

## 凍結融解試験結果の評価方法および試験材齢強度に関する検討

松江工業高等専門学校 土木工学科 正会員 高田龍一  
 専攻科 学生会員○平木洋輔  
 鳥取大学 農学部 正会員 緒方英彦  
 鳥取大学 農学部 服部九二雄  
 島根大学 生物資源科学部 正会員 野中資博

## 1. はじめに

コンクリートの性能照査にあたって、凍結融解試験は、1つの主要な耐久性照査項目である。

本研究では、コンクリートの凍結融解試験方法および試験結果の評価方法の検討を行った。2002年に改訂されたコンクリートの凍結融解試験方法（JIS A 1148-2001）では、「試験開始材齢は28日を標準とし、セメント及び骨材の種類、配合及び試験の目的によっては他の養生方法や材齢とすることができる」とされている。つまり、目的とするコンクリートの性能に応じて、試験方法も柔軟な対応が要求されることがわかる。そこで、本研究では、初期強度が劣り、長期強度が期待できるフライアッシュを混和材として利用し、試験開始時の圧縮強度が耐凍結融解性能に及ぼす影響について検討を行った。また、昨年度に引き続き、測定の簡便な超音波伝播速度を用いた凍結融解試験結果の評価方法についても検討を行った。

## 2. 試験概要

今回実施した凍結融解試験は、A法（水中凍結水中融解試験）で行い、試験に用いた角柱供試体はポズラン反応による強度発現と耐凍結融解性能の関係を検討するために、セメントをフライアッシュで置換し、さらに石炭灰の有効利用の観点から、細骨材をシンダーアッシュで置換した3種類（Case1：10%FA+10%CA、Case2：20%FA+10%CA、Case3：30%FA+10%CA）とし、各々3体ずつの供試体を作成した。各供試体の1m<sup>3</sup>あたりの配合を表1に示す。3種類の供試体は、材齢14、91日まで水中養生を行い、その後、凍結融解試験を行った。なお、ここでは、強度というファクターが耐凍結融解性能に及ぼす影響を調べるため、AE剤の使用は避けた。

また、超音波伝播速度を利用した評価方法に関し、昨年度の課題として、A法（水中凍結水中融解）でデータ数が十分でなかったことや低いデータ領域、すなわち劣化領域でのデータが得られなかったことが挙げられた。そこで、引き続き実験を行い、過去3年間の試験結果（サンプル数91個）を加えた上での検討を行った。なお、B法（気中凍結水中融解）では、超音波伝播速度を利用した評価方法の信頼性の高いことがすでに立証されている<sup>1)</sup>ため、A法（水中凍結水中融解）での検討を行った。

表1 配合表

|       | M.S.<br>(mm) | スランブ<br>(cm) | air<br>(%) | W/(C+FA)<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位水量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |    |     | スランブ結果<br>値(cm) |
|-------|--------------|--------------|------------|-----------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----------------|
|       |              |              |            |                 |            | W                        | C   | FA  | S   | CA | G   |                 |
| Case1 | 20           | 12±2         | 2          | 55              | 49         | 207                      | 308 | 34  | 785 | 87 | 893 | 4               |
| Case2 | 20           | 12±2         | 2          | 55              | 49         | 207                      | 275 | 69  | 785 | 87 | 893 | 6.5             |
| Case3 | 20           | 12±2         | 2          | 55              | 49         | 207                      | 241 | 103 | 785 | 87 | 893 | 7.8             |

## 3 凍結融解試験の結果と考察

## 3. 1 圧縮強度が耐凍結融解性能に及ぼす影響についての結果と考察

図1の圧縮強度のグラフから、普通コンクリートよりもフライアッシュの混入率が高まるに従って低強度となっていることがわかるが、材齢91日では、若材齢ほどの強度差は見られない。これはコンクリートへのフライアッシュ混入によるポズラン反応の効果であると考えられる。ここで、凍結融解試験開始材齢の14日強度と91日強度に着目すると、各Caseの供試体においても明らかな強度差が認められ、材齢14日目に凍結融解試験を開始する供試体は、材齢91日に比べ、明らかに低強度であることから、耐凍結融解性能に関して、より過酷な条件下での凍結融解試験となることが想定される。図2、3はA法による材齢14日、91日における相対動弾性係数の推移を示しており、縦軸に相対動弾性係数、横軸にサイクル数を表す。耐凍結融解性能が強度というファクターに影響されるとすれば、14日材齢に比較して91日材齢の供試体ではより高い耐凍結融解性能が期待される。図2、

3より、多少の差異は見られるものの、いずれの材齢においても、相対動弾性係数の値が早いサイクル数で急激に低下しており、材齢の違いによる強度差から生じると考えられた耐凍結融解性能に明らかな差異は見られなかった。また、B法においてもA法と同様な結果を得ており、今回の実験からは、材齢の違いによる圧縮強度の差異が耐凍結融解性能に及ぼす明らかな影響は認められなかった。また、今回の実験においては、耐凍結融解性能に影響すると考えられるファクターとして強度に着目し、耐凍結融解性能の低下過程を検証するため、あえてAE剤を使用していない。そのため、一般に耐凍結融解性能に不可欠と考えられるエントレインドエアが存在しなかったことが、耐凍結融解性能の劣る原因となったと考えられる。また、吸水性の高いシンダーアッシュの混入も、一様なマイナス効果に影響していると考えられる。

