

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 11 日現在

機関番号：51101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560469

研究課題名（和文） 凍害と塩害の複合劣化に抵抗できる高耐久コンクリート製品の開発

研究課題名（英文） Development of highly durable concrete products to resist frost and salt damage

研究代表者

菅原 隆 (SUGAWARA TAKASHI)

八戸工業高等専門学校・建設環境工学科・教授

研究者番号：10042152

研究成果の概要（和文）：冬季の温度差が激しい北海道や東北地方では、コンクリートの耐久性に影響を及ぼす特有の劣化として、表面剥離や崩壊といった被害が現在も問題となっている。特に道路に付帯されているコンクリート製品は、凍結融解の繰り返しによる凍害劣化に加え、凍結防止剤の大量散布により塩害が複合的に作用して凍害劣化を著しく促進させている。本研究では、透水型枠工法を用いて歩車道境界ブロック等を作製し、表層強度試験、凍結融解試験、スケーリング試験を行い、力学的性状と凍結融解抵抗性について検討した。その結果、透水型枠工法により表層部の水セメント比が低下し、緻密化することで力学的性状及び凍結融解抵抗性が改善された。以上のことより、高耐久性を有するコンクリート製品の製造に透水型枠工法は有効であることがいえる。特に、スケーリング試験の結果より寒冷地における凍害と塩害の複合劣化に対する抵抗性が大きく向上し、長期間に亘ってコンクリート製品としての機能を維持することのできる、高耐久コンクリート製品の製造が可能であることが分かった。

研究成果の概要（英文）：Highly durable concrete can use for a long time, and have deterioration resistance. In recently year, durable concrete products which have deterioration resistance have been produced to make water less and dense concrete by progress of air entraining agents. Although, in such cold district as Tohoku, them suffer much damage such as scaling and collapse. Especially, a side ditch cover which has installed a load suffers complex deterioration by freeze-thaw repetition and salt damage by a lot of deicing salt. In this study, produced a ditch cover by using permeable form method, and performed surface layer strength test, freeze-thaw test and scaling test. The permeable form method drains excess water and air bubbles at concrete, and makes the concrete surface dense. The result of those test, increased the surface layer strength, frost damage resistance and scaling resistance. Therefore, permeable form method is effective to produce the highly durable concrete and can use for a long time.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：コンクリート

1. 研究開始当初の背景

積雪寒冷地におけるコンクリートは苛酷条件下にあると言える。コンクリート製品や構造物は凍結融解作用の繰り返しと NaCl を主とする凍結防止剤の散布によって、スケーリングや崩壊している箇所も多く見かける。積雪寒冷地ではこれらの被害を防止する高耐久性能を持つコンクリート製品の開発が急務となっている状況にある。

コンクリート製品や構造物は要求される耐久性能を満たしているものであっても、コンクリートの表層部は外的劣化要因を直接に受けるため構造体全体から見れば劣化しやすい部分となる。このようなコンクリート表層部に着目し、土木学会では「構造物表面のコンクリート品質と耐久性検証システム研究小委員会（335委員会）」を立ち上げ、2008年4月に成果報告書をまとめている。

また、日本コンクリート工学協会でもコンクリートの凍害を主体とした研究委員会を組織し、凍害環境評価・耐凍害性能評価・耐凍害性試験法などについて2008年8月に研究報告会を行っている。国外では欧州を中心とした RILEM で委員会を立ち上げ、構造物の耐久性能を表す指標として Durability Indicators (DIs)の手法が取り入れられている。

2. 研究の目的

コンクリートの表層は構造物の中で、施工・養生・環境条件などの影響を受けて性能が変化する可能性のある領域としている。しかし、寒冷環境下におけるコンクリートは凍害や塩害の影響により表面から 10mm 以内の

極表層部で表面剥離等の被害を生じている。このような表面から 3, 5, 7, 10mm 程度の箇所はスケーリングなどの損傷を受けやすく、この極表層部分を強化することによって耐久性の向上を図れる点に着目した研究が行われている。

