

超音波伝播速度を用いた膨張コンクリートの弾性係数推定法に関する研究

環境都市工学科 26 番 須藤卓哉, 指導教員 澤村秀治

Research on the Estimate Method of Elasticity Modulus in Expansive Concrete by Application of Ultrasonic Speed

SUDO Takuya

Abstract : Generating of the expansive strain of expansive concrete and the strength gain property are closely related, and both of them depend on temperature conditions strongly. Therefore, in order to evaluate generating of the free expansive strain of expansive concrete, it is necessary to grasp appropriately the mechanical property at the time of early age. Then, in this research, we carried out compressive strength tests, static Young's modulus tests, and measurement of ultrasonic speed at the time of early age expansive concrete and considered the relation of these results and, placing and curing temperature conditions. This result, it was possible to measure the change in static Young's modulus of expansive concrete from the super early age by ultrasonic speed.

Key words : expansive concrete, static young's modulus ,ultrasonic speed

1. はじめに

現在遂行している膨張コンクリートの自由膨張ひずみの温度依存性を定量化・モデル化する研究[1]において、若材齢コンクリートの強度発現、弾性係数の変化を正確に追跡することが必要であると認識している[2]。昨年度は、普通コンクリートに対しての超音波伝播速度の計測データと、これと対を成す若材齢コンクリートを対象としたコンクリートの圧縮強度・静弾性係数試験データを組み合わせることによって、超音波伝播速度による若材齢コンクリートの弾性係数の評価方法について検討を行った。そこで本年度は、膨張コンクリートの自由膨張ひずみの温度依存性を定量化・モデル化する基礎データとして、打設・養生温度が3水準の水和熱抑制型膨張混和材を用いた膨張コンクリートを対象とし、昨年度と同様の実験を行って、温度が超音波伝播速度 V_P と静弾性係数 E_c の関係に及ぼす影響を確認するとともに、若材齢膨張コンクリートの超音波伝播速度 V_P と静弾性係数 E_c の関係を示す計算モデルの提案を試みた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表1に本実験での膨張コンクリートの配合、表2に使用材料を示す。配合は、水/(セメント+膨張混和材)比を55%とし、普通ポルトランドセメントに CSA 系水和熱抑制型膨張混和材をメーカー推奨の標準使用量である 20kg/m^3 内割置換した一般的な収縮補償用の膨張コンクリートである。

表1 膨張コンクリートの配合

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

表2 使用材料一覧

名称	仕様等	密度 (g/cm^3)
セメント	普通ポルトランドセメント	3.15
膨張混和材	CSA系水和熱抑制型	2.83
細骨材	函館市豊原産天然砂	2.64
粗骨材	上磯磯朗産碎石2005	2.70
混和剤	AE減水剤標準型	1.08
助剤	空気調整剤	1.00

2.2 供試体および計測方法

膨張コンクリートの超音波伝播速度と静弾性係数の関係を把握するために、打設・養生温度 10, 20, 30°Cの膨張コンクリートに対してそれぞれ3本×15材齢=45本の円柱供試体を作製し、圧縮強度・静弾性係数試験を行った。図1は若材齢膨張コンクリートの超音波伝播速度と静弾性係数を求めるための実験システムの概略図である。膨張コンクリートを打設した円柱供試体は、所定温度に設定した恒温室内で温度管理を行い、型枠に入れたまま封かん状態で養生した。供試体の取り扱いが可能な強度が得られたらジェットセメントペーストでキャッピングし、ただちに脱型して円柱供試体の超音波伝播速度の測定、圧縮試験機による静弾性係数試験を行った。コンクリートの応力-ひずみ関係の測定にはコンプレッソメーターを使用し、静弾性係数はJIS A 1149-2001「コンクリートの静弾性係数」に従い、応力-ひずみ曲線上のひずみが $50\mu\epsilon$ の点と圧縮強度の1/3の点を結ぶ割線の勾配として求めた。なお、円柱供試体の受ける温度履歴についてはダミー供試体の温度を計測し、有効材齢で管理した。

