

高エネルギーX線源を用いたPC箱桁の鋼材調査に関する報告

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ 正会員 ○小塚 正博
 中日本高速道路㈱ 正会員 稲葉 尚文, 石河 義希
 東京大学 長谷川 秀一, 杉田 彰夫
 ㈱N A T 草野 穰一

1. はじめに

プレストレストコンクリート橋の維持管理において、その主要部材であるPC鋼材の健全性は非常に重要な事項である。とくに、緊張材にPC鋼棒を用いて架設された橋梁では、PC鋼棒とそのシースの径の差が5mm程度と狭くグラウトの充填不足による腐食の発生が懸念される。PC鋼棒の腐食は、橋梁の安全性にもかかわる重大な問題であるため、そのグラウト充填状況を調査することが重要である。その調査方法として、X線を対象部材に照射し、その透過時のコンクリートと鋼材の透過率の差異を撮像することによるX線検査が用いられている。汎用性のある0.3MeVのX線源を用いた場合では、部材厚300mm程度までの調査が限界であるが、PC箱桁橋などでは500mmを超える部材厚となるため500mmを超える場合の調査方法が必要とされた。

本報告では、竹内ら¹⁾が報告した高エネルギーX線源を用いた手法を、部材厚500mm以上のPC箱桁橋のPC鋼材を撮像し、適用性の検討を行ったので、その報告を行う。



図-1 調査対象橋梁

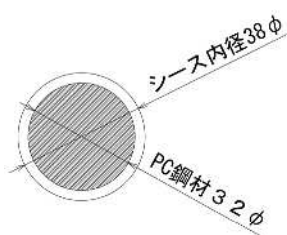


図-2 PC鋼材詳細



図-3 高エネルギーX線源

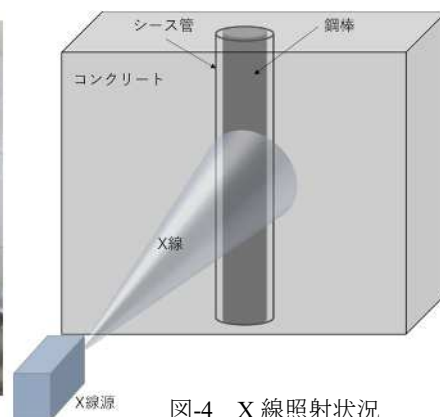


図-4 X線照射状況

2. 調査対象橋梁

調査は、施工から40年程度が経過した3径間連続中央ヒンジ付PC箱型ラーメン橋を対象に行い、高エネルギーX線による撮像は図-1に示す端支点付近のWEBに対して行った。X線撮像対象は、図-2に示す内径38φのシースに直径32φの鋼棒が挿入されたPC鋼材である。X線撮像対象の部材は部材厚500mm～700mm程度と0.3MeVのX線源での撮像可能部材厚を大幅に超えるため、3.95MeVの高エネルギーX線源を用いて調査を行った。

3. 高エネルギーX線源を用いた調査の概要

X線源は図-3に示す、最大3.95MeVの高エネルギー出力をもつ電子線形加速器(ライナック)ベースのX線発生装置である。線源から図-4に示すように照射されたX線は、金属等の遮蔽能力の高い物質にあたると止まり、コンクリートのような比較的X線が透過しやすい物質では通過してX線検出器で検出される。検出器では到達したX線量が多いほど画像は白くなり、遮蔽されてX線が検出されにくいところほど黒い画像となる。

キーワード 高エネルギーX線源, 部材厚50cm以上, グラウト充填, PC鋼材
 連絡先 〒920-0025 金沢市駅西本町3-7-1
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱TEL076-264-7872

4. 放射線シミュレーション

本調査では放射線管理のために、対象橋梁のX線検査における周辺線量の算定を、PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System)を用いて実施した。その結果、関係省庁への届け出に必要な140m×160m範囲の地表、橋梁上面線量分布を把握することができた。

5. 管理区域設定

放射線シミュレーションの結果から、X線照射時の放射線管理区域及び事業所境界を設定した。放射線管理区域境界は、放射線の閾値が $1.3\text{mSv}/3\text{M}$ であり、X線照射時は放射線業務従事者の立入も禁止である。事業所管理境界は、放射線の閾値が $250\mu\text{Sv}/3\text{M}$ であり、X線照射時は放射線業務従事者のみが条件付きで立入可能である。放射線量の計測は、事業境界の管理に必要な放射線量計5台を設置し、放射線量の記録を行った。

