

1. はじめに

本研究では、エポキシ樹脂系材料および補助電磁波発生粉体を混入したコンクリート（以下、混入供試体）とフッ素系界面活性剤を表面に塗布したコンクリート（以下、表面処理供試体）の力学的特性と耐久性について、普通コンクリート（以下、基準供試体）との比較検討を行った。

2. 実験概要

使用材料の一覧を表-1に、コンクリートの示方配合を表-2に示す。水セメント比は、45%で一定とした。エポキシ樹脂系材料（液体）は水の内割でコンクリート 1m<sup>3</sup>あたり 0.25%（容積比）混入し、補助電磁波発生粉体は骨材の一部としてコンクリート 1m<sup>3</sup>あたり 5%（質量比）使用した。表面処理供試体は、基準供試体表面にフッ素系界面活性剤を塗布したものであり、塗布量は 0.23kg/m<sup>2</sup>とした。試験概要を表-3に示す。強度試験用供試体は、コンクリート打設翌日脱型し、その後標準水中養生した。耐久性を検討する供試体は、材齢 7 日まで標準水中養生、その後材齢 2 週あるいは 6 週まで気中養生（20±1℃，60±5%R.H.）の後に、4 週間試験を実施した。その際、耐久性試験用供試体と同じ条件で強度試験用供試体を養生した。表面処理供試体は、材齢 2 週に表面処理し、その後 6 週まで気中養生の後に 4 週間試験を実施した。なお、透水試験と耐薬品性試験用モルタル供試体は、基準コンクリートをウェットスクリーニングすることにより作製した。

表-1 使用材料

| 使用材料      |            | 記号 | 物性または主成分                                                                                            |
|-----------|------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| セメント      |            | C  | 普通ポルトランドセメント、密度 3.16g/cm <sup>3</sup>                                                               |
| 細骨材       |            | S  | 野洲川産川砂、密度 2.61g/cm <sup>3</sup> 、FM2.56、吸水率 1.53%、単位容積質量 1.68kg/l、                                  |
| 粗骨材       |            | G  | 高槻産硬質砂岩碎石、密度 2.70g/cm <sup>3</sup> 、FM6.98、吸水率 0.66%、単位容積質量 1.59kg/l、MS 20mm、質量比 20～13mm:13～5mm=1:1 |
| 混和剤       | AE 減水剤     | -  | リグニンスルホン酸化合物、密度 1.10g/cm <sup>3</sup>                                                               |
|           | AE 助剤      | -  | 変性ロジン酸化合物、陰イオン界面活性剤、密度 1.04g/cm <sup>3</sup>                                                        |
|           | 高性能 AE 減水剤 | -  | ポリカルボン酸 Ca 塩、密度 1.19～1.21g/cm <sup>3</sup>                                                          |
| 表面処理剤     |            | -  | フッ素系界面活性剤、変性シリコン樹脂、安定化剤、密度 1.02g/cm <sup>3</sup>                                                    |
| エポキシ樹脂系材料 |            | R  | エポキシ樹脂、密度 1.06g/cm <sup>3</sup>                                                                     |
| 補助電磁波発生粉体 |            | P  | フェルグソン石、酸化ニオブウム、酸化イットリウム、密度 1.4g/cm <sup>3</sup>                                                    |

表-2 コンクリートの示方配合

| 配合名 | MS<br>(mm) | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |            |             |     |      | AE減水剤<br>(cc/m <sup>3</sup> )<br>〔25%希釈液〕 | AE助剤<br>(cc/m <sup>3</sup> )<br>〔1%希釈液〕 | 高性能<br>AE減水剤<br>(g/m <sup>3</sup> )<br>〔原液〕 | SL<br>(cm) | Air<br>(%) |
|-----|------------|------------|------------|-------------------------|-----|-----|------------|-------------|-----|------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|------------|------------|
|     |            |            |            | W                       | C   | S   | G          |             | P   | R *  |                                           |                                         |                                             |            |            |
|     |            |            |            |                         |     |     | 5~<br>13mm | 13~<br>20mm |     |      |                                           |                                         |                                             |            |            |
| 基準  | 20         | 45         | 43         | 169                     | 376 | 754 | 517        | 517         | -   | -    | 3760                                      | 940                                     | 564                                         | 8.0        | 4.3        |
| 混入  | 20         | 45         | 43         | 169                     | 376 | 660 | 453        | 453         | 117 | 2.65 | 3760                                      | 470                                     | 1504                                        | 8.9        | 5.2        |

