

撤去桁を用いた補修・補強工法の性能確認実験

土木本部 土木統括部メンテナンス部 貝原巨利
技術本部 土木技術第一部 藤岡篤史
東京土木支店 土木工事統括部 PC 工事部 戸塚 廣
土木本部 土木統括部メンテナンス部 佐藤正明

1. はじめに

従来、PC 橋は導入されているプレストレスにより、作用荷重に対して発生するひび割れを制御しているため、耐久性が高い構造物と位置付けられていた。しかし、経年変化や過酷な環境等により、適切な設計、施工が行われていたにもかかわらず劣化の進行が認められ、補修や補強を実施する橋梁が増加してきている。一方、これらの補修・補強に関する工法は十分確立されているとは言いがたい。このため日本道路公団と(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会では、PC 構造の特殊性を踏まえた補修・補強工法に関する留意事項を整理し、未解決な事項について早急に検討を行うため、平成 15 年度より3ヵ年計画で共同研究を実施している。

本報告は、その中で当社が担当した実験についてまとめたものである。

2. 実験項目

本実験には、既設橋で劣化・損傷を受け撤去された 2 本の PC 桁(A 桁、B 桁と称する)を用いた。

(1) 現有耐力確認実験(A 桁、B 桁)

曲げ載荷実験により、ひび割れ発生荷重から現有耐力を確認した。

(2) はつり影響度確認実験(A 桁)

PC 桁を大断面で修復する際のウォータージェット工法(以下 WJ 工法)によるはつりの影響を、主桁のひずみと変位から確認した。また、FEM 解析値との比較によりプレストレスの再分配等を確認した。

(3) 曲げ載荷実験 A(A 桁)

はつり後に断面修復を実施した主桁に対する載荷実験で、下記事項を検証した。

設計荷重(活荷重)作用時の耐荷挙動(荷重 - 変位関係)

設計荷重(活荷重)作用時のひび割れ発生状況

終局耐力、破壊性状の確認

(4) PC 鋼材破断影響度確認実験

1) 端部 PC 鋼材切断実験(A 桁)

PC 鋼材端部定着部の損傷による PC 鋼材の破断を想定し、破断時のプレストレスの損失範囲を確認した。

2) 支間中央 PC 鋼材切断実験(B 桁)

支間中央部の PC 鋼材が部分破断した場合を想定し、破断時のプレストレスの損失範囲を確認した。さらに PC 鋼材が破断した状態の主桁に対して載荷実験を実施し、部分破断時の維持管理上の問題点を整理した。

(5) 曲げ載荷実験 B(B 桁)

支間中央部での PC 鋼材破断に対する外ケーブル補強効果を、

ひび割れ発生耐力および終局耐力により確認した。

3. 実験結果

(1) 現有耐力確認実験(A 桁、B 桁)

A 桁、B 桁ともに当初の設計計算相当の曲げ耐力を有していることが確認できた。

(2) はつり影響度確認実験(A 桁)

コンクリートひずみと鉛直変位のはつり前後の変化量について表-1 に FEM 解析結果と実験値の比較結果を示す。また、表-1 には参考のため従来の設計手法に基づく簡易計算結果も併せて示している。主桁上縁部の圧縮ひずみの増加量は FEM 解析結果と実測値とがほぼ一致しており、鉛直変位量も近い値を示している。この結果から断面はつりによるプレストレスの再分配の影響は、FEM 解析により比較的精度よく推定可能であることがわかった。

また、今回の検討は断面欠損形状が広範囲にわたり均一であったため、FEM 解析結果と従来の設計手法に基づく簡易計算結果とは近似していた。このように、単純な断面欠損形状の検討には簡易計算手法でも検討可能と思われる。また WJ 工法によるはつりでは、コンクリートが脆弱化した部分で深堀(写真-1)やプレストレスの再分配に伴う鉄筋の変形も確認された。

表-1 解析値と実験値の比較

	コンクリートひずみ(μ)		鉛直変位 (mm)
	上縁	下縁	
実験値	39	-	5.00
FEM解析値	33	-174	6.87
簡易計算値	32	-184	-

*ひずみは+が引張、- が圧縮を示す。

*変位は+が上方を示す。



写真-1 深堀によるウェブの貫通状況

(3) 曲げ載荷実験 A(A 桁)

はつり後に湿式吹付け工法により断面修復を行った PC 桁(写真-2)の載荷実験を実施した。実験から得た荷重 - 変位関係を図-1 に示す。載荷実験では想定より小さい荷重でひび割れが発生した。この理由として、修復材の乾燥収縮を吹付け面のコンクリートが拘束することにより、引張ひずみが生じていたためと推測できる。しかし、主桁下縁での修復材のひび割れ発生以降も、設計荷重



写真-2 湿式吹き付けによる断面修復状況

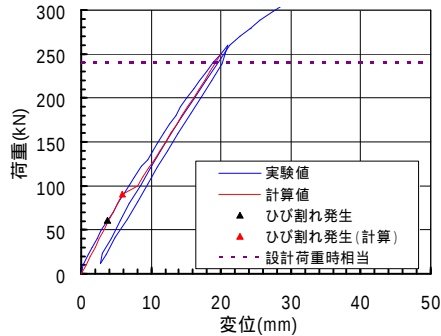


図-1 荷重 - 変位関係

程度の荷重まで荷重 - 変位関係からは顕著な剛性低下が確認できなかった。また、コアとなる PC 桁部のひび割れ発生は、荷重-変位関係の変化点である 260 kN 時と推察した。これは計算値とほぼ一致することから、はつりによるプレストレス等の応力再分配は計算どおり生じているものと考えられる。また、破壊耐力は、計算値と比較して大きな値となった。なお、破壊性状は支間中央付近のコンクリート上縁の圧壊であった。

