各種セメントの耐酸性に関する基礎的研究

東京大学大学院　○学生会員　白勢　和道
東京大学大学院　学生会員　畑中菜穂子
東京大学生産技術研究所　フェロー会員　魚本　健人

１．はじめに

近年、劣化に関する調査が各方面で行われ、その結果、コンクリートは維持管理が必要な材料である事が明らかになっている。コンクリートには様々な劣化要因があり、わが国では 1985 年頃から下水道施設におけるコンクリートの腐食が問題となっている。その中で様々な成分のセメントが耐酸セメントとして開発され、補修材などに使用されている。しかし、それらセメント材料がどの程度耐酸性に優れたものかどうかは明らかではなく、実際の腐食・劣化現場における信頼性は定かではない。そこで本実験では様々な耐酸セメントを用いた硫酸の浸漬実験を行い、それらセメントの硫酸に対する抵抗性を評価する事を目的とする。

２．実験概要

実験で使用する材料,供試体を表-１に示す。各種配合の異なる耐酸セメント（プレミックスセメント。以下セメント A～I）ならびに比較対象用として、普通ポルトランドセメント（以下 OPC）を用いて、モルタル硫酸浸漬実験を行った。供試体はΦ5×10cm の円柱供試体を使用し、脱形後 28 日間水中養生した後、上下端面はエポキシ樹脂を塗布し、側面のみ侵食するようにした。浸漬期間 2,4,8 週、硫酸の pH0.5、1.0 の硫酸浸漬槽を使用した。硫酸は浸漬試験中に pH が変動しないように硫酸を添加して調整した。これら浸漬試験は静水中で行った。測定項目は図 1 に示す項目について行なった。重量減少率はエポキシ樹脂を上下端面に塗布した後に測定した重量を初期重量として各浸漬週ごとに測定した結果で除して求めた。侵食深さ、中性化深さはエポキシ樹脂塗布後に測定した直径を初期直径とし、浸漬試験終了後、割裂した供試体表面をフェノールフタレイン溶液で滴下してできた呈色域を中性化深さ、未呈色域を侵食深さとして直行する 2 方向、計 4 点を測定した。なお中性化深さ、浸食深さは図 1 に示すように初期断面位置からの深さで表す。

表1:試験概要

使用材料	耐酸セメント　9種
	普通ポルトランドセメント　1種
W/C	耐酸セメント　30～40%
	普通ポルトランドセメント 30%
供試体	Φ5×10cm　円柱供試体
環境環境	28日水中標準養生後 硫酸濃度:pH=0.5,1.0 浸漬期間:2･4･8週

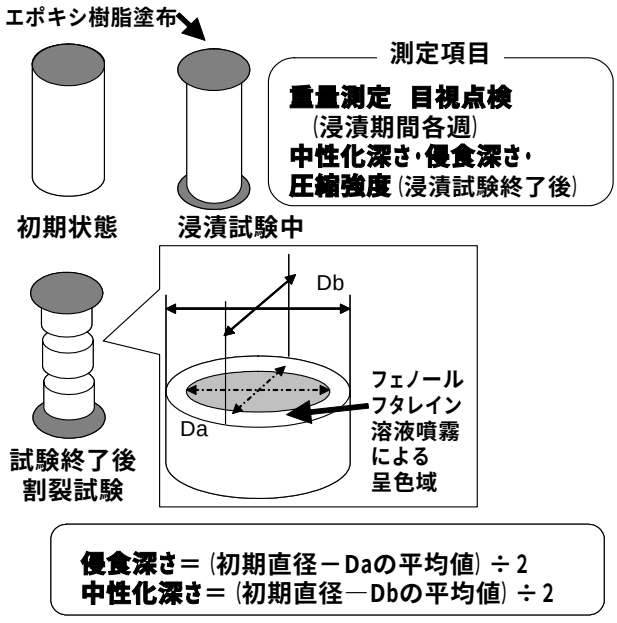

図1:測定項目及び侵食･中性化深さの定義

３．実験結果

1）pH による各種セメントの劣化

図 2～5 より pH=0.5 のように酸性度が高い方が重量減少率、中性化深さ、侵食深さともに大きく変化し、pH の違いによる各種セメントの耐酸性効果は変化しない事がわかった。この事から本実験では浸漬する硫酸の濃度によらず、各種セメントの耐酸性の性能の評価を行なう事ができると考えられる。

2）各種セメントの劣化

①重量減少率と中性化深さ

キーワード: 耐久性　耐酸性　耐酸セメント　硫酸浸漬実験　化学的侵食
連絡先:〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所　魚本研究室　ＴＥＬ03-5452-6098 ex58090

図 2 に pH＝0.5、図 3 に pH＝1.0 の各種セメントの硫酸浸漬 8 週までの重量減少率と中性化深さの関係を示した。この結果および目視から耐酸セメントは OPC と比べ重量変化、中性化深さは小さくなっている。

耐酸セメントを比較するとセメント A・B・C・D・E は pH=0.5,1.0 ともに重量は増加、すなわち、供試体が膨張しており、一方でセメント F・G・H・I はともに重量が減少し激しく侵食している事がわかった。セメント A は重量の増加が顕著であるが、中性化深さは他のセメントと比較してもさほど大きくない。セメント B はセメント A と比較すると pH=0.5 では重量の増加は小さいが中性化深さは、重量が増加するセメントの中では最も大きく、pH=1.0 では重量増加、中性化深さともにセメント A と同程度である。この事からセメント B のモルタル供試体は、表面は膨張をしながら内部は中性化している事がわかる。セメント C、D、E は重量が増加している他のセメントと比べ、重量変化、中性化深さともに小さく、最も初期状態に近い。

