

V-121

乾湿繰返しによるコンクリートへの塩化物イオンの浸透に関する考察

大成建設（株） 正会員 丸屋 剛

大成建設（株） 正会員 松岡康訓

1. まえがき

実際の海洋環境、とくに感潮部や飛沫帯では、乾燥と海水による湿潤が交互に繰返して起きており、とくに飛沫帯では鉄筋の腐食によるコンクリートの劣化が顕著でもある。乾燥状態ではコンクリート表面から乾燥が進行し、コンクリート内部から表面に向かい相対含水率が減少する。このような状態において乾燥状態から湿潤状態に移行すると、図-1に示すように、乾燥部分に外部から塩化物イオンを含む水分が液体として比較的短時間にコンクリート中に浸入し、コンクリートはほぼ飽水状態になると考えられる。本報告は、実環境を乾湿繰返しの観点から分類し、乾湿繰返しの影響でコンクリート表層部分の塩化物量がどのように変化するかについて、解析的な検討を加えたものである。

2. 乾湿繰返しの観点からみた実環境の分類

実環境を海中部、感潮部、飛沫帯に分類し、それぞれの環境でコンクリート表面における塩化物イオンの浸透機構を分けることとした。

海中部ではコンクリートが常時飽水状態にあることから、乾湿繰返しの影響は受けず、コンクリート表面では擬似吸着および拡散により塩化物イオンが浸透し、内部では拡散により移動するものとする。ここで、擬似吸着とは、コンクリート表層部における正に帯電している細孔表面に¹⁾、陰イオンである塩化物イオンが引き寄せられ浸透する機構である²⁾。感潮部では潮汐により乾湿繰返しの影響を受け、とくに平均水面では潮汐により1日2回の乾湿繰返しがある。飛沫帯では感潮部よりもさらに乾燥期間が長い場合、乾湿繰返しの影響を大きく受ける。

これら、乾湿繰返しの影響を受ける部分では、乾燥時はコンクリート表面において塩化物イオンの移動がなく、湿潤時は海中部と同様に擬似吸着と拡散により浸透するものとする。この考えに基づき、感潮部に関しては、湿潤1日+乾燥1日のサイクルで乾湿繰返しが起きるものとして、飛沫帯では湿潤1日+乾燥2日から100日のサイクルで乾湿繰返しが起きるものとして、塩化物イオンの移動の解析を行なう²⁾。

3. コンクリート表層部分での塩化物量の変化

3. 1 実験による解析手法の確認

図-2には、食塩水中浸漬7日、大気中乾燥7日の計14日を1サイクルとする乾湿繰返しを行なった場合の、コンクリート表層1cmにおける全塩化物量および自由塩化物量の実測値と解析値の経時変化を示す。この図から、塩化物量の実測値は経時的に増加の傾向

