

再生骨材コンクリートを用いた簡易急速凍結融解試験法と JIS A 1148（A 法）との相関性

徳島大学大学院 正会員 ○橋本親典 ㈱明治産業 非会員 池端大地  
徳島大学大学院 正会員 渡辺 健 徳島大学大学院 正会員 石丸啓輔

1. はじめに

コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性を定量的評価できる試験方法として、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」がある。通常は、水中凍結融解法（A 法）が用いられ、コンクリートの凍結融解抵抗性は、300 サイクルで相対動弾性係数が 60%以上であれば確保される。本試験方法では、1 サイクルは 3 時間以上 4 時間以内と規定されており、300 サイクルには、1200 時間必要であり、計測する時間を含むと約 2 カ月間程度必要である。これに対して、著者らは、液化窒素を用いた簡易急速凍結融解試験方法を開発・提案してきた<sup>1)</sup>。本試験は、液化窒素を用いて急速（30 秒間）に試験体を凍結させ、直後に融解させ、1 サイクルが 5 分程度で終了する。図 1 は、簡易急速凍結融解を受けた供試体を示す。これまでの研究成果では、JIS A 1148(A 法)の 30 サイクルが簡易急速法の 1 サイクルに相当すると見なしてきた<sup>1)</sup>。本研究では、凍結融解抵抗性が劣る全量再生骨材コンクリート(AE コンクリート)を対象に、両試験方法のサイクル数比の妥当性および簡易急速法の有効性について検討する。

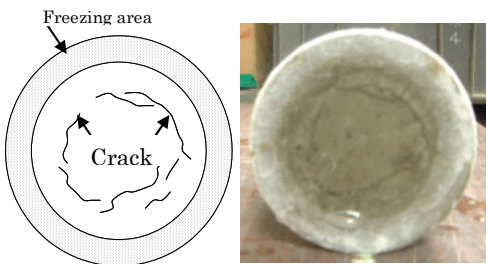


図 1 簡易急速法によって供試体底面に発生するひび割れ

表 1 実験に使用した材料の物理的性質

| 材料      | 種類           | 密度                | 比表面積               | 吸水率  | 粗粒率  | 実積率  | 微粒分量 |
|---------|--------------|-------------------|--------------------|------|------|------|------|
|         |              | g/cm <sup>3</sup> | cm <sup>2</sup> /g | %    |      | %    | %    |
| セメント    | 普通ポルトランドセメント | 3.16              | 3380               |      |      |      |      |
| フライアッシュ | Ⅱ種相当         | 2.24              | 3878               |      |      |      |      |
| 細骨材     | 砕砂①          | 2.59              |                    | 2.66 | 2.70 |      |      |
|         | 砕砂②          | 2.59              |                    | 0.85 | 2.51 |      |      |
|         | 再生骨材         | 2.30              |                    | 7.74 | 3.33 |      | 6.70 |
| 粗骨材     | 砕石① (5-15)   | 2.58              |                    | 1.70 | 6.21 |      |      |
|         | 砕石② (15-20)  | 2.58              |                    | 1.59 | 7.04 |      |      |
|         | 砕石③ (5-20)   | 2.57              |                    | 2.17 | 6.66 | 66.3 |      |
|         | 再生骨材 (5-20)  | 2.45              |                    | 2.45 | 6.56 |      | 1.60 |

2. 実験概要

2.1 使用材料

実験に使用した材料の物理的性質を表 1 に示す。再生骨材は、廃品コンクリートポールを破砕・洗浄・乾燥・分級したものである。再生骨材のクラスは、再生骨材 L に相当する。

混和剤は、高性能 AE 減水剤、消泡剤および空気量調整剤を用いた。

2.2 示方配合

実験に使用したコンクリートの示方配合を表 2 に示す。全量再生骨材コンクリートは合計 6 配合である。W/P が 50%の配合であり、振動有無とフライアッシュの有無である。振動とは、ミキサで練混ぜを行うときに、振動を与えながら練混ぜることを意味する。なお、振動エネルギーは、練混ぜエネルギーと比較して相当小さい。著者らのこれまでの研究によって、全量再生骨材コンクリートの製造において振動付与練混ぜは、再生骨材表面の遷移帯を強固にし、圧縮強度の増加を図ることができることが明らかになっている。フライアッシュは、セメントの内割り置換である。比較用の普通骨材コンクリート 2 配合は、AE コンクリートである。配合名の R は再生骨材、N は普通骨材、V は振動付与、F はフライアッシュ、2 桁の数字は、W/P を意味する。

