

コンクリートの硫酸環境下における耐硫酸性設計手法に関する研究

岡山大学大学院 学生会員 西野 隆
岡山大学大学院 学生会員 佐藤 拓也
岡山大学大学院 正 会 員 藤井 隆史
岡山大学大学院 正 会 員 綾野 克紀

1. はじめに

下水道施設等では、下水から硫化水素が発生し、酸塩還元細菌によって還元された硫化水素は、コンクリート表面で好気性の硫酸化細菌により硫酸に酸化され、コンクリートを激しく劣化させる¹⁾。コンクリートの硫酸による劣化の進行を予測することは、下水道構造物等の耐久性設計において必要不可欠なものである。本研究では、コンクリートおよびモルタルの硫酸による劣化を侵食深さと浸漬期間および硫酸濃度との関係から検討を行った。硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積と侵食深さの関係は線形関係であり、この関係は、硫酸への浸漬と乾燥を繰り返した場合や、硫酸濃度が変化する場合にも成り立つことを示す。

2. 実験概要

コンクリートの硫酸浸漬試験には、φ100×200mmの円柱供試体を、モルタルの硫酸浸漬試験には、φ50×100mmの円柱供試体をそれぞれ使用した。コンクリートおよびモルタルは、材齢14日まで水中養生を行った後、試験を開始した。7日毎に水で洗浄し劣化した箇所を除去した後、質量を測定した。また、硫酸に所定の期間浸漬させた供試体は、乾式カッターで切断後、切断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し、呈色域の直径を測定して硫酸による侵食深さを求めた。一定濃度の硫酸による影響を調べるために、質量パーセント濃度で1%、3%、5%および10%の硫酸にモルタルおよびコンクリートを浸漬させ、硫酸侵食深さを測定した。硫酸への浸漬と乾燥の繰り返しによる影響を調べるために、7日間を1サイクルとして、そのうち1日間、2日間、3日間、4日間、5日間および6日間硫酸から取り出し、室内で気中乾燥させ、再び硫酸へ浸漬させた。硫酸は5%および10%の濃度のものを用いた。乾燥期間を除いた硫酸への浸漬期間が56日間になった時点で供試体を乾式カッターで切断し、硫酸侵食深さを測定した。硫酸浸漬中に硫酸濃度が変化した場合の影響を調べるために、28日毎で異なる濃度の硫酸に供試体を浸漬させて実験を行った。硫酸は3%、6%および9%の3種類の濃度を用いた。硫酸への総浸漬期間は84日とし、浸漬期間が0日~28日、28日~56日、56日~84日において、それぞれ3種類の濃度の硫酸を用いて試験を行った。84日間浸漬後に供試体を切断し、硫酸侵食深さを求めた。温度の影響を調べるために、5、20および35の硫酸に円柱モルタル供試体を浸漬させ、侵食深さを測定した。全ての温度において、硫酸は3%、5%および10%の濃度を用いた。

3. 実験結果および考察

図-1は、濃度が5%の硫酸に浸漬させたコンクリートの侵食深さと浸漬期間の関係を示したものである。いずれの配合においても、硫酸への浸漬期間とコンクリートの硫酸による侵食深さの間には線形関係が成り立つことが分かる。図-2は、コンクリートを5%および10%の濃度の硫酸に56日間浸漬させた供試体の侵食深さと硫酸濃度との関係を示したものである。この図より、いずれの配合のコンクリートにおいても硫酸による侵食深さは、浸漬期間が同じであれば、硫酸濃度に比例することが分かる。図-3は、硫酸浸漬期間と硫酸濃度の積と硫酸侵食深さとの関係を示したものである。この図より、いずれの配合のコンクリートにおいても、硫酸浸漬期間と硫酸濃度の積と侵食深さの間には、線形関係が成り立つことが分かる。また、水結合材比が25%の高炉スラグを用いたコンクリートと水セメント比が25%の普通コンクリートの侵食深さを比較すると、4分の1程度であることが分かる。図-4は、5%の濃度の硫酸へ浸漬と乾燥を繰り返した場合の、硫酸浸漬期間が56日における硫酸侵食深さと、乾燥期間の関係を示したものである。いずれの配合のコンクリートにおいても、乾燥期間に関わらず、硫酸に浸漬された期間が同じであれば、硫酸によるコンクリートの侵食深さは同じであるといえる。図-5は、供試体を28日毎に3種類の異なる濃度の硫酸に浸漬させた場合における高炉スラグを用いたモルタルの侵食深さを、浸漬期間と硫酸濃度の積との関係を示したものである。この図より、いずれの濃度履歴を受けたモルタルにおいても、浸漬期間と硫酸濃度の積と硫酸侵食深さとの関係は、線形関係にあることが分かる。図-6は、水結合材比が25%の高炉スラグを用いたモルタルの硫酸侵食に及ぼす温度の影響を示したものである。この図より、硫酸温度が高いほど硫酸による侵食深さが大きいことが分かる。

