

塩水浸漬環境下におけるコンクリートの表面塩化物イオン濃度に関する一考察

大成建設土木技術研究所

正会員 ○武田 均

大成建設土木技術研究所

フェロー会員 丸屋 剛

1. 目的

近年、コンクリート構造物の設計においては、耐荷性を中心とした構造性能のみならず、耐久性能がますます重要な要素になっている。塩害による鉄筋腐食はコンクリート構造物の耐久性に影響を及ぼす劣化機構のうち主要なものである。塩害に対する照査は、土木学会コンクリート標準示方書の照査方法が適用される場合が多いのが現状である。しかしながら、現状の照査方法においては、主として海水の飛沫や飛来塩分の影響を受ける気中構造物を対象としており、塩化物イオンが含有される地下水中または海中などの塩水浸漬環境に暴露される構造物に関しては、その外来塩分の影響の考慮方法が整備されていないのが現状である。本報告は、塩水浸漬環境下における表面塩化物イオン濃度の設定方法に関する検討結果を報告するものである。検討の結果、配合および材料に応じて、コンクリート中における塩素固定を考慮して得られるコンクリート表層における全塩素量を塩水浸漬環境下における表面塩化物イオン濃度として適用することの可能性を示した。

2. 塩素固定を考慮した全塩素量

海水の塩化物イオン濃度は公の資料によって調査することが可能である。また、地下構造物においても地下水の塩化物イオン濃度は既存資料によって設定できる。ここでは、塩水と接触するコンクリート表面において、液相の塩化物イオン濃度が海水の塩化物イオン濃度と早期に平衡すると考え、液相の塩化物イオン濃度は環境の塩化物イオン濃度と同一の濃度と仮定した。次に、固定される塩素量は式(1)に示したように液相塩化物イオン濃度の関数とした。このように液相塩化物イオン濃度と固定された塩素量とを関連付ける考え方は、既往の研究を参考にしたものである。なお、全塩素量は式(2)により算出した。

$$\text{固定される塩素量} = f(\text{液相塩化物イオン濃度}) \quad (1)$$

$$\text{全塩素量} = \text{液相の塩素量} + \text{固定される塩素量} \quad (2)$$

ここで、塩素量の単位は単位セメント量に対する質量百分率 (mass% of cement) に統一して用いた。液相塩化物イオン濃度の単位は mol/l とした¹⁾。また、液相の塩素量は式(3)による未水和水量と液相の塩化物イオン濃度により算出した。

$$\text{未水和水量} = \text{単位水量} - \text{単位セメント量} \times \text{結合水率} \quad (3)$$

3. 検討結果

海水相当の塩化物イオン濃度の塩水にコンクリートが浸漬された場合の全塩素量の試算を実施した。本検討において用いた液相塩化物イオン濃度と固定される塩素量を表-1に示す。表-1の値は既往の研究を参考にして設定した¹⁾。なお、セメント種類は普通ポルトランドセメントを仮定している。

図-1に海水相当の塩化物イオン濃度の環境にコンクリートを浸漬したと仮定した場合の全塩素量の算出結果を示す。図では全塩素量における液相の塩素量と固定される塩素量の構成も示した。本検討では、液相の塩化物イオン濃度は配合やセメント量に拘わらず環境の塩化物イオン濃度で一定となることを仮定している。ただし、図-1に示したように液相の塩素量は配合に依存する量である。また、固定される塩素量は液相の塩化物イオ

