

フライアッシュの塩分固定能力に関する基礎研究

四電技術コンサルタント
四国電力
J R 総研エンジニアリング
徳島大学大学院

正会員
正会員
非会員
正会員

○三浦正純
武知隆男
荒畑利一
上田隆雄

1. はじめに

フライアッシュの添加が、コンクリートの耐塩性能に与える影響としては以下のような2点が考えられる。

①組織構造が変化し、物理的な遮蔽効果の違いにより塩素イオン移動速度が変化する。

②フライアッシュおよびポゾラン反応生成物の塩分固定能力がセメント硬化体と異なる。

フライアッシュ添加により組織が緻密化することは、数多くの研究報告があり、①の物理的作用が耐塩性能の向上に寄与することは間違いないものと言える。しかし、ポゾラン反応生成物やフライアッシュ自身が塩分を固定化する能力を有しているかどうかについての研究は少ない。

そこで、組織構造の影響を排除するため、粉末状の試料を用いてポゾラン反応生成物の塩分固定能力についての基礎試験を行うこととした。試験は途中段階ではあるが、フライアッシュ添加により塩分固定能力が高くなるという結果が得られたので、その概要を報告する。

2. 試験方法

セメントの塩分固定量を基準とし、一部をフライアッシュに置き換えた場合の塩分固定量を測定、比較することで、フライアッシュの塩分固定能力を評価した。また、微粉末としてけい砂を用いての試験も行い、ポゾラン反応が起こっていない場合との対比を行った。試験は以下の手順で行った。試験フローを図-1に示す。

①混合試料作製・初期養生

試験粉体に水(W/P=30%)を加えて練り混ぜ、密封養生(20℃)し、水和反応およびポゾラン反応を進行させる。初期養生期間は4週、12週の2水準とした。試験ケースは表-1に示す6ケースとした。

②固化体粉碎後塩水練り混ぜ

初期養生後の固化試料を微粉碎した後、3%NaCl水溶液(固化体の25%量)を加えて再度練り混ぜたものをビニール袋で密封養生し、塩分の固定化反応を進行させる。このように、粉碎した固化体に塩分を加えるという操作により、初期養生時のセメント硬化やポゾラン反応進行による組織状態の違いの影響を排除できるものと考えた。塩分添加後の養生期間は4週、12週、24週の3水準とした。

③塩分分析

再養生後の固化試料を微粉碎し、全塩分および可溶性塩分分析を行う。全塩分分析はJIS(電位差滴定)法で、可溶性塩分は常温1時間攪拌により抽出した溶液を電位差滴定法により分析した。また、X線回折分析も実施した。

表-1 試験ケース一覧

Case	普通ポルトランドセメント	フライアッシュ(JISⅡ種)	けい砂(試薬1級)
C100	100%	—	—
CF25	75%	25%	—
CF50	50%	50%	—
CF75	25%	75%	—
CS25	75%	—	25%
CS50	50%	—	50%

・セメント: 普通ポルトランドセメント(セメント協会)
・フライアッシュ: JISⅡ種灰(四電西条PS産)
・けい砂: 試薬1級(関東化学)
・塩化ナトリウム: 試薬特級(和光純薬)

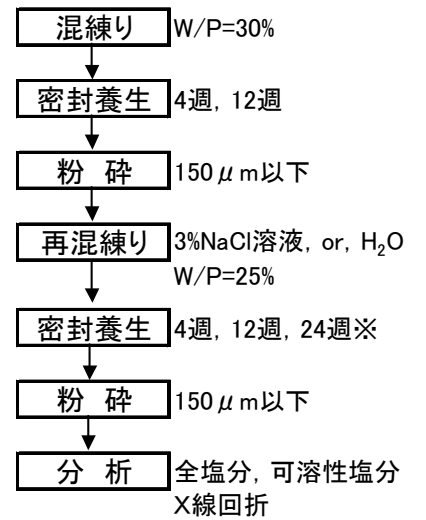


図-1 試験フロー

※実施中であり本報告には含まず

キーワード フライアッシュ, 塩分, 固定化, フリーデル氏塩

連絡先 : 〒761-0121 香川県高松市牟礼町牟礼 1007-3 Tel 087-887-2280 Fax 087-887-2265

3. 試験結果と考察

現在、初期養生4週および12週、塩分添加後4週および12週のデータが得られた段階である。各配合での塩分固定能力は、塩分固定率（（全塩分－可溶性塩分）／全塩分）で評価することとした。

フライアッシュのセメント置換率と塩分固定率の関係を図-2に、けい砂の置換率と塩分固定率の関係を図-3に示す。

フライアッシュの場合、置換率50%までは塩分固定率は増加傾向にあるが、置換率75%では急激に固定率は小さくなっている。この傾向は初期養生期間の違いによらず4週、12週ともに同じである。けい砂の場合は、フライアッシュと異なり置換率の増加に伴い塩分固定率が低下している。この差は、フライアッシュあるいはフライアッシュとセメントの反応生成物が塩分を固定したためと考えられる。

