

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

Influence of Efflorescence in the Diagnosis of Concrete Structure

○周藤 将司*, 緒方 英彦**, 服部 九二雄**, 森田 匡隆*
SUTO Masashi, OGATA Hidehiko, HATTORI Kunio and MORITA Masataka

1. はじめに

寒冷地において凍害が生じているコンクリート構造物の表面には、エフロレッセンスを伴う微細ひび割れが目視できる。エフロレッセンスは、コンクリート中の水酸化カルシウムが炭酸ガスと反応し炭酸カルシウムとなって構造物の表面上に白色で発生する析出物であり、構造物の美観上問題となることがある。しかし、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。特に凍害が生じているコンクリート構造物の診断では、非破壊試験及び破壊試験による各種指標で劣化状態の評価を行っており、エフロレッセンスが各種指標におよぼす影響を明らかにしておく必要がある。そこで本研究では、実験室内で故意にエフロレッセンスを発生させた供試体を用いて、エフロレッセンスの発生によるコンクリートの力学的性能の変化を検討した。

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。スランプ、空気量は、それぞれ11.8cm, 1.8%である。

作製した供試体はΦ10×20cmの円柱供試体であり、材齢28日まで水温20℃の水中養生を行った。初期値の測定手順は次の通りである。まず、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、耐圧試験機により載荷し降伏点強度を求めた。次に、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。

初期値の測定後は、エフロレッセンスの発生が指標に与える影響を検討するために4ケースの方法で養生を行い、所定のサイクル、日数の経過後に再び測定を行った。Case 1は、水温60℃の恒温水槽で24時間浸漬した後、温度80度、湿度0%の恒温恒室器内で24時間乾燥を行い、これを1サイクルとして20サイクル経過後と30サイクル経過後に破壊試験を伴う各項目の測定を行った。

Case 2は、湿気箱で24時間湿気養生を行い、Case 1と同条件で24時間乾燥させ、30サイクル経過後に測定を行った。Case 3は、水温20℃の水中養生を行い、40日(乾湿繰返し20サイクル相当)、60日(同30サイクル相当)経過後に測定を行った。Case 4は、湿気養生を行い60日経過後に測定を行った。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

写真-1は、Case 2における30サイクル終了時の供試体の状態を示している。Case 1, 2は、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。ここで、この析出物近傍の化学成分は、蛍光X線分析によりカルシウム分が74%であることが確認された。また、供試体中央部におけるカルシウム分は、57%であった。これより乾湿繰返しによってカルシウム分は、表面部に移動し集積していることがわかる。Case 3, 4における表面変状は、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 ³)				
水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
191	318	746	1033	



写真-1 エフロレッセンスの発生した供試体

*鳥取大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, 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, 相対超音波伝播速度, 相対降伏点強度

