

V－7 改良プルオフ法によるコンクリートの凍害劣化度評価に関する研究

八戸工業大学 学生員 ○戸来 慎太郎

八戸工業大学 正会員 庄谷 征美

八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. はじめに

寒冷地におけるコンクリート構造物は、その気候条件により凍害劣化を受けやすい環境にある。2001年に制定された土木学会標準示方書「維持管理編」における凍害維持管理標準では、コンクリート構造物の凍害による劣化予測を凍害劣化深さを指標として行うことを基本としている。そこで本研究は、凍結融解作用を受けたコンクリート表層部の深さ毎の経時的な劣化度を独自に開発した改良プルオフ法により評価し、非破壊的に凍害劣化深さを指標としてコンクリートの劣化度を評価することを目的としたものである。

2. 実験概要

2・1 使用材料および配合

表-1 に本試験のコンクリートの配合表を示す。本試験では、水セメント比（W/C）、空気量（Air）、暴露面積体積比（ $A/V=\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ）を変化させ、各実験を実施した。供試体寸法は凍結融解試験および簡易引張強度試験共に $100\times 100\times 400\text{mm}$ の角柱を用いた。

表-1 コンクリートの配合表

W/C (%)	Gmax (mm)	目標 スランプ (mm)	目標 空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AE agent (C×wt%)
					W	C	S	G	
55	20	80	5.0	42.0	169	307	766	1060	0.019
			3.0	43.0	179	325	793	1035	0.007
65				43.5	177	272	825	1053	0.007

2・2 試験方法

凍結融解試験は JIS A 1148 に準じて行った。供試体は材齢 28 日まで水中養生した。そして、試験開始前と管理供試体のたわみ一次共鳴振動数より算出される相対動弾性係数が目安で 80%、60%、40%に達した時点において簡易引張強度試験を行った。凍結融解作用を受けるコンクリートの暴露面積の影響を検討するために、暴露面を 1 面（底面）、2 面（側面）および 6 面の 3 ケースとして実施した。そして、その影響を定量化するために、暴露面積体積比（1 面： $A/V=0.1\text{ cm}^2/\text{cm}^3$ 、2 面： $A/V=0.2\text{ cm}^2/\text{cm}^3$ 、6 面： $A/V=0.45\text{ cm}^2/\text{cm}^3$ ）を指標として用いている。

本試験は改良プルオフ法により、コンクリート表層部に 5、15、30、50mm と深さを変化させたコアスリットを設け、このコアスリットと同じ深さを有するパイプ型円形鋼片を用いることにより、任意深さ位置での強度測定を可能としたものであり、最大荷重 P を破断面積 A で除したものをプルオフ強度 σ_{pt} とした。

3. 実験結果および考察

図-1 にプルオフ強度と凍結融解サイクル数の関係の一例を示す。凍結融解サイクル数の進行に伴い表層部のプルオフ強度は急激に低下する傾向が見られ、コンクリートの表面から深さ 5mm の位置で最も強度低下が大きいことが示されている。このように、コンクリートの凍害劣化は、凍結融解サイクルに伴い外表面から内部へ向かい、コンクリート組織が脆弱化し、有効なコンクリート断面厚さが減少していく機構であることが分かる。

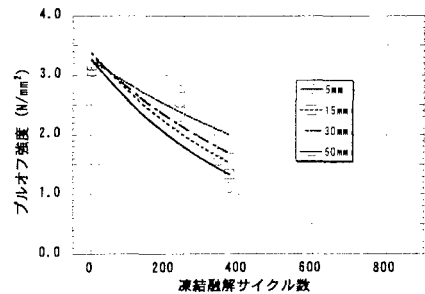
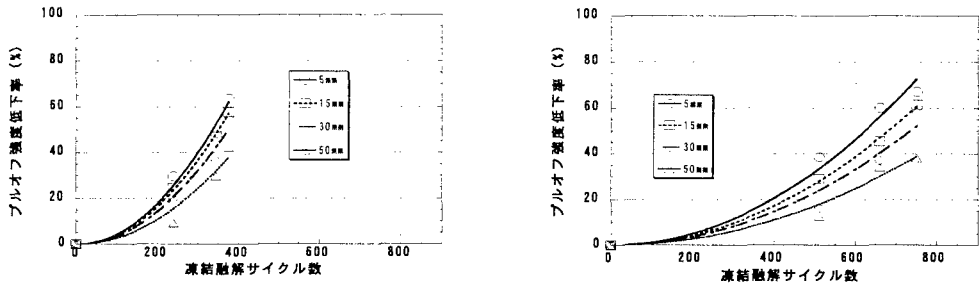

