

ASRと凍結融解作用によるコンクリートの複合劣化に関する一考察

宮城県農業短期大学 正員 ○北辻政文
岩手大学農学部 正員 藤居宏一

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下ASRと略す）によるコンクリートの劣化は、構造物の耐久性低下の一因として重要であり、数多くの研究が行われている。この反応をおこす岩種は、火成岩が主で、安山岩はその代表的なものとしてあげられる。北日本の碎石事情をみると、北上山系をもつ岩手県を除いて新生代の火山帯であり、その大部分は安山岩が占めている。したがってこの地域の骨材はASRの危険性を秘めている。

一方、寒冷地においては凍結融解作用がコンクリートの主な劣化原因であるが、反応性骨材を使用した場合にはASRによる膨張が相乗的に作用し、早期にコンクリートの耐久性を低下させる可能性がある。しかしASRと凍結融解作用によるコンクリートの複合劣化に関する研究、報告は見当たらず、ASRによる膨張の影響がコンクリートの耐凍結融解抵抗性にどのように及ぼすかは明らかにされていない。本研究はこれらの点を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

通常ASRによる膨張率試験はモルタルバー法で行われるが、モルタル供試体では耐凍結融解抵抗性の評価ができないことから、本研究ではAEコンクリート供試体を用いて、JCIで定めるコンクリート法(JCI AAR 3)によりASR試験を3カ月間行い、その後に凍結融解試験を実施した。また粗骨材のみの影響をみると凍結融解試験の際のスケーリング劣化を抑えるために、コンクリートへのアルカリの添加は行わず、粗骨材に直接アルカリ水を吸水させることにより膨張率を調整した。実験方法は以下のとおりである。

1) 使用材料

粗骨材は最大寸法20mmの安山岩碎石（比重:2.77,吸水率:1.58%,粗粒率:6.83）を使用した。細骨材は川砂（比重:2.59,吸水率:2.48%,粗粒率:2.52）を使用した。これらの骨材のASR試験結果を表1に示す。セメントはM社の普通ポルトランドセメント（比重:3.16, R_20 :0.61%）を使用した。

表1 アルカリ骨材反応試験結果

	化学法		モルタル法
	Rc (mmol/l)	Sc (mmol/l)	6カ月の 膨張率(%)
碎石	159	325	0.088
川砂	104	127	0.057

2) ASR試験(JCI AAR 3)

コンクリートはW/C:55%, S/a:43%,スランプ:12±2.5cm, 空気量:5±0.5%の1種類とした。配合を表2に示す。ここで粗骨材は洗浄後105℃で48時間乾燥し、常温まで冷ました後0.2および3規定の濃度のNaOH水に48時間浸せきしてアルカリ水を吸水させた。打設の際、骨材表面のアルカリ水を濡れ布および乾いた布で2回拭き取り表乾状態にして、モルタルと練混ぜコンクリートを作製した。これらのコンクリートの R_20 は骨材中の可溶アルカリ量から求めた結果、それぞれ1.85, 3.71, 4.69kg/m³であった(以下0N, 2N, 3Nと略す)。供試体寸法は10×10×40cmとし、長さ変化が測定できるようにゲージプラークを埋め込んだ。供試体数は各4本である。試験は紙巻き法で行い、長さ変化、たわみ振動の一次共鳴振動数を材令26週まで測定した。

表2 コンクリートの配合 (kg/m³)

水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤 AD(cc)	空気量 調整剤 AE(cc)
165	300	769	1,088	750	6.0

3) 凍結融解試験(水中凍結・水中融解JSCE-G501)

ASR試験13週終了時から各2本の供試体を用いて試験を開始し、30サイクル毎に300サイクルまで質量およびたわみ振動の一次共鳴振動数を測定した。

3. 結果および考察

図1にASRの試験結果を示す。0N<2N<3Nの順に、アルカリ濃度が高いものほど膨張率は高いが、いずれのコンクリートも6カ月の膨張率は0.1%未満であり、大きく膨張することはなかった。

図2は2Nおよび3NについてASR試験による膨張率と相対動弾性係数(E_D と略す)の結果を示したものである。膨張が進行しているにもかかわらず、 E_D が増加していることが分かる。これは水和反応による E_D の増加の影響である。このことから E_D はASRによる劣化の指標にはなりにくいといえる。

