



「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 ポステン桁に発生した ひび割れ損傷に対する詳細調査



阪神高速技術(株) 技術部技術開発課
宇野津 哲哉

1. はじめに

構造物定期点検において、PC ポステン T 桁橋に遊離石灰を伴う A ランクのひび割れが多数確認された。ひび割れは主桁下フランジ下面および側面、ウェブに発生している。また、遊離石灰が原因と考えられる桁の変色も確認された。ひび割れが PC ケーブルに沿って発生していることからグラウト充填不良もしくは ASR、塩害などの要因が考えられた。よって、損傷発生原因を検討するため、筆者らの所属するグループにて種々の調査を実施した。

2. 調査内容および結果

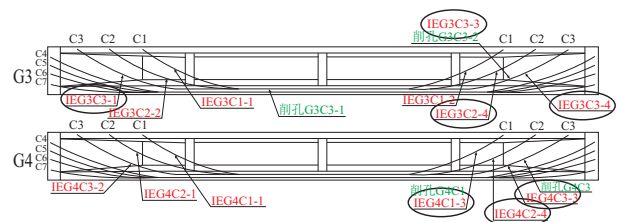
2.1 グラウト充填調査

今回の調査では、インパクトエコー法および削孔法によりグラウト充填状況を確認した。インパクトエコー法は、衝撃弾性波法に分類される調査手法であり、打撃などにより躯体表面から入力した衝撃弾性波が空洞や障害物などで反射して共振する現象を捉えるものである。削孔法は、主桁のひび割れ発生箇所またはインパクトエコー法によりグラウト充填不良が疑われる箇所などについて、ハンマードリルで削孔してファイバースコープによりシース内の状況を確認するものである。

グラウト充填調査は G1 桁～G7 桁のうち G3 桁、G4 桁に対して実施した。インパクトエコー調査を G3 桁および G4 桁ウェブの起終点で 13 箇所、削孔法はインパクトエコー法にて充填不良および充填不良の疑いのある G3 桁および G4 桁において 3 箇所、ひび割れ発生箇所 1 箇所を選定し実施した。

調査の結果、G3 桁に充填不良と判定される箇所が 1 箇所、充填不良が疑われる箇所が 3 箇所、G4 桁に充填不良と判定される箇所が 1 箇所、充填不良と疑われる箇所が 2

箇所存在した。また、削孔法により調査した 4 箇所すべてでグラウト充填不良が確認され、また削孔直後に大量の水が流出した。



(赤：インパクトエコー、緑：削孔) (○印は充填不良判定)

図 - 1 調査位置図

削孔箇所	削孔箇所の状況	グラウトおよび鋼材の状況
削孔 G3C3-1 (支間中央部)		
削孔 G3C3-2 (終点側)		
削孔 G4C1 (終点側)		
削孔 G4C3 (終点側)		

図 - 2 削孔結果

2.2 ASR 調査および強度試験

阪神高速道路では、ASR の有無を判定するための促進膨張試験において全膨張率 0.1 % を構造物の耐久性などに影響を及ぼす有害な膨張と判定している。今回の調査結果では、膨張率は 0.017 % 程度であり、非常に小さい膨張率であった。採取コアを用いて行った粗骨材岩種の目視判定結果および偏光顕微鏡による反応性鉱物の有無を調査した

結果、対象桁を構成するすべての岩種に ASR 劣化を発生させる可能性のある有害物質が確認された（表 - 1）。膨張率は非常に小さな値となっているが、白色の析出物であった。圧縮強度および静弾性係数試験を行った結果、各試料の圧縮強度は 30.8～35.8 N/mm² で、設計基準強度（ $\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ ）を満足していなかった。また、圧縮強度の低下に対して静弾性係数の低下が大きいことが確認された。

表 - 1 岩種判定結果

岩種	構成比率 (%)	偏光顕微鏡による観察結果	有害鉱物あるいは有害な状況
チャート	40	組織全体が潜晶質石英とカルセドニー質石英で構成された岩石である。生物微化石の痕跡を多量に含み、これをカルセドニー質石英（微小石英）が充填している。石英脈が無数に認められる。	潜晶質石英 カルセドニー質石英 (微小石英)
泥岩	40	0.05 mm 以下級の石英粒子を多く含むシルト質な泥岩である。粘土鉱物はモンモリロナイトやイライトで、一部微細な白雲母が生成している。	微細な白雲母
砂岩	20	0.5 mm 以下級の石英及び長石類の砂粒、ならびに泥岩の岩片砂粒で構成された砂岩である。石英粒子は二次成長し、弱い波動消光現象を示している。	波動消光を示す石英

