

凍害とアルカリシリカ反応による複合作用がコンクリートの劣化に及ぼす影響

鳥取大学大学院 学生会員 ○高本 良平 鳥取大学大学院 正会員 黒田 保
鳥取大学大学院 正会員 吉野 公 鳥取大学大学院 畑岡 寛

1 はじめに

コンクリートは、複数の劣化因子によって複合劣化を生じることが一般的とされている。例えば、凍害とアルカリシリカ反応（ASR）による複合劣化は、両者の劣化因子のうちの一つが水であること、劣化現象がひび割れや剥離・剥落であることなど、その劣化因子や現象が共通することもあるれば、劣化が進行し易い環境（温度）が真逆でもあり、その複合劣化のメカニズムは明らかにされていない。そこで本研究では、凍害と ASR のどちらか一方の劣化を促進させ、その後もう一方の劣化を促進させることで、そのような複合作用がコンクリートの劣化に及ぼす影響について検討した。

2 実験概要

本研究では、2つの実験を行った。実験①は、供試体の湿潤環境（供試体に湿布を巻き付けてポリエチレン袋で密封する）を保ちつつ、温度 60°C の恒温槽で ASR 促進を行い、供試体の膨張率が 0, 0.05 および 0.1% に達した時、JIS-A-1148 の A 法（水中凍結水中融解）に従い、凍結融解試験を行った。実験②は、JIS-A-1148 の A 法（水

表 1 コンクリートの配合

	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	NaOH
実験①	45	41	5.0±1.0	180	400	697	1042	6.553
	55	43	5.0±1.0	180	327	758	1043	7.005
実験②	45	41	1.0±1.0	180	400	741	1106	6.553
	65	45	1.0±1.0	180	277	860	1091	7.314

中凍結水中融解）に従い凍結融解試験を行い、供試体の相対動弾性係数が 100, 90, 80, 70% に達した時点で水酸化ナトリウム水溶液（1mol/L）の入った容器内に入れ、温度 40°C、相対湿度 80% の恒温槽で ASR 促進を行った。ただし、実験②では供試体中に含まれるアルカリの濃度低下が生じないように、水酸化ナトリウム水溶液（1mol/L）に供試体を浸せきし、凍結融解試験を行なった。また、耐凍害性を低下させるために、実験②では AE 剤による空気量の調整は行っていない。実験①および実験②ともに、使用した供試体は 75×75×400mm の角柱供試体であり、アルカリ総量を 7kg/m³（NaOH を混入して調整）とした。なお、以下の図中に記した記号は、(実験番号)-(水セメント比)-(膨張率 or 相対動弾性係数)を表す。

3 結果および考察

3.1 実験①

図 1 に、凍結融解試験中のコンクリートの相対動弾性係数の経時変化を示す。図 1 より、ASR による劣化（膨張）によりコンクリートの耐凍害性が低下することが分かった。また、水セメント比の小さいコンクリートの方が耐凍害性が高いという性質は、ASR による劣化を生じたコンクリートについても同様にいえることが分かった。

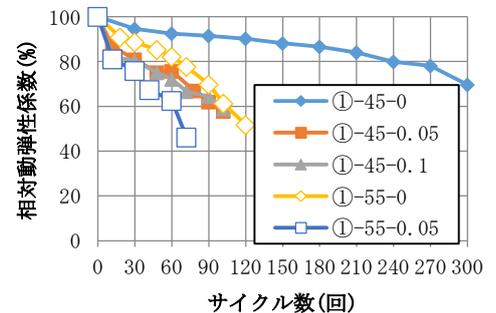


図 1 凍結融解試験中の相対動弾性係数の経時変化

図 2 に、凍結融解試験中のコンクリートの膨張率の経時変化を示す。図 2 より、ASR による劣化により、凍結融解試験中のコンクリートの膨張が助長されることが分かった。これは、ASR により生じ

キーワード 凍害, アルカリシリカ反応, 複合劣化

連絡先 〒680-0941 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学工学部土木工学科内建設材料科学研究室

TEL 0857-31-5281

たびび割れに浸透した水の膨張圧が一因として考えられる。また、ASR促進中に生成されたアルカリシリカゲルが凍結融解作用によって生じるひび割れから水を吸収し、膨張を助長したとも考えられる。また、コンクリートのASRによる劣化の程度（凍結融解試験開始時の膨張率）が同じ場合、水セメント比が小さい方が凍結融解試験中の膨張が抑制されることが分かった。

