

## コンクリート二次製品ボックスカルバートに発生した変状調査について

|               |     |       |
|---------------|-----|-------|
| 島根県雲南県土整備事務所  | 正会員 | ○中村裕大 |
| 島根県コンクリート診断士会 |     | 井田 豊  |
| 島根県コンクリート診断士会 |     | 松浦寛司  |
| 島根県コンクリート診断士会 |     | 金村 誠  |
| 島根県コンクリート診断士会 |     | 幸前 徹  |

### 1. 目的

コンクリート二次製品は工場生産されるため、耐久性の高い構造物の構築が可能とされている。しかし、供用後13年経過したコンクリート二次製品PCボックスカルバート（以後PCボックスと呼ぶ）に多数のひび割れが確認された。本件はこのPCボックスについて各種分析を行い、その劣化原因について検討した。

### 2. コンクリート二次製品の劣化状況

#### 2.1 劣化状況

図-1はPCボックスの内空部に生じたひび割れの展開図である。ひび割れは主にPCボックスの主鉄筋に沿って発生しており、側壁には不規則な網目状のひび割れも確認できる。

ひび割れ幅は最大で1.0mmに達するものがあり、構造物の耐久性に影響を及ぼすひび割れが生じている。ひび割れからはゲル状物質および錆汁の滲出は確認されていない。

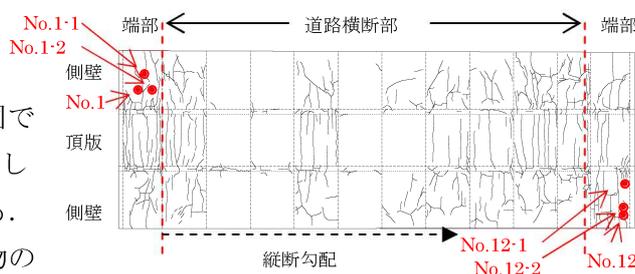


図-1 PCボックスに生じたひび割れ展開図とコア採取位置

#### 2.2 変状が生じたコンクリート二次製品の概要

##### (1) 使用材料および配合

PCボックスは普通セメントが使用され、表-1に示す使用材料および表-2の配合により、設計基準強度40N/mm<sup>2</sup>、スランプ8cm、空気量1.5%で1996年に製造されている。使用骨材についてはアルカリシリカ反応性試験が実施され、いずれも「無害」と判定されている。

表-1 使用材料

|      |              |
|------|--------------|
| セメント | 普通ポルトランドセメント |
| 細骨材  | 花崗岩加工砂       |
|      | 陸砂           |
| 粗骨材  | 玄武岩碎石        |

表-2 コンクリートの配合

| W/C (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |      |     |
|---------|-------------------------|-----|-----|------|------|-----|
|         | W                       | C   | S   | G    | 混和剤  | 膨張材 |
| 42.6    | 174                     | 408 | 738 | 1103 | 9.22 | 20  |

表-3 試験結果一覧

| 試験名                            | 試料名     | 試験値   | 判定基準                    |
|--------------------------------|---------|-------|-------------------------|
| 圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> )   | No.1    | 74.9  | 40N/mm <sup>2</sup>     |
|                                | No.12   | 80.7  |                         |
| 静弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) | No.1    | 27.8  | 37~38kN/mm <sup>2</sup> |
|                                | No.12   | 37.5  |                         |
| 残存膨張量(%)<br>91日経過時             | No.1-1  | 0.089 | 0.1%                    |
|                                | No.12-1 | 0.099 |                         |

##### (2) PCボックスの暴露環境

PCボックスの道路横断部は道路の下にあるため、雨水および直射日光の影響は少ない。一方、両端部は外気に直接暴露される環境である。本地域は積雪寒冷地であり、PCボックス上の道路では冬季は凍結防止剤が散布されている。

PCボックスに生じているひび割れは、雨がかり部である両端および縦断勾配低位置側に多く発生していることから、雨水の影響を大きく受けているものと推定される。

##### 3. 劣化因子と劣化機構の推定

今回実施した室内試験を表-3に示す。本構造物に生じているひび割れはASRに特徴的なひび割れ形状を呈していたため、ASRによる変状を確認できる試験を実施した。

キーワード コンクリート二次製品, ASR, エトリングライト, DEF  
 連絡先 〒699-1396 島根県雲南市木次町里方 531-1 TEL0854-42-9602

また、コンクリート二次製品の異常膨張の原因として報告事例のある DEF (Delayed Ettringite Formation) による劣化の可能性も考慮し、コア供試体におけるエトリンタイト (Ett) の生成状況もあわせて確認した。室内試験の結果、圧縮強度は設計基準強度以上であったが、静弾性係数は標準値である  $37\sim 38\text{kN/mm}^2$  を下回り、静弾性係数の低下が見られた。91 日経過後の残存膨張量は最大 0.099% を示し、コンクリート標準示方書維持管理編で「有害」と判定される基準値 0.1% とほぼ同等の結果となった。

