

粗骨材の硫酸劣化進行抑制効果に硫酸濃度が及ぼす影響

広島大学工学部第四類社会基盤環境工学課
広島大学大学院工学研究科
広島大学大学院工学研究院社会環境空間部門

学生会員 学生会員 フェロー会員
○波多野裕侍
大亀寛
河合研至

1. はじめに

近年、温泉地帯や下水関連施設において硫酸によるコンクリートの劣化が深刻な問題となっている。下水道施設では下水汚泥中の硫酸塩物質を起源とし、微生物の作用により硫酸が生成され、コンクリートの侵食劣化が生じる。このような環境で生成される硫酸によるコンクリート表面の pH は概ね 1 ～3 程度であり、1 を下回る場合もある。酸性雨等のその他の要因と比較すると、高濃度であり致命的な劣化の報告が多数なされている。しかし下水道などは人目につきにくい場所で劣化が進行し、酸による劣化の予測式も確立されていない。

既往の研究では劣化には硫酸の濃度や水セメント比の影響が指摘されている。しかし、既往の研究においてはセメントペースト供試体、モルタル供試体などでのみ行われているものが大半であり、コンクリートを用いた研究であっても、粗骨材の存在が劣化に与える影響について十分に考慮されているものは少なく実構造物に適用できるかについては明らかになっていない。モルタルでの研究結果を実際のコンクリートに適用するには粗骨材量を変化させたコンクリートを用いて実験を行う必要がある。そのため本研究では粗骨材量の変化したコンクリートを濃度の違う硫酸溶液に浸せきし、その結果より浸せき面のコンクリートの剥落、コンクリート内部への硫酸の浸透に粗骨材量が与える影響を検討すること、そして本研究結果を既往の研究結果と比較検討して考察することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

寸法 100mm×100mm×400mm の角柱コンクリート供試体 (W/C=0.55, 0.40) を作製し、打設後 24 時間で脱型しただちに 28 日間水中養生を行った。その後、湿式カッターで 3 つに切断した。また、コンクリートの切断面以外の 5 面を耐酸エポキシ樹脂でコーティングすることにより劣化現象を 1 方向として捉えた。使用したコンクリートの配合表を表 1 に、使用した材料の諸物性を表 2 に示す。粗骨材の含有率による違いを考察するため粗骨材体積率は、表 1 に示すように 4 水準に変化させた。なお、供試体名にある数値が、それぞれの配合における粗骨材体積率(%)を示している。また、水セメント比の違いによる粗骨材の硫酸

表 1 各供試体の配合表

供試体名	水セメント比 W/C (%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	G (5~20 mm)
G0	40	266	664	1146	0
G17		220	549	949	452
G35		174	435	751	905
G50		132	332	573	1310
G0	55	274	498	1253	0
G18		224	407	1024	479
G37		174	316	795	958
G50		137	249	626	1310

表 2 使用材料の諸物性

材料名	記号	種類/特性
セメント	C	普通ポルトランドセメント／密度：3.16g/cm ³ ／比表面積：3300cm ² /g
細骨材	S	石英斑岩砕砂／表乾密度：2.60 g /cm ³ ／吸水率 1.06%
粗骨材	G	石英斑岩碎石／表乾密度：2.62g/cm ³ ／吸水率 0.69%

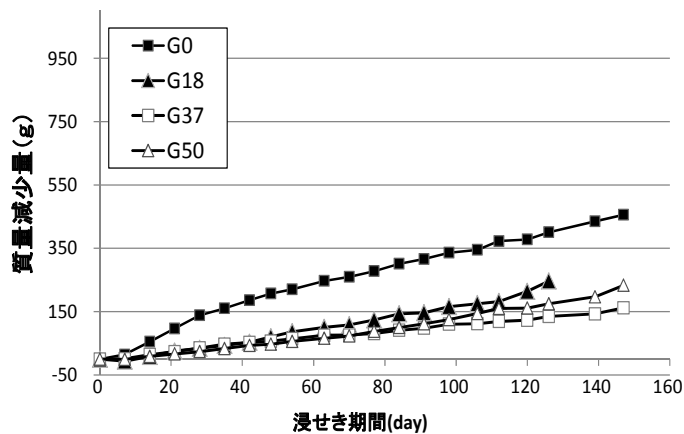
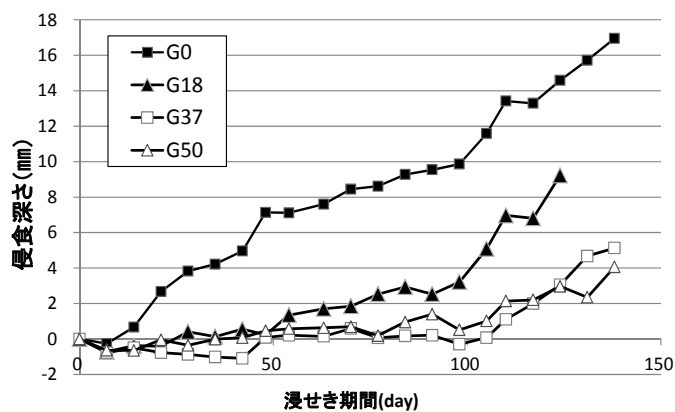