6. 撮像方法

調査対象鋼材の位置は、施工時の図面からPC鋼材の配置位置を部材表面にマーキングし、その位置に対して鉄筋探査レーダーを用いて鋼材の配置を確認することにより行った。

撮像は箱桁の内部にX線源を設置し、外側のフラットパネルに向けX線照射を行った。部材内のPC鋼材

が水平方向に2列重なるように配置されていたため、X線を水平に照射した場合2本のPC鋼材が重なり、撮像画像の分析が困難となるため、図-5に示すようにX線照射時の高さを変化させて撮像することにより、並列な2本のPC鋼材を撮像し調査を実施した。

7. 鋼材撮像

撮像は露光時間と撮像枚数を変化させながら、図-6に示す4箇所の主鋼棒と2箇所のせん断鋼棒に対して実施した。撮像時の桁内のX線源の移動は車輪の付いたフレームを用い、位置の微調整はチェーンブロックを使用した。露光時間1秒、撮像枚数100枚にて部材厚720mmを撮像した画像を図-7に示す。撮像画像内の十字型の像は、部材の表面に設置したターゲットである。撮像画像にはPC鋼材とシースが区別できる詳細さで撮像することができた。

8. まとめ

今回の調査でコンクリート部材厚720mmの部材に対しても、高エネルギーX線源を用いることでPC鋼材を撮像することが可能であることが確認できた。今後は撮像画像からのシース内のグラウト充填状況の判定とその検証が必要であると考ええる。

【参考文献】

- 1) 土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造), Vol. 74, No. 1, 66-79, 2018. 竹内大智 他

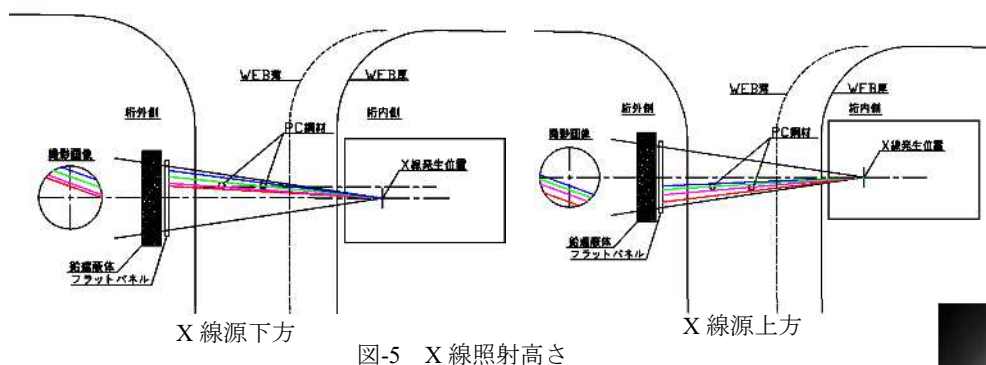


図-5 X線照射高さ

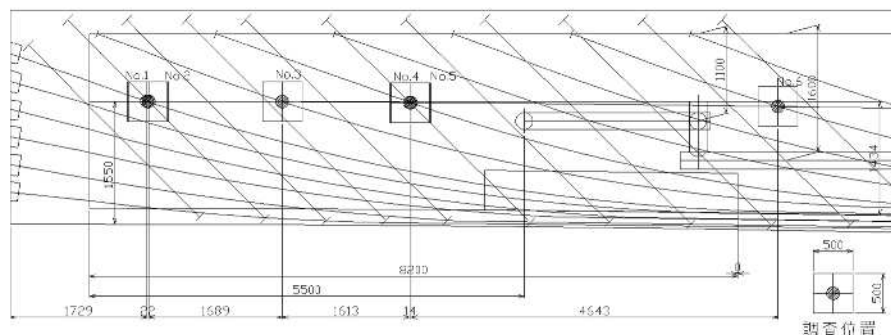


図-6 撮像位置



図-7 撮像画像