

急速施工と耐久性を考慮した海上部 RC 橋脚の耐震補強設計

東日本高速道路(株) ○正会員 塩野 智也^{※1} 非会員 齋藤 正司^{※1}
 東日本高速道路(株) 正会員 塩畑 英俊^{※1} 正会員 宇山 友理^{※1}
 八千代エンジニアリング(株) 非会員 石川 義樹^{※2} 正会員名古屋 和史^{※2}

1. はじめに

北陸自動車道は、日本海国土軸を形成し大規模地震時の緊急輸送道路としての重要な役割を担う路線である。親不知 IC 付近の親不知海岸高架橋（橋長 3373m）は、昭和 63 年にトンネルに隣接する一部区間を除き暫定供用した。したがって、H8 道路橋示方書 V 耐震設計編（以下、道示 V）の耐震性能を満足しない。同高架橋の一部の区間においては、海上部の橋脚となるほか、全長に渡って塩害対策区分は S 区分となる。架橋地の施工条件は、気象・海象条件から夏期（準備工を含む施工可能期間 4～10 月の 7 ヶ月間）の施工に限定される。また、H10～13 年度には波浪対策としてプレキャスト埋設型枠による耐摩耗層の補修工事が行われており、橋脚耐震補強後においても波浪や塩害に対する耐久性を確保する必要がある。以上を踏まえて本稿は、海上部の橋脚を有する上り線 P4～P7 区間（図-1、写真-1）を代表区間として、急速施工と耐久性を両立することが可能な橋脚耐震補強工法の検討と設計結果について報告する。

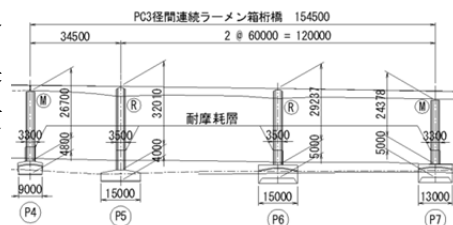


図-1 上り線 P4～P7 区間現況一般図



写真-1 上り線 P4～P7 区間現地状況

2. 現況照査の結果

本橋の耐震補強設計においては、B 種の橋に該当するため、道示 V に示される耐震性能 2 を満足する必要がある。そこで、既設橋に対して橋全体系の 2 次元非線形動的解析モデルによる動的照査を実施し、耐震性能の照査を行った。表-1 に既設橋脚の諸元およびレベル 2 地震動に対する照査結果の概要を示す。P4～P7 橋脚は、いずれも海上部の RC 柱式橋脚であり、段落し部の曲げ耐力不足（P4～P7 橋脚）、せん断耐力不足（P4～P7 橋脚）のほか、上部構造と剛結合となる P5、P6 橋脚の柱上端部における塑性変形能不足が明らかとなった。

表-1 既設橋脚諸元と照査結果（レベル 2）

		P4	P5	P6	P7
構造条件	支 承 部	BP-A	BP-A	BP-A	BP-A
	支 承 条件	橋軸方向 可動	剛結	剛結	可動
	直 角 方 向	固定	剛結	剛結	固定
	橋 脚 形 式	RC柱式	RC柱式	RC柱式	RC柱式
下部構造	橋 脚 高	H(底版含む) 31.5m	32.2m	32.5m	31.4m
	断面寸法	D(橋軸方向) 3.3m	3.5m	3.5m	3.3m
	B(直角方向) 8.0m	8.0m	8.0m	8.0m	8.0m
基礎構造	基 礎 形 式	直接	直接	ケーソン	ケーソン
	曲 げ 照 査	OK	OK	OK	OK
橋脚上部構造	せん断照査	OK	OK	OK	OK
	支 承 部	BP-A	BP-A	BP-A	BP-A
	支 承 条件	橋軸方向 可動	剛結	剛結	可動
	直 角 方 向	固定	剛結	剛結	固定
橋脚	曲 げ 照 査	OK	OK	OK	OK
	段落し部	OK	OK	OK	OK
	柱 基 部	OK	OK	OK	OK
	せん断照査	OK	OK	OK	OK
上部構造	曲 げ 照 査	OK	OK	OK	OK
	せん断照査	OK	OK	OK	OK
	支 承 部	BP-A	BP-A	BP-A	BP-A
	支 承 条件	橋軸方向 可動	剛結	剛結	可動
直 角 方 向	直 角 方 向	固定	剛結	剛結	固定
	橋 脚 形 式	RC柱式	RC柱式	RC柱式	RC柱式
	橋 脚 高	H(底版含む) 31.5m	32.2m	32.5m	31.4m
	断面寸法	D(橋軸方向) 3.3m	3.5m	3.5m	3.3m
基礎構造	基 礎 形 式	直接	直接	ケーソン	ケーソン
	曲 げ 照 査	OK	OK	OK	OK
橋脚	曲 げ 照 査	OK	OK	OK	OK
	段落し部	OK	OK	OK	OK
	柱 基 部	OK	OK	OK	OK
	せん断照査	OK	OK	OK	OK
上部構造	曲 げ 照 査	OK	OK	OK	OK
	せん断照査	OK	OK	OK	OK
	支 承 部	BP-A	BP-A	BP-A	BP-A
	支 承 条件	橋軸方向 可動	剛結	剛結	可動
直 角 方 向	直 角 方 向	固定	剛結	剛結	固定
	橋 脚 形 式	RC柱式	RC柱式	RC柱式	RC柱式
	橋 脚 高	H(底版含む) 31.5m	32.2m	32.5m	31.4m
	断面寸法	D(橋軸方向) 3.3m	3.5m	3.5m	3.3m
基礎構造	基 礎 形 式	直接	直接	ケーソン	ケーソン
	曲 げ 照 査	OK	OK	OK	OK

