

38 年間供用された太田跨線橋撤去桁の健全度調査

オリエンタル建設(株) 正会員 工修 ○二井谷教治
 オリエンタル建設(株) 正会員 中村 雅之
 群馬大学 正会員 工博 辻 幸和

1. はじめに

わが国において、プレストレストコンクリート(以下PC)橋が建設されるようになってからこれまで約50年が経過した。PC橋は、本来耐久性のきわめて高い構造物であるが、環境作用あるいは設計や施工における配慮が十分でなかったことが原因で、比較的早期に対策の必要となる橋梁も報告されている。今回、跨線橋として38年間にわたって供用されてきたPC桁について、その耐久性および耐荷性に関して調査する機会を得たので、その概要を報告する。

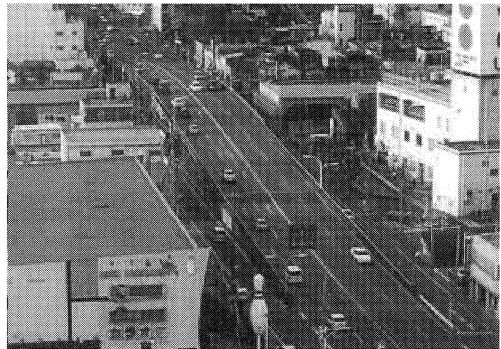


写真-1 供用中の太田跨線橋

2. 調査桁の概要

国道407号太田跨線橋は、東武鉄道伊勢崎線をまたぐ跨線橋であるが、現在進められている東武鉄道の高架化にともない撤去された。写真-1に撤去前の橋梁を示す。調査を行ったPC桁は、側径間より撤去されたポストテンション方式単純T桁のうち、無作為に抽出した2本である。

桁の形状寸法を図-1に示す。PC鋼材は、主方向および横方向ともPC鋼線12φ5であり、定着工法はフレシナー工法である。主方向PC鋼材は全7ケーブルあり、そのうち3ケーブルが端部定着、4ケーブルが上縁定着されている。横方向PC鋼材のうち床版横締めは、800mm間隔で配置されている。

3. コンクリートに関する調査

3.1 外観状況

各種調査に先立ち、桁の表面状態などの外観調査を行った。コンクリート表面は、排気ガスやほこりなどによると思われる汚れは見られたものの、水洗いにより除去でき、ひび割れ、錆汁などの損傷や劣化の兆候および異常はまったく見られなかった。

3.2 強度特性値

PC桁のウェブおよび上フランジ部からコア供試体を採取し、圧縮強度および弾性係数の測定を行った。コア供試体の寸法は、直径が約100mmで長さが150mm程度で、圧縮強度に関しては比較のために一般的に小

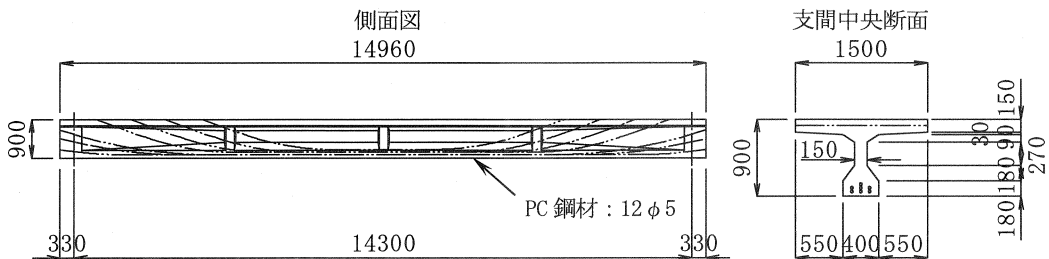


図-1 主桁の形状寸法

径コアとよばれる直径が約 25mmで長さが 50mm程度のものについても測定した。表-1 に試験結果を示す。φ 100mmの供試体 3 本による圧縮強度の平均値は 61.5N/mm²であった。一方、φ 25mm供試体については、12 本の試料を採取し、そのうち、切断および研磨の過程において小さな欠損などの生じた 6 本を棄却し、残りの 6 本について測定を行った。その結果、圧縮強度の平均値は 49.6N/mm²であり、φ 100mmの値に対して 2 割程度小さかった。一般的に、小径コアによる圧縮強度は、φ 100mmコア供試体による圧縮強度より小さくなることが知られており、φ 25mmによる圧縮強度を φ 100mmによる値に換算する係数は 1.22 であるとの報告がある¹⁾。表中の 'φ 25 補正' は、純粋な平均値にこの補正係数を乗じたものであり、補正後の圧縮強度 60.5 N/mm²は φ 100mmによる結果とほぼ等しくなった。

