

凍害診断手法に関する一考察

松江工業高等専門学校 生産・建設システム工学専攻 学生会員○周藤 将司

松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 正会員 高田 龍一

松江工業高等専門学校 生産・建設システム工学専攻 学生会員 垣田 真志

鳥取大学 農学部 正会員 緒方 英彦

鳥取大学 農学部 正会員 服部 九二雄

1. はじめに

凍害劣化の診断手法のひとつに、超音波伝播速度測定試験がある。超音波法による測定を行う際には、直接法を行うのが一般的である。これは、構造物からコアを採取して、そのコアを発・受振子で挟んで測定する方法である。一方で、超音波法には表面法という測定方法がある。この方法は、発・受振子を同一表面上に設置するため必ずしもコアを採取する必要はない。非破壊による測定は、簡易性・経済性の面から非常に有利である。

上記の2通りの測定方法について、評価結果に与える影響は、現在十分に検討されていない。そこで、本研究では、凍結融解試験を860サイクルまで行い、さまざまな位置で測定した超音波伝播速度を比較することで、耐凍結融解性の評価結果に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

本研究で使用するコンクリートの示方配合を表1、材料の物理的性質を表2にそれぞれ示す。供試体として角柱供試体(10×10×40cm)と円柱供試体(Φ10×20cm)を作製し、材齢14日より凍結融解試験を開始した。凍結融解試験は、JIS A 1148-2001の水中凍結融解試験方法(A法)に準じて行った。測定は50、または100サイクル毎に行い、測定項目は、空中・水中重量、長さ、超音波伝播時間、動弾性係数である。円柱供試体は、コンクリートの基本的物性の測定に使用し、材齢3、7、14、28日に密度、超音波伝播速度、動弾性係数、圧縮強度の測定を行った。

超音波伝播時間の測定は、直接法において、供試体の縦断方向(40cm)と横断方向(10cm)で行い、横断方向は両端から2.5、7.5、12.5、17.5、20(中央)cmの各ポイントで測定した。表面法は、供試体中央を中心として、端子間距離を5、15、25、35cmと変化させて測定を行った。その後、コンクリートカッターを使って供試体を4分割し、各分割ブロックについて直接法による超音波伝播時間の測定を行った。端子の配置位置は断面の縦方向、横方向にそれぞれ2.5cm間隔の計9ヶ所である。図1に測定方法を示す。

3. 結果・考察

コンクリートの基本的物性は表3の通りである。凍結融解試験開始の材齢14日で圧縮強度13.86N/mm²、100サイクル終了時とほぼ同時期にあたる材齢28日では19.97N/mm²であった。

表1 コンクリートの示方配合

スランブ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE(g/m ³)
10±2	55	6	39.7	181	328	654	1040	98

表2 物理的性質

	比重	吸水率	含水率	有効吸水率	F.M
セメント(普通ポルトランドセメント)	3.16				
細骨材(中国産)	2.51	1.73	0.248	1.482	1.85
粗骨材(鳥取県産採石)	2.63	1.37	0.819	0.551	6.85

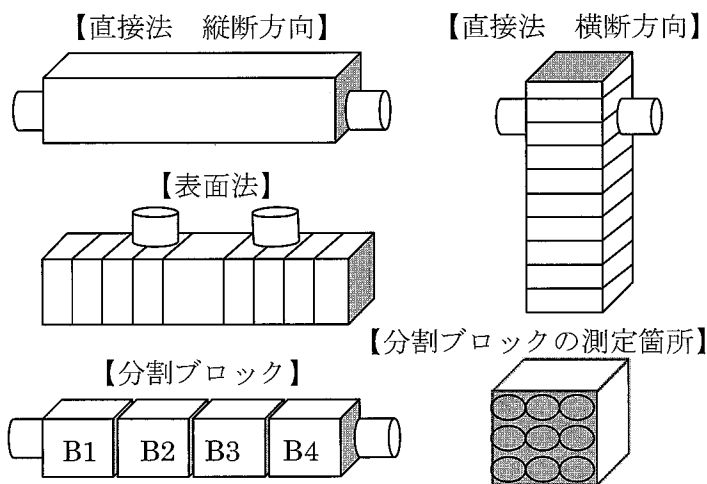


図1 超音波伝播時間の測定法

材齢 (日)	密度 (g/cm ³)	超音波伝播速度 (km/s)	動弾性係数 (GPa)	圧縮強度 (N/mm ²)
3	2.21	3.83	24.0	10.3
7	2.26	4.18	29.4	14.2
14	2.25	4.19	30.3	13.9
28	2.25	4.34	32.5	20.0

図2に質量減少率, 図3に相対動弾性係数をそれぞれ示す。凍結融解試験は, 最終的に860サイクルまで行ったがコンクリートが破壊することはなかった。スケーリングが進行したため, 質量減少率は800サイクルで約8%と高くなった。一方, 従来の評価方法である相対動弾性係数を見ると, 800サイクルで80%を下回る程度であり, 高耐久性を示した。表面の劣化は顕著に見られたが, コンクリートの内部では健全な状態を保持していることが解る。