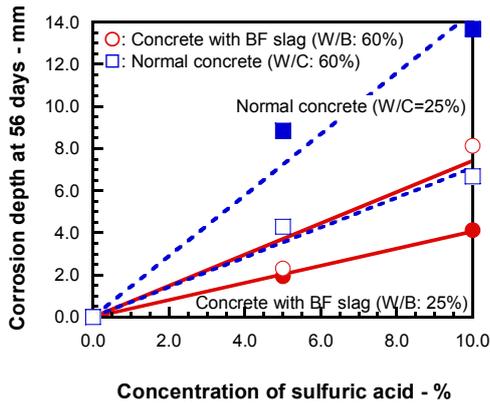


図 - 1 侵食深さの経時変化

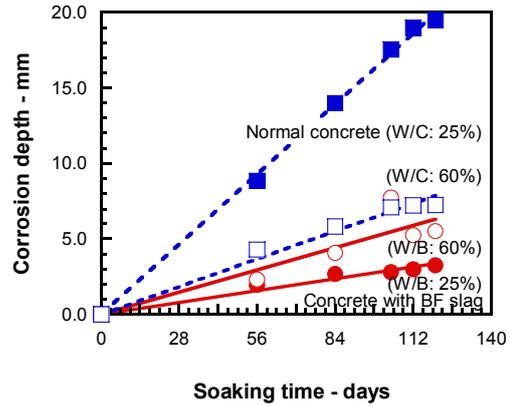


図 - 2 硫酸濃度と侵食深さとの関係

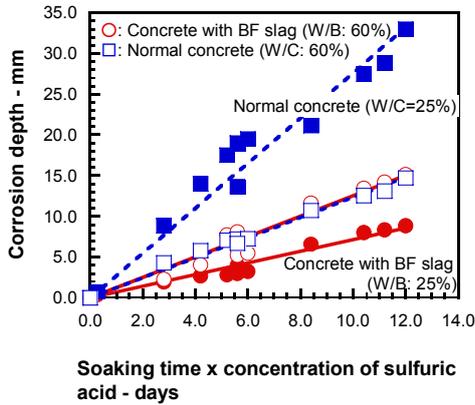


図 - 3 浸漬期間と硫酸濃度の積とコンクリートの侵食深さとの関係

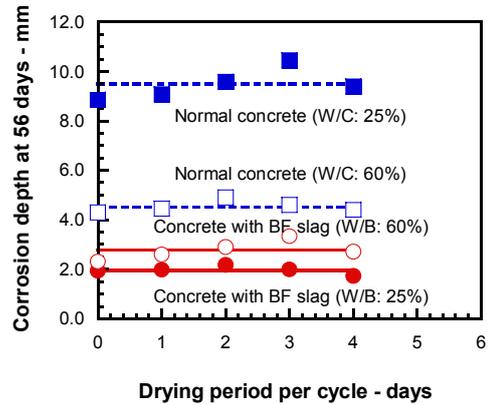


図 - 4 硫酸浸漬と乾燥を繰り返した場合でのコンクリートの侵食深さ

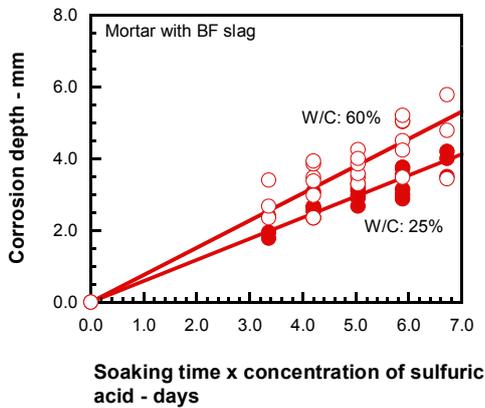


図 - 5 濃度が変化した場合の浸漬期間と硫酸濃度の積と侵食深さの関係

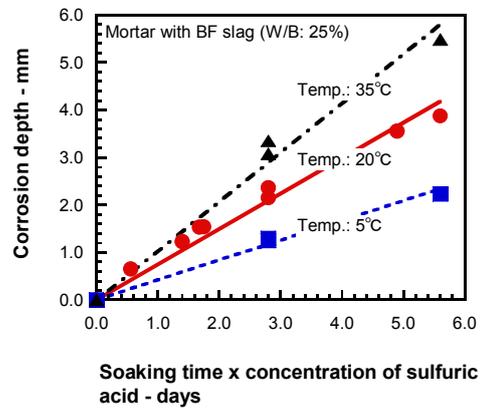


図 - 6 侵食深さに及ぼす温度の影響

4.まとめ

コンクリートおよびモルタルの硫酸による侵食深さは、硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積との間で比例関係にある。この関係は、硫酸への浸漬と乾燥を繰り返した場合や、異なる濃度の硫酸に浸漬させた場合にも成り立つ。また、硫酸による侵食深さは温度の影響を受ける。この関係を用いることで、硫酸による侵食されるかぶり厚さを考慮した設計ができるものと思われる。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術07[基礎編]，pp.51-54，2007.1