

海上栈橋として供用後 46 年経過した PC 桁の耐荷性と耐久性に関する検討

(株)郡山測量設計社 正会員 神永 秀明 (株)東日本建設コンサルタント フェロー 長尾 晃
 日本大学 正会員 子田 康弘 日本大学 フェロー 岩城 一郎

1. はじめに

我が国のインフラは、高度成長期にその多くが整備され、現在老朽化が問題となってきた。一方で、今後新設される構造物は、設計供用期間の標準を 100 年とすることとなる。老朽化に伴う補修・補強や新設構造物の建設について、設計・施工の手法の向上には、既設構造物の経年変化による構造性能の変化を評価し、これを反映させることも重要である。そこで本稿では、福島県相馬市松川浦漁港の海上栈橋として、約 46 年間利用されたプレテンション方式 PC スラブ橋の解体・撤去に合わせ、一部の桁を取り出し、これらについて曲げ載荷試験および塩害に関する物性試験を行い、試験結果に基づいて PC 桁の耐荷性と耐久性について検討した。

2. 試験概要

本海上栈橋は、1971 に竣工した橋梁であったが、東北地方太平洋沖地震および津波の影響により被災し、施設一帯の改修工事として、平成 29 年 10 月に解体・撤去されたものであり、この中の一部の桁が譲渡されたものである。

海上栈橋の形式は、パイルベント形式の下部構造に支えられた、プレテンション方式 PC 単純スラブ橋であり、設計荷重 T-14、支間長 4.70m である。図-1 に主桁断面図を示す。図より、主桁 1 本当たりの断面は、高さ H=190mm、幅 W=300mm で、これを横断方向に並べ横繋ぎし、橋として利用していた。主桁には、設計基準強度 50N/mm²、PC 鋼線 7mm が 12 本配置されていた。

実験は、耐荷性能を把握するため曲げ載荷試験を行ったものであり、また耐久性の把握としては桁からコアを取り出して、中性化深さと塩化物イオン濃度分布を測定するとともに、PC 鋼線の腐食減量率の測定も合わせて行った。まず載荷試験は、主桁 3 本を用いて行った。使用した主桁は、外桁 1 本 (No.1 桁)・中桁 2 本 (No.2 桁・No.3 桁) である。図-2 に曲げ載荷試験の概要を示す。

図より、曲げ試験は、対称 2 点集中載荷方式とし、支間中央から 250mm に載荷点を置いた。計測項目は、載荷重と主桁中央の変位とした。変位は変位計により載荷重 2kN 間隔で計測した。次に中性化深さは、75mm のコアを採取した直後、フェノールフタレイン溶液を噴霧し測定した。塩化物イオン濃度分布の測定は、コアを桁側面から約 200mm までを抜き取り、表面から 5mm 毎の濃度をイオンクロマトグラフ法により測定した。PC 鋼線の腐食減量率に関しては、載荷試験を行った桁より目視にて腐食状況を確認し、腐食部と健全部の鋼材を取り出して測定した。

3. 実験結果及び考察

まず、主桁の事前照査として、曲げに関する計算値を算出したところ、許容曲げ圧縮応力度($\sigma_{ca}=16\text{MPa}$)時の荷重(以下、設計荷重)は 22.2kN、たわみは 10mm と推定された。コアによる圧縮強度試験の結果は、47.1MPa、ヤング率 36.3GPa であった。

曲げ載荷試験の結果は、No.1 桁の場合、最大荷重が 60.8kN となり、設計荷重との比として 2.7 倍であった。ただし、No.1 桁は試験機のジャッキストローク限界となり、曲げ破壊までは載荷ができなかった。No.2 桁、No.3 桁



