

## 衝撃弾性波法による凍害を受けたコンクリートの基礎的研究

徳島大学大学院 賛助会員 ○圓藤将司 徳島大学大学院 学生会員 野内彩可  
徳島大学大学院 正会員 渡辺 健 徳島大学大学院 フェロー 橋本親典

### 1. はじめに

凍害による劣化程度の評価手法として、スケーリング深さによる評価が主に行われている。一方で凍害による内部劣化の評価方法は確立されていないのが現状である。非破壊試験の一つである衝撃弾性波法は比較的簡易な測定方法であり、超音波法よりも比較的低周波帯域の周波数を利用することから、部材厚さや鉄筋の影響を受けにくいとされる。凍害劣化の評価についてはこれまで、超音波法での超音波伝搬速度による劣化評価が多く試みられているものの、衝撃弾性波法による検討は十分に行われていない<sup>1)</sup>。そこで本研究では、凍結融解試験によって凍害を受けた試験体において、衝撃弾性波法により得られた弾性波速度や周波数スペクトルに着目し、凍害劣化による損傷の経時変化の評価を行った。

### 2. 実験概要

表-1 配合

#### 2.1 試験体概要

表-1 にコンクリートの配合を表す。試験体は、100mm×100mm×400mmの角柱試験体であり、AE コンクリート試験体と、AE 剤を使用せず、非空気連行型の高性能減水剤のみを用いた nonAE コンクリート試験体を各2体作製した。

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				混和剤 (C×%)		SL (cm)	Air (%)
			W	C	S	G	AE剤	減水剤		
AE	55	46	165	300	821	964	0.007	0.01	7.5	4.3
nonAE					851	998	-	0.016	8	1.0



図-1 透過法による弾性波速度の測定

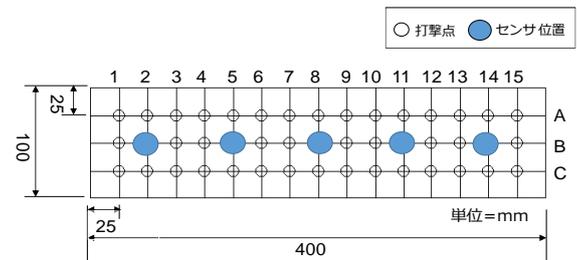


図-2 打撃点と測定位置

#### 2.2 凍結融解試験方法

凍結融解試験は JIS A 1148 A 法に従って材齢 14 日から実施した。nonAE コンクリートは劣化の進行が早いと予測されることから、本試験では AE コンクリート試験体は 30 サイクル経過毎、nonAE コンクリート試験体は 10 サイクル経過毎に、相対動弾性係数とスケーリング量による質量減少率を求めた。

#### 2.3 衝撃弾性波法による測定方法

衝撃弾性波法は透過法と多重反射法の 2 つの方法で試験を行った。図-1 に透過法による測定状況を示す。角柱試験体の両端面に加速度センサを配置し、φ15mm の鋼球で 5 回打撃を行った。打撃点は試験体側面の中心部とし、加速度センサは打撃点から 25mm 離れた位置に、薄い両面テープ（厚さ 0.23mm）を用いてコンクリート表面に接着した。測定におけるサンプリング数は 4096、サンプリング時間間隔は 2μs とし、打撃による弾性波到達時間の差の 5 回平均から弾性波速度を算出した。多重反射法では、図-2 に実線で示した 25mm 間隔の格子の交点を打撃点とし、加速度センサを打撃点の近傍に設置して φ10mm の鋼球で 5 回打撃を行った。測定におけるサンプリング数は 4096、サンプリング時間間隔は 20μs とし、時刻歴応答の FFT 変換により得られた周波数スペクトルの実効値（5 回の加算平均値）を用いて検討を行った。

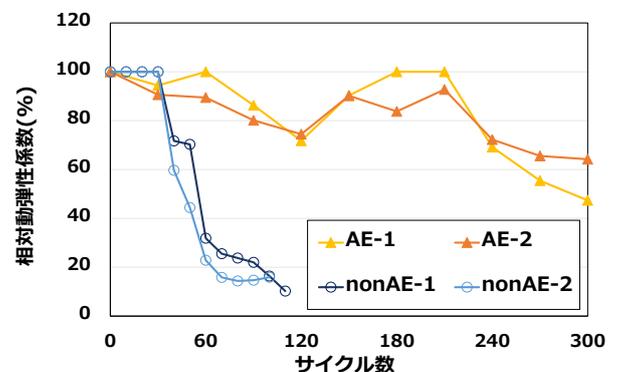


図-3 相対動弾性係数の比較

### 3. 実験結果

図-3にAEコンクリート試験体とnonAEコンクリート試験体の相対動弾性係数の比較結果を示す。AEコンクリート試験体は300サイクルまで50%以上を保持していたが、nonAEコンクリート試験体では40サイクルで低下し、60サイクルでは40%を下回る急激な劣化傾向が確認でき、試験体が破断した時点では両試験体ともに20%を下回る結果となった。また、写真-1、写真-2に一例として300サイクル終了時のAE-1試験体と、破断前である110サイクル終了時のnonAE-1試験体の写真を示す。AE試験体では、サイクルの増加に伴い、スケーリングやひび割れによるコンクリートの表面劣化が確認できた。nonAE試験体では、両試験体とも破断に至ったにもかかわらず、AE試験体ほどのスケーリングや表面剥離による表面劣化が確認できなかった。



