

コンクリート開水路補修における無機系表面被覆材の凍害劣化予測

Estimation of Frost Damage of Inorganic Surface Coating Materials in Concrete Channel Repair

○石神暁郎^{※1} 田場一矢^{※1} 中村和正^{※1}

Akio Ishigami, Kazuya Taba, Kazumasa Nakamura

1. はじめに

積雪寒冷地におけるコンクリート開水路では、近年、凍害などにより低下した性能の回復・向上を目的とした種々の無機系表面被覆材を用いた補修が行われている。開水路の補修では、補修の効果が期待される期間において、補修により得られた各性能が発揮され続けることが重要であるが、その検証方法は十分に確立されていないのが現状である。筆者らは、積雪寒冷地において適用された表面被覆材の耐凍害性が持続的に発揮されているか否かを確認することを目的とした、表面被覆材の凍害劣化予測手法の検討を進めている。本稿では、凍害劣化外力を定量化することにより得られる無機系表面被覆材の耐用年数の試算結果について報告する。

2. 凍害劣化予測の方法

農林水産省が発刊する「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】(案)」¹⁾では、無機系材料の耐凍害性の照査はJIS A 1148 (コンクリートの凍結融解試験方法) のA法 (水中凍結融解試験方法) により行い、その品質規格値は凍結融解 300 サイクルでの相対動弾性係数 85%以上とされている。本研究では、先ず、配合の異なる4種類の試製表面被覆材 (セメントモルタル) および5種類の市販表面被覆材 (ポリマーセメントモルタル, セメントモルタル) の水中凍結融解試験を行い、次に、気候因子を考慮したコンクリートの凍害劣化予測手法である「ASTM 相当サイクル数」²⁾を用いて各表面被覆材の地点毎の耐用年数を試算した。

ASTM 相当サイクル数は、ある地域の気象条件下でコンクリートが1年間に受ける凍結融解作用を、ASTM C-666 A法 (JIS A 1148 A法の基礎である試験方法) の標準条件の凍結最低温度である-18℃を基準としたASTM 相当サイクル数として表す式(1)により算出し、耐用年数を推定する手法である。

$$C_{y_{ASTM-SP}} = C \times F \times R_{sp} = C \times F \times s \times p \times R_{a90} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $C_{y_{ASTM-SP}}$ は ASTM 相当サイクル数(回/年)、 C は養生条件に関する係数、 F は凍結融解条件に関する係数、 R_{sp} は $\Sigma(-t_s/18)^\beta$ (t_s : 凍結最低温度(℃)、 β : 定数)、 s は日射条件に関する係数、 p は劣化過程係数、 R_{a90} は気温による ASTM 相当サイクル数である²⁾。

3. 凍害劣化予測の結果および考察

予測対象とした表面被覆材の種別を Table 1 に、凍結融解試験結果を Fig.1 に、耐用年数の試算結果を Table 2 に示す。なお、地域係数 T 、 R_{a90} 、耐用年数 X (年) は表中の各式により算出しており、 T の算出に際しては最新の気象データ (1981~2010年)³⁾を用いている。試

Table 1 表面被覆材の種別

Type of surface coating materials	
記号	表面被覆材の種別
試製表面被覆材	
n-AEM45	(配合) W/C=45%, S/C=2.3, AE 剤無し
n-AEM55	(配合) W/C=55%, S/C=3.0, AE 剤無し
n-AEM65	(配合) W/C=65%, S/C=3.7, AE 剤無し
AEM50	(配合) W/C=50%, S/C=3.0, AE 剤有り
市販表面被覆材	
ISCM①	A 社製ポリマーセメント系表面被覆材
ISCM②	B 社製セメント系表面被覆材
ISCM③	C 社製ポリマーセメント系表面被覆材
ISCM④	D 社製ポリマーセメント系表面被覆材
ISCM⑤	E 社製ポリマーセメント系表面被覆材