表 2 実験に供したコンクリートの示方配合

| 配合名   | スランプ   | 空気量     | W/P | W/C  | s/a | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |    |     |     | SP 剤    | 消泡剤  | AE 剤 |
|-------|--------|---------|-----|------|-----|--------------------------|-----|----|-----|-----|---------|------|------|
|       | cm     | (%)     | (%) | (%)  | (%) | W                        | C   | FA | S   | G   | × (C+F) |      |      |
| R50   | 18±1.5 | 5.0±1.5 | 50  | 50   | 49  | 165                      | 330 | 0  | 767 | 850 | 1.20%   | なし   | なし   |
| RV50  |        |         |     |      |     |                          |     |    |     |     |         | 2T   |      |
| RF50  |        |         | 50  | 66.3 | 51  | 165                      | 249 | 81 | 746 | 848 | 1.20%   | 1T   |      |
| RFV50 |        |         |     |      |     |                          |     |    |     |     |         | 1T   |      |
| RF40  |        |         | 40  | 48.7 | 49  | 165                      | 339 | 74 | 687 | 847 | 0.70%   | 0.5T |      |
| RF60  |        |         | 60  | 87.3 | 53  | 165                      | 189 | 85 | 796 | 835 | 0.90%   |      |      |
| N60   | 15     | 5.0±1.5 | 60  | 60   | 50  | 181                      | 302 | 0  | 865 | 872 | 1.10%   | なし   | 2A   |
| N50   |        |         | 50  | 50   | 43  | 175                      | 350 | 0  | 728 | 977 | 1.30%   |      |      |

N60の骨材は、砕砂①および砕石①と②を使用。N50の骨材は砕砂②および砕石③を使用。  
1Tとは、(C+FA)×0.002%の使用量、1Aとは、(C+FA)×0.001%の使用量を意味する。

### 3. 試験方法

#### 3.1 液化窒素を用いた簡易急速凍結融解試験方法

液化窒素用のバケツに、液化窒素を注ぎ、材齢 28 日の  $\phi 100 \times h200\text{mm}$  の円柱供試体を静かに投入し、30 秒間底面を凍結させる。浸漬時間後、バケツから取り出し、常温の水に浸漬し、融解させる。融解後、凍結した底面から約 15mm の位置に、超音波センサーをあて、距離 100mm 間の超音波伝播時間を計測する。超音波伝播速度を求め、緒方らが提案する式<sup>1)</sup>を用いて、動弾性係数を求め、実験開始前の初期動弾性係数と任意回数の動弾性係数より、相対動弾性係数を求める。

#### 3.2 JIS A 1148 (A 法)

JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」では、たわみ振動による共鳴法による相対動弾性係数を求める。急速簡易凍結融解方法と同様に、計測間隔 100mm で供試体の軸直角方向に超音波を入力させ、超音波法による相対動弾性係数の計測を行う。

### 4. 実験結果および考察

図 2 に JIS(A 法)および簡易急速法の相対動弾性係数とサイクル数の関係を示す。JIS(A 法)共鳴法は、試験体に大きいひび割れが入ることによってたわみ振動の共振点が不安定になり正確な共振振動数を求めることができないことが明らかになった。一方、JIS(A 法)と簡易急速法の超音波法は、同様な傾向を示した。

図 3 は、JIS(A 法)と簡易急速法の相対動弾性係数のサイクル数比を 30 回 : 1 回および 30 回 : 0.5 回に対応すると仮定して、両者の相対動弾性係数ならびに耐久性指数の分布図を作成したものである。サイクル数比 30:1 では、実験データが 45 度の直線より上側に分布する。簡易急速法の液化窒素の吹付け時間 30 秒が、厳しいためと考えられる。一方、サイクル数比 30:0.5 では、ほぼ直線上に分布するが、一部は下回った。簡易急速法は、急速試験としての性格上、JIS(A 法)よりも安全側の結果を出す方が望ましい。よって、JIS(A 法)凍結融解回数 30 回が、簡易急速法の凍結融解回数 1 回に相当するサイクル数比は、妥当であると判断される。

