

粗骨材量が硫酸によるコンクリート劣化に与える影響

東北大学大学院 学生会員 ○寺林 明日美
 東北大学 久我 龍一郎
 日本大学 正会員 岩城 一郎

1. 緒言

下水道関連施設でのコンクリート構造物の硫酸による劣化が近年深刻化しており、その機構解明についてこれまで研究がなされてきた¹⁾。既往の研究ではモルタルを用いたものが多く、また、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は十分に考慮されているものが少ない。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の存在による劣化への影響を把握する必要があると考え、筆者らはこれまで粗骨材量を変化させたコンクリートを用いた実験を行い、劣化の初期段階における粗骨材の影響について考察してきた²⁾。本研究では劣化がより進行した状況を想定し、浸漬面でのコンクリートの剥落や、コンクリート内部への硫酸の浸透に、粗骨材量の違いが与える影響について検討した。

2. 実験概要

コンクリートの配合は、W/C=55%、S/C=2.6%（細骨材セメント比）のモルタルの配合を基本とし、粗骨材を外割で加えることにより、粗骨材体積率を変化させたコンクリートを作製し、粗骨材が硫酸によるコンクリートの劣化に及ぼす影響について検討を行った。粗骨材体積率は、0%（モルタル供試体）、20%、40%、50%とした。供試体の大きさは10cm×10cm×8cmとした。実験は硫酸浸漬面である打込み底面以外の5面を被覆して1面浸漬実験とすることで硫酸による劣化現象を1次元として捉えた。硫酸濃度は3%とし毎週溶液を全量交換した。測定は4つの供試体について毎月ダイヤルゲージより侵食深さを測定し、それとは別の供試体を浸漬後2、4、6、9ヶ月目に割裂することにより中性化深さを測定した。

表-1 コンクリート及びモルタルの配合表

記号	水セメント比 W/C(%)	細骨材セメント比 S/C(%)	粗骨材率 s/a(%)	単用量(kg/m ³)			
				W	C	S	G
0%	55	2.6	100	291	530	1368	0
20%			66	232	422	1090	572
40%			42	174	316	815	1140
50%			32	143	261	673	1430

3. 実験結果および考察

図-1には隔週で超音波洗浄した供試体を用いて測定した侵食深さの経時変化を示す。図より、侵食深さの挙動はまず、粗骨材量が少ない0%、20%と、粗骨材量が多い40%、50%で大別されることが分かった。まず前者について見てみると浸漬開始後侵食深さは一旦反応生成物の堆積により負の値を示し、侵食が始まり正の値に転じた以降もしばらくは横ばいの状態が続く。0%では20週目及び20%では28週目から、それぞれ侵食深さは大きく増加し始めた。一方、後者については浸漬開始後4週目から侵食深さは大きく増加し始めたが、16週目あたりで約2mmに達すると変化が緩やかになった。そして40%では32週目及び50%では36週目にそれぞれ侵食深さが約4mmに達した後、再び変化が大きくなっている。以上のような結果が得られた理由として、粗骨材量による反応生成物の剥落メカニズムの違いと浸漬面付近での断面中の粗骨材割合の違い及び、粗骨材による硫酸の遮蔽効果に着目して以下で考察する。

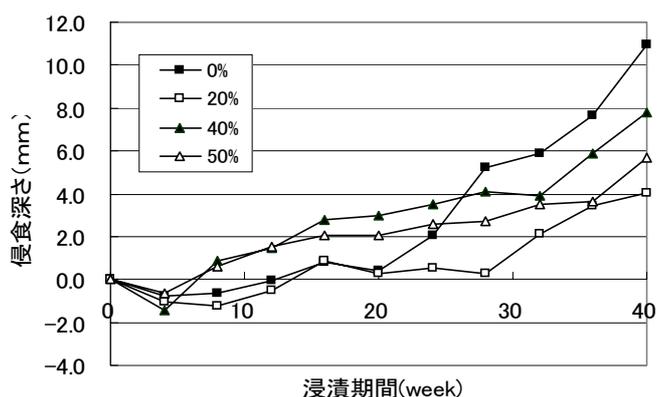


図-1 浸漬期間と侵食深さの関係

キーワード 下水道施設, 化学的腐食, 粗骨材量, 硫酸, 侵食, 硫酸浸透

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

まず、浸漬開始から約 20 週目までで粗骨材が少ないものと多いもので侵食深さに違いが出た理由として粗骨材量による反応生成物の剥落メカニズムの違いが挙げられる。(図-2 参照) 浸漬後、浸漬面から順にセメント水和物が硫酸と反応して二水石膏が生成され、その生成物が膨張することにより体積が増加する。さらに粗骨材が存在するとその膨張圧を粗骨材が受け、その結果、生成物に粗骨材からの反力が作用して剥落が進行する。よって、浸漬面近傍に粗骨材が多く存在する 40%、50%の供試体では、浸漬開始後早い時期に生成物の剥落が起こりやすく、この期間では 0%、20%よりも侵食が促進されたと考えられる。

