

論 文 要 旨

2020 年 3 月 9 日

※報告番号	甲 第 263 号	氏 名	伊藤 慎也
<p>主論文題名： 膨張材とカルシウムアルミネート系混和材を併用したコンクリートの塩害抵抗性に関する研究</p>			
<p>内容の要旨</p> <p>本研究では、コンクリートに発生するひび割れやひび割れ幅を抑制するコンクリート用膨張材と、塩化物イオンを化学的に固定化する効果を有するカルシウムアルミネート系混和材（CA₂）とを併用することにより、塩害抵抗性に優れたコンクリート技術を開発することを目的とし、両混和材の併用が塩化物イオンの浸透・拡散やひび割れ抵抗性に与える影響について検証を行った。また、材料特性と塩化物イオンの浸透挙動を明らかにするとともに、塩化物イオンを固定・吸着する材料や硬化体の空隙構造を緻密化する機構を有する材料を用いた場合における適切な促進評価方法についても検討を行った。</p> <p>膨張材と CA₂ を併用したコンクリートは、コンクリート 1m³あたりの使用量が少ないにも関わらず、汎用的に塩害対策として利用される高炉セメント B 種を用いたコンクリートと概ね同程度となる高い塩害抵抗性を示した。また、両混和材の併用においても膨張材由来のひび割れ幅低減効果に変化はなく、更に、ひび割れから塩化物イオンが侵入した場合でも、ひび割れ周辺で塩化物イオンを固定化し、コンクリート内部への再拡散を抑制できることが明らかとなった。</p> <p>また、塩水浸せき試験により得られる塩分プロファイルの結果から、セメント種や混和材種によってコンクリート中への塩化物イオンの浸透状況が異なる傾向が認められたため、その影響因子として考えられる塩化物イオンの固定化機能と空隙構造に着目し、材料特性が塩化物イオンの浸透挙動に及ぼす影響を検証した。結果として、CA₂を用いたコンクリートは、高炉セメント B 種を用いた場合よりも塩化物イオンの固定化能力が高く、膨張材と併用した場合でもその効果に違いはない。一方で、総空隙量や連続空隙量については、CA₂を単独で用いた場合と膨張材と CA₂を併用した場合とで差異は小さく、従来から硬化体の空隙構造評価として用いられている総空隙量と連続空隙量の総量のみで塩化物イオンの浸透挙動への影響度を評価することは難しいことが明らかとなった。そこで、定常電気泳動試験における陽極側へのイオン溶出速度、および吸着・固定に関与しない気体を用いた透気試験に着目し、連続空隙の連結性を評価する空隙ネットワークとして表現した。その結果、電気泳動試験においては、普通コンクリートに対して、CA₂単独、膨張材と CA₂の併用、高炉セメント B 種のいずれを用いた場合においても普通コンクリートに対して優位な空隙ネットワーク率の減少が認められ、これらの減少率は塩水浸せき法における塩化物イオンの浸透挙動とも合致し、塩化物イオンの浸透に及ぼす硬化体空隙構造の影響を反映していることが示唆された。また、透気試験においても、膨張材と CA₂を併用した配合において透気係数が大幅に低減することが確認されたことから、CA₂単独添加と膨張材と CA₂を併用したコンクリートの違いは、固定化能力や総空隙量</p>			

ではなく、空隙ネットワークに由来するものであり、それは膨張ひずみの導入により空隙径や構造が変化することでイオンの移動経路として複雑化したものと推察し、塩害抵抗性の観点から、膨張材と CA_2 を併用することのメリットであると結論付けた。

また、最後に、耐久性照査に用いられる塩化物イオンの拡散係数を得るための各種試験方法により、膨張材と CA_2 を併用したコンクリートを含む各種コンクリートの塩化物イオン浸透挙動を確認し、材料特性および試験方法が評価結果に与える影響と、試験方法の妥当性について考察した。その結果、 CA_2 のような固定化が卓越する材料を用いたコンクリートの評価としては、電位勾配を駆動力とする電気泳動法では、実環境に近い条件である濃度勾配を利用した浸せき法と明らかに異なる挙動を示すことが確認され、特に、空隙構造のみが評価対象となる定常電気泳動法は適しておらず、実効拡散係数から見掛けの拡散係数への換算は困難であることが示唆された。一方、イオンを貫通させない状態で評価する非定常電気泳動法においては、特定通電時間における塩化物イオンの浸透深さを利用し、混和材を使用していない基準コンクリートに対する浸透深さの比率として表すことで、浸せき法により得られる比率と概ね一致することが分かった。従って、コンクリート構造物の設計を行う際、類似する環境条件での実構造物データにより、特定年数における塩化物イオンの浸透深さが分かる場合、非定常電気泳動法を実施して基準コンクリートに対する浸透深さの比率を求め、それを乗じることで、混和材を使用した場合の特定年数における塩化物イオン浸透深さを直接的に求めることができる可能性が示唆された。これにより、 CA_2 などの拡散係数に落とし込むことが適さない材料においても、設計段階でその効果を反映することが可能となるなど、新規材料を適用する際の設計反映方法の一手法となる可能性を見出した。

※印欄記入不要