写真-1 架橋状況

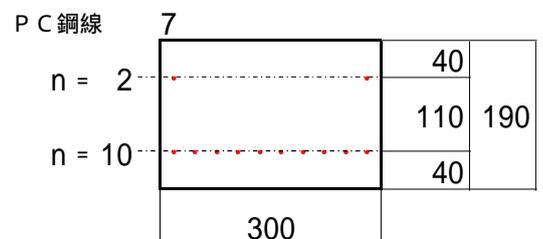


図-1 主桁断面図

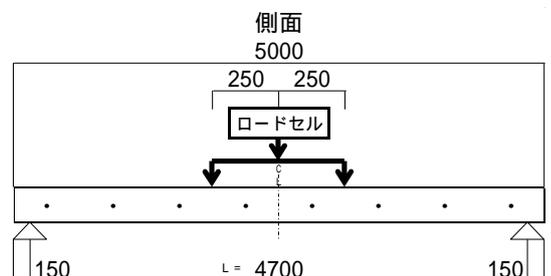


図-2 曲げ試験試験機

キーワード 海上栈橋 PC 桁 塩害 中性化 プレテンション桁 曲げ試験

連絡先 〒963-8041 福島県郡山市富田町字十文字 54-3 TEL 024-952-5200

の場合は、最大荷重が 68.1kN であり、設計荷重との比は 3.1 倍であった。No.2 桁、No.3 桁は、設計荷重に対し約 3 倍の耐荷力を有していたことになる。すなわち、コンクリートの設計基準強度 (50MPa) の約 3 倍の安全率 (16MPa) と同等であった。よって、破壊までに至った No.2 桁と No.3 桁は設計時の耐荷力を解体時点でも十分満足していたものと評価できる。荷重 - 変位関係に関しては、図-3 より、No.1 桁、No.2 桁、および No.3 桁ともに計算値とほぼ同等であることから、設計で想定した使用状態を満足していたと評価出来る。これより、本栈橋は竣工時の構造性能がほぼ低下することなく供用されていたと考えられる。

次に、塩害環境下にあった本栈橋におけるコンクリートと PC 鋼線の物性を評価した。なお、PC 鋼線の腐食減量率は測定中のため発表時に報告する。まず、3 体の桁全てにおいてコンクリート表面に鋼材腐食に伴うひび割れや剥離は確認出来なかった。次に、桁内部の鋼材をはつり出したところ、No.1 桁には腐食は確認できなかった。No.2 桁では、純かぶり 38mm の PC 鋼線に表面的な腐食が、純かぶり 45mm の PC 鋼材は点錆が確認できた。このように、僅かなかぶりの差で腐食の状態に多少違いが生じたと考えられる。写真-2 には No.2 桁の PC 鋼線の目視観察を示した。

写真-3 に中性化試験の結果を示す。写真より、中性化の進行はほぼ認められず、中性化深さは、平均で 0mm であった。よって、中性化が鋼材腐食を誘発させる原因とはならなかった。図-4 に塩化物イオン濃度分布を示す。表面は桁側面であり、海側の地覆側の面である。図より、分布を見る限り高濃度の塩分が侵入してはならず、コンクリート内部は鋼材に著しい腐食が発生する状態ではなかったと判断させる。0mm-10mm でも 3.0kg/m^3 を超えず、かぶり位置は約 1.3kg/m^3 と腐食発生限界塩化物イオン濃度の 1.2kg/m^3 を僅かに超える程度で腐食の目視観察の程度と概ね調和した。塩分は 120mm まで侵入しているが 40mm 以降の平均濃度は 1.23kg/m^3 であった。つまり、このコンクリートは供用期間において著しい鋼材腐食を誘発するような塩分侵入は認められなかった。

4. まとめ

本栈橋は、鋼材腐食も僅かであり設計で想定した耐荷力を有していた。耐久性に関しては高い品質のプレキャスト桁と推察され、中性化や塩分の侵入に対する抵抗性も十分あったと考えられた。ただし、鋼材腐食については架橋箇所が太平洋岸のため、沖縄や日本海側に比べれば塩分環境としては穏やかで飛沫塩分が少なかったことも一因と考えられる。

謝辞：本実験は、ふくしまインフラ長寿命化研究会により行われたものである。試験体は、福島県相馬港湾建設事務所より譲渡されたもので、各種試験は(株)富士ピー・エスいわき工場と、日本大学工学部コンクリート工学研究室の協力により実施した。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1) プレストレストコンクリート道路橋示方書 (社)日本道路協会 (昭和 43 年)
2) 橋，高架の道路等の技術基準(平成 29 年 7 月)

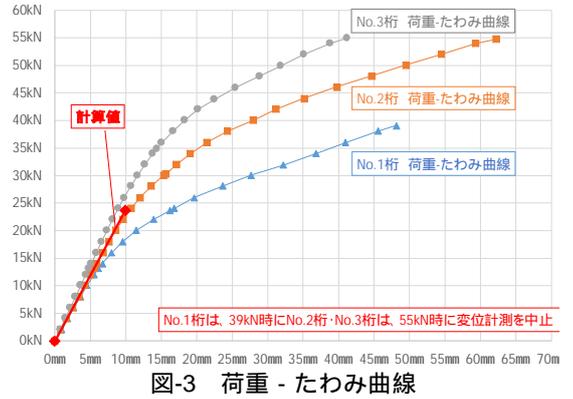


図-3 荷重 - たわみ曲線



写真-2 No.2 桁の鋼材の腐食状況



写真-3 中性化試験結果

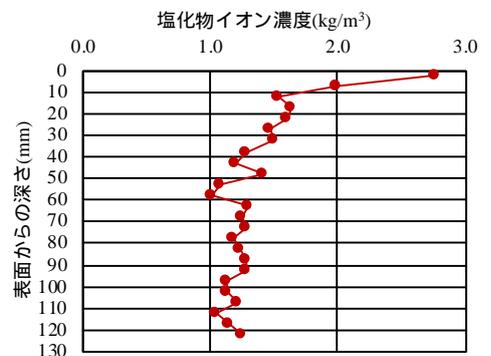


図-4 塩化物イオン濃度分布