

北見市に26・27年屋外暴露したコンクリートの耐凍害性に関する研究

正会員 ○田畑 雅幸*1
同 平野 彰彦*2
同 濱 幸雄*3

耐凍害性 屋外暴露試験 凍結融解試験
寒冷地 長期性状 コンクリート

1. はじめに

コンクリートの耐凍害性を夏季の条件を含めて室内促進試験で評価しようとして同時に作製した試験体で乾湿繰り返し後・乾燥後の促進凍結融解試験と屋外暴露試験を今から20~30年前から行ってきた。

本研究は、一連の研究の内北見市に27・26年間屋外暴露したコンクリートの性状と耐凍害性について報告する。

2. 実験計画および概要

実験は、シリーズ1(1980年)とシリーズ2(1981年)にわたって行った。骨材は、表1のものを使用し、コンクリートは、それまでの実績から凍害を受けやすいものを含め、スランブ18cmの建築用軟練りとした。水セメント比は、50・60・70・90%とした。この内水セメント比70%では、意図的に吸水率が大きい骨材(7W)や減圧下(水銀柱約90~30mmHg)で混練し、エントラプトエアの少ないコンクリート(7V)を作製した。試験体はすべて材齢2週水中養生後の7.5×7.5×40cmの梁型とした。コンクリートの調合表、フレッシュ性状および圧縮強度を表2に示す。

3. 実験方法

3-1 屋外暴露試験

屋外暴露試験は1980年9月(シリーズ1)、1981年8月

表1 骨材の物理試験結果

シリーズ	骨材の種類	表乾密度 (g/cm³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	粗粒率 (f.m)
1・2	広島産山砂	2.58	2.54	1.67	64.7	2.72
	広島産山砂利	2.60	2.14	1.63	62.0	6.53
1	和賀川産川砂	2.49	5.21	1.56	62.7	3.01
	大野産山砂利	2.45	5.09	1.50	61.0	6.70

表2 コンクリートの調合表、フレッシュコンクリートの性状および圧縮強度の結果

記号	調合表					フレッシュコンクリートの性状								圧縮強度 (N/mm²)					
	水セメント比 (%)	細骨材率 (Vol)	単位水量 (kg/m³)	絶対容積 (l/m³)			スランブ (cm)	空気量 (%)				単位容積質量 (kg/m³)				材齢2週		材齢4週	
				セメント	細骨材	粗骨材		1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**		
5N	50	43.9	183	116	303	388	-	18.5	-	2.0	-	20.0	-	2.32	-	29.6	-	34.1	
6N	60	46.0	185	97	326	382	-	19.0	17.5	2.3	2.5	21.5	19.7	2.30	2.30	21.2	18.8	29.0	23.4
7N	70	48.2	191	86	344	369	-	18.5	18.0	2.4	2.6	20.5	18.5	2.28	2.27	12.1	14.7	17.4	19.7
	70	48.2	191	86	344	369	-	15.0	-	2.4	-	20.2	-	2.28	-	10.4	-	14.4	-
7V	70	48.2	197	89	339	365	-	-	18.0	-	0.8	-	20.8	-	2.31	-	16.0	-	20.7
	70	49.0	201	91	342	356	-	19.5	-	1.4	-	21.0	-	2.22	-	12.4	-	17.1	-
7W*	70	47.7	180	81	333	366	514	18.5	20.1	4.9	5.5	20.9	19.5	2.23	2.20	10.0	11.0	14.0	14.3
9N	90	51.0	202	71	366	351	-	18.0	17.5	2.3	3.1	20.0	18.5	2.27	2.23	6.7	6.7	9.0	8.6

* はシリーズ1, ** はシリーズ2, *3 和賀川産川砂と大野産山砂利を使用, 他は広島産の山砂, 山砂利を使用

(シリーズ2)に北見市で行った。測定は、質量、長さ、動弾性係数とし、ほぼ春(4~6月)と秋(10~11月)に実施した。室内に約1日間放置して測定したものを乾測定とし、さらに約1日間水中浸漬をして測定したものを湿測定とした。結果は、材齢2週水中養生後を基準とした質量百分率、長さ変化率および相対動弾性係数で表した。

