

硫酸劣化の侵食深さに粗骨材間隔の与える影響

広島大学大学院工学研究科

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 ○波多野裕侍

学生会員 山口佳紀

フェロー会員 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。顕在化している硫酸によるコンクリートの劣化対策のため数多くの研究¹⁾²⁾³⁾が行われてきた。しかしながら、コンクリート供試体で行われている研究²⁾³⁾は少なく、実構造物でこれまでのモルタルもしくはセメントペースト供試体の研究結果を適用できるかは明らかではない。この研究結果を実際のコンクリートに適用するには劣化に及ぼす粗骨材の影響を考慮する必要がある。また、既往の研究³⁾では粗骨材量が多くなると硫酸劣化の進行を抑制するという結果が得られたが、その原因については明らかではない。

そこで本研究ではコンクリート中の粗骨材の間隔に着目した。アクリルパイプの内径をコンクリート中の粗骨材間と模擬し、内径の異なるアクリルパイプにモルタルを充填した供試体を濃度の異なる硫酸溶液に浸せきし、その結果よりコンクリートの硫酸劣化の進行に粗骨材の間隔が及ぼす影響を把握し、粗骨材量が異なることにより侵食が相違するメカニズムを解明することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

内径の異なるアクリルパイプに W/C=0.55, 0.40 のモルタルを充填したものを供試体として使用した。使用したアクリルパイプの内径、外径および肉厚を表 1 に示す。また、使用したモルタルの配合を表 2 に示す。打

設し 24 時間後、材齢 28 日まで水中養生を行なった。

その後、供試体は硫酸溶液へ浸せきし、一定期間ごとに 2.2 に示す測定項目を測定し、その結果より粗骨材の間隔が硫酸劣化に及ぼす影響について検討した。

2.2 侵食深さ

侵食深さは、初期供試体の長さから所定期間浸せき後までに欠損した供試体の厚さと供試体に残存する二水石膏の厚さの和とし、ノギスを用いて測定を行った。侵食深さの定義を概念図として図 1 に示す。侵食深さは、劣化により浸せき後供試体の長さが初期供試体より短くなった場合を正とし、長くなる場合に負と表すこととした。

