

## エフロレッセンスが発生したコンクリートの力学性能と空隙率 Mechanical Performance and Void Ratio of Concrete Occurred Efflorescence

○周藤 将司\*, 緒方 英彦\*\*  
SUTO Masashi and OGATA Hidehiko

### 1. はじめに

エフロレッセンスは、コンクリート構造物の表面変状のひとつであり、美観上の問題として取上げられる場合がある。しかし、コンクリートの力学性能の観点からエフロレッセンスが取上げられる場合は少なく、エフロレッセンスがコンクリートの力学性能に及ぼす影響については明らかにされていない。エフロレッセンスが各種指標に与える影響を明らかにすることは、表面変状によるコンクリートの力学性能の評価を可能にし、目視診断による構造物の診断をより詳細なものにすることに繋がる。著者らの既往の研究では、表面に析出物の発生したコンクリートの相対動弾性係数が析出物の発生していないコンクリートと比較して低い値を示すことを明らかにしている<sup>1)</sup>。しかし、この研究では、若材齢コンクリートを用いて検討を行っており、水和反応の影響が相対動弾性係数の差を生じさせた可能性も示唆された。そこで本研究では、長期材齢のコンクリート供試体を用いて実験室内で故意にエフロレッセンスを発生させ、エフロレッセンスの発生によるコンクリートの力学性能と空隙率の変化を検討した。

### 2. 試験概要

本研究におけるコンクリートの示方配合は表-1に示す通りである。セメントは普通ポルトランドセメントを、細骨材・粗骨材は鳥取県産をそれぞれ使用した。なお配合におけるスランプ値、空気量は、それぞれ12.0cm、1.8%である。作製した供試体はφ10×20cmの円柱供試体である。脱型は打設翌日に行い、材齢9ヶ月まで水温20℃で水中養生を行った。

養生後の測定手順は次の通りである。まず、初期値として供試体の直径、長さ、超音波伝播時間、一次共鳴振動数を測定し、その後、コンクリートの空隙率の測定を行った。空隙率の測定は、ASTM C 642の煮沸法に準拠して行った。次に、耐圧試験機により降伏点まで載荷して供試体に微細ひび割れを導入し、載荷後の供試体における超音波伝播時間、一次

共鳴振動数の測定を行った。その後、微細ひび割れを導入した供試体の空隙率の測定を煮沸法により行った。

空隙率測定後は、養生条件の違いによるエフロレッセンスの発生形態を考察するために3ケースの方法で養生を行った。Case 1は、水温60℃の恒温水槽で24時間浸漬した後、温度20℃・湿度0%の恒温恒湿器内で24時間乾燥を行った場合である。Case 2は、水温60℃の恒温水槽で24時間浸漬した後、温度40℃・湿度0%の恒温恒湿器内で24時間乾燥を行った場合である。Case 3は、水温60℃の恒温水槽で24時間浸漬した後、温度60℃・湿度0%の恒温恒湿器内で24時間乾燥を行った場合である。各ケースとも乾湿繰返しは20サイクルまで行い、5サイクル経過毎に、供試体の直径、長さ、超音波伝播時間、一次共鳴振動数の測定を行った。20サイクル終了後には再び煮沸法により空隙率の測定を行い、空隙率測定後は耐圧試験機により降伏点まで載荷することでエフロレッセンス発生後のコンクリートの力学性能の変化を測定した。各測定に用いる供試体の本数は3本であり、結果は3本の平均値とした。

### 3. 結果と考察

20サイクル終了時の供試体表面には、全ての供試体において載荷試験を行った際に生じたひび割れに沿って白色の析出物が線上に生じることが確認された。ただし、ケース毎の発生形態の差は目視上確認されなかった。析出物の発生は試験サイクルの初期の段階から確認されたが、その後のサイクルの進行に伴う析出物の増加は確認されなかった。

表-1 コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法(mm)	目標スランプ(cm)	水セメント比 W/C(%)	目標空気量(%)	細骨材率 s/a(%)
20	8±1.5	60	2±0.5	41.6
単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
191	318	746	1033	

\*鳥取大学大学院連合農学研究科, United Graduate School of Agriculture Sciences, Tottori University, \*\*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, エフロレッセンス, 相対動弾性係数, 相対降伏点強度,