3-2 凍結融解試験

凍結融解試験は、暴露試験前後ともに、ASTM C666 A・B法(JIS A1148 A・B法)に基づく水中凍結水中融解試験・気中凍結水中融解試験のいずれかとした。試験条件は、最高温度+5℃、最低温度-18℃、1日6サイクルで行った。

4. 実験結果および考察

4-1 暴露試験結果

屋外暴露27年(シリーズ1)および26年(シリーズ2)終了時の質量百分率、相対動弾性係数の結果を図1,2に示す。シリーズ1の相対動弾性係数では、暴露2年目から経過に伴い徐々に低下し、湿測定値の低下順に9N<7V<7W<6N≤7N<7Aとなり、その範囲は39.1~71.3%であった。水セメント比のもっとも大きい9Nは、動弾性係数の低下とスケーリングに伴う質量損失が大きかった。

シリーズ2は、シリーズ1と同様にすべてのコンクリートで質量減少が見られた。特に、9Nは激しいスケーリング劣化により質量が12%程度減少した。相対動弾性係数は、水セメント比が大きいものほど低下し、7Vと9Nは40%以下となり、80%を上回ったものは5Nだけであった。7Aは、同じ水セメント比の7Nをやや上回る程度となった。湿測定値の低下順に7V<9N<7N<7V<7A<5Nとなり、その範囲は23.5~84.6%であった。これは、

水切り可能な台上暴露や試験体の細いこと、夏季の乾燥による影響でひび割れの発生と共にAE剤の空気泡が動弾性係数で測定する共振振動数の伝搬が悪く、相対動弾性係数の低下を招いているものと推察される。

A Study in Frost Resistance of The Concrete Which Exposed 26,27-years to Kitami City

TABATA Masayuki ,HIRANO Akihiko, HAMA Yukio

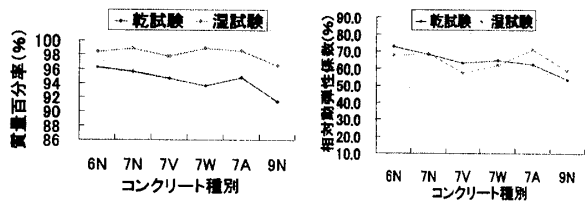


図1 暴露27年の試験結果(シリーズ1)

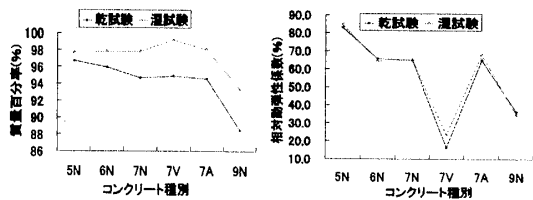


図2 暴露26年の試験結果(シリーズ2)

4-2 屋外暴露後の凍結融解試験結果

シリーズ1・2の屋外暴露後の凍結融解試験結果の内、質量減少率、長さ増加比で表される指標からは、空気量を少なくした7V、骨材の吸水率が大きい7W、水セメント比が大きい9Nなどのスケーリング劣化、膨張劣化傾向が見られ、7A、6N、5Nなどはやや優れている結果となった。一方、相対動弾性係数の60%を下回ったサイクルは、シリーズ1では、9N・7W・6Nが5~11サイクル、7A・7Nも21~45サイクルで下回る早い劣化となった。シリーズ2では、7N・7V・9Nが11~16サイクル、7A・5N・6Nは21~28サイクルで60%を下回った。いずれも相対動弾性係数では、その差は少なかった(図3)。

4-3 屋外暴露前後の凍結融解試験結果

屋外暴露前後の凍結融解試験結果と暴露前後の300サイクルの耐久性指数を表3に示す。

シリーズ1・2共にAE剤を混入した7Aの暴露前の耐凍害性は他のコンクリートに比べて極端に良好となるが、暴露後では、劣化の差は少なくなった。また、屋外暴露前後を比較した場合、屋外暴露前に良好な5N・7Aコンクリートは暴露中の動弾性係数の低下などが原因で劣化が促進されたと見られる。一方、劣っていた6N・7N・7V・7W・9Nは屋外暴露により耐凍害性がやや向上した。

