



「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

PC グラウト充填不良に対する 健全度評価と補修対策



四国建設コンサルタント(株)
橋梁・構造部
松田 秀和

1. 業務の概要

対象は、昭和40年代に架けられたPCポステンション方式単純T桁橋（以下、PCポステンT桁橋）である。当時のPCグラウト材は膨張タイプのグラウト材が使用されており、また、PC鋼材は桁の上縁と桁端部の両方で定着される構造となっている¹⁾。調査の結果、本橋梁でもグラウトの充填不良やPC鋼材に劣化が生じていることが懸念された。

本稿では、橋梁定期点検で発見されたPCポステンT桁橋（図-1）の劣化に対する健全度評価と補修対策について報告するものである。

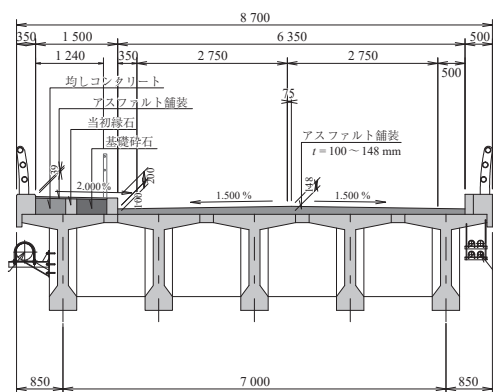


図-1 上部工断面図

2. 外観変状概要

PCポステンT桁で確認された外観変状は以下のとおりである（写真-1）。

- 1) PC鋼材に沿ってひび割れが発生し、劣化は外桁に多

く発生している。

- 2) ひび割れは橋軸方向にのみ発生しており、橋軸直角方向には発生していない。ひび割れ幅は、最大で1.5 mm程度である。
- 3) ひび割れからは、遊離石灰や漏水痕が確認されている。橋面防水は、既往資料から判断すると設置されていない。



写真-1 上部工劣化写真

3. 詳細調査と健全度評価

上記の外観変状や架設年度から推定すると、劣化原因として以下の項目が考えられた。①沿岸地域ではないが、海砂による内在塩分と凍結防止剤散布影響による塩害劣化、②ひび割れ幅が大きく白色の析出物が生じていることからASRによる劣化、③当時の構造特性よりPCグラウト不良による鋼材腐食劣化

原因の究明と対策工法の検討に向けて、以下の調査を実施した。

3.1 詳細調査

(1) 塩分、中性化試験

海砂による内在塩分および中性化による塩分濃縮を把握するため、現地でコア採取し、電位差滴定法およびフェノールフタレイン法により試験を実施した。その結果、塩分濃度は鋼材位置で1.5 kg/m³程度、中性化残りは10 mm程度であった。試験結果より、塩害、中性化の影響は少なからず受けているが、劣化の直接的な原因ではないと考えられた。

(2) ASR試験

反応性骨材によるひび割れ影響を把握するため、SEM-EDS試験、カナダ法による残存膨張試験、圧縮強度、静弾性係数試験を実施した。その結果、SEM観察では、ア

ルカリ骨材反応により生成したと判断されるゼリー状の物質が確認された。EDS 試験でも Si を主体とした, Ca, K, Na を含む「アルカリ-カルシウム-シリカ型」のゲルであることが判明した(図 - 2)。しかしながら, 残存膨張試験, 圧縮強度, 静弾性係数では, 有害となるほどの結果はみられず, ASR が直接的な原因ではないと考えられた。

