

東北大学 学生会員 ○納口 恭太朗

東北大学 学生会員 寺林 明日美

東北大学 正会員 久田 真

1. 緒言

近年良質な骨材資源の枯渇化に伴って低品質骨材に対しても需要が高まっており、今後は低品質骨材を使用したコンクリートが侵食環境下に置かれることも想定される。ここで、侵食環境下に置かれるコンクリート構造物では、そのかぶりコンクリートにおける剥落や中性化等の劣化の進行程度が構造物の性能に大きく影響するが、物性値が JIS 規格を満足しない、もしくは酸に対する抵抗性が低い骨材を使用したコンクリートと標準的な骨材を使用したコンクリートでは劣化形態に違いがある可能性が想定される。そこで本研究では、骨材品質の違いがコンクリートの化学的侵食に与える影響について検討するため、骨材品質の異なる 5 種類の骨材を使用したコンクリート供試体をそれぞれ作成し、化学的侵食環境を模擬した溶液に浸漬する実験を行った。

2. 実験概要

本研究は次の実験 1 及び実験 2 から構成される。実験 1 では JIS A 5005 を満たさない低品質骨材 2 種と石灰石骨材 2 種を含む 5 種の粗骨材の耐硫酸性を調べた。各種骨材を粒径 20~25mm の範囲から約 200g 試料として採取し、これらを硫酸 5% 溶液に 2 ヶ月浸漬する実験を行い、それぞれの相対質量変化を測定した。5 種の粗骨材の物性値を表 - 1 に示す。

表 - 1 使用した骨材の物性値

粗骨材の種類	表乾密度(g/cm ³)	吸水率(%)
玄武岩	2.83	1.33
低品質花崗岩	2.45	2.98
低品質砂岩	2.54	3.12
低ドロマイト石灰石	2.69	0.78
高ドロマイト石灰石	2.78	0.87
JIS A 5005 基準	2.50 以上	3.00 以下

実験 2 では、実験 1 で試料とした 5 種の粗骨材を用いて W/C=55% で粗骨材率を 40% とした、100×100×60mm のコンクリート供試体をそれぞれ作成し、5 面を封緘してその打設底面を侵食性溶液に浸漬する実験を行った。侵食性溶液としては、下水道環境を模擬した硫酸水溶液、硫酸塩劣化を模擬した硫酸ナトリウム水溶液を準備した。加えて、酸性雨を模擬するため既往の調査結果¹⁾を参考に、硫酸イオンと硝酸イオンが質量比で 2:1 となる溶液も用いた。毎週溶液を交換するとともに、4 週ごとに浸漬面表面が侵食によって後退した幅を示す侵食深さと、供試体中の中性化領域の厚さを示す中性化厚さを測定し、それらを重ね合わせた値である中性化深さを求めた。

3. 実験結果および考察

(1) 粗骨材単体の耐硫酸性

図 - 1 は粗骨材単体を硫酸に浸漬したときの相対質量の変化を示す。石灰石骨材は質量変化が最も大きく、次いで低品質骨材が大きくなった。低品質骨材は骨材片の剥落が多く見られたが、石灰石骨材ではあまり見られなかった。また、石灰石骨材は硫酸との反応の結果、石膏を生成することが分かった。

(2) コンクリート供試体の耐硫酸性

図 - 2, 3 に、各粗骨材を使用した供試体を 16 週間硫酸 5% 溶液に浸漬したときの侵食深さと中性化厚さをそれぞれ示す。図より石灰石骨

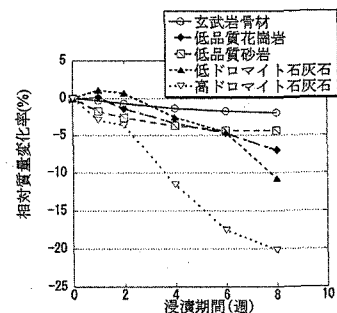


図 - 1 骨材の単体試験結果

キーワード 化学的侵食, 石灰石骨材, 低品質骨材, 中性化深さ, 中性化厚さ

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 022-217-7432

材を用いたコンクリートは侵食深さが大きく、中性化厚さは小さい。これは石膏を生じ脆弱化したモルタルが、粗骨材の表面に析出した、石灰石由来の石膏の膨張圧によって短期間で剥落を起こすためであると考えられる。