図3は凍結融解試験結果を示したものである。0Nは300サイクル終了時の E_D が60%以上であり、耐凍結融解抵抗性に問題はないといえる。これに対して2Nおよび3Nは、初期の段階から劣化が進行しており、耐凍結融解抵抗性は小さく、アルカリ濃度が高い3Nが2Nよりもその傾向が顕著である。この原因がASRによる膨張の影響であることは明かであり、内部が弛緩したコンクリートはその後凍結融解作用を受けると著しい劣化をおこすことを示している。ここで問題となるのは弛緩の程度、すなわち膨張率である。図4は210サイクルを基準とした3カ月の膨張率と耐久性指数(Dfと略す)の関係を示したものである。ここでDfは同種供試体の一方の E_D が60%以下となった時のサイクル数から求めた。この図から60%以上のDfを得るには、膨張率を0.032%以下に抑える必要がある。この値はJCI AAR 3に定める「無害」の基準値0.1%に比べると大きく下回るものである。このことは「無害」判定の骨材であっても、その後凍結融解作用を受けると耐久性が低下する可能性があることを示唆している。また外部からNaCl等の塩化物が侵入する環境では、ASRが促進されることが明かとなっており凍結融解作用が加

わるとさらに耐久性が著しく低下することが考えられる。

以上のことから寒冷地では反応性の疑いのある骨材を使用する場合、ASR試験だけでなく凍結融解試験との複合作用を考慮した耐久性の評価をすべきであると考えられる。

4. おわりに

本研究の範囲からASRにより膨張したコンクリートは、その後凍結融解作用を受けると比較的小さい膨張率にもかかわらず、著しい劣化をおこすことが確認された。しかしデータ数が少なく結論づけるには時期尚早であり、今後試料の数を増やすとともに細骨材の影響、モルタルバー法の結果との関連について検討したい。

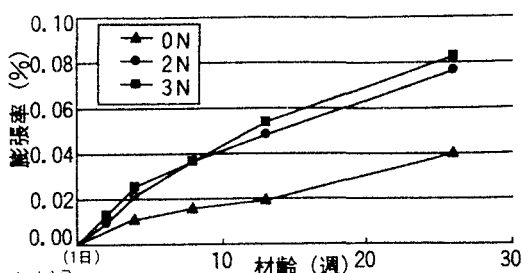


図1 ASRによる膨張率の変化

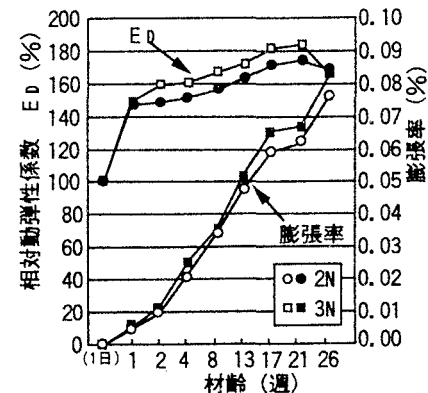


図2 E_D と膨張率の変化

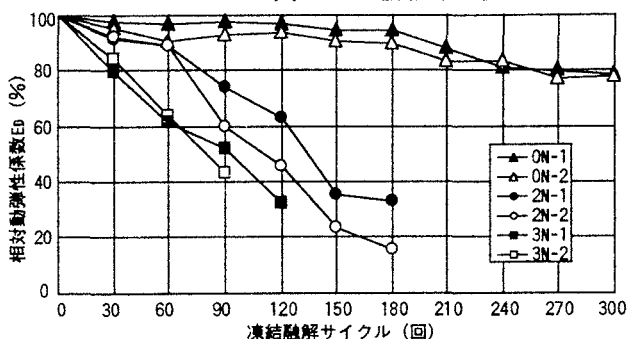


図3 凍結融解試験結果

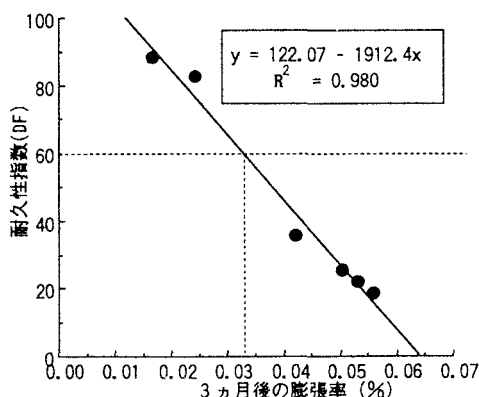


図4 ASRによる膨張と耐久性の関係