

普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートの相対動弾性係数と各種強度の関係

Relation between Various Strength and Relative Dynamic Modulus of Elasticity of Concrete using Ordinary Portland Cement

○緒方 英彦*, 周藤 将司**, 兵頭 正浩*
OGATA Hidehiko*, SUTO Masashi** and HYODOU Masahiro*

1. はじめに

寒冷地において凍害の進行が懸念されるコンクリート構造物においては、劣化程度を評価するために超音波法による非破壊試験や採取コアによる破壊試験が行われる^{例1)}。超音波法で測定される超音波伝播速度は、同様の非破壊試験である共鳴振動法で測定される一次共鳴振動数から算定される動弾性係数との関係が理論式、実験式において明確にされており、コンクリートの凍結融解抵抗性を評価するための指標である相対動弾性係数との関係も明らかになっている²⁾。コンクリートの相対動弾性係数は、JISA 1148:2010「コンクリートの凍結融解試験」で定義されている指標であり、使用材料や配合の異なるコンクリートの凍結融解抵抗性を評価する指標とされ、コンクリート構造物の耐凍害性を直接的に評価するものではないとされているが、データの蓄積量が多く認知度も高いことから、供用中の構造物における診断指標として一般に使われている^{例2)}。

構造物の診断の目的は、劣化程度を明らかにし、安全性や耐久性の性能を評価することであり、その結果が性能の回復や向上のための対策の策定に用いられる。性能の評価や対策の策定では、超音波伝播速度や相対動弾性係数などの非破壊指標ではなく、設計に直接結びつく強度の把握が必要になり、凍害劣化が懸念される構造物においては、相対動弾性係数と強度の関係式が必要になる。相対動弾性係数と強度の関係についての既往の研究としては、高柴ら⁴⁾、松村ら⁵⁾のものがあるが、データ数が少なく、結果の汎用性の確認も十分ではない。

そこで本研究では、普通ポルトランドセメントのコンクリートを気中凍結水中融解試験 (B 法) に供し、凍結融解作用により劣化したコンクリートの相対動弾性係数と圧縮強度、静弾性係数、引張強度の関係式を求め、既往の関係式と比較する。

2. 凍結融解試験および強度測定

表-1 AEコンクリートの示方配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	WC (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)
20	8±2	60	6±1	39.6
単位量 (kg/m ³)				
水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤 (g/m ³)
170	283	702	1,056	2,830

本研究で作製した供試体は、non-AE および AE コンクリートの 2 種類の円柱供試体 (φ10×20cm) である。AE コンクリートの示方配合は表-1 に示すとおりであり、non-AE コンクリートの示方配合は表-1 から混和剤を抜いたものである。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材と粗骨材は鳥取産を使用し、混和剤はポリカルボン酸エーテル系の高性能 AE 減水剤 (レオビルド SP8N) を使用した。

供試体は、所定の材齢 (凍結融解開始材齢) まで水温 20°C の標準水中養生を行い、その後 JIS A 1148:2010 に準拠した気中凍結水中融解試験 (B 法) に供した。凍結融解開始材齢は、凍結融解抵抗性の高低を操作するために、non-AE コンクリートで 7 日と 14 日、AE コンクリートで 7 日と 28 日とした。

凍結融解試験途中の相対動弾性係数の測定は凍結融解 30 サイクル毎に行い、相対動弾性係数が概ね所定の値まで低下した際に圧縮強度、静弾性係数、引張強度の測定を実施した。相対動弾性係数と各種強度の関係は、既往の研究⁴⁾と同様に、凍結融解試験前 (相対動弾性係数 100%) の測定値に対する各劣化段階の測定値の比として整理した。ここで、本研究におけるデータ数は 38、既往の研究のデータ数は高柴らが 4、松村らが 11 である。

3. 相対動弾性係数と各種強度の関係

(1) 圧縮強度

相対動弾性係数 DM と圧縮強度比 Rc の関係を図-1 に示す。上が既往の研究、下が本研究の図である。図中の実線は近似直線であり、近似式は次のよ

*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, **鳥取大学大学院連合農学研究科, United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, 凍結融解作用, 相対動弾性係数, 圧縮強度, 引張強度, 静弾性係数, 普通ポルトランドセメント

うになる。

既往の研究 $R_c=0.0071 (DM-100) + 1$

本研究 $R_c=0.0041 (DM-100) + 1 (|R|=0.22)$

既往の研究では、相対動弾性係数が10%低下するとき圧縮強度は約7%低下するが、本研究でも概ね近い値の約4%が得られている。ただし、相対動弾性係数と圧縮強度比の相関係数は0.22と低い。