低品質骨材は中性化厚さが大きく、また侵食深さが 2mm 以下の劣化初期には侵食深さの増大が遅いが、侵食深さが大きくなるとともにその増大が早くなる傾向が見られる。低品質骨材は酸による侵食を受けると骨材自体が脆くなり、亀裂や骨材片の剥落が生じ易いことが実験 1 から分かっている。そのために粗骨材がモルタルから生成した石膏の膨張圧を低減する役割を果たし、中性化した石膏層の剥落を抑えた可能性がある。また、本研究室で既に得られた知見から、コンクリートの断面中に占める粗骨材の面積率は、その表面から 0~4mm の間に飛躍的に増加することが分かっている²⁾。このことから、劣化初期には粗骨材の周りにモルタルが存在して骨材の剥落を抑えるため侵食の速度は遅いが、侵食がコンクリート表面から 2mm を超えて進み、粗骨材が侵食面に露出するようになると骨材の剥落が起こりやすくなり、劣化が速まると考えられる。

図 - 4 に各供試体の中性化深さを示す。前述した通り、中性化深さは侵食深さと中性化厚さの和で求められる。図中、石灰石骨材を使用したコンクリートは中性化深さが大きい、これはこのコンクリートが侵食され易いことを示している。低品質骨材を使用したコンクリートは、劣化初期には玄武岩骨材を使用したコンクリートよりも中性化深さが小さいが、16 週浸漬後には侵食深さ増大の影響を受けて大きくなる。

(3) 各侵食溶液中におけるコンクリート供試体の劣化

図 - 5 に玄武岩骨材骨材を使用したコンクリート供試体を 4 種の酸性侵食溶液 16 週浸漬した場合、中性化深さと硫酸イオン濃度との関係を示す。酸性雨模擬溶液の濃度は硫酸溶液と陰イオンのモル濃度の和が等しくなるように設定したが、図よりその中性化深さには違いがあり、高濃度領域では硫酸イオンの濃度にほぼ比例することが分かる。このほか、硫酸塩水溶液に浸漬した供試体については、中性化は起こらず、モルタルの剥落なども見られなかった。しかし、硫酸イオンの浸透が確認され、わずかながら表面のひび割れなど劣化の兆候が見られた。

4. 結論

骨材品質の違いによるコンクリートの耐硫酸性の検討から、石灰石骨材を使用したコンクリートは侵食され易く、低品質骨材を使用したコンクリートも劣化が長期に及ぶと侵食が急速に進む可能性があることが分かった。また、酸性雨による劣化の進行は水中の硫酸イオン濃度に大きく影響される可能性が示唆された。

【参考文献】

- 1) 土木学会：コンクリートの化学的侵食，溶脱に関する研究の現状，2003
- 2) 久我龍一郎：硫酸環境下におけるコンクリートの劣化に及ぼす粗骨材の影響，東北大学卒業論文，2005

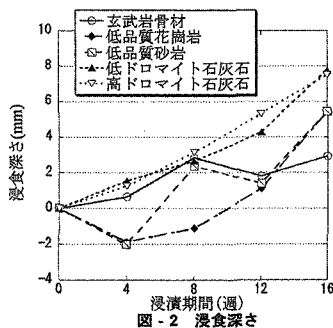


図 - 2 侵食深さ

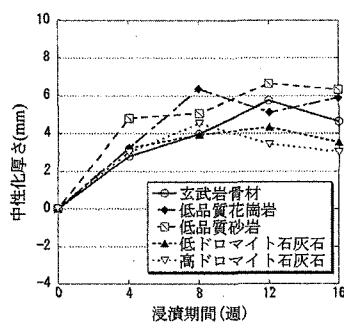


図 - 3 中性化厚さ

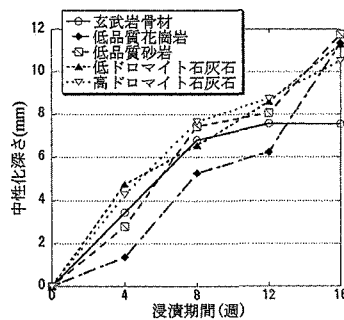


図 - 4 中性化深さ

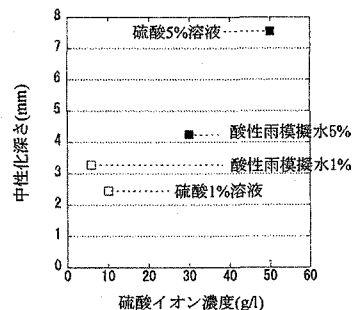


図 - 5 中性化深さと硫酸イオン濃度の関係