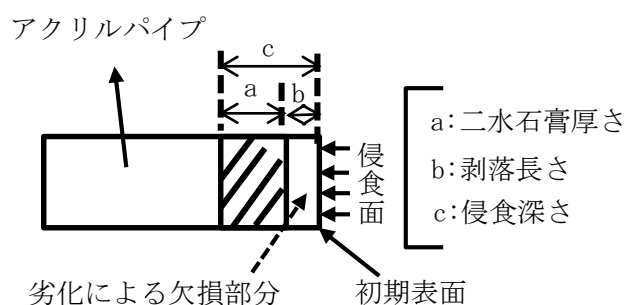


図 1 侵食深さ概念図

表 1 使用したアクリルパイプの概要

供試体名	内径(mm)	外径(mm)	肉厚(mm)
D20	20	26	3
D15	15	25	5
D10	10	16	3
D5	5	10	2.5

表 2 使用したモルタルの配合表

W/C	単位量(kg/m ³)		
	W	C	S
0.55	274	498	1253
0.40	266	664	1146

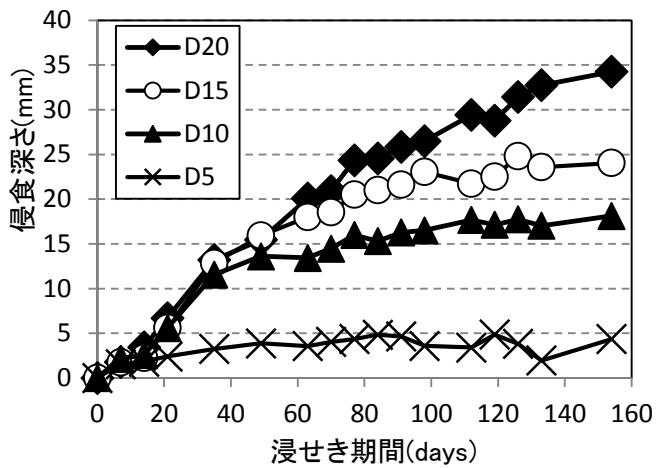


図 2 硫酸濃度 2mol/L W/C=0.55 侵食深さ

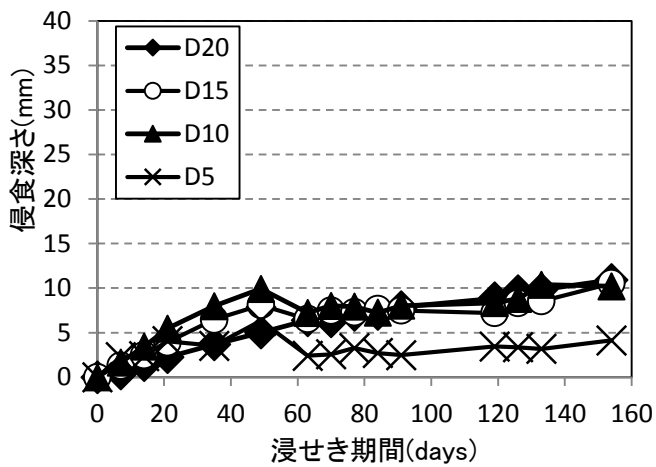


図 4 硫酸濃度 1mol/L W/C=0.55 侵食深さ

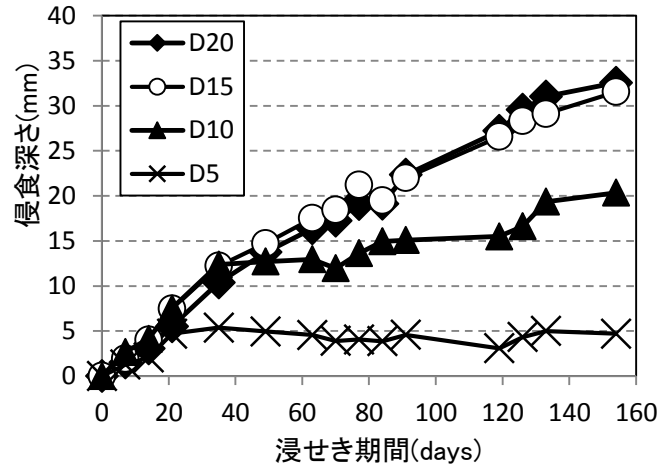


図 3 硫酸濃度 2mol/L W/C=0.40 侵食深さ

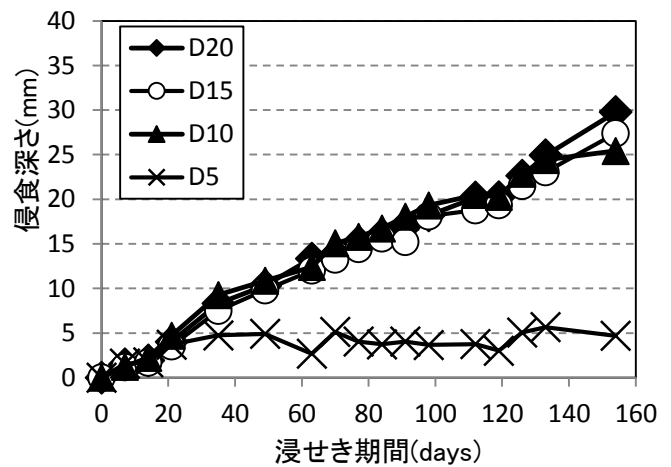


図 5 硫酸濃度 1mol/L W/C=0.40 侵食深さ

3.実験結果及び考察

図 2, 3, 4, 5 に侵食深さの測定結果を示す. どの条件においてもアクリルパイプの内径が減少すると, 侵食深さは減少する傾向を示した. この結果より粗骨材間隔の減少に伴い侵食深さは抑制されるということが示唆された.

また, 図 6, 7 では 154 日浸せき後の二水石膏厚さと剥落長さの結果を示している. この結果より, アクリルパイプ内径の小さな供試体では二水石膏の生成が少なく, アクリルパイプ内径が大きくなるほど二水石膏が多く生成され剥落せず保持されていることがわかる. にもかかわらず, アクリルパイプ内径の小さな供試体で侵食が抑制されていることから, それぞれのアクリルパイプ内で生成されている二水石膏の性質が異なることが推測された.

そこで, アクリルパイプ内に生成された二水石膏の含水率および密度について簡易的に測定した. 図 8 に

測定した二水石膏の含水率の結果を示す. 図 8 より, どちらの W/C においてもアクリルパイプの内径が大きい供試体で生成された二水石膏では水分を多く含んでいる事が分かる. また, 図 9 には生成された二水石膏の密度の結果を示す. 図 9 よりどちらの W/C においても, アクリルパイプの内径が小さいほど生成された二水石膏の密度が高い傾向が示され, 特に D5 で著しく高いことがわかる. このことより, アクリルパイプの内径が減少すると生成される二水石膏の密度は高くなり, 組織も緻密になるのではないかと考えられる. アクリルパイプ内径の小さい供試体ではこの組織の緻密化によって硫酸の浸透が妨げられるため, 劣化が抑制されているのではないかと考えられる. 以上のことから, 硫酸侵食を受けるコンクリートにおいては, 骨材間隔が狭まるとその間隙に生成される二水石膏が緻密となり, その結果として侵食が抑制されることが示唆された.

