足しているため、橋脚補強は行わないこととした。

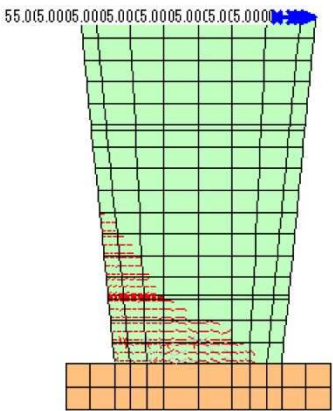


図-3 ひび割れ図

4. 耐震性向上対策

本橋梁は、上部工・下部工は一定の耐震性能を有し、上下部接続部（支承部）が弱点部であることがわかった。よって、回避できない損傷（支承破壊）に対して落橋防止システムや段差防止構造を追加して安全性・供用性・修復性の確保を図る設計とした。代表地点として、図-4に桁端部のP7における耐震性向上対策を示す。具体的には、支承については、アンカーフレームが橋脚内に埋め込まれており支承交換が困難であるため、レベル1地震までは既設支承単体で抵抗し、レベル2地震に対しては水平力分担構造と段差防止構造で対応することとした。また、主構高が高いので、負反力に対しては上揚力対策を実施する。段差防止構造は、支承高が1mを超えることから支承が損傷した場合でも路面に大きな段差が生じないように端支点部に設置することに加えて、トラス桁沈下を考慮して中間支点部にも設置することとした。さらに落橋防止システムとして、桁端部に落橋防止構造を設置する。

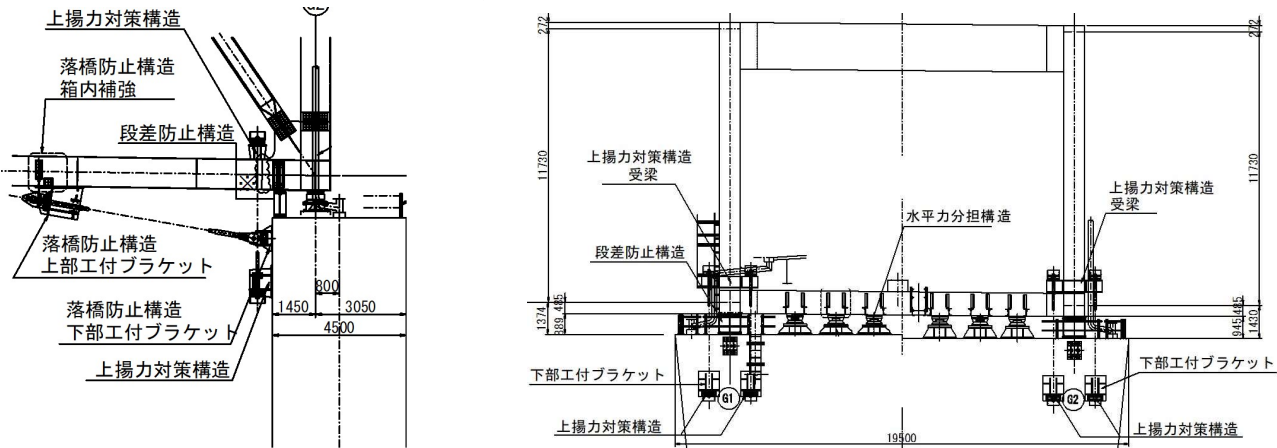


図-4 補強構造側面図及び平面図（P7）