

炭酸カルシウム混合セメントペーストの耐硫酸性に関する研究

日本大学生産工学部 正会員 ○保坂成司

日本大学生産工学部 正会員 河合糺茲

1 はじめに

近年、下水道施設におけるコンクリートにおいて微生物腐食が多く確認されている。この微生物腐食は、下水中に含まれる硫酸塩が硫酸塩還元細菌により硫化水素となり、この硫化水素が硫黄酸化細菌により酸化され、硫酸となりコンクリートを腐食させるものである。微生物腐食は進行が早く、最悪のケースでは下水道管を崩壊させ、それに伴い道路陥没事故を引き起こした報告もある。

本研究はこれまでの研究より、炭酸カルシウム（以下 CaCO_3 ）をコンクリートに混合させることにより耐硫酸性が向上することが確認されていることから、セメントに CaCO_3 を混合したセメントペースト供試体を作成し、耐硫酸性と中性化についての検討を行うこととした。

2 実験概要

CaCO_3 混合セメントペースト供試体を耐硫酸性のある PP 製の容器に入れ 10wt% 硫酸水溶液に浸漬し、定期的に供試体の形状寸法・重量、硫酸水溶液の濃度・比重、硫酸の供試体への侵食深さなどの測定から、耐硫酸性について比較・検討をおこなう。

2.1 供試体

実験に使用した供試体は $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の形状で、セメントと CaCO_3 との配合比（重量比）は表-1 に示す 4 種類とした。なお水セメント比 W/C は、セメントに CaCO_3 を加えた重量に対して 60% とし、打設 24 時間後に脱型し材齢 28 日まで標準水中養生を行った。

2.2 形状寸法・重量測定および硫酸水溶液の濃度・比重測定

形状寸法および重量の測定は、供試体を硫酸水溶液から取り出した後、純水に約 5 分間浸け表面を洗った後、供試体表面の水分を拭き取った後、5 分程度気中に放置し行うこととする。なお寸法測定にはノギスを用い定位置を測定し、重量測定には電子天秤（1/100g

表-1 セメントと CaCO_3 との配合比（重量比）

供試体番号	配合比(重量比)
①	セメントのみ
②	セメント： CaCO_3 =2：1
③	セメント： CaCO_3 =1：1
④	セメント： CaCO_3 =1：2

読み) を使用した。

硫酸水溶液の濃度・比重測定はアントンパール社製の濃度測定器 (DMA-35) を用いた。

上記項目の測定間隔は実験開始後数日間は 6 時間毎の測定としたが、その後はデータの推移を確認の上、測定間隔を拡大させ最大 24 時間とし、実験期間は 4 週を目途とした。

2.3 硫酸侵食範囲測定試験

供試体への硫酸侵食範囲を確認するために、曝露実験と同条件下の供試体を 3 日ごとに切断し、断面各部の面積測定を行った。

測定部分は総面積、セメントと硫酸が反応して二水石膏を生成した二水石膏部、1%フェノールフタレイン溶液噴霧による中性化試験で呈色した健全部、目視観察からは二水石膏部とは明らかに異なるが中性化試験で呈色しなかった硫酸侵食部の 4 つの領域を測定した

(写真-1)。なお測定には KEYENCE 社製のデジタルマイクروسコープ (VH-8000) の面積測定機能を用いた。

3 実験結果

実験結果は紙面の都合上、形状寸法および硫酸侵食範囲測定結果の一部は割愛するものとする。

3.1 硫酸水溶液曝露実験結果

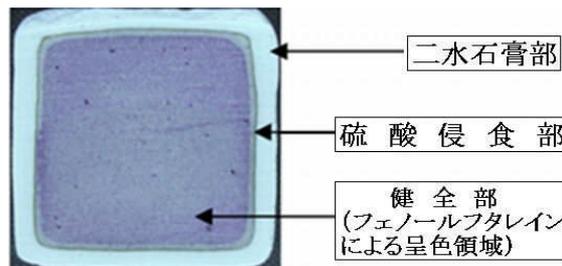


写真-1 供試体の測定断面

Keywords : CaCO_3 , セメントペースト, 硫酸曝露試験, 硫酸濃度, 表面硬度

連絡先 : 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 Tel:047-474-2444 E-mail:hosaka.seiji@nihon-u.ac.jp