### 3. 2 凍結融解試験結果の評価方法に関する結果と考察

各指標間の相関関係を図4～図6に示す。図は、縦軸に従来の相対動弾性係数E1、横軸に超音波伝播速度より求めた相対動弾性係数E2、理論式より求めた相対動弾性係数E3、超音波伝播速度の平方値より求めた相対超音波伝播速度E4を表す。相関関係を示した図4～図6からは、昨年得られなかった低いデータ領域でのデータが得られたこと、過去のデータを組み込んだことなどから、昨年度の結果と比較して、線形係数が信頼性の高い数値となった。また、図4から、超音波伝播速度から求めた相対動弾性係数E2は従来の相対動弾性係数の値と比較して、幾分安全側に評価していること、図5、図6からは、ほぼ1:1の関係にあることがわかる。以上のことから、昨年度と比較し、より高い相関性を示すことが明らかとなり、A法での超音波伝播速度を利用した評価方法は従来の相対動弾性係数と同等の評価値であることが確認できる。また、B法では、すでに高い相関性を示すことが明らかにされていることから、超音波伝播速度を利用した凍結融解試験結果の評価方法は、試験方法に関係なく、利用できると考えられる。

### 4. おわりに

今回の試験により、強度差による耐凍結融解性能に明らかな差異はみられなかった。今後、耐凍結融解性能に影響するとされる個々のファクターについて検討を行う予定であるが、特に材齢強度による耐凍結融解性能についてはエントレインドエアを導入した上で、検討する必要があると考えられる。

評価方法に関しては、昨年度に比べて高い相関性が得られ、評価方法の十分な信頼性が認められる。また、特にA法において、これまでの試験結果より、データ数の大小により、超音波伝播速度を用いた評価方法の信頼性は左右される傾向があることが確認された。そこで、超音波伝播速度が測定不可となった場合の対処法として、横断方向の超音波伝播速度を用いた凍結融解試験の評価方法を現在検討している。今後、これらを踏まえ、超音波伝播速度を用いた凍結融解試験結果の評価を検討する必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1) 緒方英彦, 服部九二雄, 高田龍一, 野中資博: 超音波法によるコンクリートの耐凍結融解特性の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol. 24, No1, pp. 1563-1568, 2002

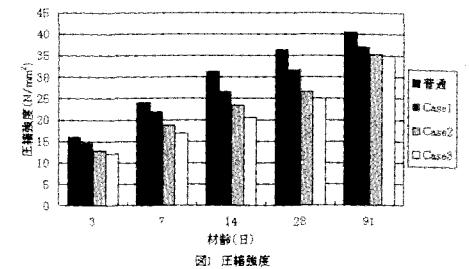


図2 圧縮強度

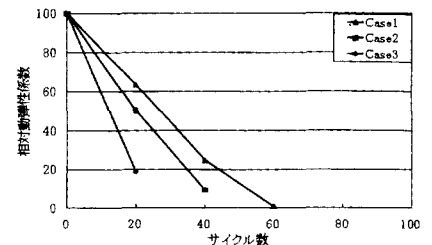


図3 A法材齢14日における相対動弾性係数

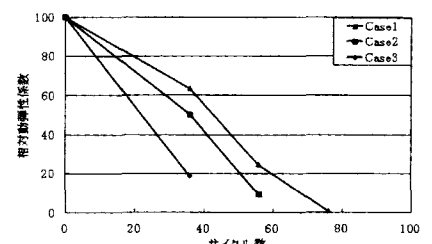


図4 A法材齢91日における相対動弾性係数

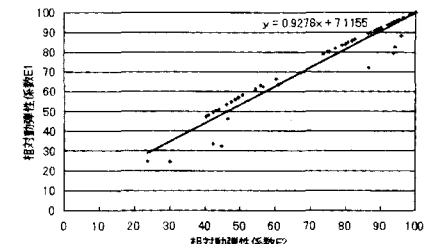


図5 E1とE2の相関関係

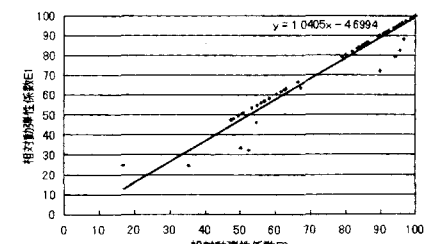


図6 E1とE3の相関関係

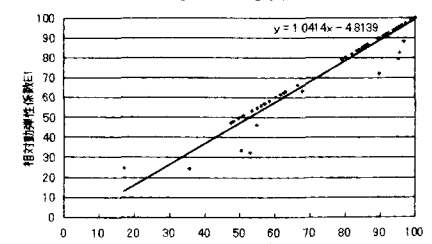


図7 E1とE4の相関関係