各種混和材を用いた拡散セルによる塩化物イオンの拡散実験

| 広島大学大学院工学研究科 | 学生会員 | 〇石田 | 剛朗 |
|--------------|--------|-----|----|
| 広島大学大学院工学研究科 | 正会員 | 河合 | 研至 |
| 広島大学大学院工学研究科 | フェロー会員 | 佐藤 | 良一 |

1. はじめに

近年、コンクリート中における塩化物イオンの移動に関する解析手法が数多く提案されている。従来、実構 造物の塩分浸透予測には、構造物からコアを採取し塩化物イオン濃度の分布を測定することで、見かけの拡散 係数を逆算する方法が用いられているが、近年の研究ではセメント水和物による塩化物イオンの固定化やコン クリートの含水状態などの影響を考慮したモデルが確立されつつある^{1),2)}。しかし、モデルにおいて混和材 を用いた場合に関する検討は少なく、混和材を使用したコンクリート中での塩化物イオンの挙動には依然不明 な点も多い。本研究では、各種混和材を使用したコンクリート供試体を作製し、各水セメント比において圧縮 強度を同程度に揃えたうえで拡散セルによる塩化物イオンの拡散実験を行い、混和材の添加が塩化物イオンの 浸透性状に与える影響およびそのメカニズムについて検討を行った。

2. 実験概要

供試体の配合の種類を表-1に, 無置換の場合の 示方配合を表-2に示す。混和材の置換は質量置換 とした。また、目標とするスランプ,空気量を達成 するために配合ごとに混和剤(ポリカルボン酸系高 性能 AE 減水剤, AE 減水剤, AE 助剤)の添加量を 調整した。供試体はΦ10×20cmの簡易円柱型枠に打 設した後,一日で脱型し,基準の圧縮強度に達する まで水中養生を行った。基準となる圧縮強度は、各水セ メント比においてNCを用いた供試体の材齢42日の圧縮 強度とした。養生終了後 2cm の幅にスライスし、これを 供試体とした。また、水分の蒸発や侵入を防ぐ目的で供 試体側面にはエポキシ系樹脂を塗布した。さらに前処理 として 24 時間の真空脱気および 24 時間の純水浸漬を行 った後,図-1に示す拡散セルに設置した。定期的に 3%NaCl 溶液側と純水側のセル溶液を採取し、Cl-濃度を 測定することにより Cl-の移動量を求めた。Cl-濃度の測 定はイオンクロマトアナライザを用いて行った。また、 供試体作製時に粒状試料を採取し、水銀圧入式ポロシメ ーターを用いて細孔径分布を測定した。

3. 実験結果および考察

まず実験に供した時点の各供試体の養生日数および圧 縮強度を表-3に示す。EC-65 に関しては基準の圧縮強 度に達していなかったが,水中養生を続けても強度の増 進は望めないと判断し,実験を開始した。

表-1 配合の種類

| セメント・混和材の種類 | | 水セメント比 | | |
|-----------------------------|-----|--------|-----|-----|
| | | 35% | 50% | 65% |
| 普通ポルトランドセメント(NCと表記) | | 0 | 0 | 0 |
| 普通形エコセメント(EC) | | 0 | 0 | 0 |
| 普通ポルトランドセメント+シリカフューム (SF) | 15% | 0 | I | I |
| 普通ポルトランドセメント+高炉スラグ微粉末 (BFS) | 30% | | 0 | 0 |
| 単通 ポートコンドセイント・ココイマッシュ (FA) | 30% | _ | 0 | 0 |
| 自通ホルドリンドピスントキンリイナリンエ(FA) | 45% | | 0 | |

以下各配合について以下のように表記する (例1)普通ポルトランドセメント・W/C=0.35:NC-35 (例2)フライアッシュ30%置換・W/C=0.50:FA-50

表-2 示方配合(無置換の場合)

| ポセメントド | 細骨材率 | 単位量(kg/m ³) | | | |
|---------|------|-------------------------|------|-----|-----|
| W/C(%) | s /a | 水 | セメント | 細骨材 | 粗骨材 |
| W/C(/0) | (%) | W | С | S | G |
| 35 | 48.6 | 170 | 484 | 808 | 868 |
| 50 | 48.6 | 170 | 339 | 867 | 931 |
| 65 | 48.6 | 170 | 261 | 898 | 964 |



図ー1 拡散セル

キーワード 混和材,塩化物イオン,空隙量,塩化物イオンの固定化 連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 構造材料工学研究室 TEL082-424-7786 表-3 養生日数および

図-2に純水側セル中への総 Cl-移動量の経時変化をW/Cごとに示す。 未だ検出可能な Cl-濃度に達してい ない供試体もあるが,各W/Cにおい て混和材で置換した供試体では NC やECと比較してCl⁻の浸透速度が遅 くなっていることがわかる。

次に W/C=0.50 の供試体の細孔径 分布を図-3に示す。累積細孔容積 を比較すると, 混和材を用いた供試 体はNCやECに比べ空隙量が多い結 果となった。また,空隙の分布から は,配合により突出した空隙径が異 なることがわかるが,空隙の分布と Cl-浸透速度との相関性について は見出せなかった。

混和材を用いた場合に Cl⁻の浸 透に対する抵抗性が増加する理由 については,「硬化体が緻密化する ため」といった説明がなされること が多い。しかし本研究の範囲内では, 細孔径分布から見て硬化体が緻密 化しているとはいえないにも関わ らず,混和材で置換された供試体で は塩分浸透速度が遅くなった。

また、Cl⁻の固定に関しても混和 材の添加により飛躍的に固定量が 増加するとは考えにくい。以上より, 混和材を用いた場合にその塩分浸 透速度が遅くなる原因としては,空 隙量やセメント水和物による Cl-の固定化以外に,何らかの別の要因, 例えば空隙の屈曲度や細孔壁の帯

電状態などが関係しているものと考えられる。

4. 結論

混和材を使用した場合、コンクリート中への塩分浸透速度が遅くなるが、その原因については空隙量や塩化 物イオンの固定化現象だけでは説明がつかない。よってモデル化に際しては、塩分浸透抵抗性を増加させてい るメカニズムを解明し、何らかの新たな要因をモデルに組み込むことが必要と考えられる。

参考文献

1) 丸屋剛:コンクリート中の塩化物イオン移動に関する解析手法の構築,東京大学学位論文,1995

2) 佐伯竜彦, 嶋毅, 長瀧重義: 等価拡散係数を用いたコンクリートの塩分浸透予測手法の検討, コンクリー ト工学年次論文集, Vol. 20, No. 2, pp. 859-864, 1998

圧縮強度 養生日数 圧縮強度 W/B 配合 (day) (N/mm^2) NC-35 42 69.7 0.35 EC-35 56 72.6 SF15-35 35 77.3 NC-50 42 47.0 EC-50 56 45.3 0.50 BFS30-50 42 43.8 FA30-50 91 43.7 FA45-50 188 41.9 NC-65 42 33.6 EC-65 361 18.7 0.65 BFS30-65 42



(mg)

画

総CIT移動

ୁ ଅପ୍ର 60

40

屾

移動

6

-NC-35 -<u></u>∠-EC-35

fe^{ren}er

~~~~~~

 $\infty$ 

<u>م</u>

-D-SF15-35

NC-50

-FA30-50

FA45-50

▲—EC-50

図-3 細孔径分布 (W/C=0.50)