

酸化チタン粉末混和モルタルの電気抵抗率と材齢の関係

秋田大学 学生会員 ○柳垣俊太, 秋田大学大学院 学生会員 鈴木信一郎
 秋田大学大学院 正会員 徳重英信, 高橋良輔
 関西大学 正会員 高橋智幸

1. はじめに

既往の研究¹⁾ではサンゴに微弱電流を流すことにより成長が約1~3倍程度促進されることが報告されている。これまで著者らはサンゴ育成基盤へのセメント系材料の実用化を目指し、電気抵抗率が低い導電性モルタル基盤の開発を行ってきている。本研究では既往の研究結果²⁾を基に酸化チタン粉末混和モルタルおよびポーラスモルタルの配合をパラメータに、材齢と電気抵抗率の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

セメントには早強ポルトランドセメント（C：密度 3.13g/cm³），酸化チタン粉末（TiO₂：密度 3.90 g/cm³），モルタル用骨材には川砂（S：密度 2.65 g/cm³），ポーラスモルタル用骨材には7号砕石（G：密度 2.61 g/cm³）を用いた。使用材料の特性を表1に示す。酸化チタンはネガティブ型の半導体であり、バンドギャップが働けば電子が自由に運動できる範囲が広がり、抵抗率の低下が期待できる。

2.2 電気抵抗率試験および強度試験

供試体は長さ 60mm，高さ 45mm の凸型の形状で、チタン棒（φ6mm）を供試体の側面に電極間距離（測定間距離）30mm で埋設した。供試体の電気抵抗率は2電極法で測定（交流，周波数 10 Hz または 73.3 Hz，印加電圧：4.0 V）した。養生は標準養生である。電気抵抗率 ρ_v

（Ω・m）の算出は ρ_v=V/I×S/L（Ω・m）で算出しており、V：測定電圧（V），I：電流（A），S：断面積（m²），L：測定間距離（m）である。また曲げ強度試験は 40×40×160 mm，圧縮強度試験は φ 50×100mm の供試体を用い、材齢 91 日まで測定した。なお本研究では電気抵抗率 200Ω・m 程度以下、強度は設置作業時に破壊しない程度の値を要求性能とした。

3. 実験結果および考察

3.1 電気抵抗率と材齢の関係

交流周波数 10.0Hz の場合の酸化チタンモルタルの電気抵抗率と材齢の関係を図1に示す。酸化チタンを無混和（CM-t0-60），10%混和（CM-t10-60）さらに 20%混和（CM-t20-60）と酸化チタン粉末混和率を増加させると、各材齢での電気抵抗率は 25%程度から 30%程度まで低下した。特に酸化チタン無混和から 10%混和へ差が著しく、さらに材齢 91 日まででも材齢の経過に伴う電気抵抗率

表 1 使用材料の物理的性質

| 密度(g/cm ³) | 吸水率(%) | 備考 |
|------------------------|--------|--------------|
| 3.13 | | 早強ポルトランドセメント |
| 3.90 | | 石原産業製ST01 |
| 2.65 | 2.15 | 秋田県西木産 |
| 2.61 | 2.59 | 秋田県西木産 |

表 2 モルタルのフレッシュ性状

| 供試体名 | フレッシュ性能 | |
|----------------|---------|--------|
| | フロー(mm) | Air(%) |
| 普通モルタル | 228 | 2.0 |
| 酸化チタン粉末10%モルタル | 187 | 2.6 |
| 酸化チタン粉末20%モルタル | 153 | 4.1 |

