

論文の内容の要旨（和訳）

論文題目「Fundamental Study on Improvement of Salt Damage Resistance of Mortar with Various Blast Furnace Slag based on Chloride Ion Immobilization Capacity」

（各種高炉スラグ微粉末配合モルタルの塩化物イオン固定化性能に基づく耐塩害性向上に関する基礎的研究）

学位申請者 SUBPA-ASA PRANG

キーワード：実効拡散係数；高炉スラグ；塩化物イオンの浸透；フリーデル氏塩；固定化性能

本研究では、高炉スラグ配合による蒸気養生製品の耐久性向上を念頭に置いて、機械的特性、塩害に対する耐久性（塩化物イオンの浸透抑制ならびに固定化性能）に及ぼす各種材料・配合条件（高炉スラグの粉末度、塩基度、置換率など）と製造条件（前置き時間、蒸気の有無、二次養生など）の影響に着目し、高品質なプレキャスト製品製造に資する技術情報の取得・整理を目的とした。

第1章では研究の背景であるコンクリート構造物の劣化の現状、劣化メカニズムならびに補修補強の必要性および耐久性向上に向けた各種材料活用技術等の現状について整理した。

第2章では、筆者の母国タイランドにおいても問題となっている海洋構造物の劣化・補修事例についてまとめた。

第3章では環境負荷低減の観点から積極活用が進んでいる高炉スラグ配合コンクリートに関する文献調査をまとめた。既往の研究事例では、主な知見としてポジティブな効果としては水和熱低減によるひび割れ抑制効果、耐塩害性の向上などがあげられる一方、ネガティブな効果として、初期強度の低下、自己収縮によるひび割れリスク増大などが報告されている。それらの研究対象はほとんどが高炉スラグ4000ブレーンをセメントに対して45~50%置換したコンクリートを対象としたものである。置換率が30%程度の低置換率および最大70%の高置換率の事例も散見されるが、知

見が十分とは言えない状況である。一方、本研究の成果のプレキャスト製品製造へ適用を考慮すると、50%を超過する大量置換配合は現実的ではない。そこで、本研究における置換率は45%とその半分の値(22.5%)と設定した。

第4章では本研究における実験方法についてまとめた。塩化物イオンの浸透抑制効果については、電気泳動法（Rapid Chloride ion Penetration Test; JSCE-G571-2003）による実効拡散係数によって評価した。本論文の主要テーマである「塩化物イオン固定化量の定量化」については確立された手法はなく、定量化法を独自で考案した。試料はセメントペーストを硬化・粉碎したのち、物理吸着量の差異の影響を排除するため粒度調整した。調整後の資料はその質量の10倍の5wt%食塩水に28日浸漬したのち洗浄・乾燥した。ただちに、コランダム内部標準法によるXRD解析によってフリーデル氏塩の定量化が精度よく実施できることが確認された。

第5章では本研究で得られたモルタルの耐塩害性向上に関する知見をまとめた。使用する高炉スラグ微粉末の粉末度が高くなるほど、耐塩害性が向上すること、性能向上には最低の置換率が存在すること、普通養生に比べて蒸気養生を施した際の性能低下は1割程度であること、前置き時間は実効拡散係数には影響がなかったが、固定化性能は前置きが長いほうが容量が増大することなどが判明した。耐塩害性に関するそれぞれの知見は以下のとおりである。

<耐塩害性1：塩化物イオンの実効拡散係数>

- ・粉末度が高くなるほど実効拡散係数が小さくなる。無置換品に対して6000ブレーン45%置換品は半減することが確認された。
- ・上記効果は45%置換の場合であるが、その半分の置換率では無置換品との差異は小さく、耐久性向上のためには22.5%を超える置換率を設定する必要があることが確認された。
- ・蒸気養生の前置き時間の影響について、0.5hと3.0hではほとんど有意な差は認められなかった。
- ・蒸気養生を施すことにより、標準養生品に比べて9.4%程度実効拡散係数が大きくなり、耐塩害性向上の支障となることが確認された。
- ・高炉スラグ6000ブレーン品を45%置換することにより、構造物の供用期間を3割程度延長することが可能となることが確認された。

<耐塩害性2：塩化物イオンの固定化性能>

- ・粉末度および置換率が大きくほど固定化性能が向上することがわかった。無置換品に対して6000ブレーン45%置換は約65.4%増加することが確認された。
- ・耐久性に及ぼすスラグ塩基度の影響はこれまでになかったが、本研究では塩基度が微増(1.8→2.0)することによって固定化能力が1.5倍になることが判明した。
- ・蒸気養生の前置き時間の影響について、実効拡散係数の結果とは異なり、0.5hに対して3.0h

は固定化量が増加する。さらに、その影響は粉末度が大きくなるほど顕著となることがわかった。

- ・ 実効拡散係数の低減の効果に加えて、固定化能力を鑑みるとさらなる構造物の延命が期待される。

第6章は本研究のまとめである。プレキャストコンクリート製品への高炉スラグの活用に関する既往のデータを鑑み、本研究で得られた耐塩害性向上に及ぼす各種製造パラメータの影響に関する知見を製品製造計画に取り入れることにより、環境負荷低減に貢献しつつ、高品質のプレキャスト製品製造にむけた技術開発が期待できる。また、残余供用年数の推定に資する塩化物イオン濃度の推定式は土木学会から提案されているが、固定化性能の影響については考慮・反映されていない。今後はこの知見を踏まえ、当該予測式の精度向上も可能となると考えられる。