

RC 開水路の凍結融解作用による表面・内部変状の一考察

A Study of Inside and Outside Deformation by Freezing and Thawing Action in Reinforced Concrete Channel

○森田 匡隆*, 緒方 英彦**, 服部 九二雄**, 周藤 将司*
MORITA Masataka*, OGATA Hidehiko**, HATTORI Kunio**, SUTO Masashi*

1. はじめに

寒冷地における鉄筋コンクリート製開水路（以下、RC 開水路）の側壁は、凍結融解作用によりコンクリートの耐凍害性が低下し劣化を生じる。凍害によるコンクリートの劣化は、表面変状と内部変状から判断される。RC 開水路の側壁における表面変状は、最多頻度水位の上部である気中部と下部である水中部において発生状況が異なり、気中部では側壁長手方向へのひび割れが発生している。気中部における表面変状の発生は、非凍結期の供用環境が気中部の耐凍害性の低下に影響するためと考えられる¹⁾。一方、側壁における内部変状としては、実際に凍害が発生している RC 開水路の側壁からコアを採取した結果、部材厚方向への層状ひび割れが確認されている²⁾。部材厚方向への層状ひび割れを生じた RC 開水路は、側壁の背面から地下水が供給される地形条件にあることから、コンクリート内部の飽水度が高く、凍結時の膨張圧も高い供用環境が内部変状に影響したものと考えられる。このように同一側壁であるにもかかわらず、表面変状と内部変状ではひび割れの発生形態が異なる。本研究では、既存の RC 開水路を想定し、比較的水セメント比の高い non-AE コンクリートの耐凍害性について検討する。また、表面変状と内部変状の発生形態が異なることの一考察を行う。

2. 実験概要

本研究で用いたコンクリートの示方配合を表-1に示す。細骨材、粗骨材は鳥取県産を使用した。凍結融解試験に用いるコンクリート供試体は、10×10×40 cmとし、打込み翌日に脱型し、12日間水中養生を行った。その後2日間、コンクリート供試体は、凍結融解試験途中の水和反応を抑制するため密閉容器に入れてアセトンに浸漬した。凍結融解試験方法は、JIS-A 1148 に準拠した気中凍結水中融解試験方法（B法）である。試験条件は3ケースであり、Case1は連続した凍結融解試験、Case2は凍結融解試験の途中で乾湿繰返し、Case3は凍

表-1 示方配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)
20	8	60	2.0	41.6
単位量 (kg/m ³)				
水	セメント	細骨材	粗骨材	
191	318	746	1033	

結融解試験の途中で水中浸漬を行った。凍結融解試験途中の乾湿繰返しは50、170、290サイクルの後に行い、乾湿繰返しは、水中浸漬20℃6時間、乾燥40℃48時間を1サイクルとして7サイクル行った。凍結融解試験途中の水中浸漬は水温20℃（±1℃）で乾湿繰返しと同時間行った。測定項目は、水中質量、気中質量、超音波伝播速度、たわみ振動の一次共鳴振動数である。

3. 結果および考察

図-1に質量変化率の結果を示す。Case1、3における質量変化率は僅かであった。乾湿繰返しを行ったCase2は、300サイクル付近からスケーリングを生じ、410サイクルにおける質量変化率は7.7%であった。図-2はCase2における表面変状の進行過程を図化したものである。図に示すように、Case2の表面近傍では、セメントペーストの細孔構造が乾湿繰返しにより変化し³⁾、劣化層を生じる。この劣化層が剥離することで、質量変化率は増加した。

図-3に相対超音波伝播速度の結果を示す。相対超音波伝播速度は、200サイクル付近からすべての試験条件で低下傾向を示し、測定終了サイクルは、Case1が350サイクル、Case2が380サイクル、Case3が320サイクルであった。Case2は、170から320サイクルにかけて相対超音波伝播速度が低下するものの、380サイクルにおける相対超音波伝播速度は90%を超えていた。測定される超音波伝播速度は伝播距離内の平均値ではなく、超音波伝播速度が減衰する劣化部分の伝播速度であるといえ、伝播距離内の最小値であることが明らかになって

*鳥取大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, **鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, 凍害, 乾湿繰返し, ひび割れ, 表面変状, 内部変状

いる 4)。Case2に見られる相対超音波伝播速度の低下は、質量変化率が増加する時期と同じである。300 サイクル以降の相対超音波伝播速度は、表面近傍の劣化層が剥離した後の内部コンクリートを測定していることから変化が僅かになったものと考えられる。