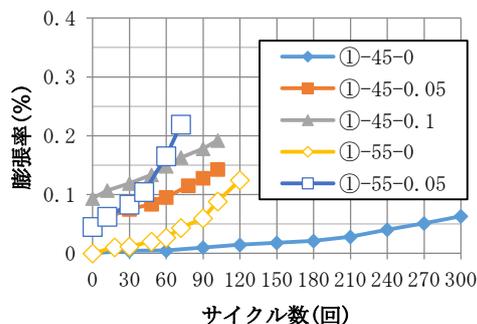


図2 凍結融解試験中の膨張率の経時変化

図3に、凍結融解試験中のコンクリートの質量変化率の経時変化を示す。凍結融解試験前にASR促進を行っていない（膨張率=0%）コンクリートは、凍結融解サイクル数の増加とともに質量変化率が低下する。一方、ASR促進を行ったコンクリートは凍結融解作用を受けると質量変化率が増加する結果となった。この原因の一つとして、ASRや凍結融解作用によって生じるひび割れを通じて水を吸収したアルカリシリカゲルの質量の増加の方が、スケーリングやポップアウトなどによって減少する質量よりも大きかったことが考えられる。

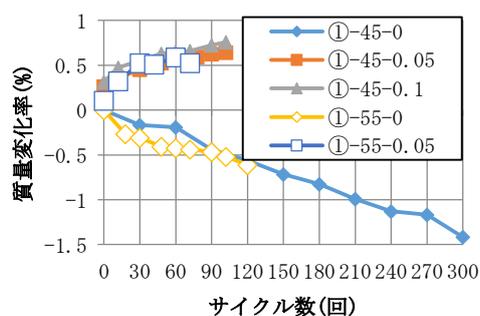


図3 凍結融解試験中の質量変化率の経時変化

3.2 実験②

図4はASR促進中のコンクリートの質量変化率の経時変化を、図5はASR促進中の膨張率の経時変化を、図6はASR促進中の相対動弾性係数の経時変化を示している。図4より、凍結融解作用を受けたコンクリートのASR促進期間中の質量変化率は、その劣化（相対動弾性係数の低下）の程度にかかわらず、凍結融解作用を受けていないコンクリートと同程度の増加割合であった。

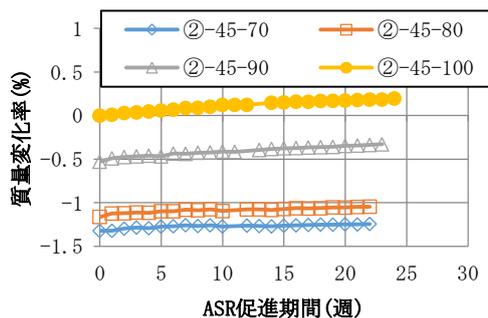


図4 ASR促進中の質量変化率の経時変化

また、図5より、凍結融解作用による劣化の程度が大きい（相対動弾性係数が小さい）ものほど膨張率は大きくなるものの、凍結融解作用の有無や凍結融解作用による劣化の程度の相違によって、ASR促進開始時点からの膨張速度に差はないといえる。さらに、図6より、凍結融解作用の有無や凍結融解作用による劣化の程度の相違が、ASR促進中の相対動弾性係数の低下速度に影響を及ぼさないといえる。

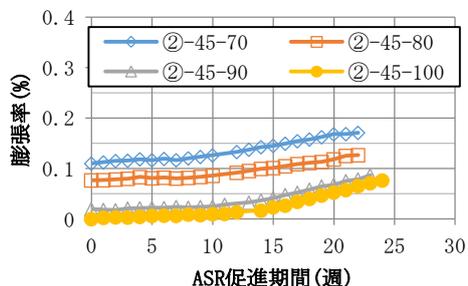


図5 ASR促進中の膨張率の経時変化

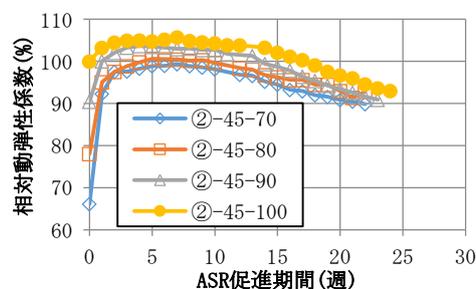


図6 ASR促進中の相対動弾性係数の経時変化

4 まとめ

本実験結果より、ASRによるコンクリートの劣化は、凍害による劣化を助長させることが分かった。また、凍害によるコンクリートの劣化は、ASRによる劣化に大きく影響を及ぼさないことが分かった。