

中性化と凍結融解作用が壁状コンクリート構造物の薄層の発生に及ぼす影響 The Effects of Neutralization and Freeze-thawing Action on the Thin-layer generated at Wall-shaped Concrete Structure

○武美伸宗*, 兵頭正浩**, 緒方英彦**
Nobutoshi TAKEMI, Masahiro HYODO, Hidehiko OGATA

1. はじめに

積雪寒冷地に供用されるコンクリート構造物の劣化診断を行う際には、凍害の影響を考慮する必要がある。佐藤ら¹⁾は鉄筋コンクリート製開水路（以下、開水路）に発生する凍害の特徴をまとめ、目視調査を行う際の留意点を整理している。加えて開水路側壁の表面には、凍結融解作用の影響により発生した層状ひび割れの第一層目として**写真1**に示す薄層が発生する場合があると指摘し、薄層の発生理由を壁面部のセメントペーストが炭酸化によって緻密化され、凍結融解作用によるひび割れが発生しにくい層として残ったためであると推察している。

本研究では、供用環境の異なる2種類の壁状コンクリート構造物に発生した薄層を採取して中性化の進行状況を確認することで佐藤らの推察を検証した。

2. 薄層の採取と測定方法

薄層の採取は、凍害発生危険度が2以上である東北地方²⁾の青森県弘前市で供用される**写真2**の開水路の左岸側壁気中部と、凍害発生危険度が1以下である中国地方²⁾の岡山県苫田郡鏡野町で供用される**写真3**の重力式コンクリート擁壁（以下、擁壁）で行った。

開水路は、北から南へ流れる全長約100mの農業用排水路で、側壁の背面は土中に埋もれている。左岸側壁は西向きである。採取箇所である気中部から採取した薄層は6枚であり、採取前は壁体に付着していた。

擁壁は山裾に供用され、壁面は南向きである。薄層は25枚採取し、このうち8枚は、壁体に付着していたものであり、3枚は壁体から剥落していたもの

である。また残りの14枚は、壁体との間に空気層があり、一部分が壁体と付着していたものである。

採取した薄層は、採取前における壁面の長手方向に切断し、断面を対象に中性化深さと薄層厚さを測定した。中性化深さは、JISA1152:2011（コンクリートの中性化深さの測定方法）に準拠して測定した。また、薄層厚さは中性化深さと同様に10測点平均で測定した。

3. 薄層の中性化状態

中性化と薄層厚さの測定結果を図1に、フェノールフタレイン溶液による薄層の断面の呈色状況を**写真4**に示す。

開水路から採取した薄層では、中性化はあまり進行していなかった。

これに対して、擁壁から採取した薄層では、中性化の進行が確認された。加えて、中性化の進行状況は3パターンに分類された。Case1は表面側からのみ中性化が進行している場合であり、壁体と付着していた8枚が該当する。Case2は表面側だけでなく背面側からも中性化が進行している場合、Case3は薄層全域が中性化されている場合である。Case2、Case3に該当する薄層は、一部分が壁体と付着していたものである。またCase3には壁体から剥落していた3枚の薄層が含まれている。各パターンにおける中性化深さは、Case1、Case2、Case3の順に大きくなっており、擁壁における薄層の中性化は、このパターンの順に進行すると考えられる。

4. 中性化と凍結融解作用の影響

コンクリートの中性化は、乾燥しやすくかつ水分



写真1 壁面に発生した薄層



写真2 開水路



写真3 擁壁

*鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科, Graduate School of Sustainability Science, Tottori University, **鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, 薄層, 凍結融解作用, 中性化, 炭酸化

供給がある供用環境で進行しやすいとされる^{3),4)}。

開水路と擁壁の状況を写真5に示す。開水路は、左岸側壁が西向きのため、日中のうちの大半は日陰であり、乾燥の影響を受けにくい。また側壁の気中部表面は、年間を通して大気と接しているため、水分供給を受けにくい。

一方で、擁壁は壁面が南向きのため、乾燥の影響を受けやすい。また背面の山側から雨水などが壁面を流れるため、十分な水分供給が行われる。また冬期において、壁上部に積もった雪が融ける際の壁面への水分供給は、日の当たり方によって、開水路では少なく、擁壁では多くなる。