表-1 コンクリートの強度特性値

| 圧縮強度 (N/mm ²) | | | 弾性係数 (kN/mm ²) |
|---------------------------|------|--------|----------------------------|
| φ 100 | φ 25 | φ 25補正 | |
| 61.5 | 49.6 | 60.5 | 40.2 |

3. 3 その他の調査結果

同様に、PC桁のウェブおよび上フランジ部から φ 100mmのコア供試体を採取し、以下の各種調査を行った。コンクリートに使用された材料の詳細は不明であるが、セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は川砂・川砂利と仮定して配合推定試験を行った結果、水セメント比は 37%であった。中性化深さを測定した結果、外気と接触している面では 12mm程度であった。上フランジ張出し部下縁側の水切り部などでは、最外縁の補強筋に対してかぶりがない状態の箇所もあったが、鋼材位置まで中性化が進んでいるにもかかわらず、鋼材は部分的な表面腐食にとどまっていた。桁表面は水分の供給のない状態に保たれ、鋼材の腐食が進行しなかったのではないかと考えられる。調査対象橋梁は、外来塩分はほとんど考えられない状況であったが、初期内在塩分量を把握する目的もあり、塩分含有量の測定を行った。表面位置でも塩化物イオン量は 0.3kg/m³程度以下であり、鋼材腐食に関してもまったく問題のない量であった。

4. PC 鋼材に関する調査

後述する曲げ載荷試験が終了した桁について、PC 鋼材の曲上げ配置部分を含む 1m 区間 (桁端部から 3m ~4m の区間) にわたって切り出し、PC 鋼材全 7 ケーブルを取り出して外観調査、グラウト充填調査および PC 鋼材の機械的性質の調査を行った。写真-2 に示すように、桁から取り出したシースの表面は、製造したばかりの新製品と同程度の光沢があり、40 年あまり経過しているとは思えないほどの非常に健全な状態であった。PC 鋼材の表面状況については、PC 鋼材どうしのわずかな隙間部分や、きわめてわずかなグラウトの空隙部分を除き、ほとんど腐食のない健全な状態であった。また、ごく一部の腐食部分についても、表面だけの薄い錆のみであった。

次に、取り出した PC 鋼材を試料として機械的性質の測定を行った。測定結果を表-2 に示す。使用された PC 鋼材の規格は定かでないが、現行の PC 鋼線 φ 5 SWPR1A の規格値と試験値とを比較してもまったく遜色なく、健全な耐力を有していた。

表-2 PC 鋼材の機械的性質の試験結果

| | 降伏強度 (kN/mm ²) | 引張強度 (kN/mm ²) | 弾性係数 (kN/mm ²) | 伸び (%) |
|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|
| 規格値 | 1.40以上 | 1.60以上 | 200 | 4.0以上 |
| 実測値 | 1.60 | 1.80 | 214 | 10.4 |



写真-2 はつりだしたシースの状況

5. グラウト充填調査

ポストテンション方式の PC 構造物にとってグラウトは、耐荷性および耐久性の両側面から最も重要な要素のひとつであるといえる。そこで、グラウトの充填状況について詳細に調査を行った。

まず、ワイヤーソーを用いて桁を数断面で切断し、

切断面での充填状況を調査した。その結果、全断面ともシース内にグラウトが完全に充填されていることが確認された。桁の切断面の例を写真-3に示す。

次に、切り出した桁の1m区間にわたってPC鋼材を取り出し、充填状況を調査した。シース内のグラウト充填状況の例を写真-4に示す。シースの上縁側にわずかな空隙が確認できる箇所もあったが、取り出したケーブル全数の全長にわたって、ほぼ完全なグラウトの充填状況が確認できた。PC鋼材のグラウトを充填する場合に注意を要する箇所として、PC鋼材端部の定着具付近が挙げられる。特に、調査した桁のように上縁定着が行われているケーブルでは、当時のグラウト材料の品質を考え合わせれば、ブリーディングの影響を受けやすい箇所でもあるため注意が必要である。今回の調査では、上縁定着部もコアを採取して調査したところ、定着具のコーン内部まで十分にグラウトが充填されていることが確認された。