図-4 に相対動弾性係数の結果を示す。Case2 は、410 サイクルの相対動弾性係数が96%以上であった。Case2において相対動弾性係数が急激に低下しなかった理由は、凍結時の膨張圧が乾湿繰返しにより耐凍害性の低下した表層部分において劣化進行と剥離に作用し、内部の劣化進行に作用しなかったためである。乾湿繰返しを伴う凍害の表面変状は、表面近傍の劣化層が形成されることにより起こる。Case3は相対動弾性係数の低下が著しい。これは、凍結融解試験途中に水中浸漬を行うことによってコンクリート供試体内部の飽水度が高まり、凍結時の膨張圧が大きくなったためと考えられる。

4. まとめ

- (1)凍結融解試験途中の乾湿繰返しは、スケーリングを促進し、質量変化率を増加させる。
- (2)凍結融解試験途中の乾湿繰返しは、相対動弾性係数を低下させない。
- (3)凍結融解試験途中の水中浸漬は、相対動弾性係数を低下させる。
- (4)乾湿繰返しにより耐凍害性が低下した表層部分は、凍結融解作用により脆弱になり、内部凍結時の膨張圧の作用により表層部分の劣化を促進する。

参考文献

- 1)緒方英彦, 高田龍一, 服部九二雄(2009): コンクリート製開水路の非凍結期の共用環境が及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集 Vol.31, pp.1159-1164
- 2)緒方英彦, 高田龍一, 鈴木哲也, 山崎大輔, 佐藤周之(2010): RC 開水路の側壁内部における凍害ひび割れの発生形態, 農業農村工学会誌 (印刷中)
- 3)青野義道, 松下文明, 柴田純夫, 濱幸雄(2006): 乾湿繰返しによるセメントペーストの細孔構造の変化, コンクリート工学年次論文集 Vol.28, pp.731-736
- 4)高田龍一, 郭世文, 緒方英彦, 服部九二雄(2004): 超音波法によるコンクリートの耐凍結融解性能評価に関する検討, コンクリート工学年次論文集 Vol.26, No.1, pp.1911-1916

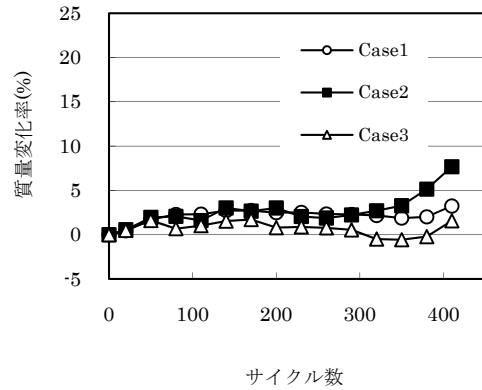


図-1 質量変化率

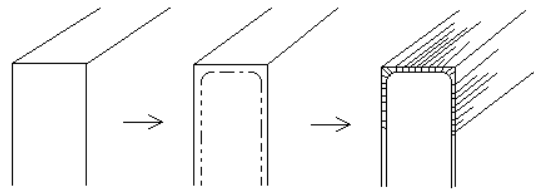


図-2 表面変状の進行過程

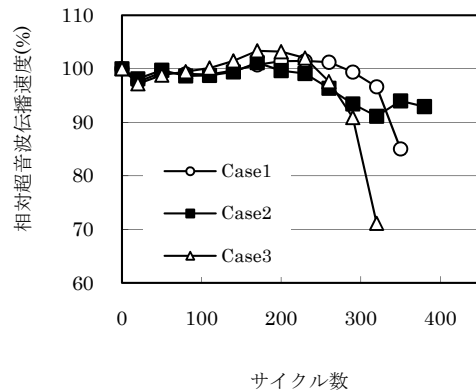


図-3 相対超音波伝播速度

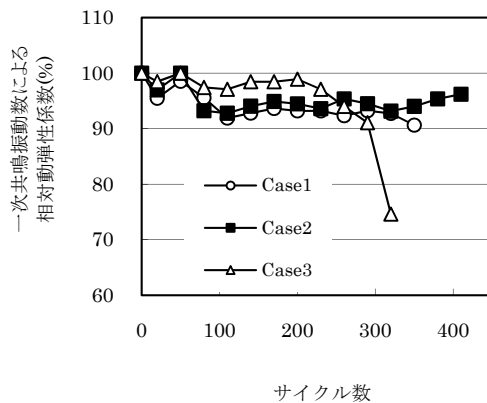


図-4 相対動弾性係数