\*：水の内割で質量計量

3. 実験結果および考察

力学的特性：標準水中養生供試体の力学的特性を表-4に、材齢 7 日まで標準水中養生その後気中養生した耐久性試験用供試体の力学的特性を表-5に示す。混入供試体の圧縮強度と弾性係数は、基準供試体より約 10%低下するものの、引張強度と曲げ強度(材齢 28 日)は基準供試体と同等以上であった。また、材齢 7 日以降気中養生を行うと、混入供試体および表面処理供試体ともに、長期材齢における圧縮強度と弾性係数の低下は観察されなかった。本実験で使用

表-3 試験項目および試験方法概要

| 試験名          | 供試体寸法(mm)   | 種類     | 試験方法          |
|--------------|-------------|--------|---------------|
| 中性化試験        | 100×100×100 | コンクリート | JIS A 1171    |
| 塩化物イオン浸透深さ試験 | 100×100×100 | コンクリート | JIS A 1171    |
| 耐侯性試験        | 100×100×400 | コンクリート | JSCE-511-1997 |
| 透水試験         | φ150×40     | モルタル   | JIS A 1404    |
|              | 300×300×50  | コンクリート | JIS A 6910    |
| 耐薬品性試験       | 40×40×160   | モルタル   | *             |

\*: JIS 原案「セメントペーストの溶液浸透せきによる耐薬品性試験方法 (案)」, および Polymers-in-Concrete 委員会などによる「浸透性吸水防止材の試験方法 (案)」に準拠して行った。

表-4 コンクリートの力学的特性（標準水中養生）

| 供試体名 | 圧縮強度           |                | 曲げ強度           |                | 引張強度           |                | 静弾性係数                 |                |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|
|      | (MPa)          |                | (MPa)          |                | (MPa)          |                | (kN/mm <sup>2</sup> ) |                |
|      | 7日             | 28日            | 7日             | 28日            | 7日             | 28日            | 7日                    | 28日            |
| 基準   | 39.1<br>(1.00) | 51.4<br>(1.00) | 5.83<br>(1.00) | 6.39<br>(1.00) | 2.94<br>(1.00) | 3.67<br>(1.00) | 28.2<br>(1.00)        | 33.2<br>(1.00) |
| 混入   | 36.1<br>(0.92) | 47.2<br>(0.92) | 5.34<br>(0.92) | 6.83<br>(1.07) | 3.07<br>(1.04) | 4.09<br>(1.11) | 25.1<br>(0.89)        | 28.7<br>(0.86) |

( ) の中の数字は基準供試体に対する比率

表-5 耐久性試験用コンクリートの力学的特性

| 供試体名 | 圧縮強度 (MPa)     |                |                | 静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) |                |                |
|------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|
|      | 2週             | 6週             | 10週            | 2週                          | 6週             | 10週            |
|      |                |                |                |                             |                |                |
| 基準   | 47.7<br>(1.00) | 46.9<br>(1.00) | 48.9<br>(1.00) | 34.2<br>(1.00)              | 32.3<br>(1.00) | 32.6<br>(1.00) |
| 混入   | 49.3<br>(1.03) | 52.0<br>(1.11) | -              | 31.8<br>(0.92)              | 32.9<br>(1.02) | -              |
| 表面処理 | -              | 47.8<br>(1.02) | 51.6<br>(1.06) | -                           | 34.7<br>(1.07) | 33.1<br>(1.02) |

したエポキシ樹脂系材料と表面処理剤は、コンクリートの力学的特性に悪影響を及ぼさないものと考えられる。

耐久性能：中性化試験と塩化物イオン浸透深さ試験結果を表-6 に示す。混入供試体と表面処理供試体の中性化深さは2mm で、基準供試体の4mm の1/2 であり、これらの材料の中性化抑制効果が明らかとなった。しかし、塩化物イオン浸透深さに有意な差は観察されなかった。

