

# RC開水路の凍害

## The Frost Damage of Reinforced Concrete Canals

○緒方 英彦\*, 高田 龍一\*\*, 野中 資博\*\*\*, 服部 九二雄\*  
OGATA Hidehiko\*, TAKADA Ryuichi\*\*, NONAKA Tsuguhiko\*\*, HATTORI Kunio\*

### 1. はじめに

コンクリートの凍害は、古くから取り組まれてきた研究課題ではあるものの、凍害の実現象のメカニズムの解明および評価するための試験方法や診断方法の開発などは未だ完全に成されてはいない。平成18年度には、日本コンクリート工学協会に「コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会 (TC065A) : 平成18~19年度」が組織され、環境、材料、試験方法などの多方面から検討が行われている状況である。

凍害による劣化の形態には、コンクリートの膨張によるひび割れ、コンクリート組織のゆるみによる内部劣化、コンクリートの表層部が徐々に剥離する表面劣化としてのスケーリング、骨材が破壊し表面のモルタル層が剥離するポップアウトがある。これらの凍害に至るメカニズムは構造物の構造形式、供用される環境条件に応じた特徴があり、農業水利施設の多くの割合を占める鉄筋コンクリート製開水路（以下、RC開水路）でも、特徴的な凍害が生じる。

本文では、RC開水路における凍害診断の開発とその評価の確立に資することを目的に、RC開水路に生じる特徴的な凍害がどのようなメカニズムにより生じるのかを述べる。

### 2. RC開水路の凍害発生位置

RC開水路に生じる凍害は、その発生位置に特徴がある。RC開水路における凍害発生位置の概略図を図-1に示す。凍害の発生可能性が高い部分は、濃く着色している。左図は側壁背面が空气中に曝されている状態であり、右図は側壁背面が土中に埋もれている状態である。以下に、このような位置に凍害が生じるメカニズムを述べる。

#### (1) 側壁の南面

コンクリートの凍害は、コンクリートが凍結温度に達し、内部の水が氷へと変化する際の体積膨張（水は氷化することで約9%の体積膨張をする）とその

融解の繰り返し作用により生じる。つまり、コンクリートが凍結をし続ける場合には凍害が生じず、凍結と融解の繰り返し作用を受ける場合に凍害が生じることになる。日射を受ける南面に凍害が生じやすく、北面に凍害が生じにくいのは、このためである。特に南面に位置する側壁天端の隅角部は、他の部位よりも凍結融解の繰り返しの頻度が多くなることから、凍害の発生可能性も高くなる。

#### (2) 最多頻度水位の上部(側壁内面の気中部)

写真-1に示すのは、RC開水路の側壁内面に生じる特徴的な凍害である。最多頻度水位よりも上部（以下、気中部）だけに凍害が生じ、下部（以下、水中部）には凍害が顕著に見られないパターンである。また、南面に位置する内面だけに凍害が生じ、同じ内面でも北面には凍害が顕著に生じない。

RC開水路が凍結融解の繰り返しを受ける凍結期は、非灌漑期にあたり、管理用水の通水状況にもよるが、気中部、水中部によらず空气中に曝されていることから、両者とも同様な凍結融解の繰り返しを受けているはずである。それにも関わらず最多頻度水位を境にして凍害の発生状況が異なるのは、灌漑期、つまりは非凍結期の状態が影響を及ぼしていることが示唆される。

灌漑期における側壁内面は、水中部において水中養生と同様な状態にあると言え、一方、気中部において空气中に曝されて乾湿の繰り返しを受けている状態である。この非凍結期における乾湿の繰り返しが凍結期における凍害の発生に影響を及ぼしていることは、青野らの研究により明らかにされた乾湿の繰り返しによるセメントペーストの細孔構造の変化から考察することができる<sup>2)</sup>。

青野らは、水銀王入法による細孔径分布の測定結果から、硬化セメントペーストに乾湿の繰り返しを与えた場合、毛細管空隙に相当する直径50~100nmの細孔が増加し組織が粗くなること、固体核磁気共鳴 (<sup>29</sup>Si-NMR MAS) 法によるC-S-Hのシリケー

\*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, \*\*松江工業高等専門学校, Matsue National College of Technology, \*\*\*島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, RC開水路, 凍害, 凍害診断, ひび割れ, 耐久性能, 安定性能