ここでは透水シートと試作透水型枠を組み合わせてコンクリート表層部を強化する方法により、表層部の強度や反発硬度の増加、美観の向上を目指し、凍結融解抵抗性やスケーリング抵抗性を高めた、凍害と塩害の複合劣化に対して強い抵抗性を持つコンクリート製品の開発について研究を進めていくものである。

3. 研究の方法

本研究では、透水型枠工法を用いて歩車道境界ブロック、L型側溝、側溝蓋を作製し、表層強度試験、凍結融解試験、引き抜いたコアによる圧縮強度試験、スケーリング試験を行い、力学的性状と凍結融解抵抗性について検討したものであり、試験方法等についてはいずれも JIS や ASTM の試験方法に準じて行ったものである。

4. 研究成果

(1) 透水型枠工法によるコンクリートの表層部について

歩車道ブロックやL型側溝等のコンクリート製品を対象として、透水型枠工法で作製したコンクリートについて、埋め込み鋼片を引抜く方法で表層強度を測定した。またこれらのコンクリート製品について凍結融解試験を行い、凍害を受けたコンクリートの表層強

度の変化について検討した。これらの結果についてまとめると、以下ようになる

- 1) コンクリートの表面性状に関する実験では、骨材最大寸法の違いにより表層強度は変化すること、コンクリート表層部を緻密化する事により表層強度が高まること、質量変化、相対動弾性係数などの測定結果からは凍結融解に対する抵抗性が高まること等を明らかにした。
- 2) 表面剥離に関するスケーリング試験では、切断した試験面について3%のNaCl溶液に浸漬し、その抵抗性について明らかにした。透水型砕工法によって作製した製品はスケーリング量も少なく良好な表面を保つことが分かった。
- 3) ひずみゲージによる凍結融解作用時の表面と内部のひずみ状況については透水型砕工法によって緻密化したものは従来のものに比較しひずみ量が小さい事を確認した。

(2) 塩化物浸入による歩車道ブロックのスケーリング抵抗性

ASTM の試験方法に準拠した1日1サイクルでの塩化物(3%のNaCl溶液)の存在下における凍結融解試験を行い、表面剥離量を測定し、凍害と塩害の複合劣化に対する耐久性についての検討を行った。それらの結果についてまとめると以下ようになる。

- 1) 透水型砕工法によって作製した歩車道ブロックをカットし、上部断面と側面を対象としてスケーリング抵抗性の試験を行ったが、透水性シートを用いたブロックの上面・側面ともにスケーリング量が大きく減少し、抵抗性は格段に向上することがわかった。
- 2) スケーリング抵抗性の向上は打設時における底面(歩車道ブロックの上面)の

方が大きい。

- 3) 側面では振動締め方法等の条件によってスケーリング抵抗性の向上は異なる傾向を示す。
- 4) リニアトラバース法によって空気泡を測定した結果、振動締め条件によって空気量の分布に違いが見られたことから、振動締め方法がブリーディング水や空気泡の挙動におよぼす影響について検討する必要があると言える。

以上のように、コンクリート製品を対象にし、透水型砕工法で造られたコンクリート製品の表層部は緻密化して強度が増加するだけでなく、凍害と塩害の複合劣化に対して高い抵抗性を示す事を明らかにした。

(3) 凍害と塩害の複合劣化を受けたコンクリートL型側溝・道路蓋製品のスケーリング抵抗性

ASTM の試験方法に準拠しスケーリング試験を行い、前述の(2)と同じように凍害と塩害の複合劣化に対する耐久性についての検討を行った結果についてまとめると、以下のようにになる。