表 3 供試体の配合

| 供試体名 | W/B(%) | 単位量(g/cm ³) | | | | 混和剤 |
|----------------------|--------|-------------------------|-----|------------------|------|-----|
| | | W | C | TiO ₂ | S | SP |
| 普通モルタル | 60.0 | 349 | 582 | 0.0 | 1165 | 0.0 |
| 酸化チタン粉末10%モルタル | 60.0 | 349 | 524 | 73 | 1165 | 0.0 |
| 酸化チタン粉末20%モルタル | 60.0 | 349 | 465 | 145 | 1165 | 0.0 |
| ポーラスρ/a=30 | 30.0 | 101 | 335 | 0.0 | 1807 | 0.0 |
| 酸化チタン粉末10%ポーラスρ/a=30 | 30.0 | 88 | 302 | 42 | 1807 | 13 |
| ポーラスρ/a=36 | 30.0 | 115 | 385 | 0.0 | 1727 | 0.0 |
| 酸化チタン粉末10%ポーラスρ/a=36 | 30.0 | 101 | 346 | 48 | 1727 | 17 |
| 酸化チタン粉末20%ポーラスρ/a=36 | 30.0 | 75 | 308 | 96 | 1727 | 46 |
| ポーラスρ/a=40 | 30.0 | 125 | 415 | 0.0 | 1678 | 0.0 |

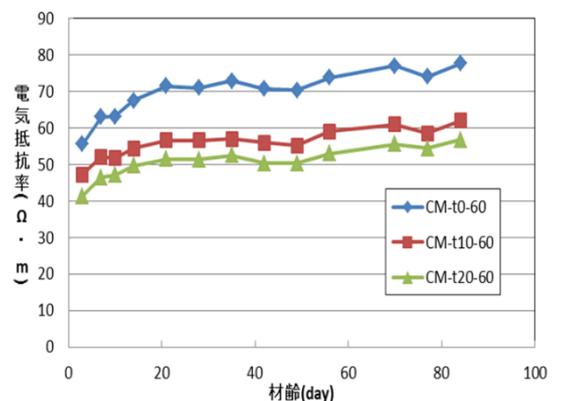


図 1 電気抵抗率と材齢（モルタル 10Hz）

キーワード：酸化チタン粉末，電気抵抗率，モルタル，材齢，配合

連絡先：〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学理工学部 TEL：018-889-2367 fax：018-837-0407

の上昇が抑制されている。測定環境では自然光があり、光触媒によるバンドギャップ効果に伴って、電気抵抗率が見かけ上低下したことも考えられるが、セメント水和物との反応によるチタン酸カルシウムの生成による光触媒性能低下の可能性もあり、今後詳細な検討が必要である。また想定される実環境（水深 2~10m 程度）では太陽光による紫外線が届く距離でもあり、実環境での試験と併せて継続的検討を行っていく必要がある。

一方、ポーラスモルタルの電気抵抗率は図 2 に示す。酸化チタン粉末の混和率を無混和から 20% 混和まで (t0→t10→t20) 増加させると、無混和に比較して 20% 混和で 50% 程度まで電気抵抗率の低下し、酸化チタン混和の電気抵抗率低下への影響はセメントモルタルの抵抗率よりも大幅に認められた。しかし、電気抵抗率自体は材齢の経過とともに上昇の一途であり、またその値のセメントモルタルの 300 倍程度を示し、導電性基盤としての適用には困難と考えられる結果となった。既往の研究³⁾では空隙の増加とともに電気抵抗率は増加することが明らかとなっており、ポーラスモルタルではサンゴの活着性能の向上が期待できるものの、配合や材料等の検討を継続する必要がある。

3.1 電気抵抗率と圧縮強度および曲げ強度の関係

セメントモルタル (CM) およびポーラスモルタル (PC) の電気抵抗率 (10Hz) と各材齢での圧縮強度を図 3 に示す。なお図中の数値は材齢である。セメントモルタルの圧縮強度は 30 N/mm² 程度~60 N/mm² 程度であり、比較的低い電気抵抗率にも関わらず配合によって高強度化が図れる傾向を示した。一方、ポーラスモルタルの圧縮強度は 5~20 N/mm² 程度を示した。設置環境では大きな荷重がかかる可能性は少なく、設置作業時に破壊しない程度の強度が確保できていれば良いため、圧縮強度は十分に確保できたものと評価できる。また、作業時に (手作業による) 曲げが作用することが想定されるが、図 4 に示すように、セメントモルタルでは 6 N/mm² 程度以上、ポーラスモルタルでは配合によって 2 N/mm² 程度以上は確保できるため、要求性能はほぼ満たしているものと考えられる。しかしポーラスモルタルについては電気抵抗率の低下が課題であり今後の検討が必要である。