図1 硫酸濃度 5%への浸せきによる侵食深さ(左), 質量減少量(右) (W/C=0.55)

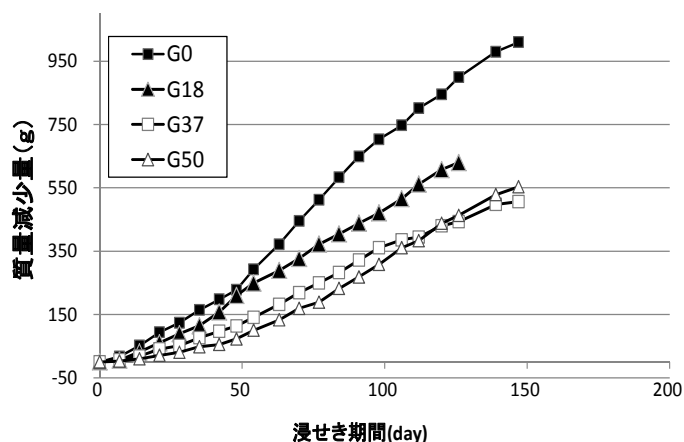
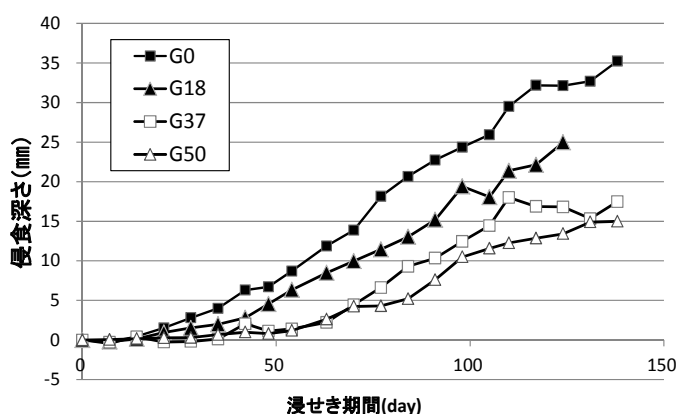


図2 硫酸濃度 10%への浸せきによる侵食深さ(左), 質量減少量(右) (W/C=0.55)

劣化進行抑制効果の違いを見るため水セメント比はそれぞれ $W/C=0.40, 0.55$ とした. このとき, G17, G18 のコンクリートでは増粘剤を加え骨材が均等に分布するようにし, 打設後コンクリートを切断し粗骨材が均等に分布していることを確認した後, 実験を行った.

2. 実験方法

作製したコンクリート供試体は, 硫酸濃度が pH 2.0 (0.006mol/L), pH1.0(0.09mol/L), 5%(1mol/L), 10%(2mol/L)の静水溶液にそれぞれ浸せきした. 浸せき後は期間ごとに侵食深さ, 質量減少量を測定した. またそれとは別の供試体を一定期間ごとに割裂し, フェノールフタレインを用いて中性化深さを測定した.

3. 実験結果及び考察

5 %, 10%の硫酸溶液での侵食深さおよび質量

減少量の結果を図1, 図2に示す. また, 図は水セメント比 0.55 を示しているが 0.40 でも同様の傾向を示した. 図1, 図2共に侵食深さおよび質量減少量ではG0 供試体の変化量が最も大きくなっている.