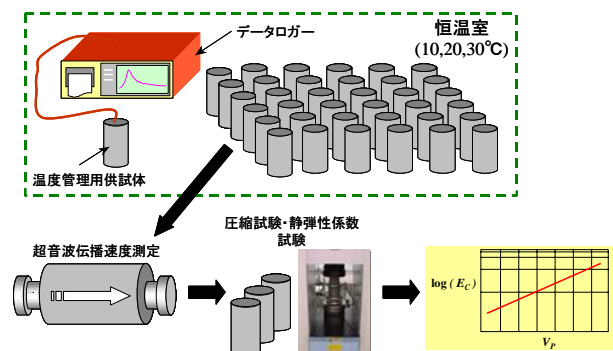


図1 実験システム概略

3. 実験結果および考察

3.1 有効材齢による温度依存性の評価

圧縮強度、静弾性係数、超音波伝播速度の温度依存性を評価するために式1に示す有効材齢を用いた[3]。

$$t_e = \sum_{i=1}^n \Delta t \cdot \exp \left[13.65 - \frac{4000}{273 + T/T_0} \right] \quad \text{式 1}$$

t_e : 有効材齢 (日)
 Δt : 温度が T である時間 (日)
 T : コンクリートの温度 (°C)
 T_0 : 1°C

図2に有効材齢と圧縮強度, 図3に有効材齢と静弾性係数, 図4に有効材齢と超音波伝播速度の関係を示す. 図2の有効材齢と圧縮強度の関係と図4の有効材齢と超音波伝播速度の関係を比較すると, これらの関係においては明確な相互関係を確認できない. 一方, 図3の有効材齢と静弾性係数の関係と図4の有効材齢と超音波伝播速度の関係では, 静弾性係数の計測結果と超音波伝播速度の計測結果が類似しており, 何らかの相互関係が確認できる. これより超音波伝播速度によって静弾性係数に寄与する水和反応の反応過程挙動, すなわち剛性変化を評価できるといえる.