- 1) L型側溝・道路側溝蓋のコンクリート製品を用いて凍結融解試験を行った結果、表層強度、質量変化、相対動弾性係数などの実験結果から、コンクリート表層部を緻密化する事により凍結融解に対する抵抗性の高まることを明らかにした。
- 2) 表面剥離に関するスケーリング試験(CDF法)では、切断した試験面について3%のNaCl溶液に浸漬し、その抵抗性について明らかにした。透水型砕工法によって作製した製品はスケーリング量も少なく良好な表面を保つことが分かった。
- 3) ひずみゲージによる凍結融解作用時の

表面と内部のひずみ状況については透水型砕工法によって緻密化したものは従来のものに比較しひずみ量が小さい事を確認した。

(4)まとめ

苛酷な寒冷環境下にあるコンクリート工場製品の歩車道ブロック・L型側溝・道路側溝蓋を対象として、凍害と塩害の複合劣化に抵抗できる高耐久コンクリート製品について検討するため、研究計画書に基づいて各種実験・研究を行った主な結果をまとめると、次のようなことが言える。

- 1) 凍結融解作用を受けた表層強度は、透水性シートを使用することで表層強度の低下を抑制し、凍結融解抵抗性が向上した。
- 2) 凍結融解試験による相対動弾性係数および質量減少率は、透水性シートの有無にかかわらずほぼ変化が見られなかった。これは AE 剤の空気連行効果により、凍結融解に対する抵抗性が向上したといえる。
- 3) コア引き抜きによる圧縮強度は、透水性シートを使用することで、圧縮強度が増加した。また、凍結融解作用前後の圧縮強度を比較したとき、透水性シートの有無にかかわらず劣化が確認されなかったことから、凍結融解に影響はコンクリート表面に作用しており、劣化は内部まで進行していないといえる。
- 4) スケーリング試験の結果、透水型砕工法とすることで余剰水と気泡が排出されて水密性が向上し、外部からの水分や塩化物の侵入が抑制され、スケーリング抵抗性が改善された。
- 5) 歩車道ブロックや L 型側溝、道路蓋のコンクリート製品について、透水型砕工法により表層部を緻密化する事ができ、凍害と塩害の複合劣化に抵抗できる高耐

久なコンクリート製品を作製できることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- (1) EXPERIMENTAL STUDY ON THE FROST RESISTANCE OF CONCRETE PRODUCT, Takashi SUGAWARA, Yoichi TSUKINAGA and Sanghun LEE, Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.1, pp.291-296, 2011.2
- (2) 環境調和型コンクリートの凍結融解抵抗性に関する一実験、菅原 隆・西村良雄・河守田 昇、八戸工業高等専門学校紀要 第 46 号、pp.61-64、2011.12
- (3) コンクリート表層部の強度性状と凍結融解抵抗性に関する研究、菅原 隆・権代由範・迫井裕樹・阿波 稔・月永洋一、土木学会 構造物表層のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会 (JSCE335 委員会) 第二期 シンポジウム講演概要集、pp.627-636、2012.7
- (4) コンクリート表層部の強度性状に及ぼす骨材寸法の影響、菅原 隆、八戸工業高等専門学校紀要、第 47 号、pp.55-58、2012.12

[学会発表] (計 3 件)

- (1) コンクリート製品表層部の力学性状に関する実験、葛西 晃、窪田俊二、菅原 隆、土木学会東北支部技術研究発表会 V-10(CD-ROM)、2011 年 3 月
- (2) 湿潤養生マット使用によるコンクリート表層部の品質改善に関する研究、角湧太、菅原 隆、月永洋一、土木学会東北支部技術研究発表会 V-41 (CD-ROM)、2011 年 3 月
- (3) コンクリート製品の表層強度および凍結融解抵抗性に関する実験、佐藤良美、葛西晃、菅原 隆、土木学会東北支部技術

研究発表会 V-18(CD-ROM)、2012年3月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅原 隆 (SUGAWARA TAKASHI)
八戸工業高等専門学校・建設環境工学科・
教授
研究者番号：10042152

(2) 研究分担者 なし
 ()

研究者番号：

(3) 連携研究者 なし
 ()

研究者番号：