高密度鋼材配置のコンクリート部材で生じた初期欠陥の補修方法

中日本高速道路（株）　正会員　○野島　昭二
一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所　正会員　渡邉　晋也

1. はじめに

新名神高速道路の新四日市ジャンクションと菰野インターチェンジ（仮称）の間に建設中の朝明川橋は，架橋条件より**図 1** に示すような鋼・PC 混合 3 径間連続アーチ補剛箱桁形式であり，PC 桁部は，**図 2** に示すような 3 室箱桁となっている。**図 1** に示すように中央径間の支間に比べて側径間の支間が極端に短く，A1 側は P3 側に対してさらに短い。現在は暫定 4 車線で建設中であるが，完成 6 車線の対応として PC 桁部では，張出し床版を延長して拡幅する計画となっている。このため，鋼桁と PC 桁の接合部の補強，不等径間に伴うアンバランスな断面力，完成形での長支間な張出し床版の補強リブなどへの対応のため，PC 桁部では非常に高密度で鉄筋，PC 鋼材が配置（多い個所では 450kg/m^3 以上）されている。本文は，高密度で鉄筋，PC 鋼材が配置されたコンクリート部材で生じた豆板（初期欠陥）の補修方法について報告するものである。

2. コンクリートの配合と打込み

接合部以外の PC 桁に使用するコンクリートの呼び強度は 40N/mm^2 であり，コンクリート標準示方書 [1]に基づいて打込み地点での最少スランプを 10cm に設定した。細骨材は川砂，粗骨材は石灰岩砕石（G_{max}20mm），混和剤として高性能 AE 減水剤を使用した。

コンクリートの打込みは，橋軸方向に A1 側で 12 ブロック，P3 側で 15 ブロックに分割したうえで，横桁部（充実断面），箱桁部の各ブロックを 1 回（日）で施工した。

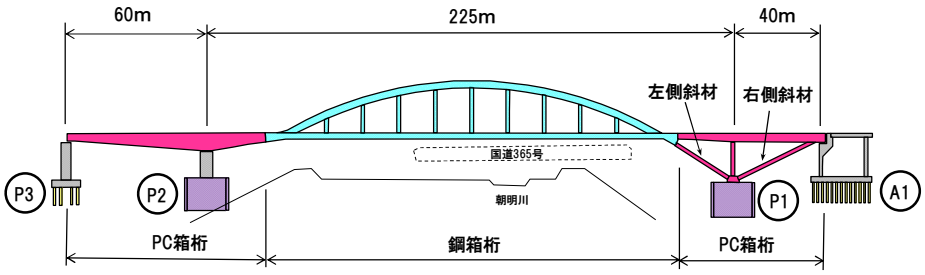

図 1　朝明川橋の橋梁一般図

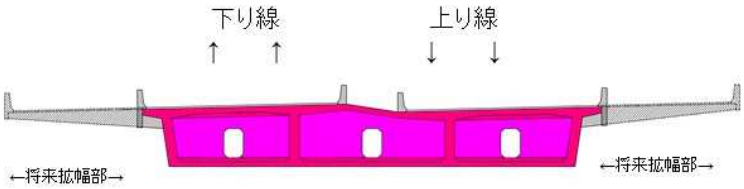

図 2　PC 桁部の断面図

3. 初期欠陥の発生状況

箱桁の内型枠，およびウェブ外面の型枠を脱型したところ，主に①下床版定着突起の上部，②ウェブの打重ね部（特に外ウェブ），③ウェブ内の鉛直リブの表面，で初期欠陥である豆板が発生した。豆板の発生状況を**図 3** に示す。豆板の発生原因は次のように推定した。

① 浮き型枠部の締固め，ウェブ内からの締固めが不足した。
② 外ウェブは傾斜があるうえスターラップが 2 段配置であり，バイブレータが届きにくく，上床版鉄筋が邪魔をしてマルチバイブレータの挿入も困難なため，特に打重ね部で締固めが不足した。
③ 上部に水平リブが配置されている個所であり，②に加えてさらに締固めが困難となっていた。

図 3　発生した豆板の状況

キーワード　初期欠陥，高密度鋼材量，豆板，断面修復，ウォータージェット工法
連絡先　〒510-0832 四日市市伊倉 1-2-1 NEXCO 中日本 四日市工事事務所 Tel 059-353-5606

