

建設後50年以上経過したポストテンション方式PC道路橋の耐荷性能評価

コーアツ工業(株) 正会員 ○小瀬戸 弘樹
 コーアツ工業(株) 松川 嘉孝
 コーアツ工業(株) 正会員 安達 健太

キーワード：道路橋，ポストテンション方式PC橋，50年以上供用，耐荷性能，載荷試験

1. はじめに

既設橋梁を維持管理し継続的に使用するためには，その橋梁が保有している構造性能を的確に評価・判定し必要に応じて補修・補強などの対策を講じていくことが重要である。しかしながら，古い橋梁は，建設当時の設計図書が現在まで保管されていないことが多く，構造や部材の応力状態を十分に把握されないまま，維持管理および補修・補強設計が行われている場合がある。本調査橋梁である曾木大橋は，「東洋のナイアガラ」として知られる鹿児島県伊佐市の観光名所である「曾木の滝」の上流に位置し，1962年（昭和37年）に建設されたポストテンション方式のプレストレストコンクリート（以下，PCと称す）道路橋（写真-1）である。

我が国初の本格的なポストテンション方式PC橋である「第一大戸川橋梁（鉄道橋）」が1954年に建設されたことを鑑みると，本橋はポストテンション方式PC橋の創成期に施工されたものと言え，近隣住民の生活道路や観光用道路として様々な役割を担ってきた。しかし，曾木の滝の景観問題や新曾木大橋の建設などに伴い撤去されることとなった。

そこで，建設後50年以上が経過した橋梁が撤去されるこの機会に，本橋撤去桁を用いて載荷試験を実施し，その耐荷性能を評価した。なお，本橋の桁長は30mにもおよび，この規模のPC桁の載荷試験の実施例は少ないため，本桁の耐荷力を評価することは，今後のPC橋の健全度評価技術の向上に役立つ有益な情報になるものと考え。本稿では，調査で得られた結果について報告する。



写真-1 撤去前の曾木大橋

表-1 曾木大橋の橋梁諸元

橋梁名	曾木大橋
橋長	150.000m
支間割	5@29.950m
有効幅員	4.620m
設計荷重	TL-14
橋梁形式	ポストテンション方式PC5径間単純T桁橋
竣工年度	1962年（昭和37年）
撤去年度	2015年（平成27年）

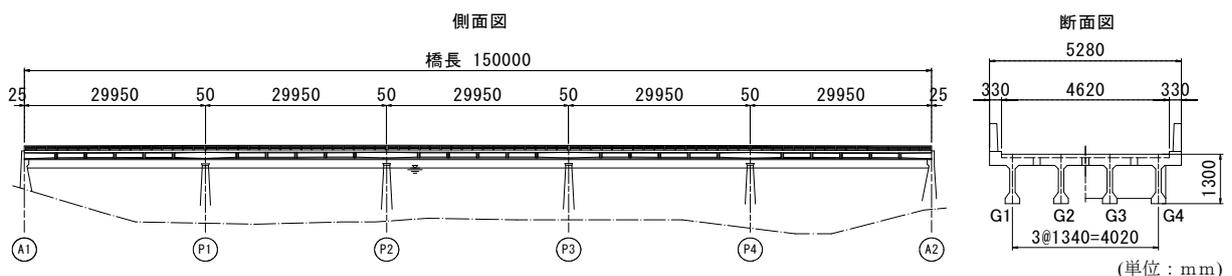


図-1 曾木大橋構造一般図

2. 事前調査

本橋は、建設当時の設計図書が保管されていなかったため、載荷試験に必要な当時の設計を復元する目的で事前調査を実施した。事前調査では、外観変状調査、形状寸法調査、PCケーブルおよび鉄筋調査、コア供試体を用いたコンクリート調査、桁から採取したPC鋼線調査を実施した。

2.1 外観変状調査

本橋の撤去に先立ち、近接目視調査および打音調査を実施した。変状評価は、国土交通省による道路橋定期点検要領に準じて実施した。

外観変状調査の結果、主桁の一部にかぶり不足による鉄筋露出やコンクリート剥離などの変状は見られたが、いずれも軽微なもので耐荷力に直接影響するようなものはなく、主桁は概ね健全であると判断できる状態であった。

2.2 形状寸法およびPCケーブル・鉄筋調査

載荷試験に先立ち、主桁構造を復元する目的で形状寸法およびPCケーブル・鉄筋に関する調査を行った。調査は、載荷試験を行わない解体桁でワイヤソーにより切断し形状寸法およびPCケーブルの規格(本数、種類など)、配置状況(位置、間隔、角度など)を巻尺やノギスを用いて直接計測することで確認した。それに加えて、電動ピックで鉄筋および定着具をはつり出し、鉄筋規格や定着工法の確認も行った。また、鉄筋探査機を使用して主桁内部の鋼材位置を確認し、鋼材配置状況を復元した。

調査の結果は、PC鋼線はφ7mmの単線が12本一組として8組配置されており、4組が桁端部で定着され、残り4組が桁上縁で定着されていることが確認できた。定着工法はFKKフレシネー工法のマルチワイヤーシステムで、定着具にフレシネーコーン12φ7用(写真-2)が使用されていた。

