

技術紹介

プレストレス推定方法の提案

～既設 PC 橋の応力状態を非破壊かつ簡易に知る～

Proposal of the Prestress Estimate Method

北野 勇一 *1
KITANO Yuichi大久保 孝 *2
OKUBO Takashiチ ケン フォン *3
CHEE Keng Foong

1. はじめに

プレストレストコンクリート（以下、PC）は、一般に、コンクリート部材内に配置した PC 鋼材を緊張し、その反力をプレストレスとしてコンクリートに与えたものがあります。この PC の原理を利用することで、PC 橋をはじめ様々な構造物に活用されています。

ところで、既設 PC 構造物の維持管理においては、部材内にある PC 鋼材の緊張力を直接知ることが難しいため、コンクリートや鉄筋の応力を解放することでプレストレスを知る方法（応力解放法）が実用化されています。この応力解放法は、局部破壊を伴うとともに、解放されるひずみ成分にクリープや収縮の影響が含まれるため、プレストレスの推定が煩雑となります。

そこで、既設 PC 橋を対象に非破壊かつ簡易に測定できる超音波法を利用し、コンクリート中を伝わる超音波伝搬速度（以下、伝搬速度）からプレストレスを推定する方法（以下、本手法）について検討しました。

なお、本手法の検討は、徳島大学の渡邊健准教授との共同研究の一環として実施したものであります。

2. プレストレス推定の手順

プレストレス推定の手順を表 1 に示します。超音波測定器は、受信間距離 150 mm、周波数 50 kHz のものを用い、精度±1%未満となるように調整します。測定箇所は、平滑である箇所を選定します。測定面に凹凸や段差がある場合は、平滑面に比べて伝搬速度が大きく低下（10%以上）することから適否を判断します。また、測定箇所の含水率が 1～5%であることを確認します。伝搬時間の測定は、写真 1 に示すように、超音波測定器の探触子を測定面に押し当て、3 回読み取ります。

最後に、プレストレス既知部で測定した伝搬速度より設計応力と伝搬速度の関係を予め取得したうえで、プレストレス未知部のプレストレスを推定します。ここで、伝搬速度は、コンクリート材質、収縮・クリープ進行の影響を受けることが確認されています。したがって、プ

表 1 プレストレス推定の手順

	手順	確認項目
1	超音波測定器の調整	①測定装置の精度
2	測定箇所の選定	②測定面の平滑さ
3	伝搬時間の測定 ・プレストレス既知部 （横桁の上下部など） ・プレストレス未知部	③探触子の接触状態 ④測定者の技量 ⑤受発信距離 ⑥測定周波数 ⑦測定面の含水状態
4	応力の推定	⑧コンクリート材質 ⑨収縮・クリープ進行



写真 1 超音波法の測定状況

レストレス既知部と未知部は、同じコンクリートを用いていることを施工記録などから確認します。

3. 横方向 PC 鋼材の破断が生じた事例

1964 年に建設された A 橋において間詰床版の著しい損傷が確認されました（写真 2）。このため、足場設置後、削孔調査によりグラウト充填状況と横方向 PC 鋼材の状況を把握し、机上にて間詰床版の耐荷力を検討しました。机上の検討では破断が確認された T1-2 に加え、グラウト充填不足の範囲までプレストレスが消失すると仮定しました。この検証を目的に本手法により間詰床版の残存プレストレスを推定しました。

