

## 硫酸抵抗性を有するモルタルの性能向上に関する基礎実験

(株)熊谷組 技術研究所 正会員 野中 英 正会員 小山 秀紀  
(株)熊谷組 技術研究所 戸上 郁英

### 1. 目的

下水道施設では、下水や汚水より生成する硫化水素に起因する硫酸によりコンクリートが著しく損傷し、問題となることがある。損傷した施設の補修方法としては、劣化したコンクリートを除去し、無機系のモルタルにより断面修復を行った後、表面に樹脂系の防食被覆を施す工事が一般的に行われてきた<sup>1)</sup>。しかし、これらの工法は施設の稼働を長時間止められないため工期が短時間であること、高湿度な環境下での工事となり防食被覆にふくれ等の不具合発生の問題があった。そこで筆者らは、既往の研究で断面修復材のモルタルに硫酸抵抗性を持たせることを検討し、セメントの70wt%をフライアッシュ(30wt%)、高炉スラグ微粉末(30wt%)、シリカフューム(10wt%)に置換することにより、普通モルタルと比べ硫酸による損傷が少ないことを確認した<sup>2)3)</sup>。

本研究では、既往の研究<sup>2)3)</sup>で硫酸抵抗性を有することを確認したモルタルの性能向上を目的とし、モルタル表面からの劣化因子の侵入を阻止する材料を添加および塗布することにより、各対策が硫酸に対する抵抗性を有するかを確認した。

### 2. 実験概要

#### 1) 使用材料およびモルタルの配合

表-1にセメント、混和材料の物性値を示す。配合は、セメント、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフュームの組成比率C:FA:BS:SF=3:3:3:1を従来配合とし、表-2に示す添加材4種類および塗布剤2種類を従来配合に添加および塗布した。

試験ケースは、(1)普通モルタル、(2)従来配合、(3)SBR系ポリマー添加、(4)酢酸ビニル系ポリマー添加、(5)アクリル系粉末撥水剤添加、(6)ポゾラン系粉末防水剤添加、(7)水ガラス系表面改質剤塗布、(8)シラン系撥水剤塗布の8ケースで実施した。添加材は、(3)(4)が結合材の10wt%、(5)が結合材の0.5wt%、(6)が結合材の7wt%を細骨材と置換して使用した。塗布剤(7)(8)は、従来配合のモルタル打設後21日で表面に0.3kg/m<sup>2</sup>塗布した。各モルタルの配合を表-3に示す。

#### 3) 試験方法

##### 圧縮強度試験

圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準拠し、材齢 3、7、28、91 日で実施した。

##### 硫酸浸漬試験

供試体作製後材齢1日で脱型し、材齢2週まで水中養生し、その後2週間20、60%RHの恒温恒湿室で養生した後、硫酸濃度0.5% (pH1)の溶液に浸漬し、1、4、8、13、26週で重量の測定を実施した。供試体の寸法は4×4×8cmとし、4×8cmの2面を解放面とし、その他の面はエポキシ樹脂により封緘した。材齢26週では、重量測定終了後の供試体を割裂し、切断面に1%フェノールフタレイン溶液を噴霧し、供試体の赤色部分の幅を測定し、中性化深さ(硫酸浸透深さ)を確認した。

キーワード：モルタル、硫酸抵抗性、混和材、塗布剤

連絡先：〒162-8857 東京都新宿区津久戸町2-1 TEL：03-3235-8617 FAX：03-3235-5367

表-1 セメント、混和材料の物性値

セメント	C	早強ポルトランドセメント 比重3.14、比表面積4,520cm <sup>2</sup> /g
水	W	つくば市水道水:比重1.00
フライアッシュ	FA	比重2.29、比表面積3,380cm <sup>2</sup> /g
高炉スラグ微粉末	BS	比重2.91、比表面積3,350cm <sup>2</sup> /g
シリカフューム	SF	比重2.20、比表面積228,800cm <sup>2</sup> /g
細骨材	S	珪砂4,5,6号