3. 耐震補強工法の検討および設計結果

(1) 補強工法の選定

耐震補強は、既設支承の免震化や制震ダンパーの設置により、地震時慣性力を低減し、橋全体の耐震性能を向上する補強工法を優先する。しかしながら、対象区間においては、図-2 に示すように下床版に PC 鋼棒が密に配置されており、支承アンカーボルト増設時の削孔における PC 鋼棒の切断リスクを考慮した場合、ブラケットの設置が困難であるため、前者の補強工法は適用不可とした。一方、海上部の橋脚に対する部材補強工法は、維持管理が比較的容易で経済的

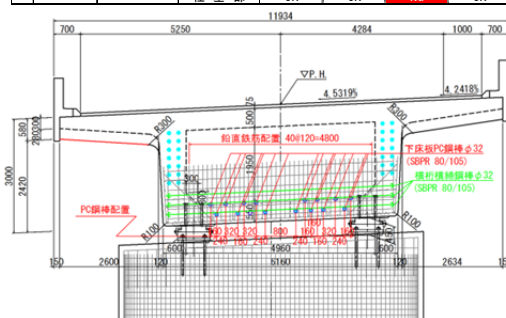


図-2 上り線 P7 (P6 側) 鋼材取合い確認図

キーワード PC ラーメン箱桁橋、海上部 RC 橋脚、プレキャスト埋設型枠、急速施工

連絡先 ^{※1} 東日本高速道路(株)新潟支社〒950-0917 新潟市中央区天神 1-1 新潟プラウカ 3(4F) TEL 025-241-5212

^{※2} 八千代エンジニアリング(株)〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8CS タワー TEL 03-5822-2900

な図-3 に示す RC 巻立て工法を基本とし、急速施工や耐久性については別途検討するものとした。なお、鋼板巻立て工法や炭素繊維巻立て工法は、飛来塩分による塩害対策、防錆・防食、衝突、砂礫混じりの波浪による摩耗対策、および LCC の観点から不採用とした。

(2) 橋脚耐震補強設計

海上部橋脚の耐震補強は、構造的、維持管理性、施工性、および経済性を含めた総合評価により、プレキャスト埋設型枠併用 RC 巻立て工法を採用した。図-4 にプレキャスト埋設型枠パネルの例を示す。これは、耐摩耗性に加え、遮塩性が高く（本橋で用いた埋設型枠の見かけの拡散係数：約 $0.0038\text{cm}^2/\text{年}$ ）、圧縮強度 130N/mm^2 以上の繊維補強コンクリートで工場製作する。

本高架橋の海上部橋脚においては、H10～13 年度に耐摩耗層の補修工事を実施しており、写真-1 に示すようにプレキャスト埋設型枠を沖側に対して使用している。モニタリングの結果、目地部の構造および橋脚躯体への固定方法によっては、パネルのズレや中詰めコンクリートの充填性が低下する課題がある。そこで、図-5 に示すように目地部は、上下左右ともに鍵型目地とし、固定方法は、全ての金具類をステンレス仕様としたボルト方式を採用した。これにより、中詰めコンクリートの均一な充填性を確保することを可能とした。