(2) 静弾性係数

相対動弾性係数DMと静弾性係数比Remの関係を図-2に示す。近似式は、次のようになる。

既往の研究 $Rem=0.0149 (DM-100) + 1$

本研究 $Rem=0.0128 (DM-100) + 1 (|R|=0.84)$

既往の研究では、相対動弾性係数が10%低下するとき静弾性係数は約15%低下するが、本研究でも概ね近い値の約13%が得られている。相対動弾性係数と静弾性係数比の相関係数は0.84である。

(3) 引張強度

相対動弾性係数DMと引張強度比Rtsの関係を図-3に示す。既往の研究では、引張強度比の結果が示されていないことから、本研究の結果だけである。本研究の近似式は、次のようになる。

本研究 $Rts=0.0094(DM-100)+1 (|R|=0.80)$

本研究の結果では、相対動弾性係数が10%低下するとき引張強度は約10%低下することになる。相対動弾性係数と引張強度比の相関係数は0.80である。

4. おわりに

凍結融解作用により劣化したコンクリートは、相対動弾性係数が低下するとともに圧縮強度、静弾性係数、引張強度は低下する。本研究では、普通ポルトランドセメントのコンクリートを気中凍結水中融解試験(B法)に供した結果である。今後、各種セメントのコンクリート、水中凍結水中融解試験(A法)の結果を含めるだけでなく、実構造物から採取したコアの試験結果を含めることで、関係式の実用性を向上する予定である。

引用文献

- 緒方英彦ら: 超音波法によるコンクリート製水路の凍害診断, コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関するシンポジウム論文集, 日本コンクリート工学協会, pp.63-70 (2006)
- 緒方英彦ら: 超音波法によるコンクリートの凍結融解特性の評価, コンクリート工学年次論文集 Vol. 24, pp.1563-1568 (2002)
- 遠藤裕文ら: 凍害劣化の簡易診断技術に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, pp.839-844 (2010)
- 高柴保明ら: 凍害およびアルカリ骨材反応を受けたコンクリートの力学特性, コンクリート工学次論文報告集

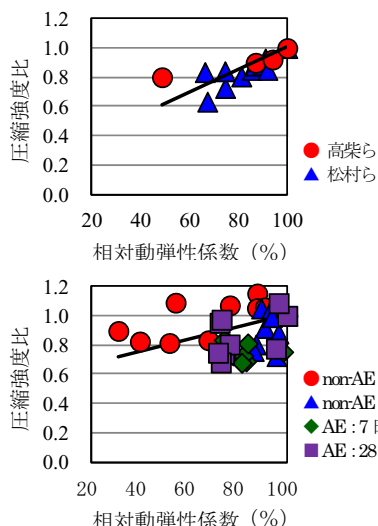


図-1 相対動弾性係数と圧縮強度比の関係

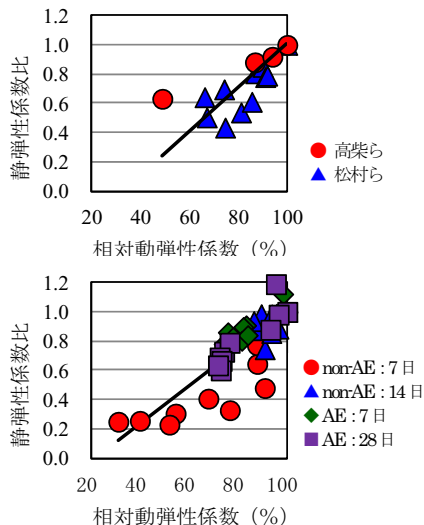


図-2 相対動弾性係数と静弾性係数比の関係

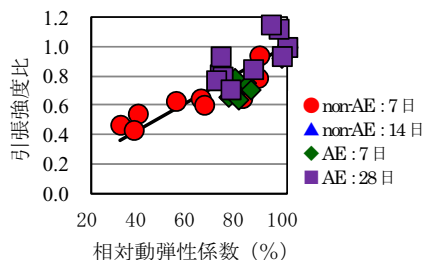


図-3 相対動弾性係数と引張強度比の関係

20 (1), pp.221-226 (1998)

- 松村宇ら: 凍害を受けたコンクリートの性状と劣化度評価法に関する研究, 日本建築学構造系論文集 563, pp.9-13 (2003)