図4に縦断方向の直接法と表面法の相対超音波伝播速度を示す。相対動弾性係数と合わせて示しているが, 直接法は500サイクルまでは非常に近似した値となっている。表面法はサイクル数によっては特異な値も見受けられるが, これは, 表面の局所的な劣化の影響を受けたためだと考えられる。両者ともサイクル数の増加につれて減少しており, また, 表面法の方が直接法よりも値が低くなる傾向があるとわかった。図5には, 縦断方向の直接法と表面法との相関図を示しているが, 両者の相関係数は0.75であり, ある程度良い相関性が見られた。

図6に横断方向における直接法の超音波伝播速度を, 相対動弾性係数と合わせて示す。図4と比較し, 相対動弾性係数との近似性が高いことがわかる。このことから, 横断方向での測定でも凍結融解性の評価が可能であるといえる。また, 2.5cmから中央に近づくにつれて相関係数が高くなっているの, 横断方向で測定を行う場合には供試体中央付近で測定を行うことが望ましいと言える。図7には分割ブロックの相対超音波伝播速度を示す。供試体中央部に当たるB2, B3の方が, 中心, 周囲ともにB1, B4よりも低くなっている。図6から, 横断方向においてはほぼ均一に劣化しているが, 供試体中央部の方が若干ではあるが凍結融解作用による劣化が進行したためだと考えられる。分割ブロックと直接法の相関係数を見ると, B2, B3の中心は0.699であり, 縦断方向の直接法は供試体の中央部の状態と関連があると考えられる。

4. まとめ

超音波伝播速度の結果から, さまざまな傾向を掴むことができた。これにより, 超音波伝播速度の測定によっても, 耐凍結融解性の診断が十分に行えることが確認された。しかし, 測定箇所, 測定方法によって, さまざまな傾向があるので十分に注意しなければならない。また, 今回は傾向を掴むことはできたが, まだデータ数も不十分であり, 今後さらに検討していく必要があると考えられる。

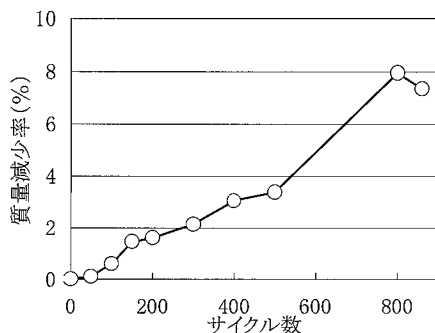


図2 質量減少率

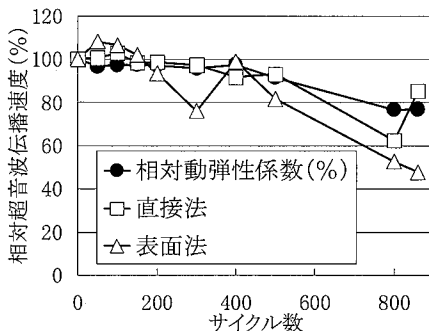


図4 相対超音波伝播速度

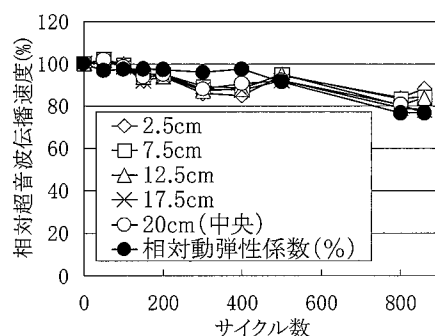


図6 直接法横断方向における超音波伝播速度

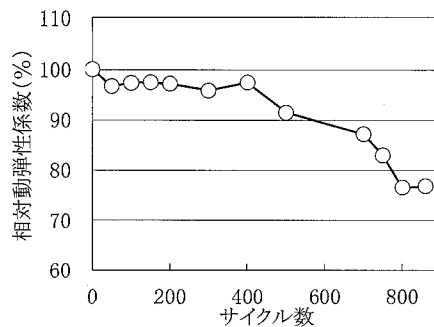


図3 相対動弾性係数

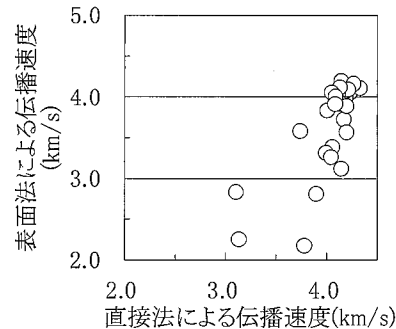


図5 直接法縦断方向・表面法 相関図

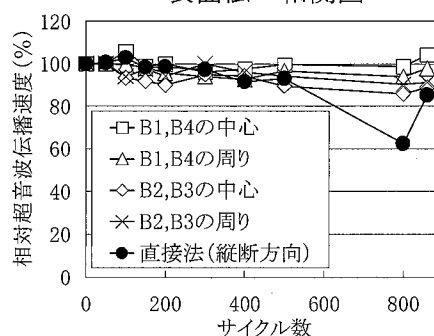


図7 分割ブロックの相対超音波伝播速度