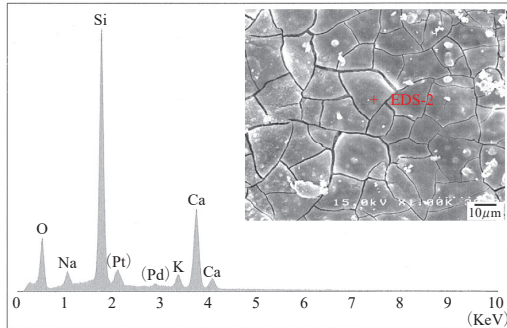


図 - 2 ASR 試験結果

(3) 内視鏡観察とガス注入試験

シース管内のグラウト状況を把握するため, PC 鋼材部におけるはつり調査と内視鏡カメラによるシース管の内部観察を実施した。写真 - 2 に示すように, シース管内にグラウトは充填されておらず, 内部の PC 鋼材は断面減少を伴う腐食が発生していた。また, PC 上縁定着部からの漏水が鋼材腐食の主な原因であることが想定されたため, 橋面舗装を撤去し上縁定着部より臭いのついたガスを注入し, PC 桁の下面でガスが検出されるか確認を行った。その結果, PC 桁の下面でガスが検出され, 上縁定着部からの漏水が PC 鋼材腐食の主な原因であると判断した。



写真 - 2 PC 鋼材のはつり状況

3.2 健全度評価

はつり調査の結果, PC 鋼材では腐食による断面減少が確認されており, プレストレス量減少による耐荷力の低下が懸念された。このため, 現状の残存プレストレス量を定量的に把握する目的で以下の調査を実施した。

(1) スリット応力解放法による残存プレストレス調査

光学的全視野計測法によるスリット応力解放法は, 圧縮応力が作用しているコンクリート部材に, 長さ 200 mm 以上のスリットを設け, 開放ひずみを計測することにより, 現有応力の推定を行う方法である。応力推定は, 現地地で得られた対象点間距離変化率 ($\varepsilon_{u-i} = \Delta L/L$) とスリット中心からの距離について, これを近似する推定プレストレス量を FEM により解析し算定した(写真 - 3, 図 - 3)。

(2) 残存プレストレスによる現有応力照査

上記で得られた現有応力と設計死荷重による応力を足し合わせることで, 現状のプレストレス量を推定した。その結果, 設計当初のプレストレスに対する残存率は, 最大で 75 % まで減少している箇所がみられた。



写真 - 3 スリット応力解放法による調査状況

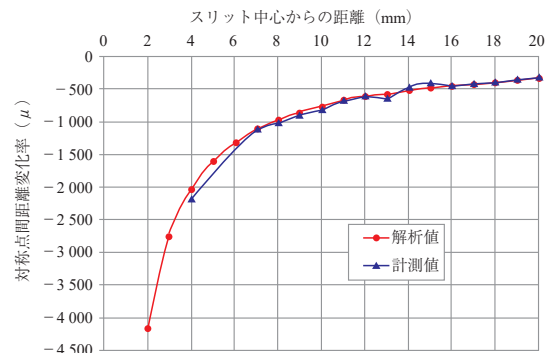


図 - 3 対象点間距離変化率分布

4. 対策工法

4.1 橋面構造改良による死荷重応力の低減

左側の桁(図 - 1 歩道側)の下縁引張応力度 (-1.57 N/mm^2) が, 許容値 (-1.5 N/mm^2) を超えるため, 許容値内に抑える必要があった。このため, 現状のマウントアップ形式の歩道から, セミフラット構造に変更することにより死荷重を減少させ, 応力度の低減を図り, 引張応力度を -0.52 N/mm^2 とした。

4.2 亜硝酸イオンを混入させたグラウト材による再充填

現状における PC 鋼材は腐食が生じており, 従来のグラウト充填のみでは, 十分な補修効果が得られないことが想定された。また, 塩害と ASR の影響も受けているため, 「亜硝酸リチウム水溶液の注入」+「亜硝酸リチウム添加補修材の充填」を行うことにより, PC 鋼材の不動態被膜の再生および腐食抑制効果の向上を図った。

5. おわりに

今回, PC 桁のグラウト充填不良に対して, スリット応力開放法による残存プレストレス量調査, および亜硝酸イオンによる補修対策を行った。PC 鋼材腐食による耐荷力低下が懸念される場合, 今回採用した調査方法および対策工法は有効な手段であると考えられる。

参考文献

- 1) 公社) プレストレストコンクリート工学会: コンクリート構造診断技術, 2014

[2019 年 4 月 12 日受付]