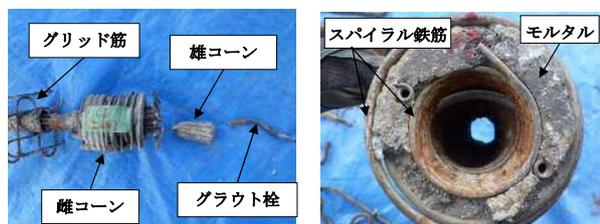


写真-2 はつり出した定着具

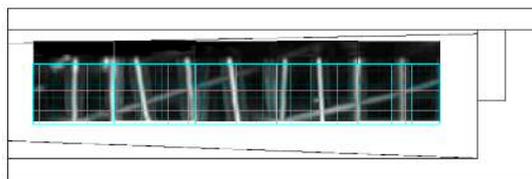


図-2 鉄筋探査機画像

2.3 コンクリートの強度

本橋の主桁コンクリートよりφ100×200mmのコア供試体を採取し、5本の供試体で圧縮強度および静弾性係数を測定した。圧縮強度の平均値は49.6N/mm²で、静弾性係数の平均値は32510N/mm²であった。静弾性係数は、現在のコンクリート標準示方書の算出式により求められる値(圧縮強度49.6N/mm²の場合でEc=32920N/mm²)と比較すると、妥当と判断できる結果であった。

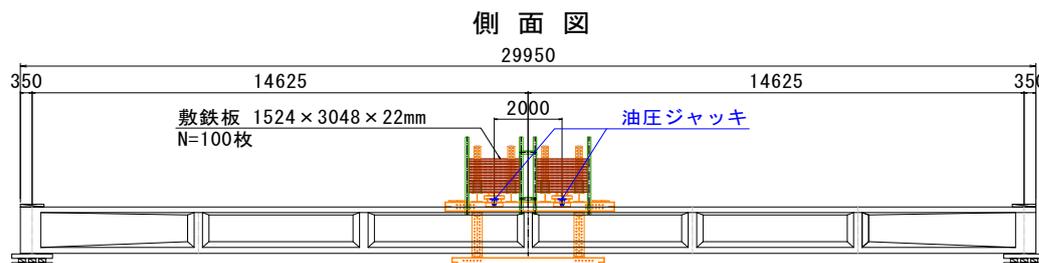


図-3 載荷試験概要図

3. PC桁の載荷試験

3.1 試験概要

本橋のPC桁の耐荷性能を評価するために、曲げ載荷試験を実施し、耐荷力や力学的挙動の確認を行った。曲げ載荷試験の概要を図-3に示す。試験は、P1~P2径間G2桁で行った。載荷方法は、間隔2000mmの2点載荷（支間中央から左右へそれぞれ1000mmの位置）とし、荷重は油圧ジャッキ2台を使用してPC桁に載荷し、各ジャッキ上方に敷鉄板を積上げ反力受けとした。なお、桁長が約30mに及ぶことから試験施設などへの運搬ができなかったため、本橋梁の橋台背面の桁解体ヤードにて試験設備を構築し、試験を実施した（写真-3）。

荷重載荷は、荷重を100kNごとに増加させて、300kN（1載荷点あたり150kN）まで載荷後、これを除荷し、これを3サイクル行う繰り返し載荷を実施した。なお、3サイクル目は400kNまで載荷した。



写真-3 載荷試験状況



写真-4 測定器設置状況



3.2 試験項目

測定器は、支間中央部、載荷位置、支間1/4点、せん断照査位置（支点から桁高1/2点）の位置にひずみゲージ、変位計を設置した。設置状況を写真-4に示す。測定項目は、各荷重段階におけるひずみ量、変位量の測定、ひび割れ発生状況、経時変化を監視・記録した。

3.3 試験結果

(1) ひずみ量

支間中央部下縁における荷重-ひずみ履歴曲線を図-4に示す。載荷荷重200kNに着目すると、載荷回数を重ねるごとにひずみ量が増加する傾向が見られた。なお、載荷荷重300kNにおいて、1回目が2回目、3回目と比較して大きくなっているが、これはひび割れが発生した直後に、梁のたわみの急変にジャッキのストロークが追従できず、圧力損失が生じジャッキの調整を行ったために生じたものと推測する。