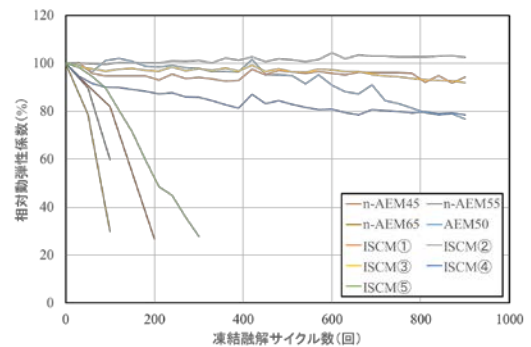


Fig.1 凍結融解試験結果 Results of freezing and thawing test

※1 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI 無機系表面被覆材, 凍害劣化予測, 耐用年数

Table 2 耐用年数の試算結果
Results of trial calculation in length of service life

地点名 (地方名)	羽幌 (留萌)	旭川 (上川)	共和 (後志)	駒場 (十勝)	三石 (日高)	今金 (檜山)		
ASTM相当サイクル数算出結果								
気象 データ※1	日最低気温の年間極値 ta min (°C)	-10	-13.5	-7.6	-17.5	-13	-8.4	
	凍結融解総日数 Dw (日)	128	150	124	159	160	136	
	凍結持続日数 Df (日)	58	82	42	72	16	34	
地域係数 T T = -ta min (1 - Df / Dw)	5.5	6.1	5.0	9.6	11.7	6.3		
ASTM相当 サイクル数	気温によるサイクル数 Ra90 (回/年) Ra90 (回/年) = 4.2T - 5.4	17.57	20.30	15.71	34.82	43.74	21.06	
	ASTM相当サイクル数 Cy ASTM-S90 (回/年)	3.53	4.08	3.16	7.00	8.79	4.23	
	ASTM相当サイクル数 Cy ASTM-S60 (回/年)	13.55	15.66	12.11	26.85	33.73	16.24	
耐用年数試算結果(1) 耐用年数 X (年): 劣化が明確に現れる(相対動弾性係数60%)までの年数								
無機系 表面被覆材	相対動弾性係数 90%に達する サイクル数 N90 (回)	相対動弾性係数 60%に達する サイクル数 N60 (回)		耐用年数 X (年) 相対動弾性係数90%に達する年数 X90 (年) = N90 / Cy ASTM-S90 相対動弾性係数90%から60%となるまでの年数 X60 (年) = (N60 - N90) / Cy ASTM-S60 耐用年数 X (年) = X90 + X60				
	n-AEM45	55	140	22	19	24	11	9
n-AEM55	48	98	17	15	19	9	7	14
n-AEM65	23	70	10	9	11	5	4	8
AEM50	613	—	174※2	150※2	194※2	88※2	70※2	145※2
ISCM①	—	—	—	—	—	—	—	—
ISCM②	—	—	—	—	—	—	—	—
ISCM③	—	—	—	—	—	—	—	—
ISCM④	90	—	25※2	22※2	29※2	13※2	10※2	21※2
ISCM⑤	88	179	32	27	35	16	13	26

備考) ※1: 日別平滑年値³⁾による ※2: 劣化の兆候が現れる(相対動弾性係数90%)までの年数 —: 劣化の兆候が現れない

製表面被覆材の結果からは、AE剤を用いず、また、W/Cが大きくなるほど、耐用年数は短くなることが確認された。

相対動弾性係数 85%に達するまでの年数を耐用年数とした場合の試算結果を Table 3 に示す。市販表面被覆材では、最小値 11 年、最大値 750 年という結果が得られたが、凍結融解 300 サイクルでの相対動弾性係数 85%以上の品質規格値を満足する表面被覆材では、地点に関わらず、上述の「マニュアル(案)」で耐用期間とされている 20 年を上回った。

4. まとめと今後の課題

本稿では、コンクリート開水路補修における無機系表面被覆材の耐用年数の試算結果を示した。今後は、現地水路に適用された表面被覆材のモニタリングを行い、得られた結果との比較により試算結果の妥当性を検証するとともに、付着強度を指標とした凍害劣化予測手法の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 農林水産省: 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】(案)
- 2) 浜幸雄・松村光太郎・田畑雅幸・富坂崇・鎌田英治: 気象因子を考慮したコンクリートの凍害劣化予測, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, pp.9-16, 1999
- 3) 気象庁 HP (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>)

Table 3 耐用年数(相対動弾性係数 85%)の試算結果
Results of trial calculation in length of service life
(Relative dynamic modulus of elasticity 85%)

地点名 (地方名)	羽幌 (留萌)	旭川 (上川)	共和 (後志)	駒場 (十勝)	三石 (日高)	今金 (檜山)
耐用年数試算結果(2) 耐用年数 X85 (年): 相対動弾性係数85%に達するまでの年数						
無機系 表面被覆材	耐用年数 X85 (年) 1) 相対動弾性係数60%に達する場合: X85 (年) = X90 + 0.5X60 2) 相対動弾性係数85%に達するが60%に達しない場合: X85 (年) = 相対動弾性係数85%に達するサイクル数 / Cy ASTM-S90 3) 相対動弾性係数85%に達しない場合: X85 (年) = (900 × 15 / 凍結融解900サイクルの相対動弾性係数低下量) / Cy ASTM-S90					
	n-AEM45	19	16	21	9	8
n-AEM55	15	13	17	8	6	13
n-AEM65	8	7	9	4	3	7
AEM50	203	176	227	103	82	170
ISCM①	671	580	750	338	269	560
ISCM②	—	—	—	—	—	—
ISCM③	478	414	535	241	192	399
ISCM④	92	80	103	46	37	77
ISCM⑤	28	24	32	14	11	24

備考) —: 劣化の兆候が現れない