表-2 各種添加剤および塗布剤の種類

添加材	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SBRラテックス(SBR系ポリマー)</li> <li>・酢酸ビニル系ポリマー-サリチル酸ビニル系重合体(酢酸ビニル系ポリマー)</li> <li>・アクリル系粉末撥水材</li> <li>・ポゾラン系粉末防水材</li> </ul>
塗布剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水ガラス系表面改質剤</li> <li>・シラン系撥水剤</li> </ul>

表-3 配合表

配合種類	W/C	W	C	FA	BS	FA	S	添加材*
	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )						
(1)普通モルタル	35	270	772	0	0	0	1099	-
(2)従来配合	35	270	231	231	231	77	991	-
(3)SBR系ポリマー	35	270	231	231	231	77	791	B×10%
(4)酢酸ビニル系ポリマー	35	270	231	231	231	77	791	B×10%
(5)アクリル系粉末撥水剤	35	270	231	231	231	77	980	B×0.5%
(6)ポゾラン系粉末防水剤	35	270	231	231	231	77	937	B×7%

\* 添加剤は結合材の重量比とし、細骨材と置換した

\* (7)水ガラス系表面改質剤(8)シラン系撥水剤の配合は(2)従来配合と同様

### 3. 実験結果および考察

#### 1) 圧縮強度試験

圧縮強度の経時変化を図 - 1 に示す。材齢 91 日における圧縮強度は、(1) 普通モルタルで  $91.2\text{N/mm}^2$  となり、(2) 従来配合、(5) アクリル系粉末撥水剤、(6) ポゾラン系粉末防水剤は  $60\sim 70\text{N/mm}^2$ 、(3) SBR 系ポリマー、(4) 酢酸ビニル系ポリマーは  $50\text{N/mm}^2$  となった。この結果より、従来配合と比べ添加剤の割合が少ない(5) アクリル系粉末撥水剤、無機系の(6) ポゾラン系粉末防水剤の強度の変化は少なく、(4) SBR 系ポリマー、(5) 酢酸ビニル系ポリマーは、3 割程度強度低下することを確認した。

#### 2) 硫酸浸漬試験

##### 重量変化

重量測定時に脆弱部を除去しない場合の硫酸浸漬後の重量変化を図 - 2 に、脆弱部を除去した場合の硫酸浸漬後の重量変化を図 - 3 に示す。

脆弱部を除去しない場合の重量変化は、(1) 普通モルタルで 85% まで減少したが、その他の供試体については 100% 以上と重量減少は認められない。これは、脆弱部を除去しない場合、(1) 普通モルタルでは表層が崩壊するのに対し、(2) ~ (8) 普通モルタル以外では崩壊までには至らない表層部が残留しているためである。

次に、脆弱部を除去した供試体の重量変化は、硫酸浸漬期間 7 週まではどの材料においてもほぼ同等の重量減少であったが、硫酸浸漬期間 13 週以降となると(1) 普通モルタルの重量減少が大きくなり、(2) ~ (8) 普通モルタル以外ではほぼ同等の重量減少であった。

##### 硫酸浸漬後の中性化深さ

硫酸浸漬後の中性化深さを図 - 4 に示す。中性化深さは、7 ~ 8 mm の間にあり、どの供試体でも硫酸浸漬による中性化深さに大きな影響は受けていない。(2) ~ (8) 普通モルタル以外は断面欠損していないことから、表面組織の崩壊には至らないものの硫酸イオンが浸透していることが確認された。

#### 4. まとめ

本研究により以下の知見が得られた。各種添加剤を添加したモルタルの圧縮強度は、従来配合と比べポリマーを混入することにより 3 割程度の低下が認められるが、それ以外では同等な値であった。各種添加材および塗布剤使用したモルタルの硫酸浸漬時の重量変化は、普通モルタルと比べ減少量は少ないが、従来配合と比べると有意な差が認められない。硫酸浸漬後の中性化深さは、どの供試体でも有意な差が認められない。