図-6 に P5 橋脚基部断面の既設時と補強時の配筋状況対比図を示す。既設耐摩耗層を撤去したのち、補強断面は、埋設型枠厚 50mm、中詰めコンクリート厚 250mm を標準とした。なお、塩害対策 S 区分となるため、埋設型枠の内側面からかぶり 90mm を確保するとともにエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。また、補強後構造に対する動的照査においては、埋設型枠は自重のみを考慮した。

(3) 施工計画

プレキャスト化と脱型作業の省略によって約 30 日の工期短縮を図り、1 橋脚あたりの施工日数を約 150 日（仮締切工設置・撤去約 45 日、補強工・足場工約 105 日）と設定した。仮締切工は、図-7 に示すような設置・撤去が容易な袋型根固工を採用し、橋脚補強時はドライアップする。また、天端は工事用道路として利用する。

4. まとめ

親不知海岸高架橋の海上部橋脚を有する PC ラーメン箱桁区間は、既設 PC 鋼材との取合いの関係や PC 鋼材の削孔時の切断リスクを回避するために端部可動支承の免震支承への取替や制震ダンパーの設置を行わず、橋脚の RC 巻立て工法を採用した。気象・海象条件から施工可能期間は 7 ヶ月に限定されるが、プレキャスト埋設型枠併用 RC 巻立て工法の採用によって 1 橋脚あたりの施工期間は約 5 ヶ月となり、工事遅延リスクに対しても配慮した工程計画とした。

また、塩害環境下での耐久性確保には、プレキャスト埋設型枠の適用のほか、目地部、パネル固定方法など細部構造を工夫して対処した。最後に本事例が今後の耐震補強設計の参考になれば幸いである。

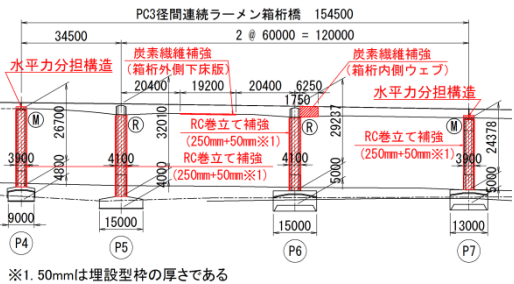


図-3 耐震補強構造（上り線 P4～P7 区間）



図-4 プレキャスト埋設型枠パネルの例

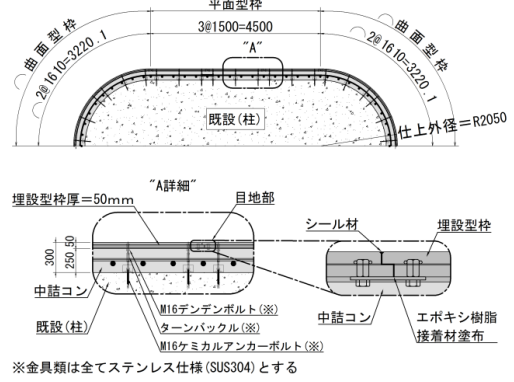


図-5 目地部の構造およびボルト固定方式

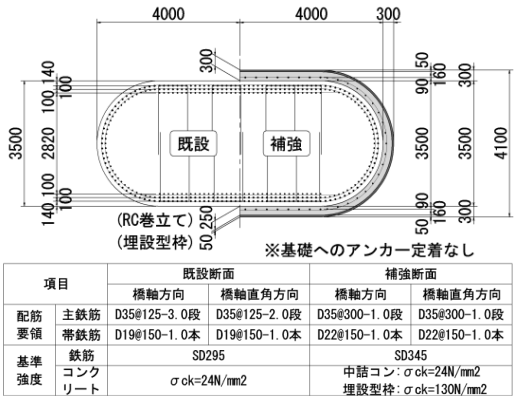


図-6 P5 橋脚断面（左：既設／右：補強）

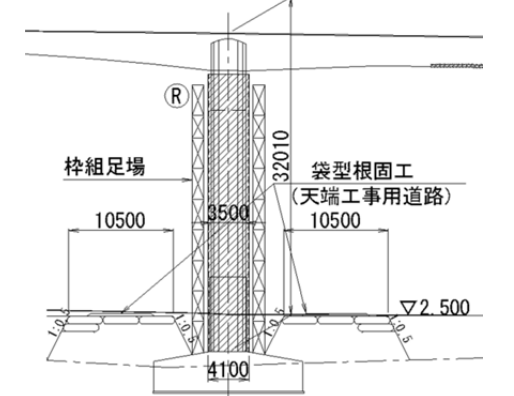


図-7 海上部橋脚の仮締切工（例 P5 橋脚）