

V-10 粗骨材量がコンクリートの硫酸による劣化に与える影響

東北大学 学生会員 ○寺林 明日美
 東北大学 久我 龍一郎
 東北大学 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。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($G\%$)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 $10\text{cm}\times 10\text{cm}\times 8\text{cm}$ 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。測定は隔週で供試体質量を測定すると共に、毎月モルタル部の侵食深さを測定した。

3. 実験結果および考察

図-1に時間経過に対する、相対質量変化の関係、図-2は侵食深さとの関係を示す。それぞれ同じ供試体を用いたため、質量変化と侵食深さの両方の観点から粗骨材が劣化に及ぼす影響について考える。

まず、図-1より初期の質量増加は、 40% 、 50% に比べ 0% 、 20% の方が大きく、質量減少の開始も遅いために約10週目までは粗骨材量の多いものの方が少ないものより質量は減少している。その後は粗骨材量の少ないもの、特に 0% の減少速度が大きくなり、浸漬期間20週以降の質量減少量は $0\%>40\%>20\%>50\%$ の順となっている。

また、図-2を見ると、浸漬開始から20週までは 0% 、 20% と 40% 、 50% で傾向が異なっており粗骨材量が少ないものの方が侵食速度は遅い。20週を過ぎると 0% の侵食深さが大きく変化するものの、 20% については16週からほぼ一定の値をとっている。 40% 、 50% については、8週から16週の間の傾きに対して16週以降の傾きは小さくなっていることが分かる。

相対質量変化と侵食深さの結果を照らし合わせると、質量減少に対応して侵食深さも増加するという結果が得られない部分が二点あった。一つは、10週目以降、 0% 、 20% の質量減少量が 40% 、 50% よりも大きい、または同程度に推移しているにも関わらず、侵食深さを見ると20週目まで、両者の間には $2\sim 3\text{mm}$ の違いがあることである。ただし、 0% については20週以降から、侵食深さにも質量減少に見

表-1 コンクリート及びモルタルの配合表

G (%)	水セメント 比 W/C(%)	細骨材セ メント比 s/a(%)	細骨材率 s/a(%)	単位量(kg/m3)			
				水	セメント	細骨材	粗骨材
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

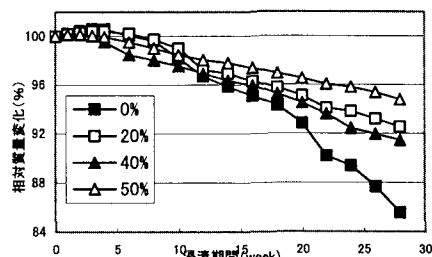


図-1 浸漬期間と相対質量変化の関係

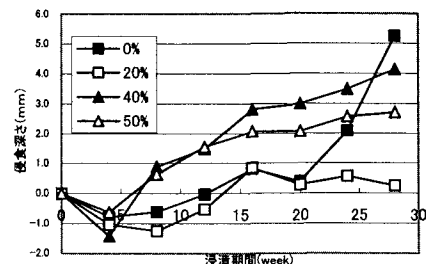


図-2 浸漬期間と侵食深さの関係

合うような変化が現れている。二つ目は、20%の質量は単調減少しているにもかかわらず、侵食深さは28週経っても大きな変化が見られない点である。これより、この二点を中心に考察し、粗骨材量の違いによる劣化メカニズムについて検討する。

前者の理由の一つは、セメント水和物と硫酸の反応により生成する二水石膏などの生成物が膨張することで、その密度が反応前のモルタルの密度よりも減少したためであると考えられる。予備実験により密度を求めたところ、反応生成物の密度は 1.89g/cm^3 であった。本実験に使用したモルタルの密度は 2.17g/cm^3 であるため、前述したように、図-1に示した質量変化は侵食深さで表されるコンクリートの剥落によるものと、モルタル部分の密度変化によるものが合わさった結果であると言える。ここで、密度が変化した部分つまり反応生成物が堆積している部分について、その厚さを測定した結果を図-3に示す。明らかに、粗骨材が少ない

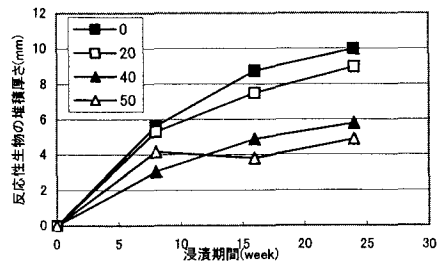


図-3 浸漬期間と反応性生成物の堆積厚さの関係

表-2 粗骨材と生成物の高さの差

粗骨材量(%)	0	20	40	50
粗骨材と生成物の高さの差(mm)	—	-1.91	3.87	4.00

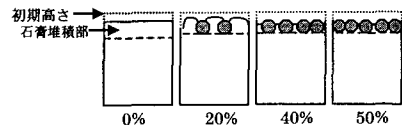


図-4 粗骨材による劣化形態の違い

ものほど大きい値となっていることが確認される。これより、0、20%の供試体は深さ方向の生成物の堆積厚さが大きいために、40、50%と比較すると密度変化による質量減少の割合が大きく、侵食深さには反映されない質量減少量があると推測される。また、40、50%について0、20%と同程度の質量変化にも関わらず侵食深さが大きい理由としては、粗骨材量による供試体中の構造の違いが関係していると思われる。つまり本実験の劣化レベルでは粗骨材が露出しているが、剥落しているのはほぼモルタルであり各配合で質量変化量にほとんど違いがないとすれば、ほぼ同量のモルタルが剥落していることになる。ゆえに、供試体中に粗骨材が多く含まれている程、粗骨材以外の部分が深くまで侵食されることになる。以上に加え、浸漬面中の隅角部は中心部よりも比較的侵食されやすく、特にモルタルが多い配合ほどその影響が大きくなるので、0%を中心に質量変化にはこの影響も多少含まれていると考えられる。

次に後者の理由であるが、粗骨材量により生成物の剥落のメカニズムが異なることが考えられる。目視により0%の剥落の様子は他の配合とは異なり、浸漬面中で脆弱になった部分が一度に層状に剥離する様子が認められた。0%では粗骨材による硫酸の浸透の遮蔽効果がなく、濃度の高い浸漬面に近いところから段階的に層状に剥離した結果であると思われる。一方、粗骨材が多い40、50%では粗骨材間の生成物の剥落が、粗骨材量の少ない20%よりも卓越しており、これは粗骨材が密に存在するほど生成物の膨張圧に対する粗骨材の反力が、大きく影響するためであると考えられる。この点については、粗骨材部分に対する生成物部分の深さの相対的な差を参考に考えることができる。表-2より、40、50%では粗骨材部分よりも生成物部分の方が約4mm侵食されているのに対し、20%は生成物部分の深さが1.91mmも高くなっていることが認められ、20%では、40、50%よりも剥落に遅れが生じていることが分かる。以上の劣化メカニズムを整理し、図-4に粗骨材量による劣化形態の違いを表す。

4. 結論

硫酸による劣化を受けたコンクリート供試体の質量、侵食深さ、反応生成物の堆積層の測定結果より、粗骨材量の違いが硫酸劣化の形態に及ぼす影響を解明することができた。すなわち、粗骨材量0%のものは硫酸の浸透が促進されると共に層状に脆弱層が形成されて剥離が起り、本実験中最も侵食が進行した。粗骨材が含まれると粗骨材の反力により生成物の剥落が生じるが、粗骨材量の多いもののほどその影響を受けやすく、20%に比べ40、50%の方が侵食される傾向を示した。

【参考文献】

- 1) 藤重勲：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