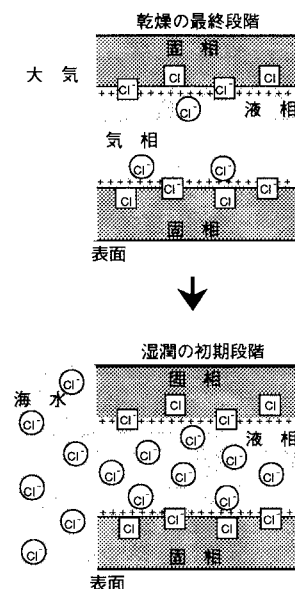


図-1 乾湿繰返しによる塩化物イオンの浸透

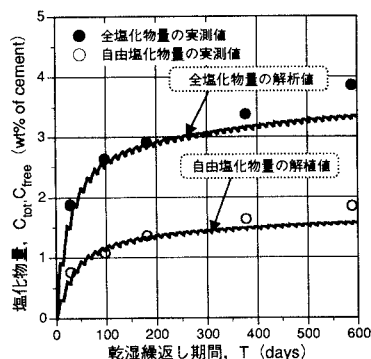


図-2 乾燥7日+湿潤7日の実験および解析結果

を示し、解析でもほぼ同様の傾向を示していることがわかる。

3. 2 解析による乾湿繰返しの影響

実環境の分類に基づき、乾湿繰返し日数を変化させて、供用期間5年から50年まで解析を行なった。図-3には、海中部(湿潤のみ)におけるコンクリート表層1cmの塩化物量の経時変化を、図-4には感潮部(乾燥1日+湿潤1日)における変化を、また、図-5には飛沫帯(乾燥5日+湿潤1日)における変化を示す。これらの図から、乾湿繰返しの影響により、コンクリート表層部分における塩化物量の増加傾向は大きく異なり、塩化物イオンは、海中よりも感潮部やある条件における飛沫帯の方が浸透しやすい傾向にあることが明らかである。また、海中部では比較的短期間に、表層部分における塩化物量はほぼ一定となるが、飛沫帯では供用年数50年にかけて徐々に塩化物量が増加する傾向にある。

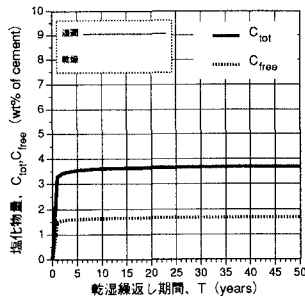


図-3 海中部における解析結果

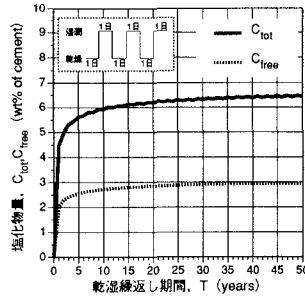


図-4 感潮部における解析結果

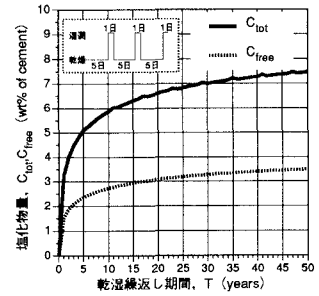


図-5 飛沫帯における解析結果

図-6および図-7は、乾湿繰返しにおいて、湿潤日数を1日とした場合の乾燥日数の変化により、表層部分の塩化物量がどのように変化するかを示したものである。これらの図から明らかなように、乾燥日数が5日程度で、表層部分の塩化物量は最も大きくなる。解析では、塩化物イオンの見掛けの拡散係数などは乾湿繰返し日数に拘らず一定であることから、塩化物イオンがコンクリート中に最大に浸透する乾湿繰返しのサイクル日数があることがわかる。

4. まとめ

実環境を乾湿繰返しの観点から分類することで、塩化物イオンのコンクリート中への浸透に関する解析手法を、実構造物に適用する方法が明らかとなった。今後は、実構造物から得られた塩化物量の実測値に、本解析手法を適用し、その有効性を確認することが課題である。

参考文献 1) 後藤誠史・茂啓二郎・高木達雄・大門正機:セメント硬化体の細孔径分布とイオンの拡散, セメント技術年報, Vol.36, pp.49-52, 1982.

2) T. Maruya, S. Tangtermsirikul and Y. Matsuoka, Simulation of chloride penetration into hardened concrete, Third CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, ACI SP-145, pp.519-538, 1994.

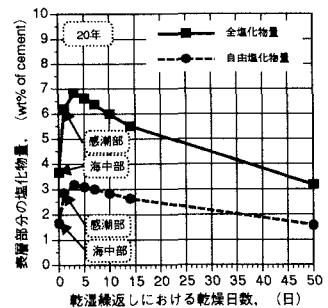


図-6 表層の塩化物量と乾燥日数の関係(20年)

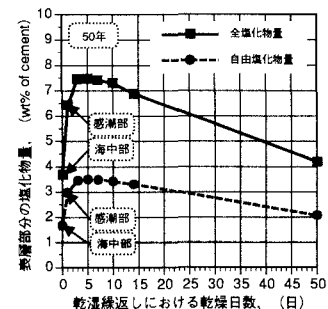


図-7 表層の塩化物量と乾燥日数の関係(50年)