表 - 2 圧縮強度・静弾性試験結果

コアNo.	単位体積重量 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	設計基準強度 (N/mm ²)	設計静弾性係数 (kN/mm ²)
No.1	2 245	35.5	25.4	40.0	31.0
No.2	2 154	30.8	20.7	40.0	31.0
No.3	2 298	35.8	24.3	40.0	31.0
平均	2 232	34.0	23.5	-	-

2.3 塩分量試験および中性化深さ試験

塩分量試験の結果、表面より 10 mm, 30 mm, 50 mm（設計鉄筋位置 43.5 mm）のいずれの深度でも腐食発生限界濃度 1.2 kg/m³ を下回っていた。中性化深さを計測した結果、平均値は 17.7 mm であった。コンクリート標準示方書維持管理編に準拠して算出した理論値は 8.1 mm であり、中性化が進行している傾向が認められた。

3. 考 察

対象桁のひび割れは、コンクリート表面にもっとも近い帯鉄筋に沿ったものでないこと、塩害については鉄筋位置を含まない深度においても腐食発生限界を下回っていること、中性化深さについても理論値より進行しているもの中性化残りも 20 mm 以上確保していること、PC ケーブルシースに錆がみられないことから塩害や中性化の影響で鉄筋等が腐食したことによるものとは考えにくい。よって、グラウト充填不良、ASR の 2 点について考察する。

3.1 グラウト充填不良

削孔調査を実施したすべての箇所でもグラウト充填不良が確認されており、削孔箇所から大量の水が確認されたことから、シース内に滞水があったことは間違いない。しかし、グラウト充填不良に起因したケーブルなどの腐食による錆の膨張によって発生したひび割れの場合ケーブルに沿ったものとなるが、今回ケーブルから離れた箇所にも発生しており充填不良のみが損傷発生原因とは考えにくい。

3.2 A S R

ASR の影響によるひび割れは、プレストレスによる軸力が作用している部材では、PC 鋼材に沿って伸展する傾向がある。対象桁に発生しているひび割れの発生パターンは合致している箇所もあるが、ケーブルに沿わないひび割れも混在している（図 - 3）。促進膨張試験では、膨張率が非常に小さい値となっているが、微小石英のような遅延膨張性の ASR は検出できないといわれている。岩種判定や静弾性係数が低い傾向から ASR の可能性も十分考えられる。

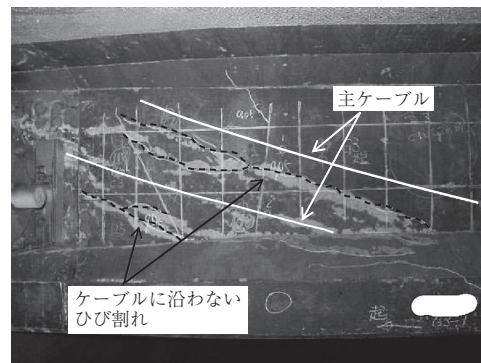


図 - 3 ウェブ損傷状況

3.3 損傷原因の推定

グラウト充填不良に起因するシース内の滞水が確認されたこと、シース内に滞水した水の染み出しと考えられる桁の変色がさまざまな箇所で見られることから、継続的な水の供給により局部的に ASR が顕著になったと想定される。なお、PC ケーブルから離れた位置にひび割れが発生していること、削孔調査によって PC ケーブルおよびシースの状態を確認した結果、表面的な錆に留まっていることから PC ケーブルなどの腐食によりひび割れが発生した可能性は低い。よって、本橋のひび割れ損傷の原因はグラウト充填不良によるシース内の滞水が ASR を局所的に促進させたことで発生したと考えられる。

4. おわりに

本来、ASR およびグラウト充填不良が主原因となって損傷が発生している場合、防水対策とグラウト再充填を行うのが一般的である。しかし、床版防水は車線規制により広い範囲の施工が可能であるが、グラウト再充填は損傷の発生している径間すべての PC ケーブルを調査して充填不良箇所を特定する必要があり補修までに時間を要する。シース内に滞水が発生しているにも関わらず表面的な錆の発生に留まっているなど、水分と酸素の供給状況やひび割れからの漏水状況を確認し、PC ケーブルの腐食進行を把握した上でグラウト再充填の優先度を決定すべきである。

今後、得られた結果を基に、損傷の主原因と考えられる ASR の促進防止を目的に、上縁定着部から PC ケーブルシース内への水の浸入を防ぐための床版防水を最優先とした補修を計画的に行っていく予定である。

【2017 年 4 月 28 日受付】