



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



高炉スラグ微粉末を用いたセメント系材料の強度改善および寒冷地での耐久性に関する研究

メタデータ	言語: eng 出版者: 公開日: 2018-05-24 キーワード (Ja): キーワード (En): blast furnace slag (BFS), High early strength Portland Cement (HPC), XRD/Rietveld, TG-DTA, pore structure, C-S-H type high early strength agent, limestone powder (LSP), gypsum (CS), combine deterioration, freeze-thaw resistance, carbonation resistance, maturity, compressive strength 作成者: 金, 準鎬 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/00009625

氏 名 金 準鎬 (キム ジュンホ)

学 位 論 文 題 目 Study on Strength Improvement and Durability in
Cold Regions of Cementitious Composite using Blast
Furnace Slag
(高炉スラグ微粉末を用いたセメント系材料の強度改善および
寒冷地での耐久性に関する研究)

論 文 審 査 委 員 主査 教授 濱 幸雄
教授 溝口 光男
准教授 菅田 紀之

論文内容の要旨

高炉スラグ微粉末 (BFS) は、二酸化炭素の排出を削減するためにセメントやコンクリートに混合し使用する鉱物質混和材として広く使用されている。BFS を混合したセメントの使用量を高めるために、高炉スラグの欠点である初期強度低下の改善と凍結融解被害を受けるおそれがある寒冷地での中性化と凍結融解を同時に受ける複合劣化に対する検討が必要である。そこで、本研究では BFS セメントの圧縮強度を改善する方法と中性化と凍結融解による複合劣化挙動を明らかにすることを目的とした実験と検討を行い、以下の結論を得た。

1. コンクリート 2 次製品の迅速な脱型のために開発された C-S-H 早強剤は、初期強度の改善剤としての機能を有することから、BFS セメントの強度発現性状を改善するための一方法としての C-S-H 早強剤の使用の可能性を検討した。結果的に、BFS 混入により C_3S 量が低下したセメント複合体では、C-S-H 早強剤の効果は低く、BFS セメントへの適用は困難であると判断された。

2. BFS セメントに石灰石粉末 (LSP) と石膏 (CS) を少量混合成分として添加した場合の圧縮強度の改善について検討した。生成される水和物と強度との関係を把握するために、セメントおよび BFS と少量混合成分に起因する水和反応と水和生成物を XRD / Rietveld 方法について定量的に分析した。定量化した水和生成物量を基準に算定した空隙量と強度との関係から強度の改善効果を検証した。その結果、BFS 15%、LSP 4%と CS 2%を調合した BFS モルタルは、普通ポルトランドセメントを用いたモルタルと同等程度まで強度発現性状が改善されることを示した。

3. BFS の混入はセメント硬化体において重要な水和物である C-S-H の Ca / Si 比に影響を及ぼす。そこで、Ca / Si 比が中性化に及ぼす影響を確認するために中性化前後の成分と空隙構造を実験的に検討した。その結果、促進中性化で生成する炭酸カルシウムは水酸化カルシウムより体積が大きいことから、中性化によって水和組織が緻密になることを確認した。また、BFS を使用した場合に生成する炭酸カルシウムにはバテライトが高比率で含まれており、カルサイト

を多く含む普通ポルトランドセメントの場合とは異なる傾向を示した。

4. BFS セメントに少量混合成分として CS と LSP を使用して強度向上が確認されたモルタルを対象として耐久性の検討を行った。その結果、中性化と凍結融解による複合劣化の性状について、凍害劣化の進行により中性化抵抗性がわずかに低下することと中性化の進行が凍結融解の繰り返しによる表面のスケーリング量を減少させて凍結融解抵抗性が向上することが明らかとなった。

ABSTRACT

Blast Furnace Slag (BFS) has been widely used as a mineral admixture on cement and concrete in the concrete industry in order to reduce CO₂ emissions. In order to increase the wide usefulness of BFS blended cement is expected to use in the construction and the mechanical property and hydration product need to be further discussed. Therefore, the purpose of this research is to investigate the BFS blended cement, such as compressive strength development method, combine deterioration with carbonation and frost damage was investigate in this thesis.

