

水路コンクリートにおける凍結融解作用の照査方法

Verification Method of Freezing and Thawing Action in Concrete of Canal

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

1. はじめに

性能照査を基本とする2002年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕では、コンクリート構造物の耐久性照査項目として、中性化、塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食、凍結融解作用、化学的侵食、アルカリ骨材反応、水密性、耐火性があげられている。コンクリート構造物の耐久性には、複数の因子が複合して作用し影響を及ぼすのが一般的であるが、示方書では、卓越する因子の影響を独立に評価することで十分な場合が多く、また複合作用の影響を考慮した照査技術が現時点では十分に確立されていないことを背景に、個々の影響因子に対する照査方法が示されている(土木学会, 2002a)。

耐久性照査は、化学的侵食、アルカリ骨材反応、耐火性を除いて、影響因子の限界値とその設計値の比に構造物係数を乗じた値が1.0以下になることを確かめることで行われる。各影響因子の限界値や設計値等は、示方書に記載されている計算式や一般値を示した表を参照することで把握できるが、一般的ではない環境条件、設計条件、施工条件、あるいは重要度の高い構造物の場合は、適当な試験等を実施してこれらを適宜求めなければならない。性能照査を基本とする〔施工編〕では、これまでの仕様規定型の示方書と異なり、各因子の性能照査に関わる基本原則及び照査方法だけに従えばよく、照査で用いる試験方法や条件等の選択及び決定は実施者に委ねられている。つまり、現場の環境条件、コンクリートの材料や配合の特徴、そしてこのコンクリートを用いて造られる構造物の特徴を踏まえた試験条件の設定が可能となっている。

本文では、以上のことを踏まえて、水路コンクリートにおける凍結融解作用の照査方法について概説し、また凍結融解試験を実施する上での検討事項を示したので報告する。

2. 凍結融解作用に関する照査

2.1 照査方法

凍結融解作用に関する照査は、相対動弾性係数の最小限界値 E_{min} とその設計値 E_d の比に構

造物係数 γ_i を乗じた値が1.0以下になることを確かめることで行われる(土木学会, 2002a)。

$$\gamma_i \frac{E_{min}}{E_d} < 1.0 \quad (1)$$

一方、促進凍結融解試験結果と実際のコンクリート構造物の凍害の程度との関係については、既往の実績や研究成果からある程度明らかにされているため、凍結融解作用に関する構造物の照査は、促進凍結融解試験の結果として得られるコンクリートの相対動弾性係数や質量減少率を指標として行ってもよいとされている。この場合の促進凍結融解試験は、一般にJIS A 1148 (A法)「コンクリートの凍結融解試験方法(水中凍結融解試験方法)」に基づいて行うものとされており、凍結融解作用条件が特に厳しい場合や設計耐用期間を長く設定する場合には、JIS A 1148 (A法)において設定している条件を実際に応じて厳しく定めるのがよいとされている。

2.2 凍結融解試験方法

コンクリートの凍結融解試験方法(促進凍結融解試験)は、2002年制定〔規準編〕より、これまでの土木学会規準(JSCE-G 501-1986)が廃止され、新しく制定されたJIS (JIS A 1148-2001)に変更された(土木学会, 2002b)。土木学会規準とJISの特徴的な違いを表1に示す。

JISでは、試験方法としてA法だけでなくB法も採用されている。また、養生方法及び試験開始材齢の設定も自由度が高いものになっており、現場の環境条件、試験するコンクリートの材料や配合の特徴、そしてこのコンクリートを用いて造られる構造物の特徴を踏まえた試験条件の設定が可能となっている。一方、備考として、「この試験方法は、使用材料や配合などの異なるコンクリートの凍結融解抵抗性を相互に比較するためのものであって、コンクリート構造物における耐凍害性を直接的に評価したり、耐凍害性によって定まるコンクリート構造物の耐用年数を予測するためのものではない。」と記述されている。

2.3 照査方法と凍結融解試験方法の関係

* 鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, ** 松江工業高等専門学校土木工学科, Department of Civil Engineering, Matsue National College of Technology, *** 島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, 水路コンクリート, 凍結融解試験, 耐久性照査, Concrete of canal, Test for resistance to freezing and thawing, Durability verification

表1 凍結融解試験方法の土木学会規準と JIS の特徴的な違い

Feature difference between specification of JSCE and JIS in test for resistance to freezing and thawing