初期養生4週に比べ12週の塩分固定率が低い傾向にある。セメント硬化反応やポゾラン反応進行過程で固定される塩分があると考えられる。塩分添加後では養生4週に比べ12週の塩分固定率は増加しており、塩分の固定化反応はゆっくりと進行していると言える。

塩分添加後の固化試料のX線回折分析結果では、塩素を含む化合物としてはフリーデル氏塩のみが確認された。このフリーデル氏塩の回折線強度と置換率の関係を図-4に示す。フライアッシュ50%置換まではフリーデル氏塩の回折線強度は大きくなり、75%となると逆に低下している。この傾向は塩分固定率と同じであり、フライアッシュあるいはセメントとの反応生成物がフリーデル氏塩としての塩分固定化能力を有していることを示している。

初期養生4週に比べて12週の回折線強度は低い傾向にある。これも塩分固定率と同じ傾向であり、フリーデル氏塩としての固定化が、塩分固定率に寄与していることがわかる。

一方、けい砂のセメント置換に伴うフリーデル氏塩の回折線強度低下は認められず、塩分固定率の傾向とは一致していない。今後、検討が必要と言える。

フライアッシュ50%置換でのフリーデル氏塩の回折線強度は、セメント100%の場合の倍近い値であるのに対し、塩分固定率の値は1割程度の差しか認められない。塩分固定化に占めるフリーデル氏塩の寄与率が小さいと解釈すれば、このような結果を説明することはできるが、他の要因を検討することが必要と思われる。塩分固定率を決定する上で重要な可溶性塩分を測定する際、フライアッシュ置換率が高い場合には溶液のpHが低くなりフリーデル氏塩が分解する可能性がある。今後、確認することが必要と言える。

4. まとめ

フライアッシュあるいはセメントとの反応生成物は塩分を固定する能力を有していることは、ほぼ間違いないものと言える。ただし、その程度については、可溶性塩分分析手法についての検討を行ったうえで、今後の長期材令での結果を加味して評価を行う予定である。

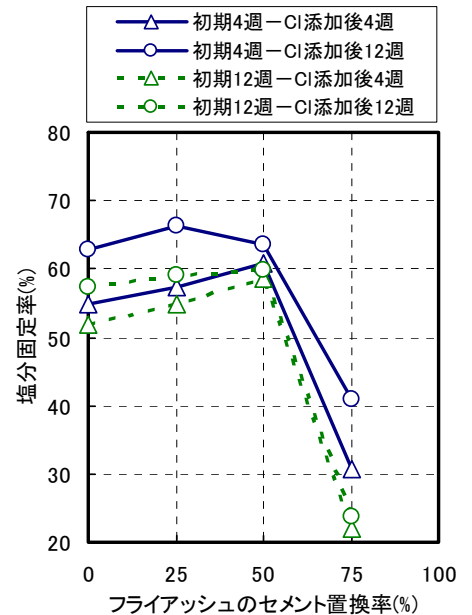


図-2 フライアッシュ置換率と塩分固定率

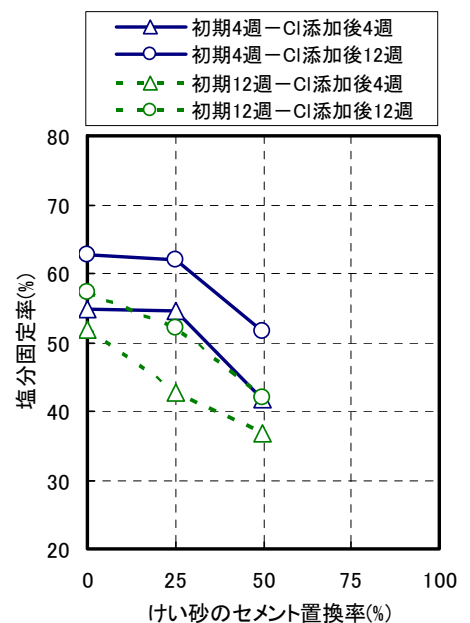


図-3 けい砂置換率と塩分固定率

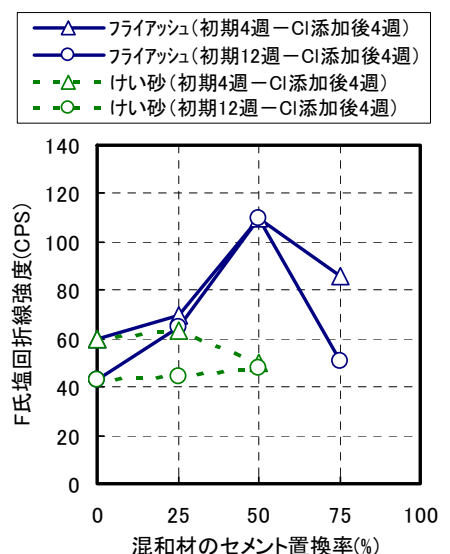


図-4 置換率とF氏塩回折線強度