4. まとめ

酸化チタン粉末の混和に伴い、セメントモルタルおよびポーラスモルタルの電気抵抗率は大幅に低下することが明らかとなった。また、セメントモルタルの電気抵抗率は材齢が経過しても上昇は認められず、強度についても要求性能も満たすことからサンゴ育成基盤への適用が強くなる。ポーラスモルタルの電気抵抗率は空隙の増加によりモルタルの抵抗率を大幅に上回り、また材齢 91 日まで増加の一途となった。これらの機構については、今後、硬化体の化学組成分析等から詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 鯉淵ほか：微弱電流がサンゴの着床や成長に及ぼす影響，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.66，No.1，pp.1216-1220 (2010)
- 2) 鈴木ほか：天然ゼオライトおよび酸化チタン粉末を混和したモルタルの電気抵抗率，平成 27 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，V-6(2016)
- 3) 勝間田ほか：天然ゼオライトを用いたサンゴ育成用基盤モルタルの導電性，平成 26 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，V-13 (2015)

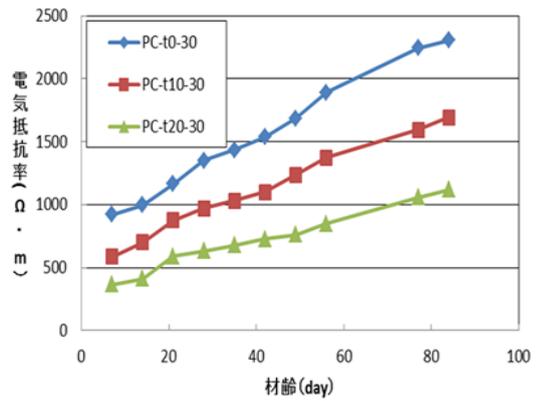


図 2 電気抵抗率と材齢 (ポーラス : 10Hz)

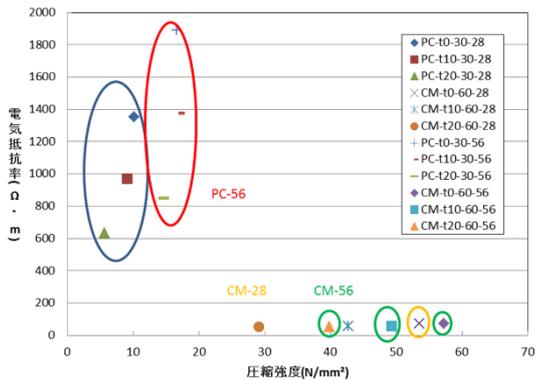


図 3 電気抵抗率と圧縮強度 (10Hz)

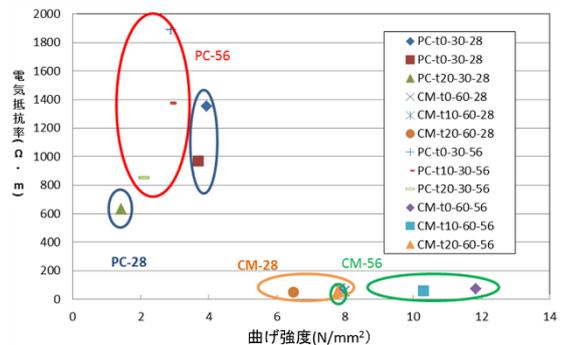


図 4 電気抵抗率と曲げ強度 (10Hz)