

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年6月19日現在

機関番号：51101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06174

研究課題名（和文）透水型枠工法による寒冷地コンクリート構造物の長期耐久性の向上

研究課題名（英文）Study of the durability improvement of the cold northern district concrete structures using permeable form method

研究代表者

菅原 隆（SUGAWARA, Takashi）

八戸工業高等専門学校・その他部局等・その他

研究者番号：10042152

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：積雪寒冷地におけるコンクリートは苛酷な環境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複合作用の劣化に抵抗できる高耐久性能を持つコンクリートの開発が急務となっている。

本研究では、道路付帯の歩車道ブロックを研究の対象として取り上げ、従来工法と透水型枠工法による表層部の強度、凍結融解抵抗性、スケーリング抵抗性について2種類の透水シートを用いた透水型枠工法により表層部を緻密化させ、凍害と塩害の複合作用を受けた劣化抵抗性について明らかにしたものである。

研究成果の概要（英文）：In cold northern district such as Tohoku and Hokkaido, deterioration injuries of surface peeling occur by freeze-thaw action due to severe temperature changes in the winter and salt damage from dispersion of snow melting agent, and these have caused the great impact on the strength and appearance of concrete structures. Because of these deteriorations proceeding from the surface to the inside, invasion of external deterioration factor such as frost and salt damage can be prevented by improving strength and durability of the concrete surface layer part. In this study, it was observed how the quality of the concrete was improved through the production of non-sheet, FS-sheet and BS-sheet. This research included the freeze-thaw test, the surface pull-out test, scaling test. The results indicate scaling resistance was significantly improved by using the permeable form method. Thus, permeable form method is essential in order to produce a durable concrete structures.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：コンクリートの表層強度 透水シート 透水型枠工法 凍害 塩害 凍結融解試験 スケーリング抵抗性

1. 研究開始当初の背景

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月および2012年7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、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。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し得る可能性が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剥離等の被害を生じている。著者はコンクリート表層部に関する研究を継続してきており、材料・配合・養生・施工面等からの研究成果を公表してきている。これらの研究実績を踏まえ、透水型砕工法により複合劣化に対して高い抵抗性を持つコンクリートを開発する事が研究の背景にある。

2. 研究の目的

積雪寒冷地におけるコンクリートは苛酷な環境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複合劣化に抵抗できる高耐久性能を持つコンクリートの開発が急務となっている。

本研究では、透水シートと試作透水型砕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、表層部の美観や耐久性能の向上を目指し、凍結融解抵抗性やスケーリング抵抗性を高めた、凍害と塩害の複合作用に対して高い抵抗性を持つコンクリートの開発について研究を進めていく事を目的とする。

3. 研究の方法

寒冷地などの苛酷環境下にあるコンクリートは凍結融解作用と凍結防止剤の影響を受けやすく、凍害や塩害による被害を生じや

すい。

本研究では、道路付帯の歩車道ブロックを研究の対象として取り上げ、従来工法と透水型砕工法による表層部の強度、スケーリング抵抗性、凍結融解抵抗性の比較を行う。透水型砕工法により表層部を緻密化させる方法として、2種類のシートを用いる他、一部透水型砕にウレタン系の隙間テープを張り付けた工法についても検討し、凍害と塩害の複合作用を受けた劣化抵抗性について明らかにする。

透水型砕工法の型砕は準備されており、基礎的な実験結果はいくつかの学術論文に発表している。これらの研究実績を踏まえ、コンクリートの耐久性向上に役立てるものである。

4. 研究成果

(1) 表層強度試験

図-1に示すように、5mm深さにおける表層強度は、蒸気養生後に材齢7日まで気中養生した時にはシート未使用に比べ、FSシートで1.22倍、OB(BSと同じ、以下同じ略)シートで1.34倍に増加した。材齢14日まで水中養生したものは、シート未使用に比べFSシートで1.05倍、OBシートで1.12倍養生の増加が見られた。工場製品と同等にするため水セメント比が41%と小さく、材齢28日における圧縮強度は44N/mm²程度であり、透水型砕工法による表層強度の大幅な向上はないものの、従来工法に比べコンクリート表層部の強度が向上した結果となった。

材齢14日の破壊片について見ると未使用は骨材との付着が不良で抜けている様な状況に対しOBシート使用の場合はマトリックスが緻密化しており、図-2に示すように一部骨材の破壊も見られた。