表-1 本検討で用いた塩水濃度と固定される塩素量

浸漬水の塩素イオン濃度(海水相当) (mg/l)	同左 (mol/l)	固定される塩素量 (mass% of cement)
19000	0.535	0.845

キーワード 表面塩化物イオン濃度、塩水浸漬、地下、塩素固定、塩害

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 TEL045-814-7228

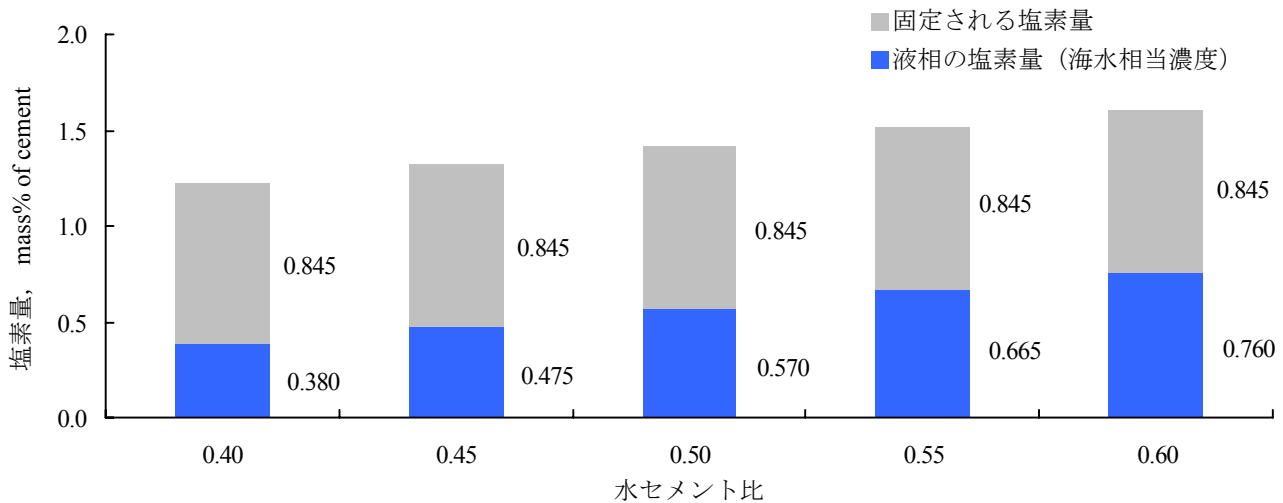


図-1 水セメント比と塩素量の関係

ン濃度の関数であるので、配合に因らず一定となる。

次に、図-1の結果を単位セメント量と塩化物イオン濃度の関係として整理した結果を図-2示す。全塩化物イオン濃度はコンクリート単位容積あたりの塩化物イオン質量として示した。これは、本報告における考え方を、数値計算ではなくコンクリート標準示方書の塩害照査における表面塩化物イオン濃度に適用する場合を意識したものである。図-2の単位系では、全塩化物イオン濃度は、配合に依存する量となる。本検討の範囲では、海水相当の塩水環境に浸漬されたコンクリートの表面塩化物イオン濃度は、配合に応じて $4\text{kg/m}^3 \sim 5.5\text{kg/m}^3$ 程度の範囲となった。この値は、コンクリート標準示方書における飛沫帯あるいは汀線付近の表面塩化物イオン濃度と比較して低いが、乾燥の影響を全く受けない環境であることを考慮すれば妥当な範囲であるとも考えられる。一方、セメント種類に応じた塩素固定量は現状で設計に使用できる一般値がない。また、液相中の塩化物イオン濃度が浸漬液の濃度よりも高くなる場合があることが報告されており^{2),3)}、その場合には、表面塩化物イオン濃度はより高い濃度となる。この点に関しては共存イオンの影響など、今後検討が必要であると考えている。

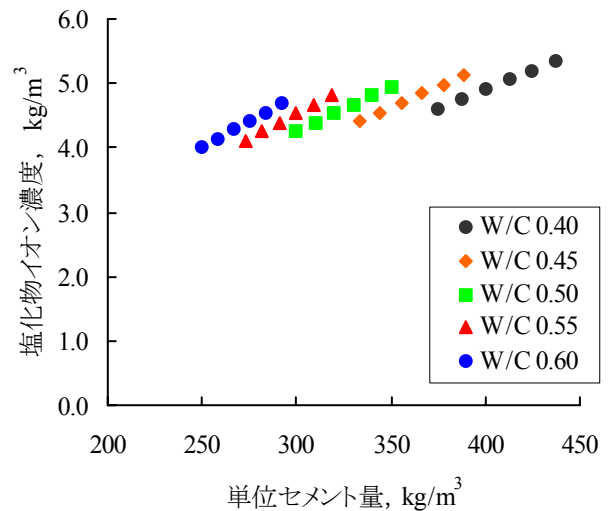


図-2 単位セメント量と全塩化物イオン濃度の関係

4. まとめ

塩水浸漬環境下に建設されるコンクリート構造物を想定して、その塩害耐久性の照査に適用する表面塩化物イオン濃度の設定方法について検討した。検討にあたっては、既往の研究を参考にしてコンクリート中における塩素固定を考慮した。

参考文献

- 1) 武田 均, 大脇 英司, 丸屋 剛: 海洋環境におけるコンクリート構造物中の塩化物イオンの固定化性状に及ぼす中性化の影響, 土木学会論文集 E, Vol.62, No.3, pp.497-510, 2006.8
- 2) 石田 哲也, 宮原 茂禎, 丸屋 剛: ポルトランドセメントおよび混和材を使用したモルタルの塩素固定化特性, 土木学会論文集 E, Vol.63, No.1, pp.14-26, 2007.1.
- 3) 丸屋 剛, Somnuk.TANGTERMSIRIKUL, 松岡 康訓: コンクリート表層部における塩化物イオンの移動に関するモデル化, 土木学会論文集 No.585/V-38, pp.79-95, 1998.2