

平成25年度日本コンクリート工学会北海道支部優秀学生賞の受賞者の推薦

選考経過

平成25年度JCI北海道支部優秀学生賞として修士論文2編, 卒業論文2編の応募があった。平成26年2月7日に応募を締切り, 2月12日に審査方法の確認を行い, 2月21日に審査委員5名の審査結果の集約を行い, 2月24日に平成25年度JCI北海道支部優秀学生賞授賞審査委員会を開催(E-mailを利用)して, 以下の応募者を受賞者として推薦することに決定した。

審査方法

審査方法は, 例年と同様に次のとおりとした。

1. 提出された論文を評価する。
2. 評価項目は, JCI「コンクリート工学年次論文集」論文審査要領の採否の判定基準に準じる。即ち, ①「新規・独創性」, ②「発展性」, ③「有用性・実用性」, ④「完成度(卒論は理解度)」, ⑤「成果・現象解明」の5項目とする。
3. 評価点は, 各審査委員が5項目を3段階で評価(「評価せず:0点」, 「良い:1点」, 「大変良い:2点」)し, その合計点(審査委員1名10点, 審査委員5名で50点満点)とする。なお, 卒論, 修論は各レベルで評価する。
4. 審査委員全員による評価点が30点以上を選考対象とし, 対象者が3名を越える場合は, 評価点の上位3名を受賞者として選考する。

優秀学生賞受賞者の推薦

委員会にて慎重に審査の結果, 優秀学生賞として次の3人を推薦することに決定した。

1. 収縮低減剤を混和したモルタルの乾燥収縮・凍害劣化機構の解明
鳴海 玲子 (室蘭工業大学大学院修士課程修了) 推薦者 濱 幸雄
2. Interfacial tensile bond between substrate concrete and repairing mortar under freeze-thaw cycles
Qian Ye (北海道大学大学院修士課程修了) 推薦者 上田 多門
3. 凍害を受けるモルタルへの塩化物イオン浸透に関する二次元解析
谷口 智之 (北海道大学環境社会工学科卒業) 推薦者 横田 弘

決定理由

1. 収縮低減剤を混和したモルタルの乾燥収縮・凍害劣化機構の解明 (理由)

乾燥収縮によるひび割れはコンクリート構造物の耐久性低下に大きな影響を及ぼすことから, 乾燥収縮の低減策の一つとして収縮低減剤の利用が注目されている。収縮低減剤は, 収縮機構のひとつである毛細管張力説に基づき, 細孔溶液の表面張力の低下による乾燥収縮の抑制を期待して開発されたものであり, 収縮低減効果の有効性については認知されているが, 従来のアルコール系収縮低減剤を使用したセメント硬化体では凍結融解抵抗性が低下することが問題とされている。そこで, 凍結時における氷晶への自由水の移動を遮断して凍結水量を減少させることで凍結融解抵抗性の改善を図った鉱物油系収縮低減剤が開発された。しかし, 鉱物油系収縮低減剤を使用した場合には空気量が十分に確保されていても凍結融解抵抗性が低下することから, 細孔溶液の表面張力および細孔構造の変化が凍結温度, 凍結水率に影響を及ぼしている可能性が示唆されている。

また、セメント硬化体の凍結融解挙動には混和剤の粘性も密接に関係していることから、収縮低減剤の使用の有無による細孔溶液のアルカリイオン濃度の変化が収縮性状に影響を及ぼす可能性があるが、これらの関係については明確になってはいない。収縮低減剤を使用した場合、凍結時に水圧を緩和する気泡に水が浸入しやすくなることも指摘されているが、飽水度の変化について実験的な検討を行っている研究は多くはない。

このような背景から、本研究ではアルコール系および鉱物油系収縮低減剤を使用したモルタルの収縮性状、凍結融解抵抗性について、細孔径分布およびインクボトル細孔量、空気量を一定とした場合の気泡組織および凍結融解時の吸水性状といった空隙構造の観点から、また、精製水を混和剤に加えた混和剤溶液およびセメントペーストから圧搾により抽出した細孔溶液の表面張力、イオン濃度、温度および濃度変化による粘度といった混和剤溶液および細孔溶液の各種性状から検討を行っている。

本研究の結果、鉱物油系収縮低減剤を使用した場合には一般的な傾向とは異なり、直径 20-30nm の細孔量および入口直径 20-30nm のインクボトル細孔量が増加するほど収縮量が減少すること、これらの細孔量の増加により凍結融解抵抗性が低下することを指摘した。また、細孔溶液の表面張力および凍結温度、モルタルの凍結水率に差が認められなかったから、収縮低減剤の表面張力が収縮低減および凍結融解抵抗性低下に影響を及ぼしていないことを明らかにした。収縮低減剤の温度低下および凍結の進行に伴う濃縮による粘度の増加、凍結融解時の吸水性状が凍害劣化に影響を及ぼしている可能性を指摘した。さらに、収縮低減剤混和による C-S-H ゲルの変質、分離圧、浸透圧、不凍水圧の影響を考慮したモデルを提示している。

これらの成果は、収縮低減剤がモルタルの乾燥収縮および凍結融解抵抗性に及ぼす影響についての有益な知見である。以上の理由により、平成 25 年度 JCI 北海道支部優秀学生賞にふさわしいと判断した。

2. Interfacial tensile bond between substrate concrete and repairing mortar under freeze-thaw cycles

(理由)