しかし、浸漬後ある程度経過すると粗骨材量の少ないものの侵食深さが大きく増加し始めた。粗骨材量が少ないものは粗骨材で硫酸の浸透が遮断されることがないために層状に浸透し、生成物の脆弱化も層状に進む。よって、剥落も層状に起こることになり、浸漬面に粗骨材量が少なく連続したモルタル部分が多いものほど一度に剥落する量が多くなるため、20 週目以降 0%の侵食深さの速度が大きくなったと思われる。20%については 0%よりも剥落し始めるのが遅くなっているが、これは若干ではあるが粗骨材が入ることにより硫酸の浸透が遮られて脆弱化が遅くなることに起因していると思われる。硫酸の浸透については図-3 に示す中性化深さからも分かるように、粗骨材が多いものほど深くまで進んでおり、粗骨材による遮断効果が認められる。

最後に、40%、50%での反応物の剥落について考察する。前述したように粗骨材が多いものは深さによって3段階の挙動に分けられる。このように、コンクリート中の劣化進行速度は複雑に変化することが明らかになった。図-4 には浸漬面である供試体底面から供試体内部の深さ方向の断面中に粗骨材面積が占める割合を粗骨材量 40%の供試体について求めた結果である。これによると底面からの深さ約 4mm までは粗骨材面積が徐々に増えており、一定になるのは 4mm 以上の範囲となっている。これを参考に 40%、50%の反応物の剥落について考えると、まず図-1 で侵食深さが 2mm までは粗骨材の反力を受けて剥落が進む部分(段階①)、2mm から 4mm までは最表層の粗骨材が浸漬面で剥き出しの状態になるものの粗骨材自身は剥落せず、侵食深さの速度が一旦緩やかになる部分(段階②)、そして侵食深さが 4mm に達すると粗骨材自身の剥落が始まり侵食深さの速度が再び大きくなる部分(段階③)の3段階に分けられる。

4. 結論

本研究では、粗骨材量により二水石膏の剥落メカニズムや硫酸の浸透遮断効果が異なり、その影響でコンクリートの劣化の進行形態も大きく異なることが示された。また、コンクリートの侵食深さの結果とコンクリート深さ方向の粗骨材量を定量評価した結果には関連性が認められ、コンクリートの複雑な劣化進行過程を説明することができた。

【参考文献】

- 1) 蔵重勲：硫酸によるコンクリート劣化のメカニズムと予測手法，東京大学博士論文，2002
- 2) 吉田祐介，寺林明日美，三浦尚：硫酸によるコンクリート劣化に及ぼす粗骨材量の影響，東北支部技術研究発表会講演概要，2004

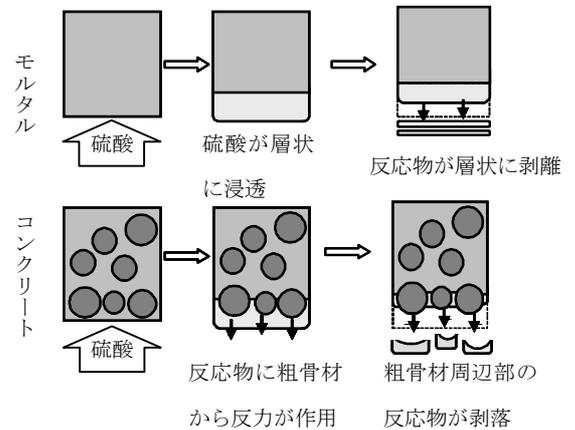


図-2 剥落メカニズムの違い

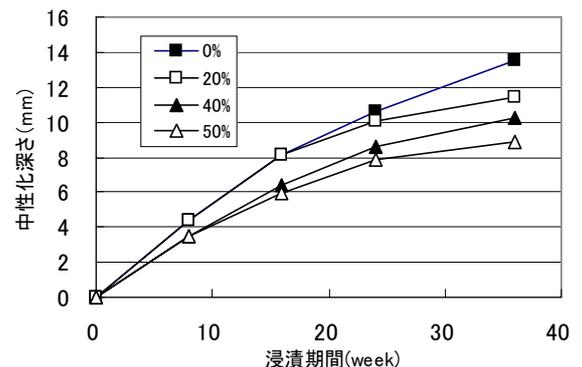


図-3 浸漬期間と中性化深さの関係

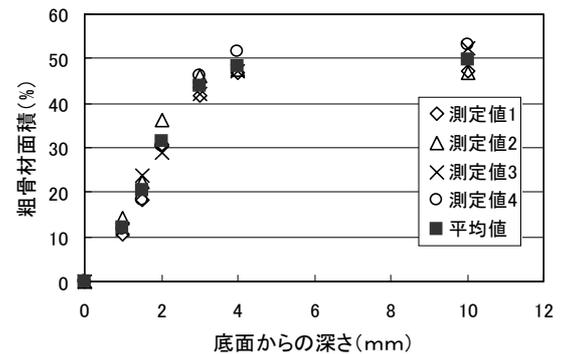


図-4 粗骨材面積の分布