

側方移動した渡河橋の二期線整備に向けた橋梁計画について

国土交通省東北地方整備局磐城国道事務所 工務課 芳賀 重敏
 国土交通省東北地方整備局磐城国道事務所 平出張所 阿部 要
 株式会社ドーコン交通事業本部 構造部 正会員 ○熊谷 清貴
 株式会社ドーコン交通事業本部 東京事業部 正会員 谷口 浩二

1. はじめに

一般国道 6 号常磐バイパスの渡河橋（支間 47m の単純鋼箱桁）について、4 車化に向けた橋梁計画を報告する。本橋は DJM とグラベルドレーン工法による軟弱地盤対策を施していたが、平成 2 年の二次盛土直後に側方移動が発生した。その後、新たな対策工として地盤改良（CDM）と軽量盛土（EPS）を施して平成 12 年に 2 車線の暫定供用を開始している（図－1）。以来顕著な変状は発生していないが、橋台は上下線一体構造で創建時に施工済みであるため、今回の二期線整備計画ではこの橋台と基礎の健全性を確認したうえで、平成 24 年版道路橋示方書（以下、H24 道示と略記）に準拠して上部工架設後の安全性を確保する必要があった。

本稿では、その側方移動した橋台と基礎の健全性を確認する方法と、二期線整備後の安全性を確保するために考案した変位制限装置について紹介し、併せてその施工状況を報告する。

2. 調査・設計シナリオ

対象橋梁の設計年次は昭和 62 年（昭和 55 年道示準拠）である。まずはそれ以降の検討経緯と変状・対策履歴、軟弱地盤に悩まされた路線全体の工事誌等の文献を確認した。暫定供用までの設計施工履歴は表－1 に示すとおりであり、主桁の損傷防止対策として A1 橋台（可動側）のパラペットを 15cm 後方に打ち替えたこと、種々の調査によって「軟弱層厚の過小評価」と「DJM 改良体の強度不足」が側方移動を抑止できなかった要因であると判明し CDM と EPS による新たな対策工を設計施工したことなどが要点である。

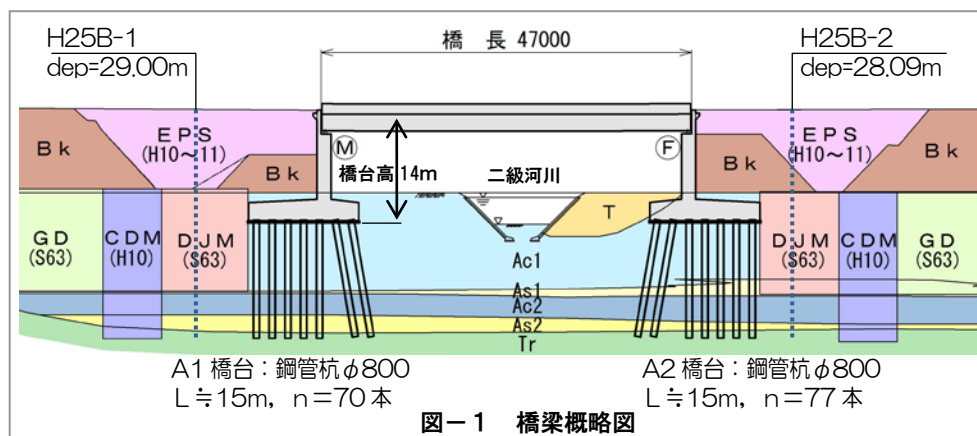
以上の履歴と残された課題等を再評価した結果、暫定供用後の異常が認められないこと（東北地方太平洋沖地震時を含め）、側方移動発生後 20 数年が経過しており、その間に地盤強度が増加している可能性があることなどから、二期線整備に際しては「既設橋台の躯体と基礎杭を活用し適切な対策工で 4 車化を実現する」という目標を掲げ、その実現に向けて次のような現実的な調査・設計シナリオを作成した。また、これらを達成するための測量・調査手法、解析手法、設計条件等を検討した。

【ステップ 1】現況の地盤強度の把握：4 車化しても側方移動や圧密沈下が発生しないことを確認する

【ステップ 2】基礎杭の健全性の確認：杭が損傷しておらず、このまま使えることを確認する

【ステップ 3】4 車化後の耐震性能の確認：現行基準（H24 道示）に拠り照査し必要な耐震補強を計画する

【ステップ 4】二期線上部工の詳細設計：本橋独自の耐震性能を確保するためのディテールを立案する



図－1 橋梁概略図

表－1 主な設計施工履歴

昭和 62 年	詳細設計（S55 道示）
昭和 63 年	DJM 地盤改良
平成元年	下部工施工
平成 2 年	上部工架設・二次盛土
	側方移動を確認
平成 3 年	二次盛土撤去
	DJM 強度不足を確認
平成 9 年	パラペット打ち替え
平成 10 年	CDM 地盤改良
平成 11 年	EPS 盛土施工
平成 12 年	一期線供用開始
平成 25 年	二期線整備計画開始
平成 26 年	耐震補強工事を実施