1. Recently, calcium silicate hydrate (C-S-H) type accelerator that has been developed to serve some purpose of increased production efficiency and streamlining of manufacturing secondary product of concrete shows an effect in all temperature range. However, the results of C-S-H type accelerator to BFS cement type B did not seem the intimate relationship between additive amounts of C-S-H type accelerator and strength development; this indicates the cement hydration of promotion mechanism of C-S-H type accelerator.

2. Investigates the compressive strength development of BFS blended mortar mixtures incorporating various mineral admixtures, namely BFS, limestone powder (LSP), and gypsum (CS). The hydration reaction and products resulting from the use of cement, BFS and mineral admixtures are quantitatively examined with respect to the XRD/Rietveld method in order to investigate the relationship between the produced hydrates and the strength. Experimental investigation reveals that the mortar mixture with BFS 15 wt.%, LSP 4 wt.%, and CS 2 wt.% exhibits similar compressive strength to an ordinary Portland cement mortar mixture.

3. Investigates the carbonation properties of incorporating BFS paste samples. The replacement ratio effect caused by Ca/Si ratio of C-S-H in the paste sample were experimentally investigate. The experimental investigation that the total porosity decrease as the after carbonation. The calcium carbonation is densification more than calcium hydroxide due to the accelerate carbonation test. We found that the vaterite through chemical composition analysis by X-ray diffraction, which has been high expansion rate; it is influence on the carbonation characteristic of BFS blended cement paste.

4. This study investigates the mechanical and coupled deterioration properties of mortar incorporating industrial solid waste BFS and different mineral admixtures, such as CS and LSP. The combined deterioration properties caused by carbonation and frost damage in the mortar sample were experimentally investigated with respect to accelerated carbonation and freeze-thaw tests. The combined damage tests revealed that different deterioration degrees resulted slightly decreased the carbonation resistance, which is related to the decrease in the inkbottle pore volume due to its water retention characteristics. Simultaneously, the after carbonation deterioration could effectively decrease the surface mass scaling of the freeze-thaw, indicating.

論文審査結果の要旨

地球環境保全のため二酸化炭素排出量の削減は喫緊の課題であり、建設産業で広く用いられているセメントはその製造時に多量の二酸化炭素を排出することから、セメントの使用量を削減するための一方策として銑鉄製錬時に高炉から排出される高炉スラグを微粉碎して得られる潜在水硬性を有する高炉スラグ微粉末をセメントに混合して有効利用する技術が注目されている。しかしなが

ら、高炉スラグ微粉末を混合したセメントは初期強度増進の遅延、中性化抵抗性の低下などの欠点を有しており、特に寒冷地での積極的な利用を促進させるためには、施工および耐久性の課題の解決が必要不可欠である。

そこで本論文では、高炉スラグ微粉末を有効利用したコンクリートの寒冷地での強度増進性状と耐久性向上を目的とした検討を行っている。まず、初期強度増進性状の改善のために、新しいタイプの化学混和剤としての C-S-H 系早強剤の効果の確認、セメントに添加されている石膏および石灰石微粉末などの少量混合成分の影響およびセメントの鉱物組成の影響を把握している。また、耐久性に関しては、高炉セメントの最大の欠点である中性化抵抗性と寒冷地特有の問題である融解に対する複合劣化を対象として、それぞれの単独での劣化と複合劣化での状況を把握するとともに、硬化体の空隙構造変化、反応生成物の分析を行うことで劣化メカニズムの検討も行っている。

その結果、C-S-H 系早強剤はセメント鉱物の C3S に作用するため、高炉スラグ微粉末の混合により C3S 量が減少する高炉セメントでは C-S-H 系早強剤の効果は期待できないことを明らかにするとともに、寒冷地での施工に適用できる環境負荷低減型セメントとして早強ポルトランドセメントをベースセメントとして高炉スラグ微粉末を 35%、石膏を 2%、石灰石微粉末を 3% 混合したセメントが最適であることを提案している。また、耐久性に関しては、凍結融解による劣化はコンクリート組織を粗大化するために中性化を促進するものの、中性化はコンクリートの組織を緻密にするため凍結融解による剥離劣化を抑制することを明らかにしている。

以上の成果は、コンクリート工学による環境負荷低減と構造物の品質向上に大いに貢献している。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。