写真-1 AE-1試験体 (300サイクル時)



写真-2 nonAE-1試験体 (110サイクル時)

図-4に透過法より得られた弾性波速度の結果を示す。弾性波速度も相対動弾性係数の結果と同様にAEコンクリート試験体は300サイクルまで緩やかに減少しているのに対し、nonAEコンクリート試験体ではサイクル毎に弾性波速度が大きく減少していることがわかった。

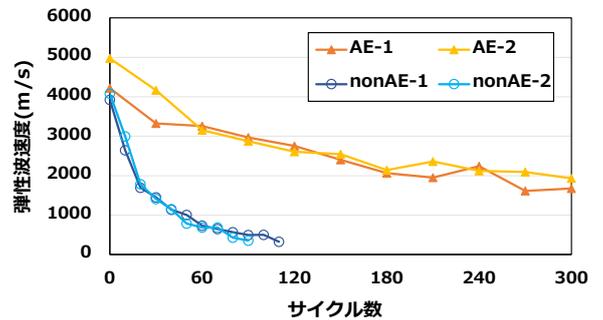


図-4 弾性波速度の比較

図-5に一例として、nonAE-1試験体を対象に衝撃弾性波法の多重反射法で測定した各点の周波数スペクトルから得られた弾性波速度のコンター図を示す。弾性波速度は式(1)より算出した。

$$V_p = 2 \cdot f_0 \cdot L \quad (1)$$

ここで、 $V_p$ は弾性波速度 (m/s)、 $f_0$ は卓越周波数 (Hz)、 $L$ は試験体高さ (m) である。

図より、サイクルが進むにつれ、弾性波速度が経時的に低下していることが確認できる。この弾性波速度の低下は、凍害劣化の進行に伴うものと考えられ、衝撃弾性波法より得られた卓越周波数からコンクリート内部の劣化の評価が行える可能性があると考えられる。

### 4. まとめ

- (1) 凍結融解試験結果の相対動弾性係数と衝撃弾性波法の透過法で得られた弾性波速度の間には高い相関性が確認でき、衝撃弾性波法での凍害劣化の評価の可能性を示した。
- (2) 多重反射法より得られた弾性波速度からサイクル毎の弾性波速度の低下が確認でき、衝撃弾性波法より得られた弾性波速度から、コンクリート内部の評価が行える可能性が示された。

### 5. 参考文献

- 1) 林田宏：超音波伝搬速度測定によるコンクリート構造物の凍害診断に関する基礎的研究，寒地土木研究所月報，2008年，No.656，pp.10-15

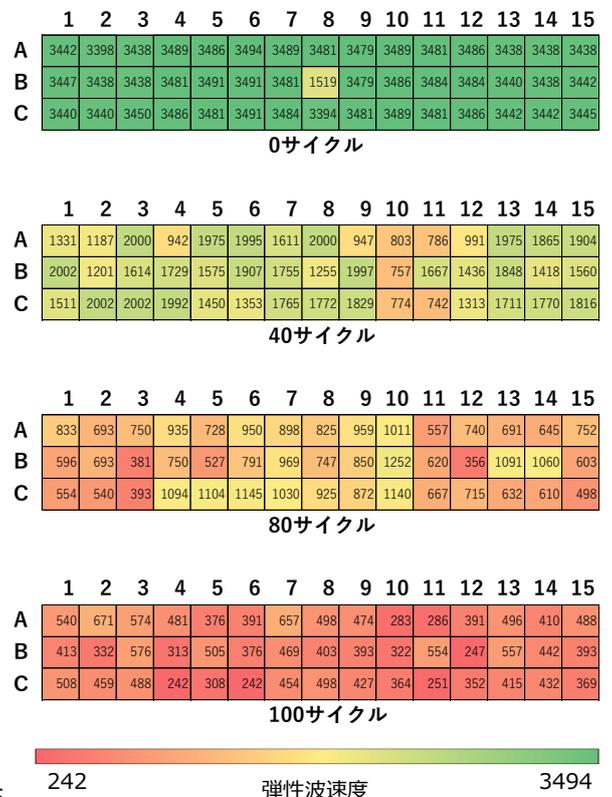


図-5 nonAE-1試験体のコンター図