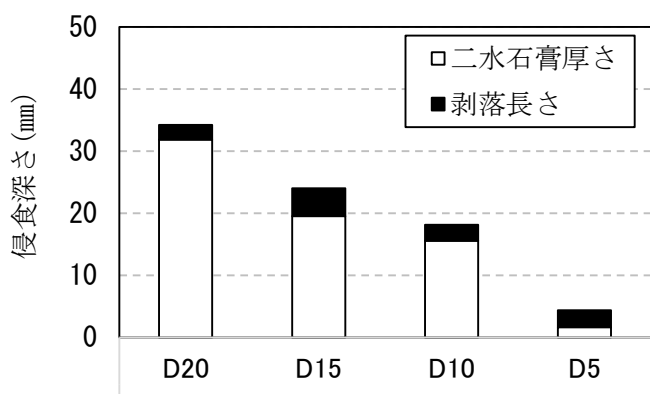


図 6 硫酸濃度 2mol/L W/C=0.55 二水石膏厚さと剥落長さ

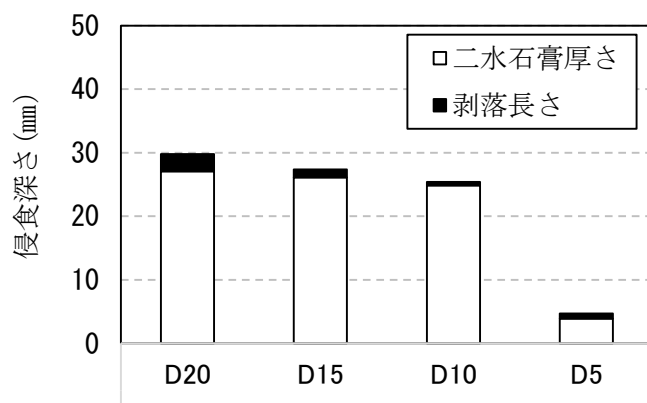


図 7 硫酸濃度 2mol/L W/C=0.40 二水石膏厚さと剥落長さ

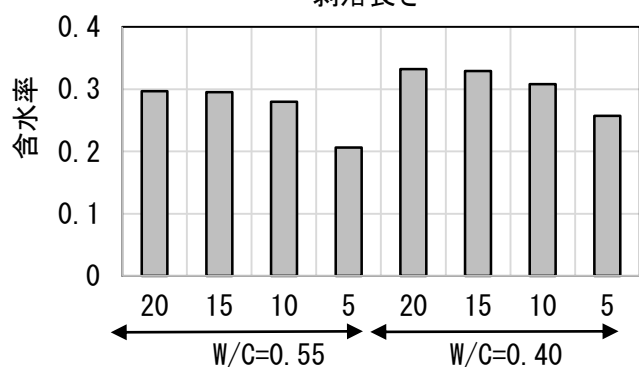


図 8 生成された二水石膏の含水率

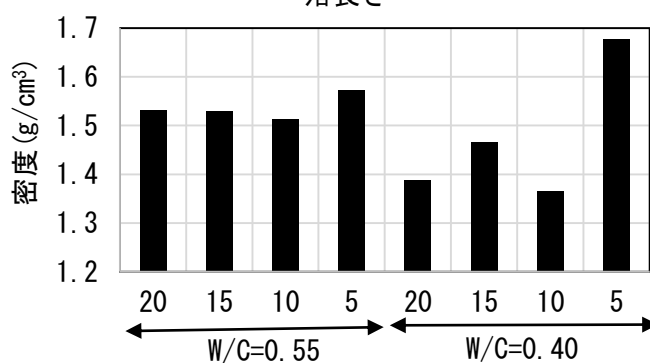


図 9 生成された二水石膏の密度

4. 結論

- (1) 硫酸劣化における侵食深さはコンクリート中の粗骨材間隔が狭まると抑制される。
- (2) (1)の抑制の原因として粗骨材間隔が狭まると生成される二水石膏の組織が緻密化することが考えられる。

【参考文献】

- 1) 蔵重勲・魚本健人：コンクリート中の水和物および微細構造が耐硫酸性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No2，pp.469-474，2001
- 2) 寺林明日美ほか：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.60 V -202，2005
- 3) 河合研至ほか：粗骨材量の相違がコンクリートの硫酸劣化に及ぼす影響，セメントコンクリート論文集，Vol.67，No1，pp.480-487，2013