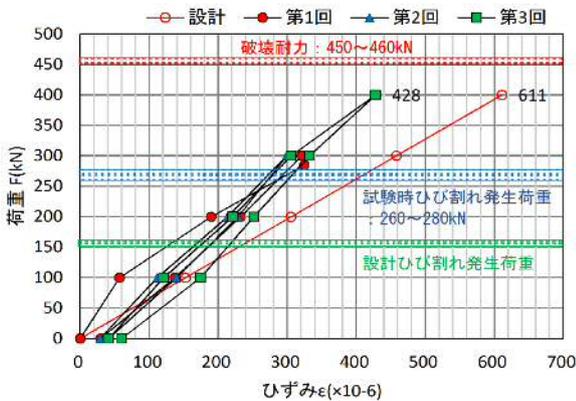


図-4 荷重-ひずみ履歴曲線

※設計1: グラウトなし 設計2: グラウト考慮 設計3: Bransonの式

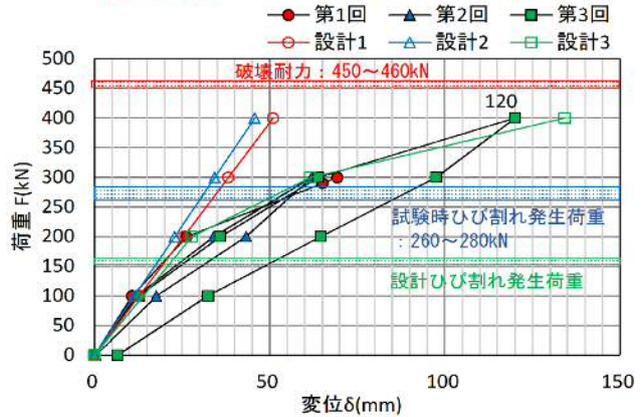


図-5 荷重-変位履歴曲線

(2) 変位量

支間中央部における荷重-変位履歴曲線を図-5に示す。ここで、設計値が3つあるが、設計1は断面定数にグラウトを考慮していないもの、設計2はグラウトを考慮したもの、設計3はグラウトを考慮した上で、ひび割れ発生に対する剛性低下を考慮したBransonの提案式から算出したものである。載荷荷重200kNに着目すると、前述のひずみ量と同様に、載荷回数を重ねるごとに変位量が増加する傾向が見られた。また、載荷荷重200kNまでは、変位測定値は解析値と同程度であったが、載荷荷重が200kNを超えると、ひずみの場合と違い設計1, 2を上回り、設計3の値に近い変位量が発生した。なお、桁全体の変位についても同様の傾向が認められた。このことから、桁はひび割れ発生に伴い剛性が低下し、変位量が増加したものと推測される。また、変位量はBransonの提案式による値に近いことから、桁の挙動は正常であると判断できる。

(3) ひび割れ発生状況

各載荷荷重状態でのひび割れ発生状況を図-6に示す。ひび割れ発生状況の確認は、目視確認にて行った。試験の結果、目視確認によるひび割れは200kN載荷までは発生せず、260~280kN載荷時に幅0.05mm以上のひび割れが発生しているのを確認した。コンクリートの曲げ引張強度から算出した解析値は、150kN~160kNであったことから、想定していたよりも高い荷重でひび割れが発生している。しかしながら、ひび割れの確認は目視確認であったため、実際は前述の図-6に示す変位曲線が変化している200kNを超えた付近において、目視では確認できない微細なひび割れが発生していたのではないかと推測される。

なお、発生したひび割れ幅は、400kN載荷時において最大で0.5mmであった。

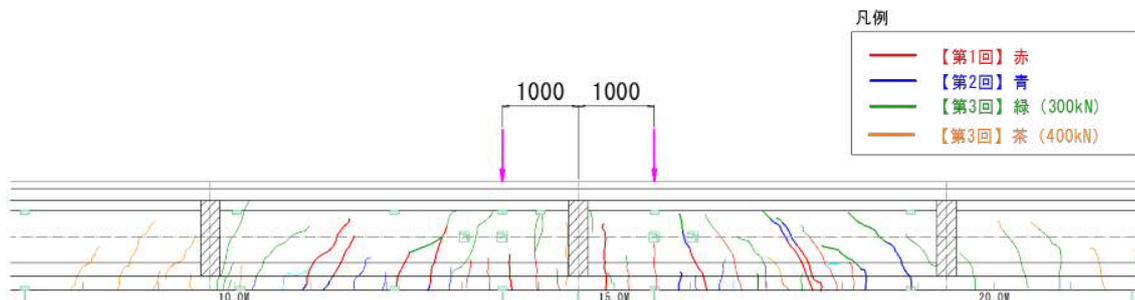


図-6 各載荷荷重状態でのひび割れ発生状況

4. まとめ

曾木大橋の耐荷性能に関する調査結果を以下に示す。

- (1) 試験荷重は破壊耐力(450kN~460kN程度)に近い400kNまで載荷したところ、ひずみは解析値に対して7割程度であった。
- (2) 設計ひび割れ発生荷重(150kN~160kN)に対して、試験では200kNを超えた荷重でひび割れが発生していた。
- (3) 荷重を除荷すると、ひび割れのほとんどが閉塞したことから、PC桁の復元性が確認された。

調査結果から、曾木大橋は建設から50年以上経過した現在においても所要なプレストレス力を保持しており、設計荷重に対して十分な耐荷性能を有していると考えられる。本調査報告が、今後のPC橋の健全度評価技術の向上に役立てば幸いである。

最後に、本調査の実施にあたり鹿児島大学大学院・武若教授、山口教授、審良准教授よりご協力とご助言を賜りました。また、鹿児島県始良・伊佐地域振興局の皆様をはじめ、関係者各位にご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。