

収縮低減剤および気泡組織の品質が耐凍害性に影響を及ぼす要因の検討

その2 凍結融解挙動に及ぼす影響因子の抽出と劣化抑制方法の一考察

(株)フローリック 正会員 ○西 祐宜, 正会員 松沢 友弘, 鳴海 玲子
室蘭工業大学 濱 幸雄

1. はじめに

その2では、その1にて得られた硬化コンクリートの基礎性状より、気泡組織および凍結融解作用時の体積変形挙動に着眼し、収縮低減剤(以下 SRA)の性能や気泡組織パラメータなどの耐凍害性に及ぼす影響因子について検討し、凍害劣化抑制方法について考察した。

2. 空気泡の品質と耐久性指数の関係性

図1に空気量と耐久性指数の関係、図2に気泡間隔係数と耐久性指数の関係を示す。BLANK を含むいずれの SRA 添加率においても、空気量の増加に伴い耐久性指数は向上しており、空気量と耐凍害性は密接な関係性を示している。一方、気泡間隔係数と耐久性指数の関係性は分散し明確な傾向は認められず、全ての水準が耐凍害性確保の指標とされる気泡間隔係数 250 μm 以下であるにも関わらず、SRA を使用した水準は耐久性指数 60 を確保しているものは少ない。SS2.3 は、気泡間隔係数が 177 μm と良好な値であるが、耐久性指数は極めて低い。AdS は SS に比べ良好な関係性を示しており、CaseB の場合は同一水準の CaseA よりも耐凍害性が向上している。SRA を混和した場合の耐凍害性は、気泡間隔係数では評価できないことが再確認された。また、AdS に関しては疎水性化合物を気泡としてカウントしている可能性があり、気泡組織の品質を厳密に抽出することはできない。図3に乾燥材齢 13 週における収縮低減率と耐久性指数の関係を示す。いずれの Case および SRA 種類の場合も、収縮低減率増加に伴い、耐久性指数は低下するが、傾向はそれぞれ異なる。AdS は、空気量増加により収縮低減率と耐久性指数の関係は向上しており、SS に比べ耐凍害性の面で優位であることは明確である。また、CaseA に比べ CaseB の方が改善効果は高く、空気量 4.5% の AdS-B は空気量 6.5% の AdS-A に近い耐凍害性を発揮している。

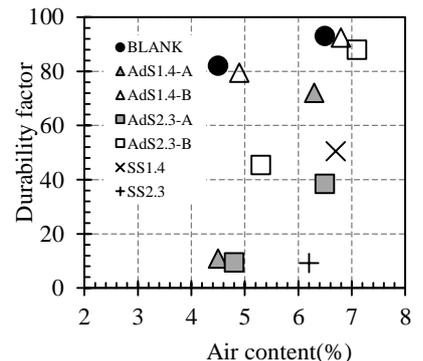


図1 空気量と耐久性指数の関係

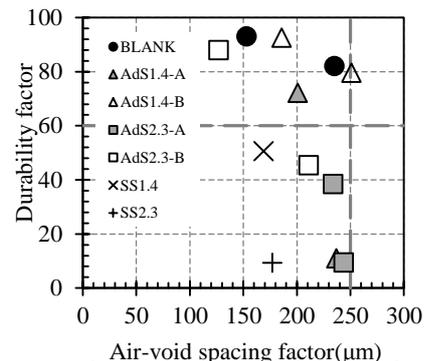


図2 気泡間隔係数と耐久性指数の関係

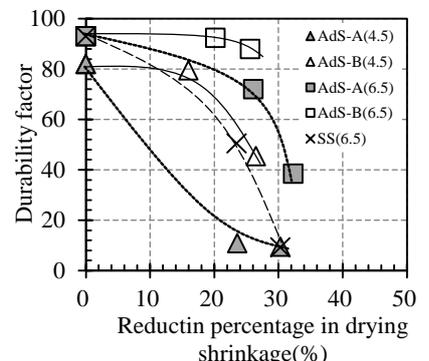


図3 収縮低減率と耐久性指数の関係

3. 凍結融解時の体積変形

凍結融解作用を受けたコンクリートは体積変形を生じる。飽水度の高い NonAE コンクリートの場合、水圧が緩和されないため 1 サイクル目から大きな膨張挙動を示す¹⁾。膨張による組織破壊のため融解時に残留ひずみを生じ、累積劣化を生じる。所定量のエントレインドエアが連行された AE コンクリートの場合は、高飽水度条件においても気泡が漏出境界の役目を果たし、凍結膨張は緩和される。SRA を混和した場合は、使用量に応じてキャピラリーが増加し、凍結水量が増加することにより、見掛け上 NonAE の場合と類似の挙動を示すと考えられている²⁾。図4にサイクル数と残留ひずみの関係を空気量別に示す。BLANK を含めたいずれの水準も空気量が高いほど残留ひずみは低減し、エントレインドエアが凍結膨張を緩和していることが確認された。また、SRA を添加した

キーワード 収縮低減剤, 耐凍害性, 相対動弾性係数, 残留ひずみ, エントレインドエア, 疎水性化合物
連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 33-1 (株)フローリック 技術本部 コンクリート研究所 TEL029-877-1945