補修補強工法として良く適用されているものの一つに増厚補強工法がある。これまで、断面修復や上面増厚など補修工法としては多くの適用事例があるが、積極的に補強するための工法としての適用は少ない。その大きな理由が合理的な増厚補強設計法の確立がなされていないことにある。増厚補強など補強材を外部接着する場合、補強材と既設部界面での剥離が支配的な破壊モードとなるので、剥離耐力に対する設計法の確立が急がれる。静的荷重下の剥離耐力の推定は概ね可能となっているが、環境作用や疲労作用下の場合は明らかになっていない。本研究は、環境作用として凍結融解作用を取り上げ、部材としての剥離耐力を支配する界面の引張付着強度に与える影響を、実験的に明らかにしている。目的を同じくする既往の研究は見られず、本研究は先駆的な研究と言え、その成果は高い新規性を持つ。また、以下に示すように実務での剥離耐力の推定に有用な成果が示されている。

界面の付着特性は、界面と構成する 3 つの層、補強材（本研究ではモルタル）の表層、既設部コンクリートの表層、それらの界面層の特性に支配されることを明らかにしている。界面層の特性は、モルタルの特性とより密接な関係があるが、モルタル表層よりその強度は小さい。したがって、界面層とコンクリート表層との間の小さい方の強度が、付着強度となる。前者または後者が弱い場合、界面剥離破壊（Adhesion failure）またはコンクリート表層部の凝集破壊（Cohesion failure）となる。このことより、モルタルあるいはコンクリートが凍結融解作用下に、その引張強度などの特性が劣化すると、界面層およびコンクリート表層の強度が小さくなり、付着界面強度が小さくなることが示される。ポルトランドセメントモルタルとコンクリートの場合、AE 剤の添加や水セメント比を小さくすることにより、凍結融解作用下の抵抗性が高まることから、界面層とコンクリート表層の付着強度もその低下が抑制される。しかしなが

ら、ポリマーセメントモルタル (PCM) の場合、PCM 自体は、凍結融解作用下での特性の劣化は小さいのであるが、PCM の表面では主として水分の影響によりポリマー材料としての接着特性が低下し、界面層の付着強度が低下すると説明している。この点は、ポルトランドセメントモルタルの場合との大きな差異である。

以上のように、ポルトランドセメントモルタルと PCM を増厚材に用いた場合の既設部コンクリートとの付着界面の凍結融解作用下の特性であるその引張付着強度と破壊モードとをどのように予測するかを明らかにしている。また、ポルトランドセメントモルタルと PCM との場合、それぞれの材料自体の凍害抵抗性と付着界面特性との関係が異なり、PCM の場合は、凍害抵抗性を向上させるために、付着界面への水分の浸透を抑えることが重要であることを提示している。以上の理由により、平成 25 年度 JCI 北海道支部優秀学生賞にふさわしいと判断した。

3. 凍害を受けるモルタルへの塩化物イオン浸透に関する二次元解析 (理由)

北海道のような積雪寒冷地の実環境下ではコンクリート中への塩化物イオンの浸透面は一面とは限らず、橋台座面のように塩化物イオンが二次元的に浸透し、かつ、浸透方向によって浸透状況が異なる構造物が多く存在する点に本研究は着目している。構造物上面には塩化物イオンを含む融雪水が滞留し、コンクリート表面における結氷条件が凍害と塩害の進行に影響を及ぼすにも拘わらず、上記のような二次元の塩化物イオン浸透およびコンクリート表面における結氷を考慮した研究事例は数少ない点に研究の着想を得ている。凍害によるコンクリートの劣化が塩化物イオンの拡散係数に影響を与えることも知られており、寒冷地におけるコンクリート構造物の適切な維持管理のためには、これらの影響をふまえた精度の高い劣化予測が必要であるとし、凍結融解作用下での塩分浸透性状に関する知見を得ることを目的としている。

本研究では、凍結融解作用を受けるモルタルへの塩化物イオンの二次元的な浸透性状について、塩化物イオンの浸透および融雪水の結氷条件をこれまでにない独創的な実験的手法で再現するとともに、EPMA による高度な分析手法により実験的に把握している。特に、作用水中の塩化物イオンの供給条件について、供給濃度および結氷条件を変化させ、塩化物イオンの浸透性状に与える各要因の影響を検討している点において、凍結防止剤散布さらには融雪水の影響を様々な状況下で評価するための実験水準を適切に設定して検討している。さらに、実験から得られた塩化物イオンの濃度分布から、見かけの拡散係数と表面塩化物イオン濃度を二次元的に算出することで、凍害環境下におけるモルタルへの塩化物イオン浸透に関する二次元解析手法を構築している。

以上の結果、本研究で得られた知見は既報の塩化物イオンの浸透を伴う凍害劣化の進行に関する情報を改めて評価できており、高い妥当性の下に成果を示している。本研究に基づくさらなる研究の遂行により、今後のコンクリートの凍害および塩害の複合劣化進行予測に対し、学術的な発展が期待できるものであり、非常に優れた研究であると言える。以上の理由により、平成 25 年度 JCI 北海道支部優秀学生賞にふさわしいと判断した。

JCI 北海道支部優秀学生賞授賞審査委員会

委員長	溝口 光男	室蘭工業大学大学院
委員	三森 敏司	釧路工業高等専門学校
〃	井上 真澄	北見工業大学
〃	越川 武晃	北海道大学大学院
〃	橋本 勝文	北海道大学大学院