温度履歴が超音波伝播速度を用いたコンクリートの剛性変化推定モデルの精度に及ぼす影響

函館工業高等専門学校 函館工業高等専門学校 函館工業高等専門学校 アイレック技建㈱

環境システム工学専攻	学生員	○須藤	卓哉
環境都市工学科	正会員	澤村	秀治
環境都市工学科	正会員	橋本絲	申一郎
営業開発本部		永島	裕二

1. はじめに

これまで筆者らは、若材齢コンクリートの強度発現・剛性変化 性状を、超音波伝播速度による連続自動計測で評価すること を試みてきた.そのなかで、高温時に反応が遅延するという特 殊な温度依存性を有する水和熱抑制型膨張材を用いた膨張 コンクリートの強度発現特性を、超音波伝播速度の変化を介 して、非線形アーレニウスプロットによってモデル化できること を示している¹⁾.この剛性変化推定モデルは、一定温度で養 生した供試体における超音波伝播速度の変化のデータを基 に作られているが、実際のコンクリート構造物、特にマスコンク リート構造物においてコンクリートは激しい温度変化を受ける ため、このような温度履歴下での推定精度について確認する 必要がある.本研究では、コンクリート供試体に実構造物のよ うな温度変化を強制的に与えながら超音波伝播速度の変化 を計測し、剛性変化推定モデルの適合性について検討した.

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合・実験の温度水準

実験は、水和熱抑制型膨張材を使用した膨張コンクリートを 対象に行った. コンクリートの材料を表-1 に、配合を表-2 に示 す. 膨張材の添加量は、低添加型膨張材の標準使用量とし、 セメント内割りで 20kg/m³とした. 実験におけるコンクリートの打 設温度は、13℃、18℃、23℃の 3 水準である. 打設直後から 恒温槽内の空気の温度をコンピュータによって制御し、実構 造物を想定した温度変化を強制的に供試体に与え、自動計 測システムにより 15 分間隔で超音波伝播速度を測定した.

2.2 超音波伝播速度による剛性変化推定モデル

川尻ら¹⁾は、コンクリートの剛性を表すパラメータの一つとみ なすことができる超音波伝播速度の変化を、図-1の供試体を 用い 10水準の温度条件で計測している。図-2 に各温度水準 におけるコンクリート温度の実測値を示す。これらの温度履歴 データ、および超音波伝播速度の計測値を用い、水和熱抑 制型膨張コンクリートの強度発現・剛性変化の温度依存性を、 アーレニウスの反応速度則を適用しモデル化することができる。 図-3 は、超音波伝播速度別に 3 次式で近似したアーレニウス 表-1 コンクリートの配合

Name % W C Ex S G AE膨水剤 AE助 R 55.0 41.5 165 285 20 750 1081 4.58 2.1		Name	W/C	s/a	単位質量(kg/m ³)						
R 55.0 41.5 165 285 20 750 1081 4.58 2.1			%	%	W	С	Ex	S	G	AE減水剤	AE助剤
		R	55.0	41.5	165	285	20	750	1081	4.58	2.14



近似したアーレニウスプロットの関係(R)

Key Words: 膨張コンクリート,温度依存性,超音波伝播速度,アーレニウスプロット 〒042-8501 函館市戸倉町 14-1, TEL:0138-59-6489, FAX:0138-59-6489 プロットを補間したものである.水和熱抑制型膨張コンクリートは,特殊な温度依存性を有するためアーレニウスプロットが 直線にならず,全体としてドーム型の形状となる.この曲面は, ある任意の時刻の超音波伝播速度 V_P とその時刻のコンクリ ートの絶対温度の逆数 1/T を代入すると,その時刻での超音 波伝播速度変化率 $\ln(dV_P/dt)$ を求めることができる計算モ デルである.さらに得られた $\ln(dV_P/dt)$ の対数をはずし,時 間で積分することにより超音波伝播速度 V_P の変化を算出で きる.実際の計算では,式-1 のようにある任意の時刻の超音 波伝播速度 $V_{P0}(t_0)$ を初期値として一定の時間刻み t_i ごとに $\ln(dV_P / dt)_i$ を求め,式-1 のように積算し,温度履歴を考慮 した超音波伝播速度の変化を推定できる.

$$V_{P} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{dV_{P}}{dt} \right)_{i} \cdot \Delta t_{i} + V_{P0}(t_{0}) \qquad \text{\vec{R}-1}$$

2.3 実構造物の温度条件での推定モデルの適合性

実際のマスコンクリート構造物では、コンクリート自身は水 和熱によって大きな温度変化を受ける. そこで, 実構造物の 温度変化条件における超音波伝播速度による剛性変化推 定モデルの精度を確認することを目的とし,供試体に強制的 な温度変化を与えた実験を行った. 図-4 にコンクリート供試 体の温度履歴を示す.供試体に与えた温度変化は,実構造 物を想定した FEM 温度解析結果を参考に決めており, ピー ク温度は打込み温度プラス23℃となっている. 超音波伝播 速度の測定結果と、図-3のモデルによる推定結果の比較 を図-5, 6, 7に示す. 推定モデルは、全体として超音波 伝播速度の変化の大まかな傾向は捉えることはできるも のの, コンクリートが大きな温度変化を受ける場合には, その推定精度は十分でなく、コンクリート温度が高いほど 精度が低下する傾向が認められた.精度を向上させるため には、さらに温度の範囲を広げた実験データを加え、計 算モデルに取り入れることが必要である.

3. まとめ

実構造物のように著しい温度変化を受ける場合では、 一定温度で養生したコンクリートの超音波伝播速度の変 化を基にした剛性変化推定モデルでは、十分な精度を確 保できないことが明らかになった.今後、図-4のような 強制的な温度履歴を与えたデータを蓄積し、それらを基 にしたアーレニウスプロットと剛性変化推定モデルの検 討が必要である.



参考文献

1) 川尻峻三・澤村秀治・永島裕二:超音波伝播速度による膨張コンクリートの剛性変化推定モデルに関する研究,平 成18年度土木学会北海道支部論文報告集第63号, E-19, 2007.2