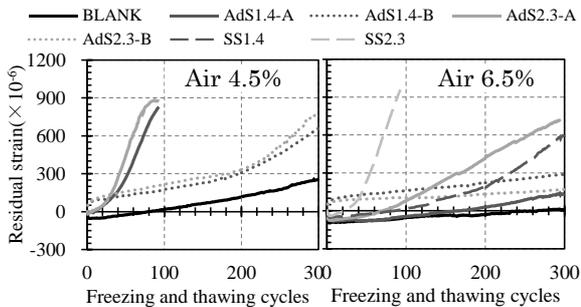


図4 サイクル数と残留ひずみの関係

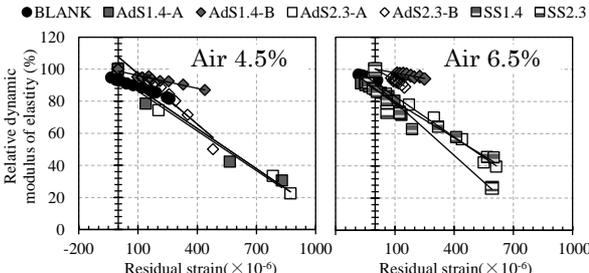


図5 残留ひずみと相対動弾性係数の関係

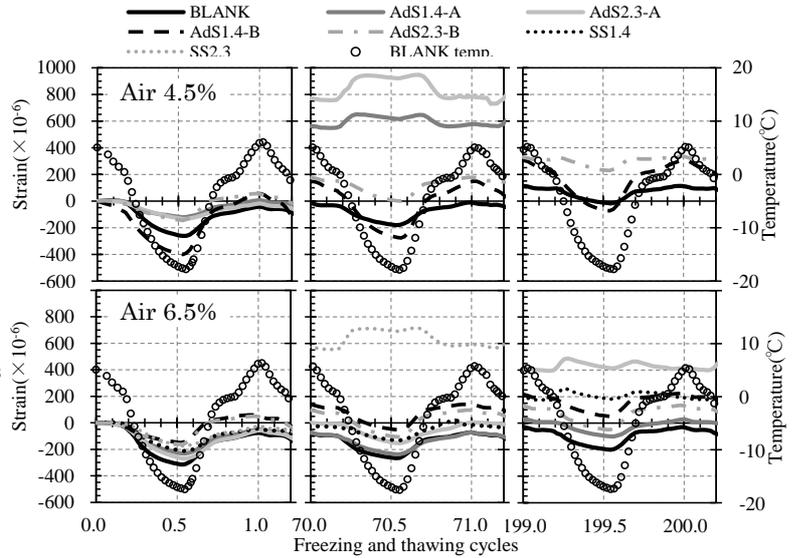


図6 各サイクル間のひずみ挙動

ものは、BLANK に対し、いずれも残留ひずみが増加する傾向にあり、SRA 添加率が高いほど顕著である。しかしながら、その挙動は SRA 種類により大きく異なり、AdS は同添加率の SS より緩慢な残留ひずみの累積挙動を示し、CaseB は CaseA に比べ残留ひずみの累積が明らかに低減されている。疎水性化合物の導入により耐凍害性が向上していることは明らか³⁾であるが、CaseB の方が疎水性化合物のサイズがより適正であったことのほか、空気量の測定を練上り 5 分後としたことにより、安定したエントレインドエアが確保されていたことも、残留ひずみの低減に寄与していると考えられる。収縮低減剤のような空気連行性に影響を及ぼす界面活性剤を使用する場合、空気量が安定した後に測定するのが望ましいと言える。図5に残留ひずみと相対動弾性係数の関係を空気量別に示す。一部を除き、両者の関係性は非常に高い相関性を示しており、膨張が凍害劣化の主因であることがわかる。本実験では、残留ひずみが約 400 μm を超過した場合に相対動弾性係数が 60%以下となっている。この関係性は、使用材料のプロパティと配(調)合条件により変化するものと考えられ、コンクリート自体の潜在的な耐凍害性を示していると考えられる。図6に各サイクル間のひずみ挙動を空気量別に示す。BLANK(6.5)は繰り返しサイクルを経ても残留ひずみは認められず、健全な耐凍害性を示す。70 サイクルでの空気量 4.5%の AdS-A および空気量 6.5%の SS2.3 は破壊の進行が著しい。一方、AdS-B は、いずれの空気量においても凍結膨張が低減され、疎水性化合物が氷晶成長を有効に遮断していると考えられる。また、いずれの水準においても、空気量が高い方が残留ひずみは小さく、空気泡が耐凍害性向上に寄与することが再確認された。

4. まとめ

SRA を混和した場合、エントレインドエアの増加のみでは凍結に伴う膨張破壊は抑制できないことを確認した。遮断性物質(疎水性化合物)を導入することで、耐凍害性は向上するものの使用材料や配(調)合条件によっては耐凍害性が不足することが判明した。コンクリート自身が有する潜在的な耐凍害性に応じて、遮断性物質の増量およびサイズ調整で耐凍害性は向上し、それでも耐凍害性が不足する場合はエントレインドエアの増量により収縮低減剤コンクリートの凍害劣化は抑制できると考えられる。

参考文献

- 1) Powers, T.C. : A Working Hypothesis for Further Studies of Concrete, Proc.ACI, vol.41, pp.245-272, 1945
- 2) 西祐宜, 中江理, 橋爪進, 名和豊春: 水溶性収縮低減剤が乾燥収縮および凍結融解に与える影響, コンクリート工学年次論文集 vol.31, No.1, pp.1099-1104, 2009
- 3) 西祐宜, 名和豊春: 凍結融解作用による劣化抵抗性を改善した疎水性化合物系乾燥収縮低減剤の諸特性, 日本建築学会構造系論文集, vol.79, No.696, pp.191-200, 2014