コアに含まれる全塩化物イオン量は表-4 のとおりであった。全塩化物イオン量の平均値は  $0.20\text{kg/m}^3$  であり、コンクリートの原材料に含まれる塩化物量  $0.02\text{kg/m}^3$  の約 10 倍程度であることを考慮すると、この PC ボックスは凍結防止剤から供給される塩化物イオンの影響を受けていると考えられる。

次に、目視と走査型電子顕微鏡 (SEM) によりコア切断面における骨材粒子とペースト境界部の形態観察を行った。目視観察では、写真-1 に示すように骨材の割れおよびペーストと骨材の境界部に白色の滲出物が確認された。白色の滲出物を SEM により観察したところ、写真-2 に示すようなゼリー状のゲルが確認され、アルカリシリカゲルが生じている可能性が高いことが明らかになった。

さらに、任意に選定した骨材の薄片に偏光顕微鏡観察を実施し、ASR を引き起こす可能性のある鉱物の確認を行った。鉱物種含有割合測定結果を図-2 に示す。偏光顕微鏡による骨材観察の結果、石英は観察されなかったが、ASR 反応性を示すガラスが最大約 25% 確認された。

また、PC ボックスのモルタル部から採取した試料について XRD 分析をしたところ、Ett の回折線である  $2\theta=9.0^\circ$  にピークは認められず、DEF の原因となる Ett は今回は確認できなかった。

上記のとおり、本構造物において ASR に特徴的な変状が認められた。ASR 抑制対策以後に製造された本構造物に ASR 状の変状が発生した理由として、次の 4 点が考えられる。①プレキャスト製品のため単位セメント量が多く、膨張材も添加されているためコンクリートに含まれるアルカリ量が多い。②骨材に ASR 反応性鉱物 (ガラス) が含有されている。③凍結防止剤から塩化物イオンが供給される環境にある。④外部から水分が供給される環境にある。

4. 結論

本構造物に生じたひび割れは、ASR が劣化原因の可能性が高いと考えられる。今後は ASR 対策後に建設された構造物についても、ASR による劣化の可能性を排除せずに調査を行う必要があると考えられる。

表-4 コアに含まれる全塩化物イオン量

| コア名称    | 採取部位 | 表面からの距離(mm) | 全塩化物イオン量 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------|------|-------------|-------------------------------|
| No.1-2  | 側壁   | 0~20        | 0.21                          |
|         |      | 20~40       | 0.19                          |
|         |      | 40~60       | 0.19                          |
| No.12-2 | 側壁   | 0~20        | 0.22                          |
|         |      | 20~40       | 0.19                          |
|         |      | 40~60       | 0.19                          |



写真-1 コア断面観察画像

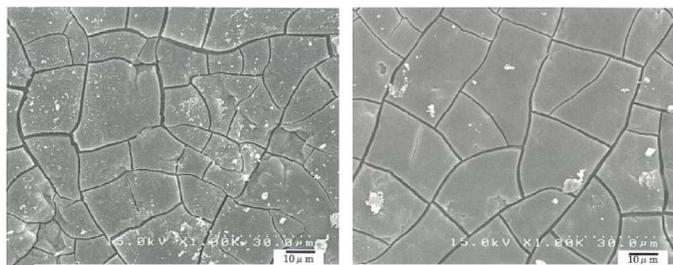


写真-2 ペースト骨材境界部のゲルの生成状況

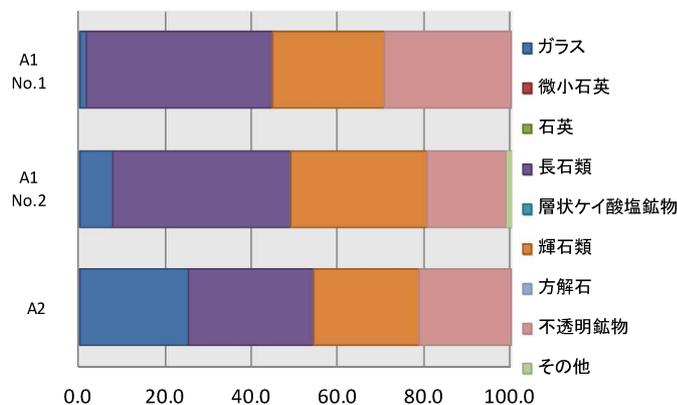


図-2 偏光顕微鏡で観察された骨材鉱物種構成割合