(2) 凍結融解試験

図-3に示すように歩車道ブロックを4分割に切断して、質量減少率と相対動弾性係数について凍結融解300サイクルまで測定したが殆んど変化は無く、供試体の耐久性は良好であることが分かった。

(3) スケーリング試験

CDF法(毛管浸透法)に準拠し、冷凍庫(-20~-30)と養生室(20一定)を使用したスケーリング試験結果を図-4に示す。50サイクル時点におけるスケーリング量はシート未使用が0.001216g/mm²であり、FSシート使用時では0.000499g/mm²、OBシート使用時では0.000300g/mm²であった。シート未使用

時と比較すると FS シートは約 58.9%、OB シートは約 75.3%それぞれ少ないことがわかる。この事より、FS シート及び OB シートを使用することによりスケーリング抵抗性は大きく改善されたことがわかる。図-5 のスケーリング 50 サイクル時の試験面を見ると、透水性シート未使用の供試体は激しくスケーリングしているが、透水性シート OB を使用した供試体は目視ではほとんどスケーリングを確認することはできず、表面の美観が保たれていることがわかる。FS シートのスケーリング量も小さく抑えられていることが分かった。

【主な研究成果のまとめ】

透水性シートを用いた透水型枠工法により歩車道ブロックの表層強度やスケーリング抵抗性について実験的に検討した結果、次のような知見を得ることができた。

- (1)透水型枠工法により施工した表層部の強度は通常施工に比べ 1.1~1.3 倍程度の向上が見られた。
- (2)歩車道ブロックを 4 分割に切断して行った凍結融解試験において、質量減少と相対動弾性係数に大きな変化は見られなかった。
- (3)透水型枠工法を適用した供試体のスケーリング抵抗性は高く、寒冷地コンクリート構造物の長期耐久性には向上効果のあることが分かった。

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 6 件)

庭瀬一仁・馬渡大壮・菅原 隆・枝松良展*、LPC-FA 系コンクリートの材齢による状態変化と耐凍害性、第 44 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集, pp.35-40, H 29, (2017.10.20)、札幌・大分(大分大学)、査読無

Hiroaki Mawatari, Kazuhito Niwase, Takashi Sugawara and Yoshinobu Edamatsu*, CHANGES OF FROST DAMAGE RESISTANCE AND AIR VOIDS STRUCTURE OF LPC-FA CONCRETE ACCORDING TO CURING PERIODS, 42nd Conference on Our World in Concrete & Structures pp.281-288, 24-25 August 2017, Singapore, a peer-reviewed paper

Yusuke Aoki*, Takashi Sugawara and Tomoki Yokoo*, METHOD FOR MEASURING THE PENETRATION DEPTH OF CHLORIDE IONS INTO HARDENED CONCRETE USING IRON POWDER, 42nd Conference on Our World in Concrete & Structures pp.135-141, 24-25 August 2017, Singapore, a peer-reviewed paper

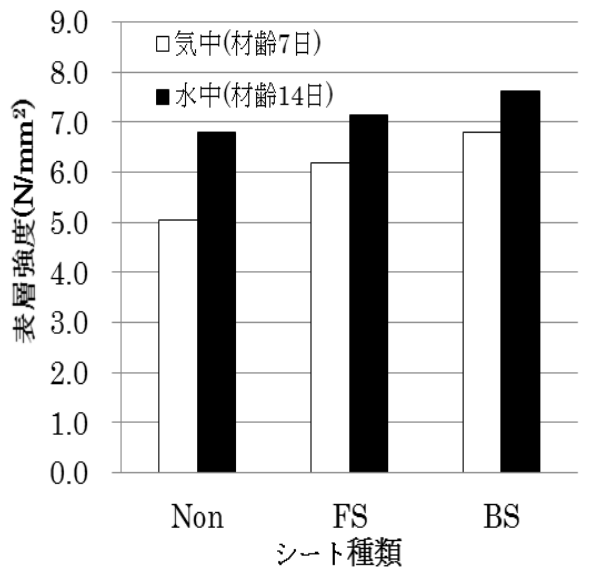
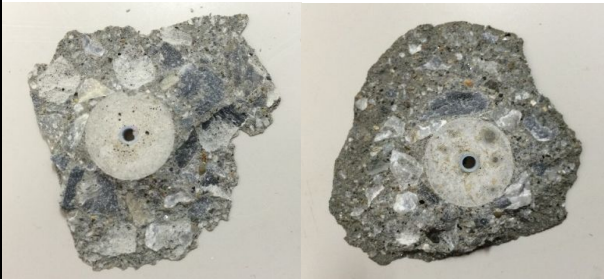