W/C:55%Air:3%(水中水中、 $A/V=0.2\text{ cm}^2/\text{cm}^3$)

図-1 凍結融解サイクル数とプルオフ強度

図-2(a)、(b)は、凍結融解サイクル数が 0 サイクル時のプルオフ強度を基準としたプルオフ強度低下率と凍結融解サイクル数の関係の一例を示したものである。これより、凍結融解サイクルの進行に伴いプルオフ

強度低下率は増加し、プルオフ強度低下率が、およそ 20%以上になると凍害劣化の進行が加速する。また、同一配合による $A/V=0.1 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ 、 $A/V=0.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ を比較すると、プルオフ強度低下率は $A/V=0.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ の方が急激に増加する傾向が見られた。これは、凍結融解の劣化過程において水分が $A/V=0.1 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ に比べ供試体へ多く供給されるためである。このことにより、所定のサイクル数におけるコンクリート表面からの任意劣化深さ位置での強度変化を予測する事が可能であると考えられる。

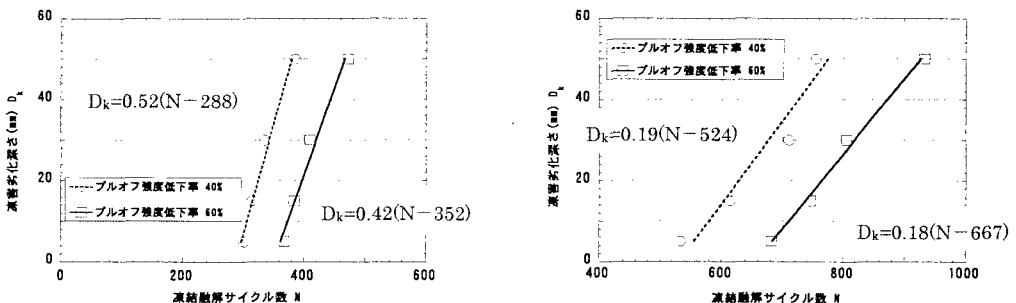


(a) W/C:55% Air:3% (水中水中、 $A/V=0.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$) (b) W/C:55% Air:3% (水中水中、 $A/V=0.1 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$)

図-2 凍結融解サイクル数とプルオフ強度低下率

図-3(a)、(b)は、図-2(a)、(b)に示した関係より、プルオフ強度低下率が 40%および 60%に達した時点を劣化と判断し、その凍害劣化深さと凍結融解サイクル数との関係の一例を示したものである。

現在、土木学会コンクリート標準示方書（施工編）においてコンクリートの耐凍害性の照査は相対動弾性係数を指標として実施される。一般に耐凍害性の判断基準とされている相対動弾性係数 60%の時にプルオフ強度低下率は、およそ 50%に達することが確認されている。本研究では、コンクリート構造物が供用される環境や、要求される性能などを考え、プルオフ強度が 40%（構造物の重要度が高い場合）、60%（構造物の重要度が比較的低く、気候条件などが穏やかな場合）に達する時点で補修または修復を要する劣化状態にあると設定し、予測される凍害劣化深さと凍結融解サイクル数との関係を示した。この図より、プルオフ強度低下率から得られた、凍害劣化深さと凍結融解サイクル数との関係を直線式によって近似したところ比較的良好な対応関係が示された。また、空気量や、凍結融解条件（気中凍結水中融解）、暴露面積体積比、材齢が異なるコンクリートについても同様に良好な関係が確認された。



(a) W/C:55% Air:3% (水中水中、 $A/V=0.2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$) (b) W/C:55% Air:3% (水中水中、 $A/V=0.1 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$)

図-3 凍害劣化深さと凍結融解サイクル数

4. まとめ

プルオフ強度と凍結融解サイクル数はよく対応する結果が示されたことから、プルオフ強度は凍害劣化の程度を示す有用な指標になりうると判断できる。今後、凍結融解条件、配合条件等のデータをさらに蓄積することにより、凍害劣化深さを指標としたコンクリートの耐久性照査が可能になるものと考えられる。