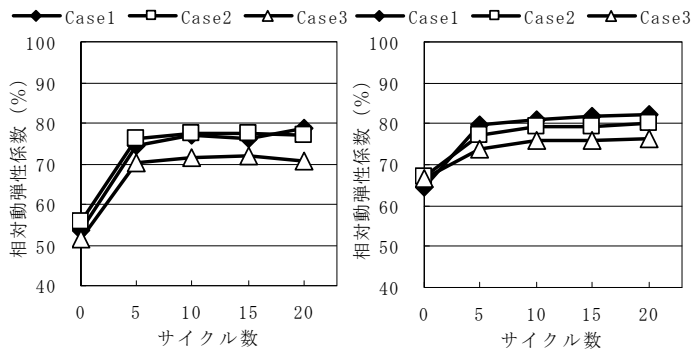


図-1 一次共鳴振動数による  
相対動弾性係数

図-2 超音波伝播速度による  
相対動弾性係数

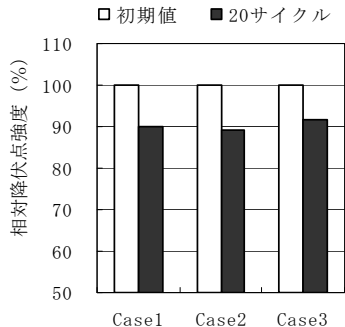


図-3 相対降伏点強度

図-1 に一次共鳴振動数による相対動弾性係数を、図-2 に超音波伝播速度による相対動弾性係数をそれぞれ示す。載荷試験後の一次共鳴振動数による相対動弾性係数は、50 から 60%の値を示し、同じく超音波伝播速度による相対動弾性係数は、65%程度の値を示した。5 サイクル終了時の測定では、値が大きく回復し、Case 1, 2 では80%程度の値を示した。その後の測定では更なる回復傾向は見られず、一度回復した値を保持し続けるという傾向が確認された。ここで、値が回復した5 サイクル後の測定は、エフロレッセンスの発生が確認された後に行われている。これよりエフロレッセンスは、微細ひび割れを閉塞させ、超音波伝播速度および一次共鳴振動数を回復させる傾向があることを示している。また、エフロレッセンスは極端に乾燥が速い場合には発生しないとされている<sup>2)</sup>が、本試験では、全てのケースでエフロレッセンスの発生が確認された。しかし、Case 3 の相対動弾性係数は、Case 1, 2 よりも低い値を示しており、これより乾燥温度が最も高く乾燥速度が速いCase 3 ではエフロレッセンスの発生が抑制されていたことが示唆された。

図-3 に相対降伏点強度の結果を示す。相対降伏点強度は、概ね90%程度の値を示した。非破壊試験では乾燥温度による測定結果の差が確認されたが、破壊試験である降伏点強度の測定では乾燥温度による差は確認されなかった。本試験においては、乾燥温度の差は強度に影響を与えていないと考えられる。

図-4 に ASTM C 642 の煮沸法によって測定された空隙率の変化率を示す。空隙率変化率は、載荷により微細ひび割れを導入した載荷後に値が6 から8%上昇し、20 サイクル終了時の測定値である乾湿後において10 から13%の値を示した。コンクリート中の微細ひび割れはエフロレッセンスの発生によ

り充填され、それに伴い空隙率も低下すると考えていたが、試験結果は異なるものとなった。これより、本試験におけるエフロレッセンスの発生に

よるひび割れの充填は、供試体表面部の極浅い範囲のみで生じていると推察され、このことは非破壊試験である相対動弾性係数と破壊試験である降伏点強度の傾向の違いとなって表れていると考えられる。

#### 4. まとめ

本研究から得られた結果を以下に示す。

- (1) 乾湿繰返しによって表面に析出がある場合の相対動弾性係数は、60%程度の値を示す。
- (2) 載荷後に乾湿繰返しを行った供試体の相対動弾性係数は、析出物の発生に伴い回復する。
- (3) 乾湿繰返しによって表面に析出がある場合の相対降伏点強度は、90%程度の値を示す。
- (4) 乾湿繰返しによって生じた析出物は、表面の浅い範囲で発生している。

#### 参考文献

- 1) 周藤将司ら：コンクリート構造物の診断におけるエフロレッセンスの影響，平成22年度 農業農村工学会大会講演会，pp.404-405，(2010)
- 2) 田中久順：エフロレッセンス，セメント・コンクリート，No.719，pp.59-61，(2007)

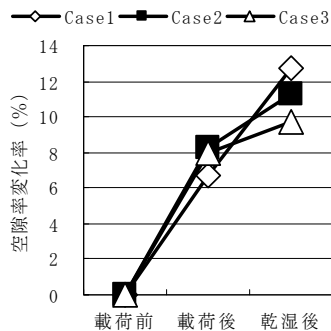


図-4 空隙率変化率