

## 積雪寒冷地における L 型プレキャスト擁壁のアルカリシリカ反応と凍害による複合劣化の岩石学的調査

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)金沢支店 正会員 ○河尻 留奈  
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)金沢支店 正会員 小塚 正博  
 (株)野村昌弘の研究所 正会員 野村 昌弘  
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 正会員 鳥居 和之

### 1. 目的

富山県の平野部を通過する平成 4 年に供用した高速道路の、盛土のり尻に設置された L 型プレキャスト(以下、PCa)擁壁に異常なひび割れが点在してきた。ひび割れの原因を推定するため、劣化部よりコアを採取し、顕微鏡観察などの岩石学的調査を実施した。

### 2. 調査概要

#### 2.1 調査対象構造物および立地条件

調査対象の構造物は、富山県南砺市に位置する L 型擁壁である。高速道路側道に面しており、平成 4 年に供用開始された。PCa コンクリートの設計基準強度は  $35\text{N}/\text{mm}^2$  であり、早強ポルトランドセメントが使用され、蒸気養生後に屋外にて養生された。骨材は庄川・小矢部川水系で採取された川砂利と川砂が使用され、反応性岩石として遅延膨張性を示す流紋岩および流紋岩質溶結凝灰岩が含まれる。図 1 に富山県の主要な河川産骨材のアルカリシリカ反応性試験結果(化学法)を示す。なお、当該地域に最も近い気象観測所にて測定された 2021 年 12 月～2022 年 3 月の最低気温は  $-6.2^\circ\text{C}$  で、凍害危険度は「1」に該当する。

#### 2.2 断片試料観察

L 型 PCa 擁壁のひび割れが顕著に発生している上部で貫通コアを採取した。コアに蛍光塗料含有エポキシ樹脂を含浸させ、断片試料を作製し、研磨した面に紫外線を照射することでひび割れなどを実体顕微鏡や蛍光顕微鏡で観察し、劣化の程度を観察した。

#### 2.3 偏光顕微鏡観察

断片試料からコンクリート片(20mm×30mm)を切出して研磨薄片(厚さ  $20\mu\text{m}$  程度)を作製し、偏光顕微鏡により岩石の反応状況などを観察した。

### 3. 調査結果

#### 3.1 構造物のひび割れ発生状況

写真 1 に L 型 PCa 擁壁のひび割れ発生状況を示す。ひ

び割れが発生した擁壁は数箇所あり、その発生の有無に規則性がなくランダムであり、同じロットで工場製作されたものではない可能性がある。ひび割れの形状は凍害特有の隅角部における D クラックの形状を呈していた。また、側道側の表面ではひび割れに沿って遊離石灰が認め

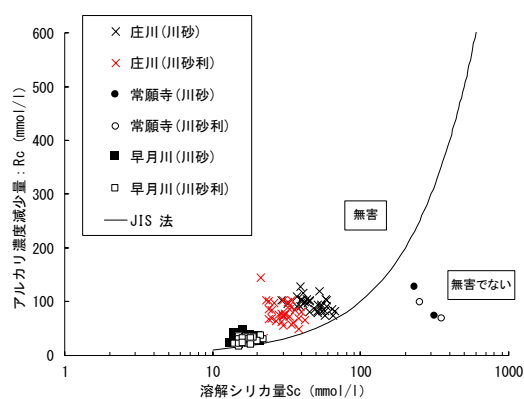


図 1 富山県内の主要な河川産骨材のアルカリシリカ反応性試験結果(化学法(JIS A 1145))

#### コア採取位置



写真 1 L 型 PCa 擁壁のひび割れの発生状況



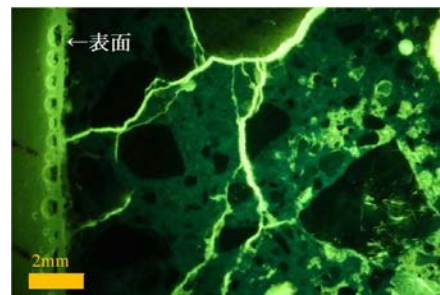
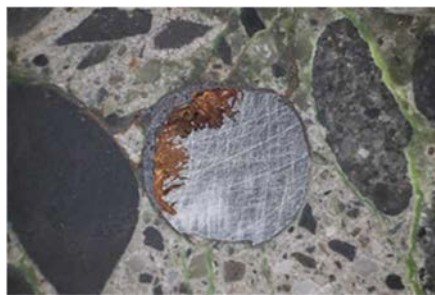
(a) ポップアウト