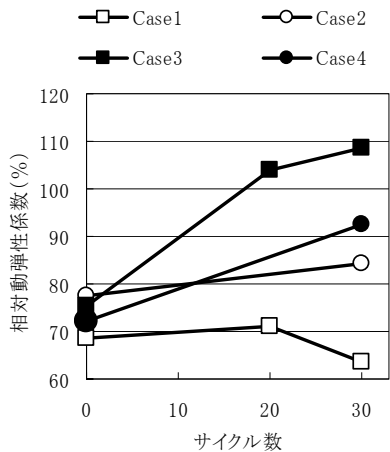


図-1 相対動弾性係数

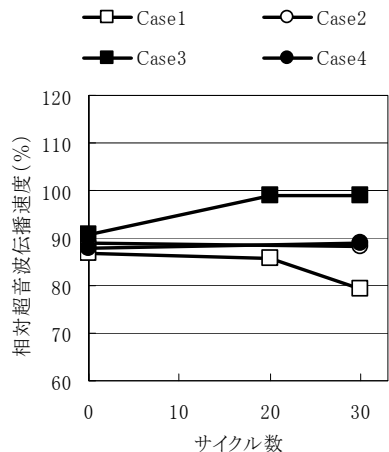


図-2 相対超音波伝播速度

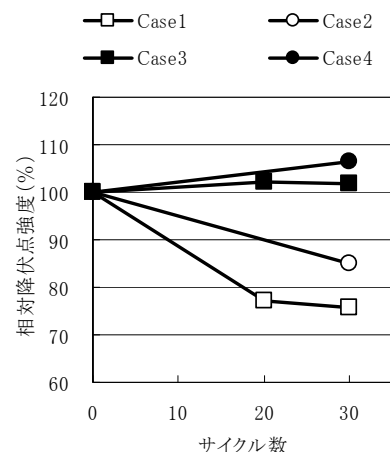


図-3 相対降伏点強度

図-1 に一次共鳴振動数より求めた相対動弾性係数を、図-2 に相対超音波伝播速度をそれぞれ示す。サイクル数0に当たる初期値は、載荷試験直後の測定値を載荷試験前の測定値で除した値である。載荷試験後の相対動弾性係数は、70 から80%の値を示し、同じく相対超音波伝播速度は、90%程度の値を示した。載荷により生じたひび割れが指標に及ぼす影響は、相対動弾性係数の方が大きくなることが示唆される。

サイクル数進行後の結果を見ると、乾湿を繰返したCase 1, 2の供試体では、Case 3, 4と比べて大きな値の変動は確認されなかった。一方、水中・湿気養生を連続して行ったCase 3, 4の供試体は、相対動弾性係数、相対超音波伝播速度ともに回復傾向にあることがわかる。これは、材齢28日の時点で載荷を行ったため供試体には未水和分が多く残存しており、その後の養生により水和反応が進行したためであると考えられる。初期値の結果と同様に、相対動弾性係数の方がより顕著にこの傾向が表れている。ここで既往の凍害に関する研究では、相対動弾性係数と相対超音波伝播速度は密接な関係を示すことが明らかとなっている¹⁾が、今回の試験では両者の値に大きな差異が見られた。これは、供試体に発生しているひび割れの方向と、測定方向が関係していると思われる。近年の研究から、凍害によるひび割れは、層状に発生することが明らかとなってきている²⁾。したがって、凍害劣化が生じている箇所から採取したコアを用いて測定を行う場合、ひび割れ方向と測定方向は、垂直に交わる関係にあることとなる。しかし、本試験では載荷試験によって供試体の縦方向にひび割れが発生しているため、載荷後の測定ではひび

割れ方向と測定方向が平行になっている。この様に本試験における測定は、凍害劣化時の測定とは異なるために、両者の間には差異が生じたのではないかと推察される。

図-3の相対降伏点強度の結果を見ると、Case 3, 4の供試体の強度は、初期値付近まで回復、または向上する結果となった。しかしCase 1, 2については、強度の回復は見られなかった。一般にエフロレッセンスの発生がコンクリートの強度に与える影響は無いと言われているが、本試験においては、強度は低下する結果となった。しかし本試験では、乾湿の繰返しによる影響も考慮する必要があるため、表面部の析出物だけが強度低下に影響を及ぼしたとは言い切れない。

4. まとめ

本研究から得られた結果を以下に示す。

- (1) 載荷試験後の相対動弾性係数、相対超音波伝播速度は、それぞれ80%、90%程度まで減少する。
- (2) 乾湿の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、相対超音波伝播速度は、同期間養生したものとは比べ低い値を示す。
- (3) 乾湿の繰返しによって表面に析出がある場合の降伏点強度は、回復することなく低下する。

参考文献

- 1) 緒方英彦ら(2002): 超音波法によるコンクリートの耐凍結融解特性の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, pp1563-1568
- 2) 緒方英彦ら(2010): RC 開水路の側壁内部における凍害ひび割れの発生形態, 農業農村工学会誌(印刷中)