図-1 引抜き試験による表層強度



左：透水シート未使用 右：OB シート使用

図-2 引抜き破壊片の形状



図-3 10×8.5～7.5×40cm に切断した供試体での ASTM-B 法の凍結融解試験

庭瀬一仁・菅原隆・月永洋一・武藤拓也*、透水型枠工法による寒冷地コンクリートのスケーリング抵抗性について、セメント協会、Cement Science and Concrete Technology, Vol.70、セメント・コンクリート論文集、

pp.384-389、H29.3 (2017.3) 査読有

菅原 隆・庭瀬一仁・青木優介*、歩車道ブロック製品のスケーリング抵抗性に関する実験、第 43 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集、pp.63-66、H28 (2016.10.28)、札幌サルト広島(広島大)、査読無

菅原 隆、透水型砕工法を適用したコンクリート表層部の変化性状に関する考察、八戸高専紀要、第 51 号、pp.151-154、平成 29 年 2 月、(2016.2)、査読有

〔学会発表〕(計 4 件)

小原怜・田中亚美・庭瀬一仁・菅原隆、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュを使用したコンクリートの表層強度評価、E-15 平成 29 年度 土木学会北海道支部論文報告集 第 74 号 H30.1.27 (2018.1.27) 北海道大学、査読無

田中亚美・小原怜・庭瀬一仁・菅原隆、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュを使用したコンクリートのスケーリング抵抗性について、E-25 平成 29 年度 土木学会北海道支部 論文報告集 第 74 号、H30.1.27 (2018.1.27) 北海道大学、査読無

大久保湧生・庭瀬一仁・菅原 隆、透水型砕工法による寒冷地コンクリートのスケーリング抵抗性に関する実験、土木学会東北支部技術発表会(平成 28 年度)、VI-30、(2017.3) 査読無

庭瀬一仁・菅原隆・月永洋一*・武藤拓也* 透水型砕工法による寒冷地コンクリートのスケーリング抵抗性について、第 70 回セメント技術大会講演要旨 2016、pp.278-279、H28.5 (2016.5) 東京都池袋ホテルメトロポリタン、査読無

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

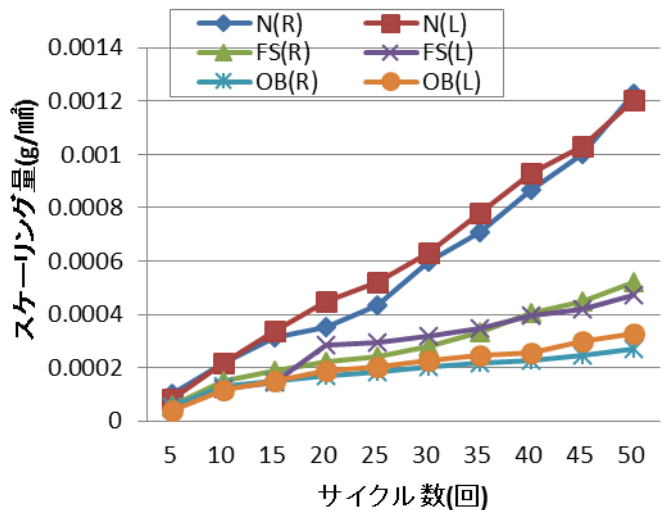


図 4 スケーリング量とサイクル数との関係



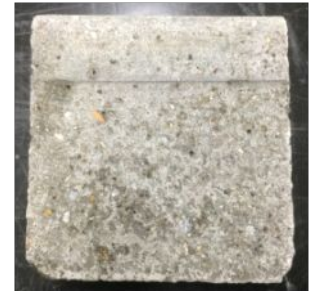
シート未使用 0 サイクル



シート未使用 50 サイクル



FSシート 0 サイクル



FSシート 50 サイクル



OBシート 0 サイクル



OBシート 50 サイクル

図-5 スケーリング試験結果

〔その他〕
ホームページ等

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・その他部局等・
その他

研究者番号：10042152

(2)研究分担者 無し

(3)連携研究者 無し

(4)研究協力者 無し