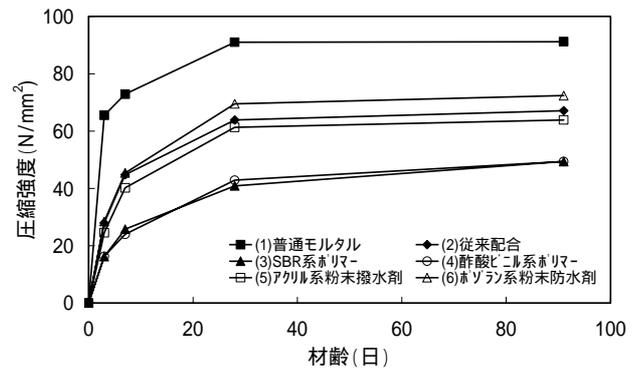


図 - 1 圧縮強度の経時変化

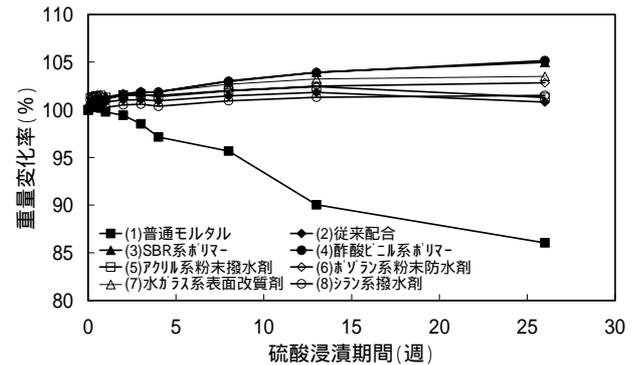


図 - 2 硫酸浸漬試験重量変化（脆弱部除去なし）

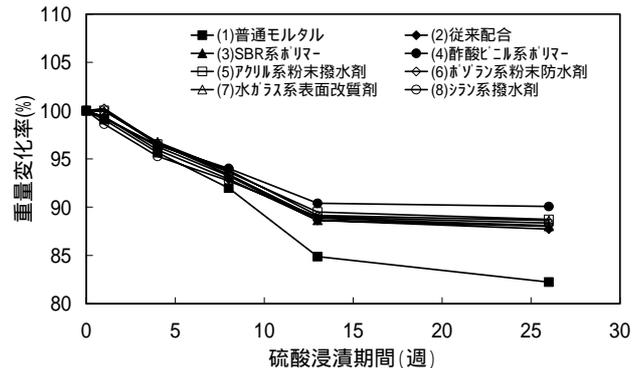


図 - 3 硫酸浸漬試験重量変化（脆弱部除去有り）

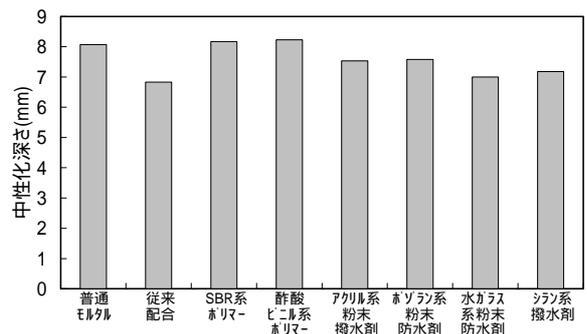


図 - 4 硫酸浸漬試験中性化深さ

<参考文献> (1)日本下水道事業団：コンクリート防食指針（案）平成9年6月

(2)小山、石田、野中：耐酸性を有したモルタルによる下水道断面修復工法、セメント・コンクリート、No.648、Feb.2001 pp.50 ~ 56

(3)小山、石田、野中：硫酸抵抗性に優れたモルタル配合に関する基礎実験、土木学会第54回年次学術講演会梗概集、1999.9、pp.652-653