*1 川田建設㈱技術本部技術部 担当部長
*2 川田建設㈱大阪支店技術部 部長
*3 川田建設㈱技術本部技術部技術開発課



写真2 A橋間詰床版の損傷状況

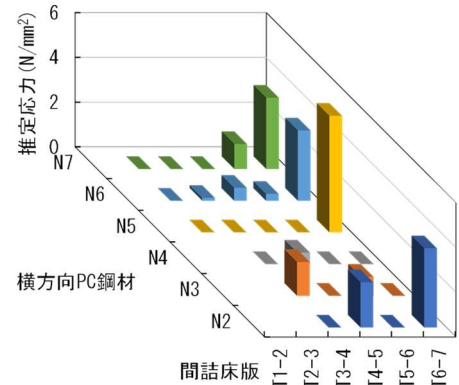
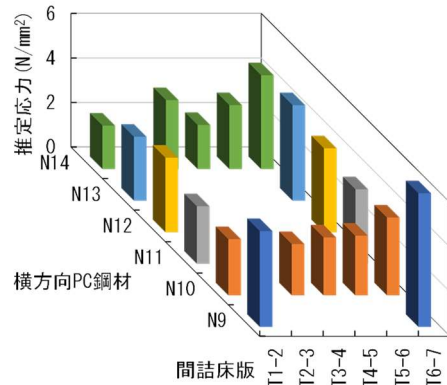


図1 A橋間詰床版のプレストレス推定結果（左：破断無，右：破断有）

プレストレス既知部は劣化損傷が見られない中間横桁とし、得られた実測値をもとに式(1)を作成し、プレストレス未知部の応力を推定しました。

$$\sigma_{pc} = (V_{pc} - 3912)/137.6 \quad (1)$$

ただし、 σ_{pc} ：プレストレス方向の推定応力 (N/mm²)、 V_{pc} ：プレストレス方向の伝搬速度(m/s)。

A橋間詰床版のプレストレス推定結果を図1に示す。横方向PC鋼材が破断無（左図）の場合は、2 N/mm²以上の応力が残存するのに対し、破断有（右図）ではT2～T6にかけて推定応力が大幅に低下しました。この結果は、机上検討時のプレストレス消失範囲に概ね一致しました。

4. 設計図書が残されていないPC橋の事例

1985年に建設されたB橋は、写真3に示すように、供用39年を経た現在も目立った変状がなく、極めて健全な状況でありました。ただし、建設時の設計図書が残されていないため、今後、B橋を長期的に供用するためには、劣化が顕在化する前のプレストレス状態を把握することが重要であると考えました。この検証を目的に本手法により主桁および間詰床版のプレストレスを推定しました。

B橋の場合、容易に近接できる箇所は桁端部のみであるため、プレストレス既知部を端横桁、プレストレス未知部を桁端部より2.0 mの位置としました。主桁のプレストレス推定結果を図2に示します。設計応力は、1980年改訂の建設省標準設計を参考に、B橋と同じ支間30 mの図面をもとに復元設計を行って求めました。その結果、復元設計による主桁の設計応力（死荷重時）と実測値は概ね一致しました。また、図3に示すとおり、間詰床版のプレストレス推定値は設計応力（死荷重時4.0 N/mm²）と同程度であることが確認されました。

以上より、設計図書が残されていないPC橋の主桁あるいは間詰床版のプレストレスの概略値を非破壊かつ簡易に把握できることが検証されました。



写真3 B橋の現況（2024年6月撮影）

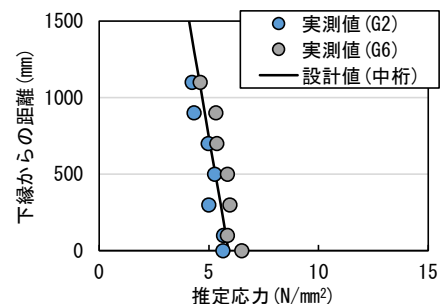


図2 B橋主桁のプレストレス推定結果

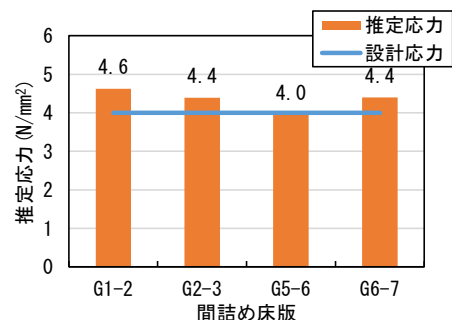


図3 B橋間詰床版のプレストレス推定結果

5. おわりに

本手法の採用により、既設PC橋をより安全で安心に永く使い続けることにつながれば幸いです。