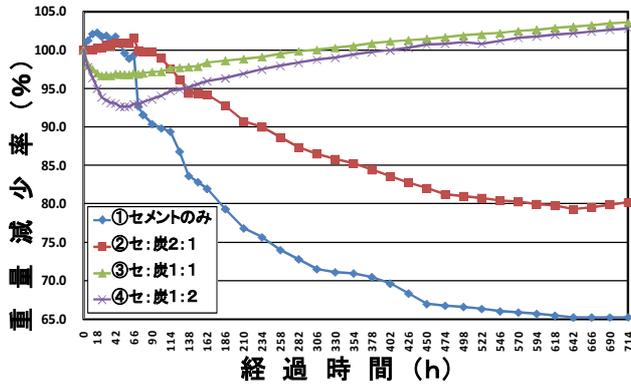


図-1 各供試体の重量減少率

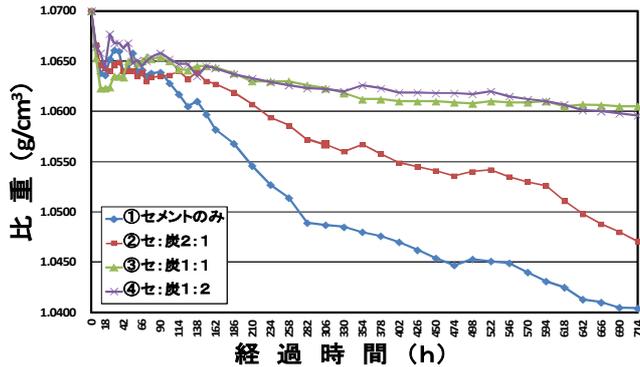


図-2 各供試体を曝露した硫酸水溶液の比重の変化

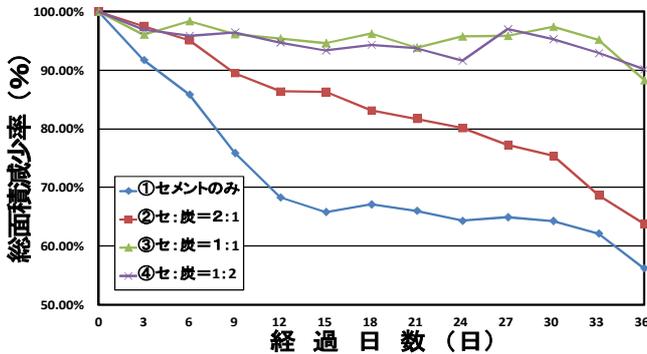


図-3 各供試体の総面積の減少率

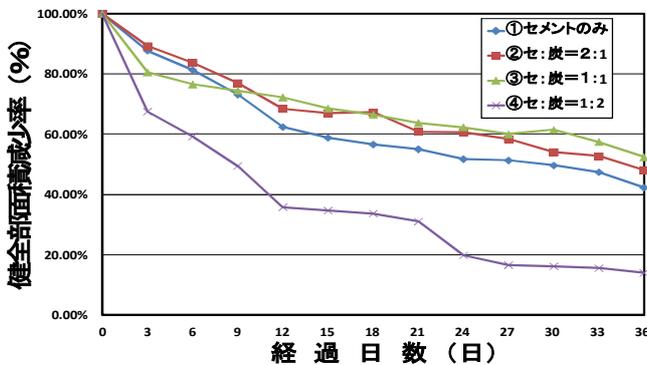


図-4 各供試体の健全部の減少率

図-1 に各供試体の重量減少率を示す。結果よりセメントのみの①、およびセメント : CaCO₃ が 2 : 1 の②は実験開始直後に重量が増加した後、減少傾向となった。CaCO₃ をセメントに対して 1 以上配合した③、④は逆に

初期に減少してから増加傾向を示した。

また、目視観察ではセメントのみの①においては実験開始直後から腐食による表面の剥離が見られたが、CaCO₃ 混合供試体では実験開始直後の剥離は見られなかった。しかし②においては、5 日目より徐々に剥離し始め実験終了時には当初の形状を保っていなかったが③、④は当初の形状を保っておりセメントに対し CaCO₃ を 1 以上配合すると耐硫酸性が向上することが明らかになった。

図-2 に示す硫酸水溶液の比重の変化より、①、②は比重の変化が大きく、③、④と比べて硫酸との反応が激しいことがわかる。すなわち、CaCO₃ を混合することにより硫酸との反応を抑制し、さらにセメントに対し CaCO₃ を 1 以上配合することにより硫酸との反応を抑制すると言える。

3.2 硫酸侵食範囲測定試験

図-3 に各供試体の総面積の減少率を示す。グラフよりセメントのみの①およびセメントに対し CaCO₃ が 1/2 の②では総面積は減少傾向にある。これに対してセメントに対し CaCO₃ を 1 以上配合した③、④では総面積の減少が少なく、形状を保持している。これは先の重量および硫酸水溶液の比重の結果とも一致する。

図-4 に各供試体の健全部の減少率を示す。グラフより健全部の減少はセメントに対し CaCO₃ を 2 配合した④が大きく、実験終了時 (36 日目) には約 14% とほとんどアルカリ分を保持していなかった。一方で①、②、③では実験終了時には約 52%~42% と④に比べアルカリ分を保持していることがわかる。すなわち、総面積と健全部の結果より、④は形状は保っているが内部のアルカリ分はほとんど失われていることがわかる。

以上、CaCO₃ 混合により硫酸による腐食を抑制することができるが、配合比によってはコンクリートの内部のアルカリ量に影響を与えることが明らかとなった。

4 まとめ

硫酸曝露実験および中性化範囲測定試験により、CaCO₃ をセメントに混合することで、硫酸による腐食を抑制できることが明らかとなった。

また、CaCO₃ の配合比はセメントに対して 1 以上が望ましいが 2 以上配合させた場合、内部のアルカリの消失が激しく、鉄筋コンクリート構造とする場合は何らかの対策が必要になるものと考えられる。