したがって、開水路の薄層では中性化が進行せず、擁壁の薄層では中性化が進行したと考えられる。

また薄層の発生には、凍結融解作用によるひび割れが原因となるため、開水路と擁壁の供用環境における凍結融解作用の影響を検討した。表1には開水路と擁壁の所在地から最も近い観測地点における過去38年度分の冬期間(11月～3月)の日別最高・最低気温データから算出した最低気温、凍結持続日数と凍結融解日数の観測期間中の合計と各年度の平均を示した。なお、凍結点温度は -1°C とした²⁾。

弘前の標高は30mであるのに対して、上長田の標高は430mであるため、上長田の方が気温の低下は著しいと考えられる。一方で、弘前の凍結持続日数や凍結融解日数は上長田よりも多く、弘前における凍結融解作用の影響は大きいと考えられる。

以上のことから、対象とした開水路と擁壁における薄層の発生に中性化と凍結融解作用が及ぼす影響は、それぞれ異なることがわかった。

5. まとめ

本研究では、薄層の発生要因について考察を加えた。評価対象とした開水路の薄層は凍結融解作用の影響が顕著であり、擁壁の薄層は中性化の影響が顕著であった。したがって、壁状コンクリート構造物に発生する薄層は、一律の現象として捉えるのではなく、中性化と凍結融解作用の影響の違いを考慮して評価すべきであることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 佐藤智ら：RC 開水路の目視による凍害診断の留意点，*水土の知*, 81(2), pp.117-120 (2013)
- 2) 長谷川寿夫ら：コンクリートの凍害に及ぼす外的要因の影響とわが国の凍害危険度，*北海道大学工学部研究報告*, No.92, pp.59-67 (1979)
- 3) 大久保孝昭ら：*コンクリート診断技術* 16, 日本

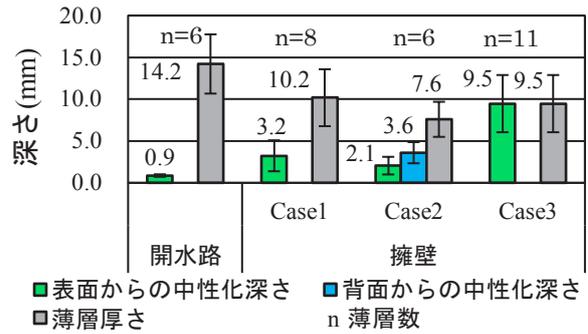


図1 中性化深さと薄層厚さ

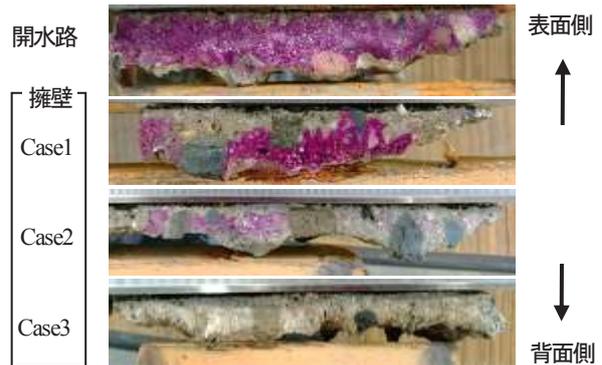


写真4 薄層の切断面の呈色状況

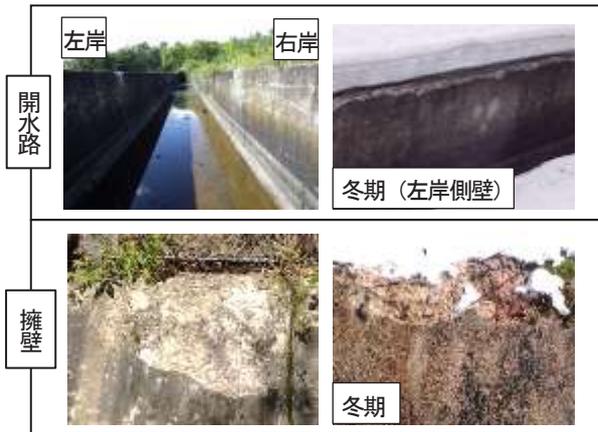


写真5 開水路と擁壁の供用環境

表1 凍結融解作用の影響

観測期間		1979～2016	
観測地点		弘前 (青森県)	上長田 (岡山県)
最低気温 (°C)		-11.7	-20.2
凍結持続日数 (日)	平均	17	4
	合計	637	138
凍結融解日数 (日)	平均	99	85
	合計	3,763	3,242

コンクリート工学会, pp.30-36 (2016)

- 4) 岸谷孝一ら：コンクリート構造物の耐久性シリーズ 中性化, 技報堂出版, pp.32-34 (1986)