### 5. まとめ

本実験の範囲内で、簡易急速試験方法 1 サイクルは JIS A 1148(A 法)の 30 サイクルに相当すると考えてよい。また、JIS A 1148 の相対動弾性係数の計測は、共鳴法より超音波法の方が安定する。

#### 【参考文献】

- 1) 橋本紳一郎ほか: 液体窒素を用いたコンクリートの簡易的凍結融解試験の提案, JCI 年次論文集, Vol.27, No.1, pp.757~762(2005)。

【謝辞】本研究の一部は、四国電力から四国総研に委託された委託研究において実施したものである。ここに付記し、深く感謝の意を表します。

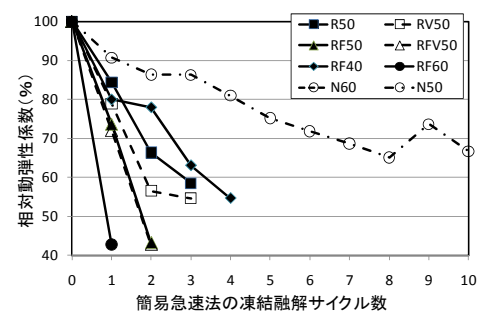
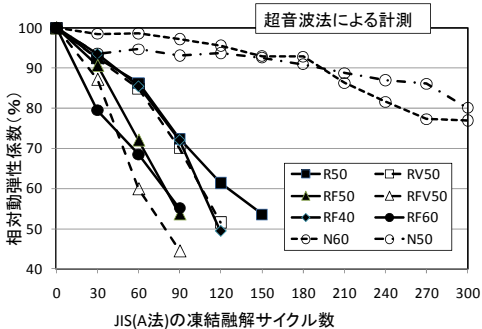
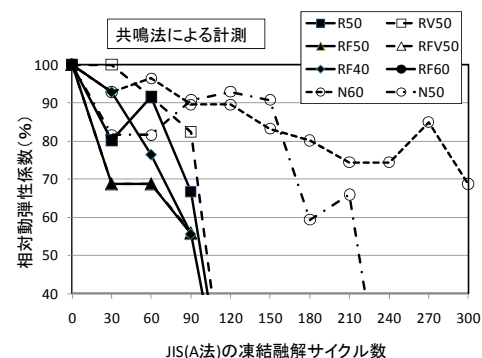


図 2 JIS(A 法)共鳴法、超音波法および簡易急速法の相対動弾性係数とサイクル数の関係

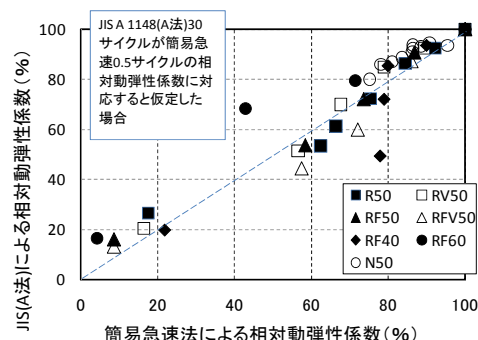
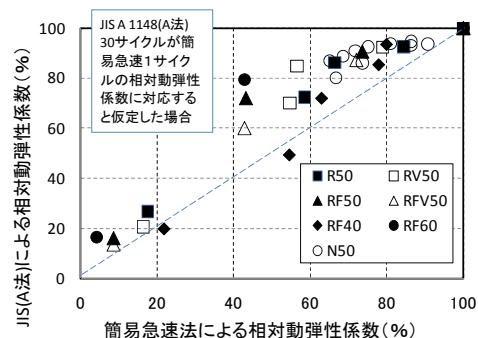


図 3 JIS(A 法)と簡易急速法のサイクル数の相関