

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 正会員 ○松田秀和 四国建設コンサルタント 正会員 脇 孝文
 四国建設コンサルタント 正会員 久保雅敬 四国建設コンサルタント 非会員 笹岡信孝

1. はじめに

昭和40年代に架けられたPCポストテンション方式単純T桁橋（以下、PCポステンT桁橋）のPCグラウト材は、現在、使用されているノンブリーディングタイプではなく、膨張タイプのグラウト材が使用されており、グラウトの充填不良が生じやすい。また、PC鋼材は、桁の上縁と側面の両方で定着されており、上縁定着部から水が浸入しPC鋼材に損傷が生じやすい構造となっている。

本稿では、橋梁定期点検で発見されたPCポステンT桁橋の損傷に対する健全度評価と補修対策について報告する。

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。

- ① PC鋼材に沿ってひびわれが発生し、損傷は外桁に多く発生している。
- ② ひびわ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。ひびわれ幅は、最大で1.5mm程度である。
- ③ ひびわれからは、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。

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、損傷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 ひびわ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

損傷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。結果、塩分濃度は鋼材位置で1.5kg/m³程度、中性化残りは10mm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、損傷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わ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。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。（図-2参照）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。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。

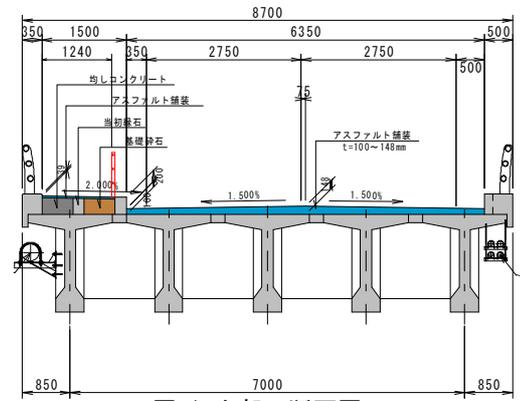


図-1 上部工断面図



写真-1 PC桁の損傷写真

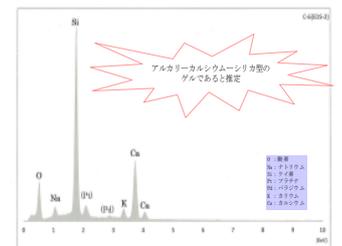
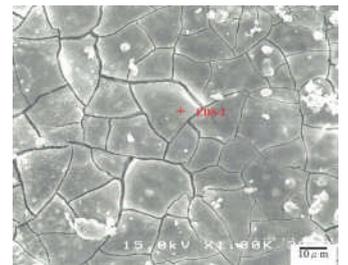


図-4 EDSによる採取試料の定性分析結果 (C-6)

図-2 SEM-EDS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。結果、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。



写真-2 PC 鋼材の腐食状況

また、PC 上縁定着部からの漏水が主な鋼材腐食原因であることを確認するため、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。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-3 上縁定着部からのガス注入状況

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ため、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、幅 200mm 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、現地で得られた対象点距離変化率 ($\epsilon_{u-i} = \Delta L/L$) 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逆 FEM 解析により算定した。



写真-4 スリット応力解放法による調査状況

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。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。

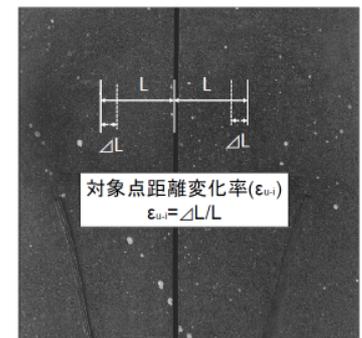


図-3 距離変化率の定義

4. 対策工法

①橋面構造改良による死荷重応力の低減

桁下縁の引張応力度が許容値 ($-1.57\text{N/mm}^2 > -1.5\text{N/mm}^2$) を超えているため、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の低減を図った。 ($-0.52\text{N/mm}^2 \leq -1.5\text{N/mm}^2$)

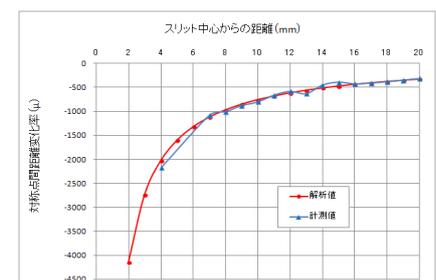


図-4 変化率分布と推定プレストレス量

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。

- 以上 -