項目	土木学会規準 (JSCE-G 501-1986)	JIS (JIS A 1148-2001)
試験方法	水中凍結融解試験 (A 法)	水中凍結融解試験 (A 法), 気中凍結水中融解試験 (B 法)
養生方法	20 ± 2 °C の水槽中	20 ± 2 °C の水槽中*
試験開始材齢	材齢 14 日	材齢 28 日を標準*
評価項目	相対動弾性係数, 質量減少率	相対動弾性係数, 質量減少率, 耐久性指数

*セメント及び骨材の種類, 配合及び試験の目的によっては他の養生方法や材齢とすることができる。

JIS の凍結融解試験方法では, 試験条件の設定が自由度の高いものになっているが, [施工編] の凍結融解作用に関する照査方法では, 試験方法が A 法に限定されている。また, JIS の備考では, この試験方法は耐凍害性を直接的に評価したり, 耐凍害性による耐用年数を予測するために使われないと明記されているにも関わらず, [施工編] では, 凍結融解作用に関する照査に促進凍結融解試験の結果を指標として利用してよいことや設計耐用期間を踏まえた試験条件の設定に関する記述がある等, 両者を結びつけた解釈が困難なものになっている。照査をより安全側で行うための措置は必要であるが, 試験条件をあまりにも厳しく設定することは, 性能照査の意味を考えても不適切である。

3. コンクリート水路における凍結融解作用の照査方法

3.1 凍害における養生と材齢

コンクリートの耐凍害性は, 水セメント比を低くし, AF コンクリートとすることで向上する。一方, 水中養生は, コンクリート組織を緻密化し, 組織の緻密化は凍結不能水の増加をもたらして耐凍害性を高める要因となる。しかしながら, 水中養生がコンクリートの飽水度の増加をもたらし, 耐凍害性に不利に働くこともある。このように, 耐凍害性の観点からは, 水中養生に両面性があることを考えなければならない。また, コンクリート中の水分の凍結温度は, 細孔径に依存するため, 細孔径がある限界以下であれば内部の水分は極めて凍結しにくい条件となる。材齢の進行によって細孔構造は緻密化することから, 材齢の進行に伴って耐凍害性は向上する (洪ら, 2000)。

3.2 照査方法及び試験条件の設定

一般の水路では, 全断面を満たした通水が行われることはなく, 水路の表面は自ずと湿潤部分と乾燥部分に分かれる。前節で述べたように, コンクリートの飽水度が耐凍害性に及ぼす影響は大きいことから, 水路コンクリートの耐凍害性を促進凍結融解試験の結果を利用して検討す

る場合, 試験開始材齢までの供試体の養生は, 水中養生した場合だけではなく, 気中養生した場合も考慮に入れることで, 水路コンクリートの耐凍害性の照査を詳細に行うことができる。JIS では, 試験の目的によっては他の養生方法を採用することもできるとあり, 気中養生も可能である。また, 両養生条件での試験を行うことは, コンクリート水路の補修・補強部分を検討する上でも有用な資料になる。

一方, 前節で述べたように, 材齢の進行に伴って耐凍害性は向上することから, 試験開始材齢の設定次第では, 凍結融解作用に関する照査結果が大きく変わる。JIS では試験開始材齢の標準を 28 日としているが, これより長期材齢の設定も可能である。現場の環境条件, 試験するコンクリートの材料や配合の特徴, そしてこのコンクリートを用いて造られる構造物の特徴によっては, 28 日より長期材齢で試験を開始することで, 凍結融解作用に関する照査を満足させることも可能になると考えられる。一般に試験開始材齢は, 打設から凍結作用期までの期間と解釈できるものの, 定義はされていない。現実のコンクリート構造物における施工管理 (脱型日, 養生期間) や施工時期を踏まえて試験開始材齢を決定する必要がある。

4. おわりに

JIS のコンクリートの凍結融解試験方法と [施工編] の記述の間には, 解釈が困難な部分もあるが, コンクリートの凍結融解作用に関する照査は, 現場の環境条件, 試験するコンクリートの材料や配合の特徴, そしてこのコンクリートを用いて造られる構造物の特徴を踏まえて行わなければならない。本文で概説した内容を踏まえた実験を積み重ねることで, 今後水路コンクリートにおける凍結融解作用の照査方法を提案したいと考えている。

参考文献

- 土木学会 (2002a) : 2002 年制定コンクリート標準示方書 [施工編], p.22-34.
- 土木学会 (2002b) : 2002 年制定コンクリート標準示方書 [規準編], p.323-327.
- 洪 悦郎・鎌田英治・長島 弘 (2000) : 寒中コンクリート, 技術書院, p.52-87.