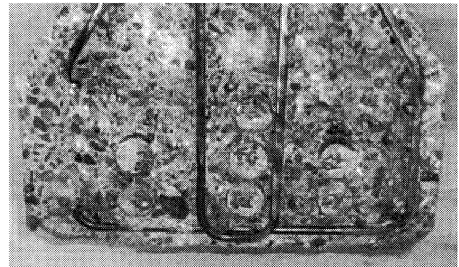


写真-3 桁の切断面 (下フランジ部)

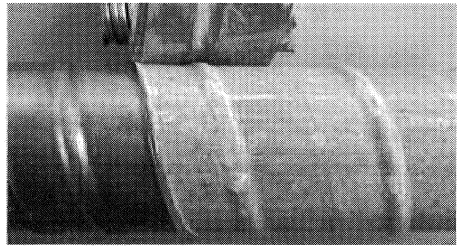


写真-4 シース内のグラウトの充填状況

6. 曲げ載荷試験

6. 1 試験概要

長期にわたって供用されてきた PC 桁の耐荷性能を確認するため、撤去桁 2 本について曲げ載荷試験を行った。図-1 に示したように、載荷を行った PC 桁の主方向 PC 鋼材は、7 ケーブルのうち 4 ケーブルが上縁定着されている。一般に、上縁定着部は図-2 に示すように、PC 鋼材を定着するため、コンクリートに切欠きが設けられ、定着後にあと埋めコンクリートが施工される。この切欠き部の打継ぎ面に、路面からの雨水が浸入した場合、PC 鋼材の腐食が懸念されるため、構造的な弱点となる可能性がある。そこで、2 本の載荷桁のうち 1 本について、上縁定着されている 4 ケーブルの片側すべてを人為的に切断し、切断しない通常の桁と曲げ耐力を比較することによって、その影響を検討することとした。切断方法は、図-2 に示すように定着具背面をコア抜きすることによって行った。以降、上縁定着部を人為的に切断した桁を欠損桁、切断を行っていない桁を普通桁とよぶ。

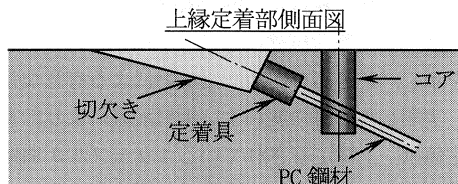


図-2 上縁定着部の切断概要

6. 2 プレストレスの推定

調査したPC桁の詳細な設計条件が不明であるため、まず桁の有効プレストレスを推定することとした。推定方法は、普通桁の処女載荷時にひび割れが発生したときの荷重とコンクリートの引張強度とから、計算で求めることとした。さらに、除荷後にひび割れ発生位置にパイ型変位計を取り付け、一旦閉じたひび割れが再度開き始めるときの荷重からも、推定した有効プレストレスの妥当性を検証した。図-3 に下縁コンクリートひずみと荷重との関係を示すように、ひび割れ発生荷重はコンクリートひずみによって判定できる。結果の集計を曲げ耐力とあわせて表-3に示す。

表中のひび割れに関する推定値は、PC鋼材の有効プレストレスを普通桁のひび割れ発生荷重から逆算し $672\text{N}/\text{mm}^2$ と仮定して計算した値である。また、欠損桁に関する推定値は、上縁定着されている 4 ケーブルが定着力を失い、プレストレスが消失したものと

表-3 荷重の集計

| | ひび割れ発生荷重(kN) | | ひび割れ再開荷重(kN) | | 曲げ耐力(kN) | |
|-----|--------------|-----|--------------|-----|----------|-----|
| | 推定値 | 実験値 | 推定値 | 実験値 | 推定値 | 実験値 |
| 普通桁 | 227 | 220 | 154 | 150 | 648 | 713 |
| 欠損桁 | 93 | 220 | 21 | 160 | 255 | 702 |