表3 北見市の屋外暴露結果と暴露前後の凍結融解試験結果

試験 コンクリート	(1) シリーズ1 (1980年開始)				(2) シリーズ2 (1981年開始)							
	ASTM ※1		屋外暴露試験 (27年後)	暴露後の凍結 融解試験	ASTM ※1				屋外暴露試験 (26年後)	暴露後の凍結 融解試験		
	A法 -18°C	B法 -18°C	※2 夏 湿試験	※1 JIS-A法 -18°C	コンクリート	水中凍結 -5°C	水中融解 -10°C	-18°C (A法)	-30°C	B法 -18°C	※2 夏 湿試験	※1 JIS-A法 -18°C
6N	1.0	7.3	67.4	1.7	5N	89.0	30.4	13.5	5.2	99.4	84.6	4.8
7N	0.6	5.1	68.6	4.4	6N	44.6	3.3	2.5	1.7	13.8	64.6	5.5
7V	0.2	0.5	57.4	1.7	7N	46.2	2.5	2.3	1.3	14.5	65.4	1.6
7W	0.6	3.8	61.8	1.4	7V	0.5	0.3	0.4	0.2	0.3	23.5	2.1
7A	8.4	48.3	71.3	5.1	7A	96.4	37.4	26.4	16.3	100.0	68.1	4.3
9N	0.6	0.7	39.1	0.8	9N	4.2	0.6	1.0	0.6	1.4	34.8	2.6

*1: ASTM法および屋外暴露後の凍結融解試験結果は、試験終了予定サイクル300サイクルにおける耐久性指数(DF300)

*2: 屋外暴露試験結果は、相対動弾性係数

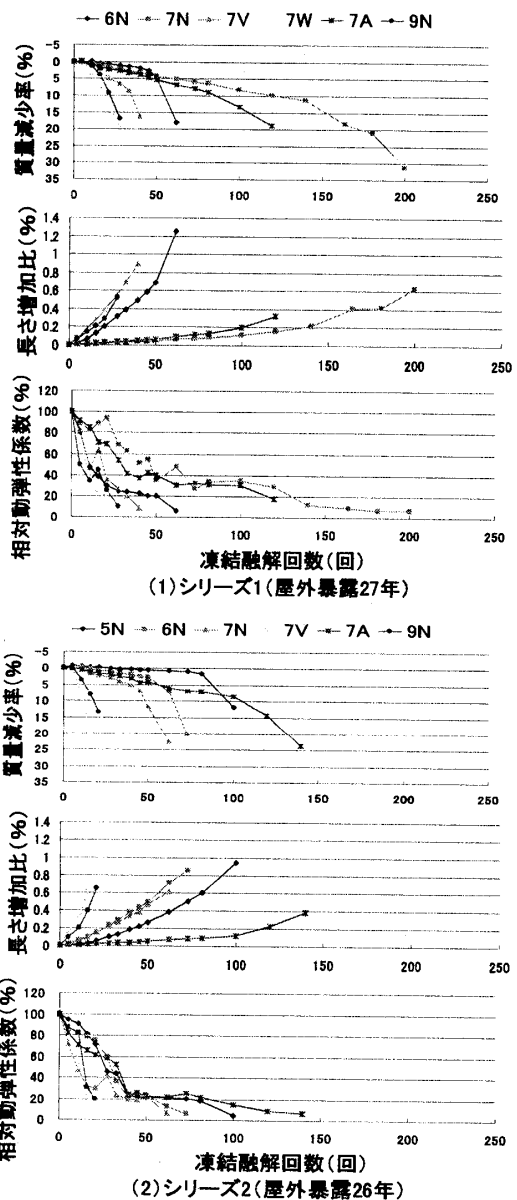


図3 屋外暴露後の凍結融解試験結果

*1 北海道職業能力開発大学校 元教授・工学博士

*2 北海道職業能力開発大学校 教授

*3 室蘭工業大学 准教授・博士(工学)

*1 Professor, Hokkaido Polytechnic College, Dr. Eng

*2 Professor, Hokkaido Polytechnic College

*3 Assoc. Professor, Muroran Institute of Technology, Dr., Eng