セメント F・G・H・I は OPC と同様に中性化深さ、重量減少とも大きい。特にセメント G・H・I は OPC よりも重量減少に伴う中性化深さが大きく、内部の中性化が進行していると推測できる。

②重量減少率と侵食深さによる侵食

図 4 に pH=0.5・図 5 に pH=1.0 の硫酸浸漬 8 週目までの各種セメントの重量減少率と侵食深さの関係を示した。これら結果から各種セメントとも重量変化と侵食深さは比例関係を示しており、この表からセメントの種類に関係なく、重量減少率により侵食深さや直線の傾きから供試体の硫酸侵食の進行をある程度推定できると考えられる。耐酸セメントそれぞれを OPC と比較すると pH によらず、セメント A・B・C・D の直線の傾きは小さく、硫酸侵食の進行は比較的遅い事がわかった。一方、その他のセメントは OPC と同程度、或いは pH=1.0 のセメント G・H・I のように OPC と比べると重量減少が大きくなっている。

4．まとめ

以上、本実験で得られた知見・考察をまとめると、

- 重量減少率と侵食深さのグラフの傾きによって本実験では、各種セメントの硫酸侵食の進行程度がある程度予測できた。
- セメント A・B・C は、中性化深さは他のセメントとほぼ同程度であるが、供試体の重量が増加（膨張）していく事で侵食の進行を遅らせる働きがある。
- セメント C・D・E は、重量変化、中性化深さ、侵食深さとも小さく、本実験の中では優れた耐酸性能を示している。
- セメント F・G・H・I は OPC と比べ重量変化、中性化深さ、侵食深さ、侵食の進行程度もほぼ同程度かそれ以上であり、本実験では耐酸性に富んだセメントとは言い切れない。

となる。本実験では優れた耐酸性の配合、各種耐酸セメントの配合は得られなかった。本実験で使用したセメント硬化体の分析などさらに研究を行なっていく必要があると考えられる。

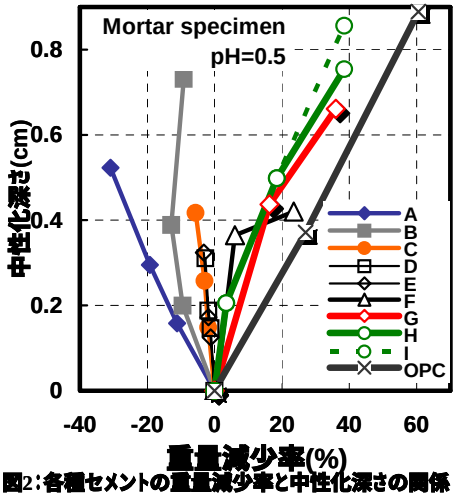

図2:各種セメントの重量減少率と中性化深さの関係

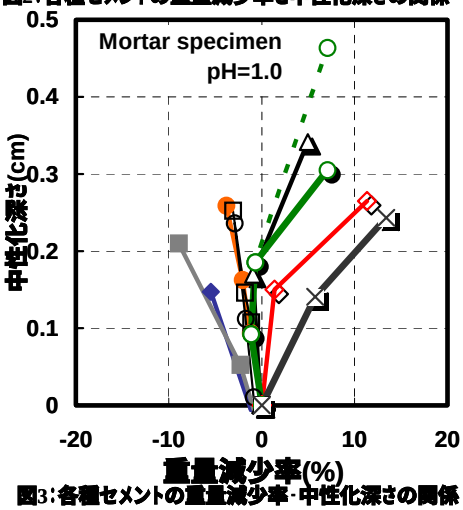

図3:各種セメントの重量減少率-中性化深さの関係

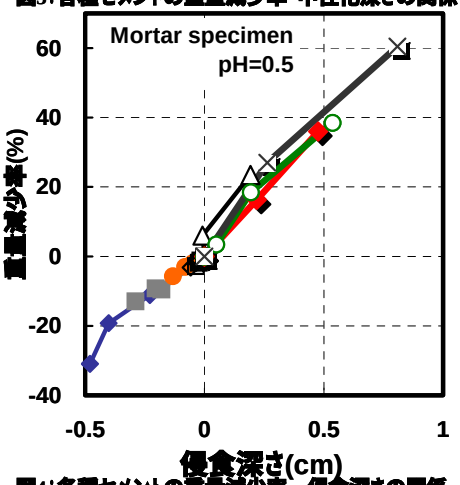

図4:各種セメントの重量減少率ー侵食深さの関係

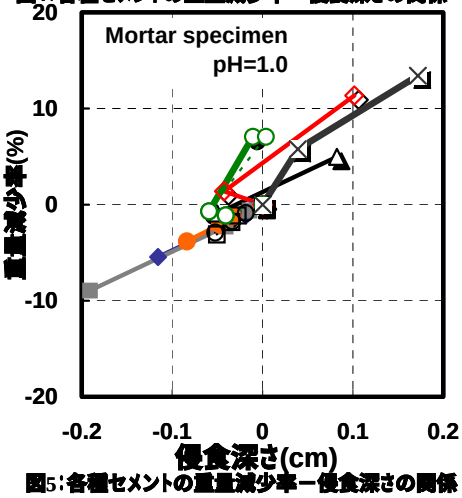

図5:各種セメントの重量減少率ー侵食深さの関係