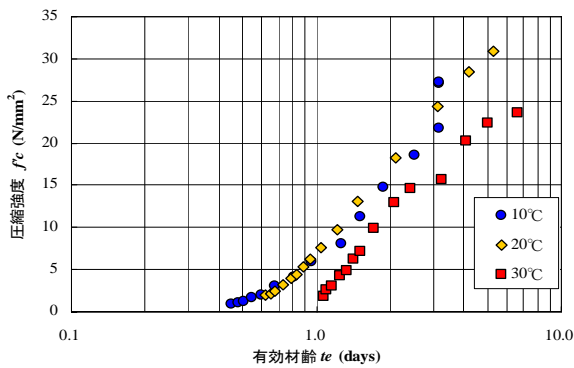


図2 有効材齢と圧縮強度

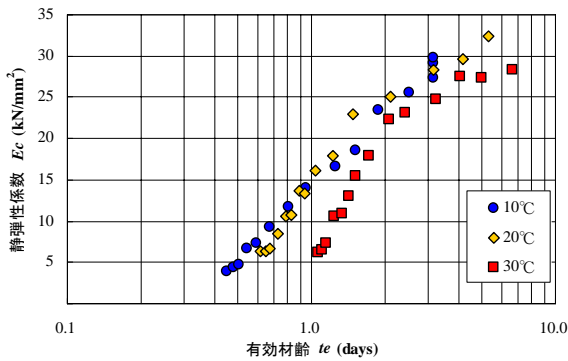


図3 有効材齢と静弾性係数

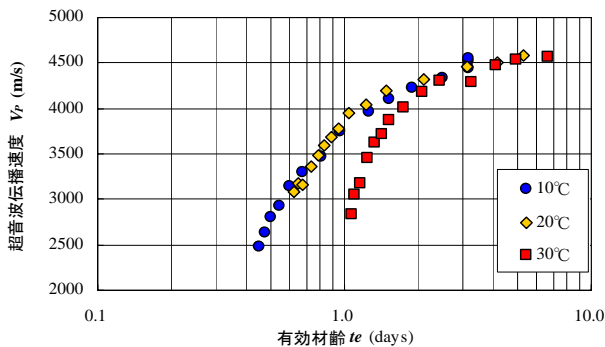


図4 有効材齢と超音波伝播速度

3.2 超音波伝播速度と静弾性係数の関係

図5にすべての打設・養生温度での超音波伝播速度と静弾性係数の関係を示す. 超音波伝播速度と静弾性係数の関係は, 打設・養生温度条件の影響をほとんど受けず, 高い相関性を示している. 今回の実験で対象とした膨張コンクリートは強度発現特性に特殊な温度依存性を有している[2]が, それらは超音波伝播速度と静弾性係数の関係には影響を及ぼさないことを, 実験結果より確認することができた. 超音波伝播速度より膨張コンクリートの若材齢時からの静弾性係数を推定するための計算モデルとして式2を提案する.

$$E_c(V_p) = e^{(1.132 \times 10^8 V_p^2 + 9.392 \times 10^{-4} V_p + 5.842)} \quad \text{式 2}$$

E_c : 静弾性係数 (N/mm²)
 V_p : 超音波伝播速度 (m/s)

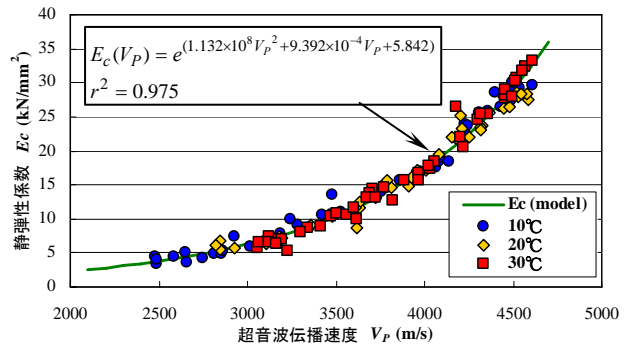


図5 超音波伝播速度と静弾性係数の関係 (10°C, 20°C, 30°C)

4. まとめ

本研究では, 若材齢時の膨張コンクリートの強度特性を明らかにするために圧縮強度・静弾性係数試験, 超音波伝播速度の測定を行い, それらの打設・養生温度の影響について検討した. そして, 超音波伝播速度を用いて, 若材齢時からの静弾性係数を推定する計算モデルの提案を試み, 以下の知見を得た.

- 1) 有効材齢によって静弾性係数, 超音波伝播速度を整理した結果, これらの相互関係を確認できた. このことから, 超音波伝播速度を用いてコンクリートの静弾性係数を評価できる.
- 2) 若材齢膨張コンクリートの超音波伝播速度と静弾性係数の関係には高い相関性が認められ, かつこれらの関係は打設・養生温度条件の影響を受けない.
- 3) 若材齢膨張コンクリートの超音波伝播速度の測定値から静弾性係数を推定する計算モデルとして, 式2を提案する.

参考文献

- [1] 小川育恵・川尻峻三・澤村秀治: 温度依存性を考慮した膨張コンクリートの自由膨張ひずみ計算モデルの研究<2種類の膨張材を用いた膨張コンクリートの膨張性状の差異について>, 平成17年度土木学会北海道支部論文報告集第62号, V-14, (2006).
- [2] 川尻峻三・澤村秀治・橋本紳一郎・永島裕二: 超音波伝播速度による膨張コンクリート強度発現特性の評価, 土木学会第61回年次学術講演会講演概要集, 5-495, (2006).
- [3] コンクリート標準示方書(構造性能照査編), 土木学会, pp30-37, (2002).