透水試験結果を図-1、表-7、表-8 に示す。JIS A 1404 による促進透水試験では、混入供試体および表面処理供試体の透水性が基準供試体の約1/2 に低下した。しかし、JIS A 6910 のピペットを用いた常圧下における透水試験では、表面処理供試体の透水量は基準供試体より15%程度(試験28日間)低下するものの、混入供試体では効果が観察されなかった。

耐薬品性試験結果を図-2 に示す。混入供試体の硫酸に対する質量減少率は基準供試体より7.4%少ないものの、塩酸に対しては両者の差はない。一方、表面処理供試体の質量減少率は基準供試体より低下し、特に硫酸に対する質量減少率は基準供試体の1/5 であった。しかし、水に浸せきした供試体と比較すると、混入供試体、表面処理供試体とも試験後、圧縮強度は大きく低下し、両者に顕著な差は認められなかった。

#### 4. まとめ

エポキシ樹脂系材料をコンクリートに混入することにより、あるいはフッ素系界面活性剤を表面に塗布することにより中性化が抑制された。

表-6 中性化深さおよび塩化物イオン浸透深さ試験結果

| 供試体名 | 中性化深さ(mm) |    | 塩化物イオン浸透深さ(mm) |    |
|------|-----------|----|----------------|----|
|      | 2週*       | 6週 | 2週             | 6週 |
| 基準   | 4         | 4  | 7              | 6  |
| 混入   | 2         | -  | 8              | -  |
| 表面処理 | -         | 2  | -              | 5  |

\*：試験開始材齢、4週間試験の後の結果を示す

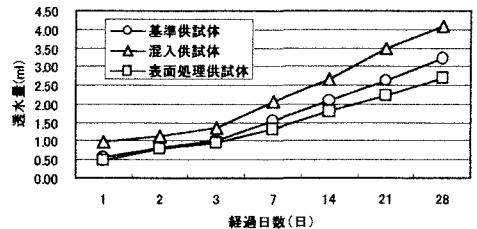


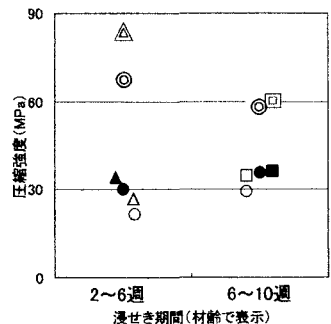
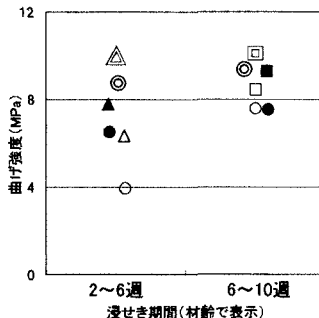
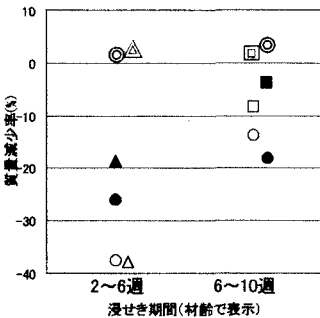
図-1 透水試験結果 (JIS A 6910)

表-7 透水比 (JIS A 6910)

| 経過日数(日) | 基準 | 混入   | 表面処理 |
|---------|----|------|------|
| 1       | 1  | 1.67 | 0.81 |
| 2       | 1  | 1.38 | 0.94 |
| 3       | 1  | 1.35 | 0.95 |
| 7       | 1  | 1.33 | 0.86 |
| 14      | 1  | 1.26 | 0.86 |
| 21      | 1  | 1.33 | 0.84 |
| 28      | 1  | 1.27 | 0.83 |

表-8 透水試験結果 (JIS A 1404)

| 供試体名 | 透水量 (ml) | 透水比  |
|------|----------|------|
| 基準   | 4.0      | 1.00 |
| 混入   | 2.2      | 0.55 |
| 表面処理 | 2.3      | 0.58 |



○：塩酸・基準 △：塩酸・混入 □：塩酸・表面処理  
●：硫酸・基準 ▲：硫酸・混入 ■：硫酸・表面処理  
◎：水・基準 △：水・混入 □：水・表面処理

○：塩酸・基準  
供試体名  
供試体を浸せきした薬品  
塩酸：IN塩酸  
硫酸：IN硫酸  
水

図-2 耐薬品性試験結果