

V-223 横波弾性波のスペクトルによる凍結融解作用を受けた コンクリート部材の劣化度評価

熊本工業大学 正員 ○上杉 真平
 熊本大学工学部 正員 大津 政康
 熊本工業大学 正員 門司 唱

1. はじめに

コンクリートが凍結融解作用を受けると、コンクリート内部の空隙に含まれてい水が膨張収縮を繰り返して組織の劣化が進行していくことが知られている¹⁾。この劣化の材料的メカニズムについては、これまでに多くの研究がなされている²⁾が、凍結融解作用による劣化の問題を扱うには、劣化機構の解明と同時にその程度を正しく評価することが構造物の維持管理、補修の上で重要である。本研究では、凍結融解作用を受けたコンクリートの初期の段階での表面からの劣化程度を評価するために、非破壊検査法の一つである横波弾性波によるスペクトロスコーピー法に注目し、本手法の適用の可能性について考察を行った。

2. 実験方法

実験では、Table 1 に示すような配合でコンクリート角柱試験体(10×10×40cm)を作成した。なお、表中の空気量およびスランプは打設時における実測値である。養生は標準養生(20°C)とし、恒温槽に材令28日まで保存した。凍結融解による劣化促進は土木学会基準(水中凍結融解試験)に準じて行い、凍結融解の1サイクルにおける最高及び最低温度は4°C~18°Cに設定し、その所要時間は3時間とした。スペクトロスコーピー試験においては、試験体表面に20cmの間隔をとって入出力センサ(横波用超音波振動子、USD-30WN, 開発電子社製)を配置し、入力センサを介して1~20kHzまで約19秒で連続的に変化する電圧一定のSine波を入力させ(スイープモード入力)、出力センサで検出した波形の検出信号の実効値電圧をレコーダに直接記録させて応答スペクトルを求めた³⁾。ここで横波を用いた理由は、BEMによる解析の容易さと厚さ方向に劣化が層状に進展する場合の非破壊検査を対象としているためである。促進劣化による試験体の変化については、19, 48および96サイクル毎に動弾性係数および応答スペクトルを計測し、0サイクル時の値と比較した。

Table 1 Mix proportions and mechanical properties.

unit weight(kgf/m ³)				air (%)	slump (cm)	compressive strength (kgf/cm ²)	tensile strength (kgf/cm ²)	Young's modulus (kgf/cm ²)	Poisson's ratio
W	C	S	G						
169	375	703	1066	5.7	6.7	461.6	41.8	3.22×10 ⁵	0.21

3. 実験結果および考察

0サイクル時(健全な状態)のコンクリート試験体の応答スペクトルをFig.1(a)に示す。5~17kHzの間に5個程度の主要な卓越(ピーク)が存在していることがわかる。この応答スペクトルに現れるピークは部材の共振周波数に対応していると予想されることから、境界要素法(BEM)により動的応答解析⁴⁾を行った。各週波数入力に対する検出点の応答振幅を計算した結果がFig.1(b)であるが、そのピーク出現位置は実験結果とほぼ一致していることがわかる。数値解析の際にとった周波数刻みが粗いことを考慮すれば、本試験法によって得られた応答スペクトルの妥当性が理論的にほぼ確認できたものと考えられる。なお、BEM解析においてはSH波による2次元面外問題として扱った。劣化が進行した試験体についても同様の試験を行い、16, 48および96サイクルの場合について応答スペクトルを求めた。いずれの場合も特徴的なピークが現れるのは0サイクルのものと同じであるが、劣化が進行するに従ってピーク周波数が低周波数側へ僅かずつ移動することがわかった。さらに、最初に現れるピークから順に第1, 2, ..., 5ピークと呼ぶことにすると、

第3ピーク以降のものは出現傾向が不安定で一定の性状を示していない。そこで、ここでは第1および第2ピークに着目し、0サイクルに対する周波数比 (F_{d1}^2/F_{01}^2 , F_{d2}^2/F_{02}^2) を求めて各サイクル毎に計算した相対動弾性係数の値と比較した。この結果をまとめたものがFig.2である。初期劣化に限れば、応答スペクトルから得られたピーク周波数比と相対動弾性係数との間には相関があることがわかる。堀らの研究⁵⁾によれば、コンクリート内に存在する細孔の体積変化と相対動弾性係数の低下との間には線形の関係が成立するとされることから、応答スペクトルの周波数比から細孔の体積変化を予測することも可能ではないかと考えられる。なお、各サイクルにおいて計測された応答スペクトルのピーク周波数(第1及び第2)値をTable 2に示してある。