また, 質量減少量では初期より全ての供試体において質量が変化しているのに対し, 侵食深さではG0を除く供試体では浸せき期間 50 日前後まであまり変化が見られない傾向がみられる. これは骨材の剥落がこの期間まで見られなかったと考えられる. また, 5 %ではG37 およびG50 供試体では浸せき開始から数日, 膨張をしているがこれはコンクリート表面部の水酸化カルシウムが硫酸イオンと反応することによって二水石膏が生成されているためであると考えられる. また, 図1, 2共に粗骨材体積率が高くなるにつれ, 侵食深さ, 質量減少量が少なくなる傾向がみられるがG35 及びG37 とG50 ではあまり差がみられない. この原因として粗骨材体積率が高

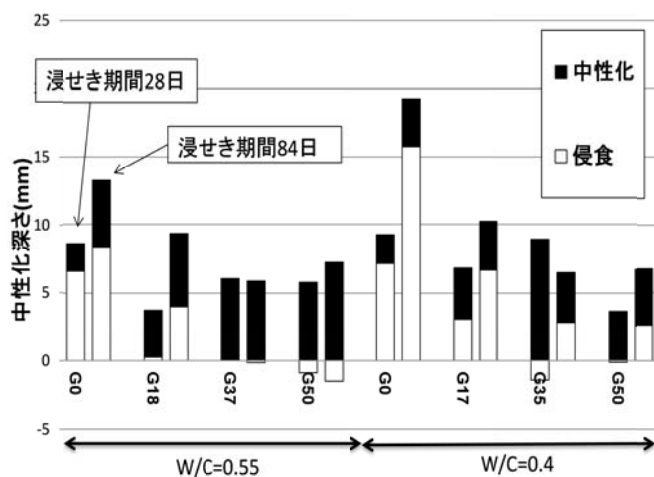


図3 5%硫酸溶液へ浸せきした時の中性化深さ

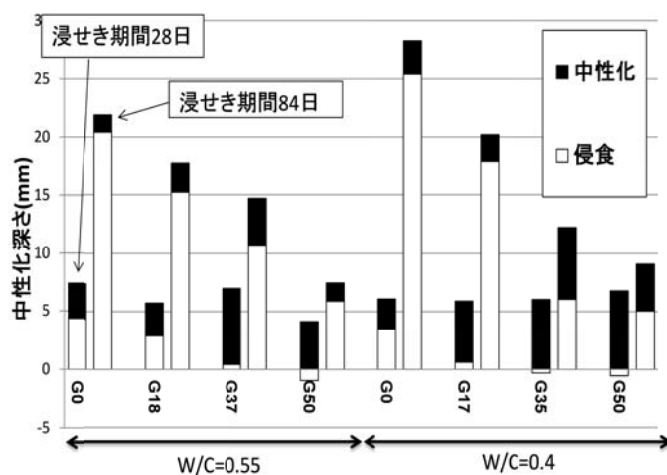


図4 10%硫酸溶液へ浸せきした時の中性化深さ

くなるにつれ浸せき面のモルタル部の面積が小さくなる為、硫酸イオンとの反応も少なくなる事、粗骨材には腐食生成物である二水石膏の剥落を抑制する効果があると考えられるが、その効果はある程度以上の粗骨材体積率では変化しない事が考えられる。

また、硫酸濃度の違いに着目してみると、侵食深さおよび質量減少量において10%に比べ5%の方がG0とその他の供試体で差が生じている。これより、前述した粗骨材の二水石膏の剥落抑制効果は硫酸濃度が薄いものの方が高いことが考えられる。

図3、図4に5%、10%硫酸溶液における中性化深さの結果を示す。浸食深さ、質量減少量と同じく粗骨材体積率が高くなれば中性化深さが小さくなる傾向を示している。また、G35及びG37とG50では10%の水セメント比0.55を除いて同じような値を示している。これは前述した侵食深さ、質量減少量と同じく、粗骨材体積率の高いG50では骨材の剥落抑制効果の程度が変化しなくなるという事が考えられる。

次に硫酸濃度の違いに着目する。図3、4で示さ

れた中性化の部分には供試体浸せき面に堆積した二水石膏の厚さを示している。5%の方が10%に比べ中性化の部分が大きい。よって10%に比べ5%の方が二水石膏が堆積しているという事が言える。以上より粗骨材の二水石膏の剥落抑制効果は硫酸濃度が薄いものの方が高いという事が考えられる。

4. 結論

- (1)硫酸劣化ではコンクリート中の単位粗骨材量を多くすることで二水石膏の剥落を抑制することが出来るが、ある程度の単位粗骨材量以上ではその効果は変化しない。
- (2)二水石膏の剥落を抑制する効果は硫酸濃度が低いほど顕著に表れる。

【参考文献】

- 1)寺林明日美, 久我龍一郎, 岩城一郎: 粗骨材量が硫酸によるコンクリート劣化に与える影響, 土木学会年次学術講演会講演概要集, No. 60V-202, 2005