室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの凍害との複合劣化に関する研究

メタデータ	言語: English
	出版者:
	公開日: 2023-06-07
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 丁, 振朝
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://doi.org/10.15118/00010891

氏　　名	DING ZHENZHAO(ﾃﾞｨﾝ ﾁｪﾝﾁｬｵ)
学位論文題目	Study on combined degradation on frost damage of concrete containing fly ash and blast furnace slag （フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの凍害との複合劣化に関する研究）
論文審査委員	主査　教　授　濱　　幸雄 教　授　溝口　光男 准教授　髙瀬　裕也

論文内容の要旨

一般的に、構造物に生じている劣化原因を一つに特定できない、すなわち複合劣化と呼ばれる劣化現象が多くみられるようになっている。この場合では各劣化現象の相互作用によって、発生した劣化形態が複雑で、単一の劣化モデルを足し合わせてその複雑劣化評価を行うことができない。一方、環境負荷低減の観点からセメント生産時に発生する CO_2 の削減や産業副産物の有効利用が求められ、セメント由来の CO_2 を削減することができる高炉（BFS）セメントおよびフライアッシュ（FA）セメントの研究が進められてきた。

この背景として、寒冷地において、凍害が特色で、BFS や FA を用いたコンクリートの凍害の複合劣化に対する関心が高まりつつあり、検討する必要がある。凍害と塩害の複合劣化については多くの既往研究があるが、中性化と凍害やアルカリ骨材反応（ASR）と凍害の複合劣化に関する報告は少ない。ここで、本研究では、BFS や FA を用いたコンクリートの性化と凍害や凍害と ASR の複合劣化の劣化機構を把握していく。

1.　NonAE では、中性化により、OPC と低置換率の BFS コンクリートの耐凍害性が低下しているが、高置換率の BFS 簿耐凍害性が向上している。BFS の添加により、Non-AE コンクリートで、中性化後の耐凍害性は低下しているが、AE コンクリートで、中性化後の耐凍害性は低下していない。

2.　FA コンクリートについて、中性化による耐凍害性が変化していない。吸水率に比べ、コンクリートの耐凍害性やスケーリングが細孔構造とのの関係は認められる。FA の添加により、Non-AE コンクリートで、中性化後の耐凍害性は低下しているが、AE コンクリートで、中性化後の耐凍害性は低下していない。

3. OPC コンクリートでは、先行の ASR により、凍害を促進したが、先行の凍害により、ASR による膨張を促進抑制された。BFS や FA コンクリートで、凍害に関わらず、ASR の膨張を大幅に減らされた。BFS や FA の混入により、ASR を抑制することで、ひび割れの発生も少なく、ASR 後の耐凍害性を向上したことが確認できた。

実環境下で、JIS 規格により、AE コンクリートの使用は普通としている。CO_2 の削減する

ために、環境負荷低減リサイクル材とするBFSやFAの推進するとともに、コンクリートの長期強度など改善されられる。一方、BFSやFAの使用は塩害や中性化したコンクリートの耐凍害性を変化していなくて、さらにASRを受けたコンクリートの耐凍害性を向上できる。複合劣化の観点から、建築分野で、BFSやFAの使用を広く普及することを提案した。

ABSTRACT

For concrete structures in cold regions, the frost damage often occurs in the winter construction of concrete, which seriously threatens the performance and structural safety of concrete. The other concrete deteriorations such as salt damage, carbonation, and alkali-silica reaction (ASR) are also related closely to the durability of concrete. So far, the single deterioration mechanism is mainly studied in almost previous studies and the results have been accumulated substantially. However, for the actual concrete structures, it is not possible to suffer a single deterioration only. On the hand, in recent years, in the trend of CO_2 emission reduction, blast furnace slag (BFS) and fly ash (FA) are used more widely to reduce the cement consumption in the field of building materials.

Therefore, this study will investigate the combined deterioration between carbonation and frost damage, and ASR and frost damage of concrete containing BFS and FA, the effect on the combined deterioration would be also made clear.

1. For Non-AE BFS concrete, carbonation can reduce the frost resistance of OPC concrete and BFS concrete with a low replacement ratio but can improve the frost resistance of BFS concrete with a high replacement ratio. For AE BFS concrete, the frost and scaling resistance of all concrete is kept at a high level. The additive of BFS can reduce the frost resistance of Non-AE concrete subjected to carbonation, and has no effect on frost resistance of AE concrete.

2. For FA concrete, carbonation has little effect on the frost resistance of concrete. Besides, the frost and scaling resistance are far more reliant on the changes in pore structure than they are on the water absorption. Due to additive of FA, the frost and scaling resistance of AE concrete subjected to carbonation is kept at a high level; while, for Non-AE concrete subjected to carbonation, the frost and scaling resistance tends to decrease.

3. for OPC concrete, expansion due to ASR could be restrained when subjected to freeze-thaw, and frost resistance is reduced when subjected to ASR. For BFS and FA concrete, expansion due to ASR could be restrained regardless of being subjected to frost damage. The additive of BFS and FA can improve the frost resistance of concrete subjected to ASR.

In real environment, AE concrete is used wildly for concrete construction. Therefore, in the study, it can be obtained that the use of BFS and FA don’t reduce of frost resistance of concrete subjected to salt damage and carbonation and increase the frost resistance of concrete subjected to ASR. Overall evaluation, the use of BFS and FA are beneficial to the safety of concrete.

論文審査結果の要旨

セメントはその製造過程で多量の CO_2 を排出することから、産業副産物であるフライアッシュ（FA）や高炉スラグ微粉末（BFS）をコンクリート用混和材料として有効使用することで、セメント由来の CO_2 排出を削減する環境負荷低減型コンクリートが注目されている。一方、この種のコンクリートは中性化抵抗性に劣ることもよく知られており、鋼材腐食のリスクから汎用化するまでには至っていないが、近年ではコンクリートの中性化による CO_2 固定化能を積極的に評価し、脱炭素化を志向した技術開発も行われている。しかしながら、従来のコンクリートの耐久性に関する研究では、中性化、凍害、ASR、塩害などの単一の劣化現象に関する検討がほとんどであり、複合劣化について体系的な知見が乏しいのが現状である。そこで本研究では、FA および BFS を用いた環境負荷低減型コンクリートの凍害劣化に対する中性化及び ASR との複合劣化の影響を明らかにすることを目的としている。

BFS コンクリートでは、nonAE の条件で、BFS 置換率が低い場合には中性化により耐凍害性が低下するものの、BFS 置換率が 65%と高い場合に中性化後の耐凍害性向上とスケーリング量の低減が認められた。なお、AE の条件では中性化前後で耐凍害性の変化は認められなかった。この理由について、中性化による細孔構造変化に起因した吸水性状と透水性状の変化で説明している。一方、FA コンクリートでは、AE の条件では BFS と同様に中性化による耐凍害性の変化は認められなかったものの、nonAE の条件では FA 置換率が高くなるほど中性化後の耐凍害性が低下する傾向を示した。その理由について、直径 75nm 以上の細孔量の増加で説明している。さらに、ASR と凍害との複合劣化については、FA や BFS が ASR 抑制効果を有するため ASR が耐凍害性に悪影響を及ぼさないことを明らかにし、FA および BFS を用いた AE コンクリートは CO2 削減と CO2 固定化による低炭素化と耐久性確保を両立できる可能性を示した。

以上の成果は、産業副産物である FA および BFS の有効利用による脱炭素コンクリートの実用化に大いに貢献するものである。よって、著者は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認められる。