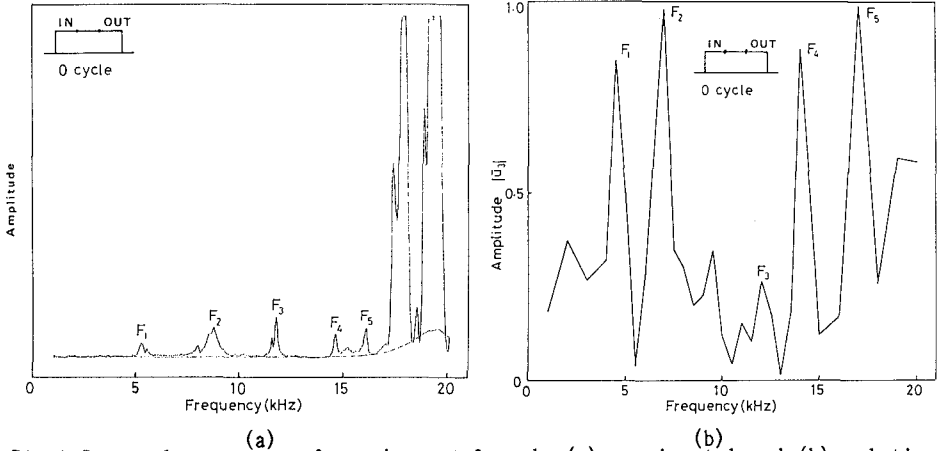


Fig.1 Spectral responses of specimen at 0 cycle;(a)experimental and (b)analytical.

Table 2 Peak frequency of spectral response at each cycle.

Cycles	Peak frequency (kHz)	
	First peak	Second peak
16	5.21	8.18
48	5.15	8.07
96	4.68	7.64

参考文献 1)長谷川寿夫・藤原忠司:凍害,技報堂,1988. 2)鎌田英治:セメント硬化体の微細構造とコンクリートの凍害,コンクリート工学,Vol.19, No.11, pp.36-42. 1981. 3)坂田康徳・大津政康:超音波スペクトロスコーピー法によるコンクリート部材中のひびわれおよび内部欠陥の定量的評価について,コンクリート工学論文集, Vol.3, No.1, pp.1-11. 1992. 4)上杉真平・大津政康: BEM-FEM結合法による2次元弾性定常波動場の解析,土木学会論文集,第398号, pp.295-301. 1988. 5)堀宗朗・多田浩治・斉藤 裕・三浦 尚:細孔構造の変化に着目したコンクリートの低温劣化の診断法の基礎的研究,コンクリート工学年次論文報告集, Vol.13, No.1, pp.723-728. 1991.

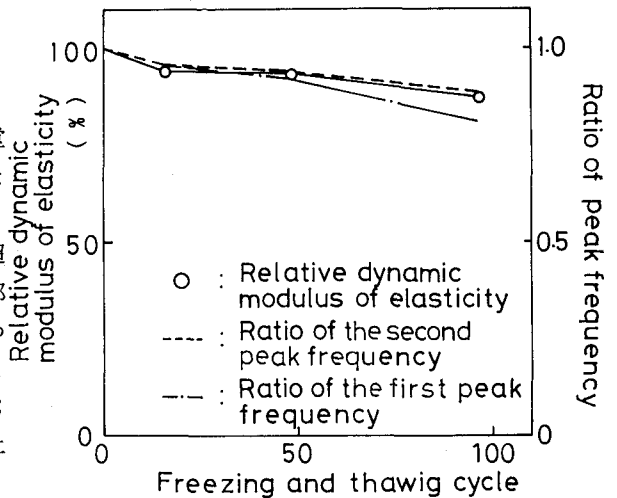


Fig.2 Relation between relative dynamic modulus of elasticity and ratio of peak frequency in freezing thawing.