以上より、断面修復工法を実施した桁の設計時および終局時の曲げ耐力は十分確保できていることが実験的に確認できた。

(4) PC 鋼材破断影響度確認実験

1) 端部 PC 鋼材切断実験(A 桁)

全ての PC 鋼材において、グラウトが通常通り施工されている場合、切断によるプレストレスの損失範囲は限定されることが確認できた。そのプレストレスの損失範囲は、ひずみ計測結果から切断位置より約 600mm 程度と判断した (図-2)。

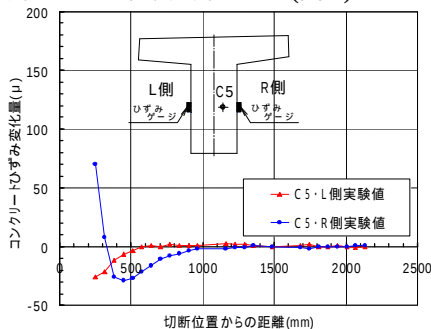


図-2 桁端 PC 鋼材切断時のコンクリートひずみの挙動

2) 支間中央 PC 鋼材切断実験(B 桁)

支間中央部で PC 鋼材 5 本中 2 本を切断し実験を行った。A 桁で実施した端部 PC 鋼材切断実験と同様にプレストレスの損失範囲は限定され、切断位置より約 600～700mm 範囲と判断した。

次に PC 鋼材を切断した桁の載荷実験を実施し、設計荷重作用時の主桁挙動を確認した(図-3)。載荷実験は PC 鋼材のひずみで管理を行い、降伏させないところまで載荷を行った。

供用中の設計曲げモーメント程度の載荷荷重に対し、支間中央部付近で数本のひび割れが発生したが、荷重の完全除荷後は目視ではほとんど確認できない状態となった。この結果、実橋で供用中に PC 鋼材の破断の影響をひび割れとして目視確認することは困難であることが分かった。

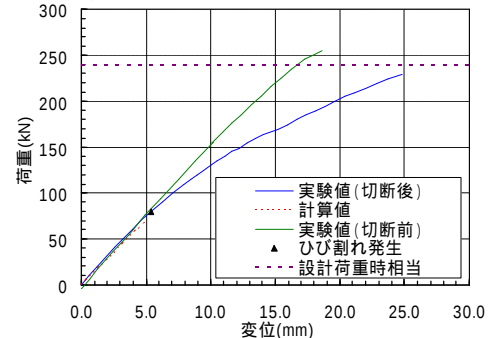


図-3 荷重 - 変位関係

(5) 曲げ載荷実験 B(B 桁)

PC 鋼材切断によるプレストレス損失分に見合う外ケーブル補強を実施し、載荷実験により耐力を確認した。図-4 に実験より得た荷重 - 変位関係を示す。この結果より補強後はひび割れ発生荷重の回復が図られ補強効果が現れていることが確認できる。

設計荷重載荷以降の主桁のひび割れ発生状況は、PC 鋼材切断部付近に集中することなく、偏向部間にほぼ等間隔で発生し良好な分散性を示した。また、終局耐力も設計値以上の耐力を確認でき、外ケーブル補強の有効性が検証できた。

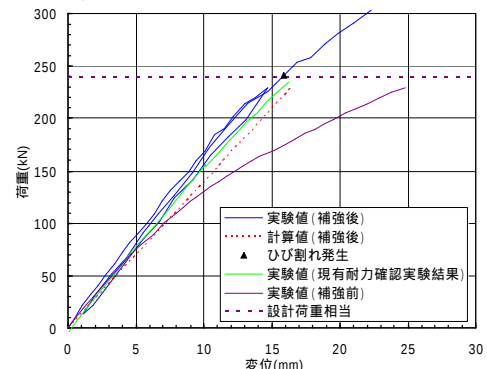


図-4 荷重 - 変位関係

4. まとめ

- (1) WJ 工法によるはつりに伴うプレストレスの再分配の影響は、FEM 解析により比較的精度良く推定できる。
- (2) WJ 工法でコンクリートをはつる場合、劣化部で局所的な深掘りの生ずる可能性があり、施工計画の立案には十分な注意が必要である。
- (3) グラウトが通常通り施工されている場合、PC 鋼材破断に伴うプレストレス損失範囲は限定され、それ以外の部分では外ケーブル補強によるオーバープレストレスに留意する必要がある。
- (4) 外ケーブル補強では、主桁の剛性回復が十分に図られ、ひび割れ性状は良好な分散性を示すことが確認できた。また終局耐力も設計値以上の耐力を確認でき、外ケーブル補強の有効性が検証できた。

Key words: 実桁, WJ 工法, 断面修復, PC 鋼材破断, グラウト充填, 外ケーブル補強