キーワード：側方移動、軟弱地盤解析、非破壊探査、オーリス試験、変位制限装置、タイ材

連絡先：〒004-8585 北海道札幌市厚別区厚別中央 1 条 5 丁目 4 番 1 号 Tel:011-801-1540

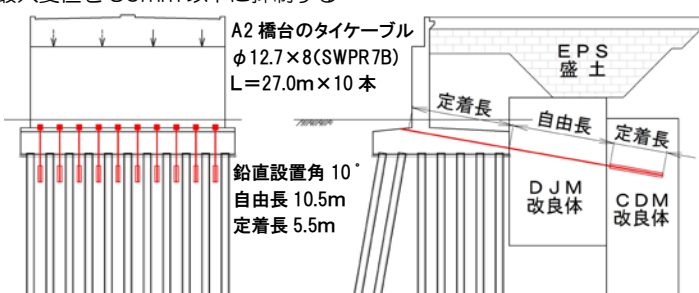
3. 橋梁計画の実際

前項に示したシナリオに基づき、地質調査と軟弱地盤解析により現時点での地盤の強度特性と圧密特性を把握するとともに、超音波による非破壊探査方法（オーリス試験）によって既設基礎杭の根入れ長と損傷の有無を確認した。その結果、問題の粘性土層（Ac2層）の強度が増加しており、4車化後には圧密沈下も側方移動も生じないこと、鋼管杭基礎に損傷のないことが確認された。また、橋台設計用上部工反力は現行基準（B活荷重）を適用する必要があるため4車合計で当初設計の179%に増大するが、EPSによる土圧軽減効果が顕著であり、橋台各部の耐力および杭の支持力と耐力には問題がないことがわかった（表－2）。

しかし、両橋台とも側方移動時に100mm前後の変形履歴があることから、杭頭結合状態、杭先端の支持力、鋼管杭の残留応力などの懸念材料が残っている。これらを非破壊で確認する手段はなく、懸念材料をすべて解消するには地震時の大変形を抑止する装置を設置する以外にない。そこで、軟弱な沖積粘性土地盤に計画される杭基礎の水平変位の緩和に関する考え方（設計要領第二集）を参考とし、かつEPSによって常時偏荷重を十分小さくした橋台であることから、杭頭変位を50mm以内に抑制するという目標値を設定し「グラウンドアンカーをタイ材として使う」という変位制限装置を考案した。背面には強固なCDM改良体があり、それに定着した初期張力を与えないバネをフーチングに設けるという発想で、橋台の変位に応じて引張力が作用する構造である（橋台が背面に傾くおそれがあるためタイ材を緊張することは不可能）。これはグラウンドアンカーという既存技術の応用であり、実現性と効果に不安はなく、極めて現実的な解決策であると考えた。

なお、上部工は変状調査に基づいて橋長46.911mの単純鋼箱桁（RC床版）とし、片側50mmの変形に追従できる伸縮装置を備えることとした。

表－2 調査・設計シナリオに基づいた確認手段と結果一覧

Step	目的	確認手段	調査結果・検討結果
1	現況の地盤強度の把握	①A1、A2橋台で各1本の地質調査を実施（粘性土Ac2層の強度と圧密特性の把握）（DJMの強度の確認） ②軟弱地盤解析：現行の安全率（ $F_s > 1.5$ ）（過去の各対策工における側方移動の検証）	①A1橋台側DJMは十分な強度発現に至っていない（A2は達成） ①側方移動を誘発したAc2層の強度は増加し、圧密沈下は収束している ②CDMだけでは $F_s \approx 1.4$ で、側方移動の可能性は残る ②EPS併用によって $F_s > 2.1$ となり、側方移動対策は万全である ②4車化後は両橋台とも $F_s > 2.0$ で、もう側方移動は発生しない
2	基礎杭の健全性の確認	③A2橋台の斜杭（鋼管杭）に対し、超音波による非破壊探査方法（オーリス試験）で根入れ長および損傷の有無を確認する	③調査した3本の斜杭は先端まで致命的な損傷を受けていない ③分担水平力の最も大きい斜杭が健全なのでほかの直杭も健全と推定可能 ③杭の打ち込み形状は設計図通りと考えてよい
3	4車化後の耐震性能の確認	④橋台設計用上部工反力はB活荷重を考慮（4車線合計で当初設計の179%となる） ⑤フーチングを剛体とした2次元フレームモデルで解析する（側方移動時を想定した復元設計の結果から、杭頭はヒンジ状態、杭先端はバネ支持であると仮定する） ⑥H24道示に基づき常時・地震時の安定性を検討、実際には杭体にはある程度の残留応力が発生しているのを考慮して考察	④⑤⑥を実施した結果、橋台各部の耐力および杭の支持力と耐力には問題がないこと、仮にA2橋台に側方移動量118mmの強制変位を与えた際の杭体応力の50%が残留していたとしても許容値を満足することが判明 ただし水平変位が過大になることから、図のような変位制限装置を設けて最大変位を50mm以下に抑制する 
4	二期線上部工詳細設計	⑦既存橋台を活用できる橋種を選定する ⑧橋梁支間、遊間、支承等を適切に設定する	⑦一期線同様の単純鋼箱桁形式とする（ただしH24道示適用） ⑧橋梁支間を実測値46.911m、50mmの変位に適用できる伸縮装置

4. 耐震補強工事

上部工工事に先立ち、橋台に変位制限装置を設置する耐震補強工事を実施した。まず試験施工を行い、直径φ140mmの削孔精度（特に鉛直角度と直進性）が十分であること、CDM改良体の強度が目標値500kN/m²に対し1900kN/m²（粘着力の平均値）であることを確認した。削孔速度は1本当たり5～6時間のペースであり、工事は滞りなく完了した（写真－1）。



写真－1 削孔状況