豆板の発生範囲は，たたきによって表面の範囲を特定した。豆板の深さ方向の範囲を特定するために，電磁波レーダ法，および超音波トモグラフィ法を用いた非破壊検査を試みたが，ともに深さ方向の豆板の範囲を特定することができなかった。そこで，水循環式の小口径深穴穿孔機（LBD という）を用いた微破壊検査を試みた。LBD 用いて削孔したφ9mm の穴に**図 4** のように CCD カメラを挿入して孔壁の空隙状況を目視で確認した。その結果，最大で 300mm 程度まで空隙が多い断面が確認された。豆板の発生状況の推定として，最外縁の鉄筋より深い位置まであるもの，かぶりの範囲でとどまるものに大別することができた。

図 4　CCD カメラによる内部調査

4. 補修方法

豆板部を部分的にテストハンマにて取り崩しながら観察して，補修が必要となる範囲を検討した。粗骨材同士は付近のモルタル，またはペーストによりある程度は強固に噛み合わさっているように見えるものの，空隙にはブリーディングによってもたらされたレイタンスが層となって空隙の一部を埋めるように堆積しており，これらは，耐荷性，耐久性を考慮すると確実に取り除かなければならないと判断できる。そこで，健全部に影響を与えず，豆板，レイタンス層などの脆弱部を確実に除去できるウォータージェット工法（WJ 工法という）を用いて豆板の除去を行うこととした。WJ 工法は人力把持方式のハンドガンを選択し，豆板の調査結果を参考に，確実に脆弱部が取り除かれたことを目視で確認しながら施工した。また，豆板除去範囲の表面の縁は，断面修復の際の弱点となるフェザーエッジにならないよう処理した。

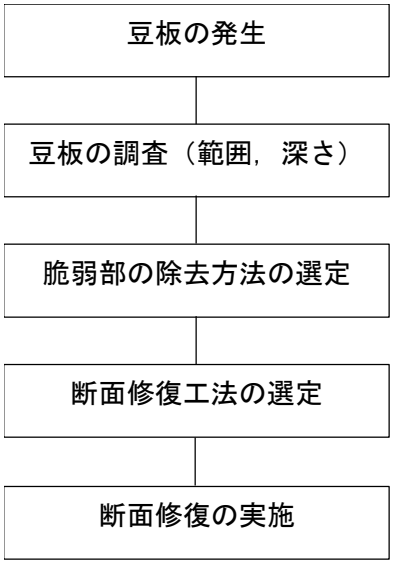

図 5　豆板補修のフロー案

当該箇所の断面修復は桁断面の一部のため，断面修復材の性能として a.母材コンクリートと同程度の弾性係数である，b.付着強度がすぐれている，c.硬化後の収縮が小さい，ことが求められる。そこで，鉄筋位置より深い断面を修復する個所は，プレミックス型セメント系無収縮グラウトコンクリートを用いた型枠注入工法で実施することとした。補修断面が大きいので，より収縮が小さい粗骨材入りの材料とし，充填性を考慮した施工工法を選定した。かぶり部分の補修となる個所は，高強度ポリマーセメントモルタルを用いた左官工法を選定した。薄い修復断面での付着効果と施工性を考慮したものである。

5. まとめ

本事例に基づき豆板が発生した場合の対処方法の例を示すと**図 5** のようになる。豆板は表面の変状範囲の把握とともに深さ方向の情報を得ることで，変状の発生状況に適した施工計画を事前に検討することが可能となる。微破壊検査方法も含めて，内部の変状状態を容易に把握できる技術が必要となる。

当然ではあるが，初期欠陥が生じないような設計，材料，配合，施工について事前に十分すべきではあるが，都市内交通など施工条件の厳しい設計，良質天然材料の枯渇，地域的な配合の制約や，高齢化，後継者不足による技術者不足など，課題が山積する時代のなかで，必ずしも避けられない場面がある。初期欠陥に対する情報共有を進め，初期欠陥が生じない努力を推し進めるとともに，初期欠陥が生じた場合は失敗隠しをするのではなく，正しい補修を行ったうえで，今後の再発防止に生かせるような体制創りが必要である。

参考文献

1)　土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書［施工編］