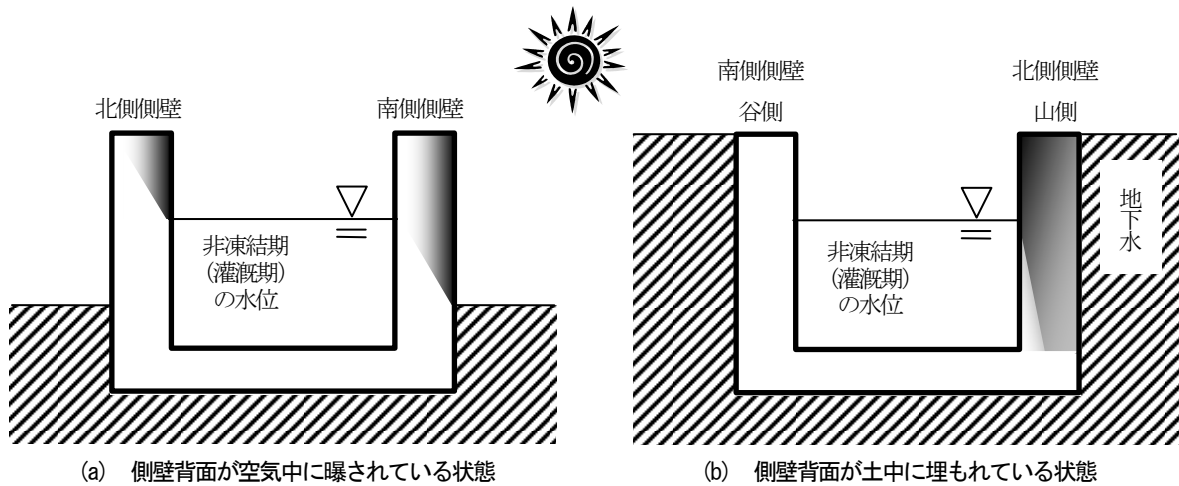


図-1 RC開水路における凍害発生位置の概略図



写真-1 RC開水路内面の凍害発生位置  
(北側側壁・山側の水路内面)

トアニオン鎖の構造解析結果から、乾湿の繰り返し後のシリケートアニオン鎖の縮合が観察され、これが細孔構造を粗くする原因であることを明らかにしている。つまり、硬化後に乾湿の繰り返しを受ける気中部では、細孔構造が粗くなることで凍結融解抵抗性が水中部よりも劣り、凍結期に通水が無く気中部と水中部が同様に凍結融解作用を受けたとしても、気中部だけが凍害による劣化を起しやすくなる。

### (3) 地下水の供給がある北側側壁

図-1(b)に示すように側壁背面が土中に埋もれている状態で地下水が高い場合、特に山側に位置する北側側壁では背面から供給される地下水によりコンクリート内部の飽水度が高まることで、水中部に位置するところでも内部に凍害が生じている場合がある。このような北側側壁の内部における凍害の発生は、地形的に地下水の供給があるような山側であること、水路内面の気中部に凍害劣化ひび割れが発生しているような環境条件であることにより予測することができる。

RC開水路の凍害は、コンクリートの劣化現象として耐久性能の観点から評価されるのがほとんどであるが、地下水の供給がある北側側壁では、背面土の凍上圧による側壁の滑動が生じる場合もある。構造性能の一つでしかない耐久性能の観点だけで凍害を評価するのではなく、安定性能などの観点でも凍害を評価することが必要であると言える。

### 3. おわりに

本文では、RC開水路に生じる特徴的な凍害のメカニズムを述べた。ただし、凍害による劣化が表面的に確認できる状態は、既にコンクリートの力学的性状が著しく低下していることが予想され、RC開水路の予防保全を行うためには表面に劣化現象が確認できる前の診断が重要になる。そのためにも、凍害メカニズムを認識しておかなければならない。

一方、RC開水路では、最多頻度水位よりも上部に凍害が発生しやすく、隅角部を有する側壁天端に凍害が発生しやすい。この部分は、RC開水路の耐力上あまり重要でない部分であり、水利用性能に関する補修と見なされる嵩上げ部分である場合もある。凍害の評価は、構造性能の一つである耐久性能だけに注目されがちであるが、対象とする構造物の凍害発生位置を踏まえて、力学的安全性能、安定性能、使用性能あるいは水利用性能の観点から行うことも忘れてはならない。

引用文献 1)日本コンクリート工学協会：コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会 (TC065A) <http://www.jci-web.jp/tc065a/>, 2) 青野義道(ほか)：乾湿繰り返し及ぼすコンクリートの耐凍害性への影響とその劣化メカニズムに関する研究, 日本建築学会構造系論文集 607, pp.15-22 (2006)