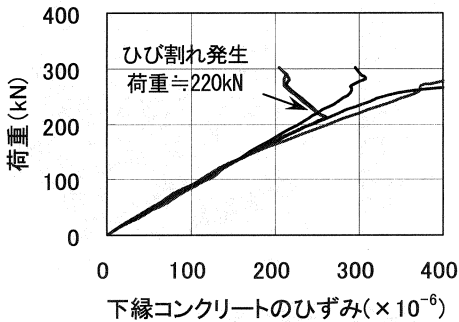


図-3 荷重-コンクリートひずみ (普通桁)

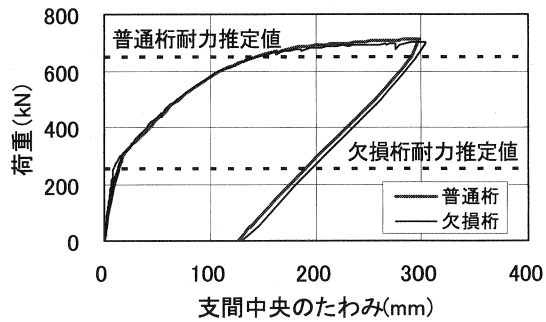


図-4 荷重-たわみ関係

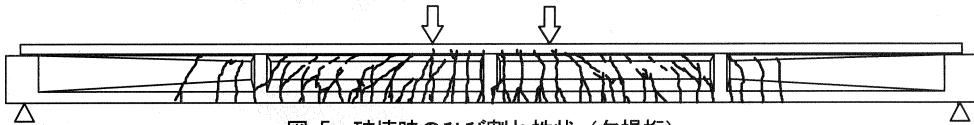


図-5 破壊時のひび割れ性状 (欠損桁)

仮定した場合の値である。実験の結果、欠損桁のひび割れ発生荷重およびひび割れ再開荷重とも、普通桁と同程度以上であり、上縁定着部を切断した影響は見られなかった。

6. 3 たわみおよび曲げ破壊性状

図-4に、載荷試験における支間中央部の荷重-たわみ関係を示す。欠損桁も普通桁と同様なたわみ挙動を示し、定着部を切断したことによる有意な差は見受けられない。

実測した材料強度および鋼材配置により計算したPC桁の曲げ耐力の推定値を表-3に示す。欠損桁の推定値は、上縁定着されている4ケーブルが曲げに対してまったく抵抗しないものと仮定した値である。実験の結果、普通桁と欠損桁の曲げ耐力は同等で、普通桁の推定値に対して10%程度大きく、十分な耐力を有していることがわかった。したがって、欠損桁の上縁定着の4ケーブルは、曲げ破壊時においても定着部を切断した影響はなく、グラウトとの付着力によって桁のコンクリートに十分定着されていたものと考えられる。図-5に曲げ破壊時のひび割れ性状の例を示す。曲げひび割れの発達により、終局時には中立軸が上フランジにまで到達していることがわかる。また、終局時には上縁コンクリートが圧壊しており、破壊形態は曲げ圧縮破壊であった。

7. まとめ

38年間にわたって供用されてきたPC桁について、各種調査を行った結果、次のことが明らかとなった。

- 1) コンクリートおよびPC鋼材は健全で、PC鋼材のグラウトもほぼ完全に充填されていた。
- 2) 曲げ耐力も十分有しており、耐久性および耐荷性の両面から、十分健全な状態に維持されていた。
- 3) PC鋼材の上縁定着部を切断しても、グラウトが十分充填されていれば、曲げ性状に対する影響は見られなかった。

今回調査したPC桁は、群馬県太田土木事務所のご好意により提供いただき、東武鉄道(株)と河本工業(株)にご支援とご協力をいただいた。ここに記して、深甚の謝意を表する。また、本調査は(社)プレストレストコンクリート建設業協会として行った。あわせて、関係者に謝意を表する。

参考文献

- 1) 国本 正恵, 湯浅 昇, 笠井 芳夫, 松井 勇: 小径コアを用いたコンクリートの圧縮強度試験方法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 22, No. 1, pp. 427-432, 2000