(b) スケーリング

写真 2 天端の劣化状況

キーワード ASR, 凍害, DEF, 複合劣化, プレキャストコンクリート, 岩石学的調査

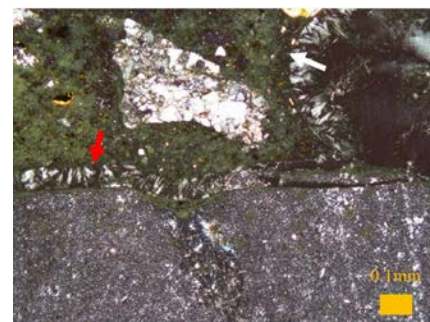
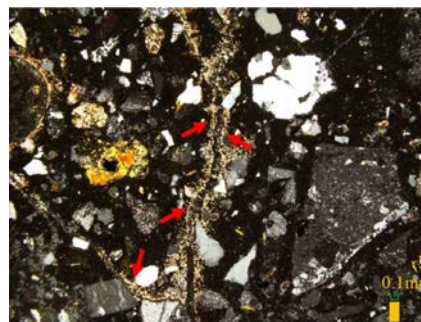
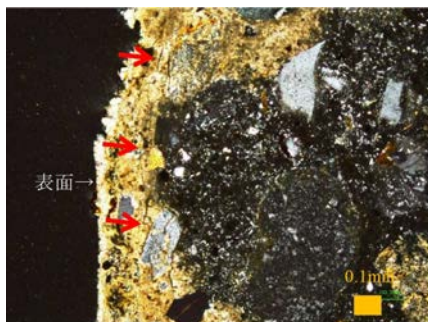
連絡先 〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 TEL 076-264-7872



(a) 流紋岩(砂利)からのゲル滲み出し (b) 鉄筋腐食と腐食生成物

写真4 蛍光顕微鏡によるひび割れ

写真3 実体顕微鏡および蛍光顕微鏡によるコアの切断面観察



(a) 凍害による表面ひび割れ

(b) ひび割れに沿う中性化の進行

(c) エトリンガイトの発生状況

写真5 偏光顕微鏡による薄片観察(直交ニコル)

められ、写真2に示すように天端ではポップアウトやスケールリングも発生していた。

### 3.2 実体顕微鏡観察の結果

写真3に実体顕微鏡によるコアの切断面観察結果を示す。安山岩、流紋岩、溶結凝灰岩にASRゲルの滲出が確認されるものの、ASRは比較的軽微であった。擁壁内の鉄筋は腐食が進行しており、腐食生成物が一部ひび割れや空隙を充填している様子が確認された。

### 3.3 蛍光顕微鏡観察の結果

L型PCaにはAE気泡の連行が認められず、non-AEコンクリートと推定された。写真4に示すように、ひび割れは砂利周囲の空隙を結ぶように発達し、表面側(側道側)へと進展していた。一方、背面側(盛土側)では空隙やひび割れの発生が少なかった。天端付近では表面にほぼ平行なひび割れが多数発生していた。これは凍害の影響によるものと推察された。

### 3.4 偏光顕微鏡観察の結果

写真5に偏光顕微鏡による観察結果を示す。擁壁の表面(側道側)および背面(盛土側)でそれぞれ平行に、凍害によるひび割れが発生していた。また、中性化した部分も確認され、ひび割れの内面は炭酸カルシウムの結晶で覆われており、ひび割れにともない中性化が進行するとともに、凍結融解の繰り返しによりセメント成分(水酸化カル

シウム)の内部からの移動が促進されたものと推定される。一方、擁壁断面方向の中央部にて空隙やひび割れにエトリンガイトの沈積が観察された。遅延形エトリンガイト生成(DEF)の可能性も考えられた。ひび割れの主たる原因はASRと凍害と推定されたが、ひび割れの発生がランダムであることから、蒸気養生時の微細ひび割れの発生により初期凍害が誘発された可能性があり、コンクリートの配合や製造工程の見直しが必要と考えられた。

## 4. まとめ

- (1) 積雪寒冷地のL型PCa擁壁に凍害によるひび割れやポップアウト、スケールリングが発生していた。
- (2) 骨材中の安山岩や流紋岩、溶結凝灰岩にASRゲルの滲出が確認されたが、ASRは比較的軽微であった。
- (3) 擁壁表面(側道側)および背面(盛土側)で表面とほぼ平行に発生する、凍害によるひび割れが認められた。
- (4) ひび割れ内は、セメント成分の内部からの移動により、中性化が進行していた。
- (5) 空隙やひび割れにはエトリンガイトが沈積しており、DEFの可能性もあった。

## 参考文献

- 1) 鳥居和之ほか：中部地方における反応性骨材の岩石・地質学的調査とフライアッシュコンクリートの地域実装，コンクリート工学，Vol.59, No.4, pp.321-328, 2021.