

アルカリ骨材反応によって損傷を受けたコンクリートの耐凍結融解性について

鳥取大学 正会員 西林新蔵  
摂南大学 正会員 矢村 潔  
住友建設 正会員 可部正治  
鳥取大学 学生員 ○上村和也

1. まえがき

コンクリートは耐久性に富み、半永久的で、しかもメンテナンスフリーなものと考えられてきたが、近年、コンクリート構造物の早期劣化が多くみられるようになりこれが社会問題となってきた。この原因としては、設計・施工および環境等の要因がコンクリート構造物の損傷に何らかの形で関与し、しかもこれらの要因が複合・相乗的に作用することが多い。特に、アルカリ骨材反応によって損傷をうけたコンクリートに凍結融解が複合的に作用すると損傷は極めて著しいものとなり、かぶりコンクリートが剥離脱落して内部の鉄筋が表面に露出することもある。

本研究では、アルカリ骨材反応によって損傷を受けたコンクリート供試体が凍結融解の繰返しを受ける環境下に置かれた場合の劣化挙動を検討するものである。

2. 実験概要

実験計画を表-1に示す。供試体は、40℃のR.H.100%(40℃)、20℃の水中ないしは海水中に供試体高さ(10cm)の半分だけ部分浸漬(1/2W, 1/2S)の条件下に長期保存(表-2参照)してかなりのひびわれ損傷が生じた後に水中凍結融解試験を行った。

3. 結果と考察

表-2にアルカリ骨材反応によって損傷を受けた各供試体の凍結融解試験開始前の特性値を、図-1、図-2に凍結融解試験の結果をそれぞれ示す。

表-2からわかるように、1/2W、1/2S保存の供試体は、アルカリ骨材反応による損傷に差が見られるが、図-1、図-2をみると、全ての供試体は10サイクル以内に相対動弾性係数が60%以下となっている。なお、アルカリ骨材反応によるコンクリート供試体の損傷はひびわれが主で、他にゲルの浸出が見られる程度であった。このような供試体に凍結融解の繰返し作用が加わった場合の劣化形態の特徴は、アルカリ骨材反応によるひびわれによって内部への水の侵入が容易になりひびわれが一層拡大し、凍結融解作用による劣化の形態であるSpallやPittingがより顕著に現われることである。特に、打設面のSpallが顕著であり、劣化が進行するとScalingも起こり、供試体の一部が崩壊して脱落するに至っている。

つぎに、40℃保存の供試体について検討する。図-3に膨張率

表-1 実験計画

|      |                                  |                             |        |                                    |      |     |      |                    |     |     |   |  |
|------|----------------------------------|-----------------------------|--------|------------------------------------|------|-----|------|--------------------|-----|-----|---|--|
| 試験条件 | 骨材                               | 反応性粗骨材                      | T1, T2 | セメントのアルカリ量(eq. Na <sub>2</sub> O%) |      |     |      | 0.47, 0.50         |     |     |   |  |
|      |                                  | 非反応性粗骨材                     | NT     | 添加アルカリ                             |      |     |      | NaOH               |     |     |   |  |
|      |                                  | 細骨材                         | NS     | 全アルカリ量(eq. Na <sub>2</sub> O%)     |      |     |      | 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 |     |     |   |  |
|      | 配合条件                             | 単位セメント量(kg/m <sup>3</sup> ) | 450    | 反応性骨材割合(%)                         |      |     |      | 50, 100            |     |     |   |  |
|      |                                  | スランブ(cm)                    | 12-15  | 供試体寸法(cm)                          |      |     |      | 10×10×40           |     |     |   |  |
|      |                                  | 空気量(%)                      | 2      | 凍結融解試験方法                           |      |     |      | 水中凍結融解試験           |     |     |   |  |
| 保存条件 | 40℃ R.H. 100% (40℃)              |                             | 打設面    | 反応性骨材                              | T1   |     |      |                    | T2  |     |   |  |
|      | 20℃ 1/2水中 (1/2W)                 |                             |        | 保存条件                               | 1/2W |     | 1/2S |                    | 40℃ |     |   |  |
|      | 20℃ 1/2海水中 (1/2S)                |                             |        | 全アルカリ量混合割合(eq. Na <sub>2</sub> O%) | 50   | 100 | 50   | 100                | 100 | 100 |   |  |
|      |                                  |                             |        |                                    |      |     |      |                    |     |     |   |  |
| 測定項目 | 長さ変化, 動弾性係数<br>ひびわれのスケッチ<br>写真撮影 |                             | 計測     | NaOH                               | 0.5  |     |      |                    |     |     | ○ |  |
|      |                                  | 1.0                         |        |                                    |      |     |      |                    |     | ○   |   |  |
|      |                                  | 1.5                         |        |                                    | ○    | ○   | ○    | ○                  | ○   | ○   |   |  |
|      |                                  | 2.5                         |        |                                    | ○    | ○   | ○    | ○                  | ○   | ○   |   |  |

表-2 劣化の特性値

| 供試体名           | 保存条件 | 保存期間 | EXP  | RED |
|----------------|------|------|------|-----|
| T1-50-450-1.5  | 1/2W | 48ヶ月 | 1321 | 63  |
|                | 1/2S |      | 4158 | 80  |
| T1-50-450-2.5  | 1/2W |      | 2243 | 60  |
|                | 1/2S |      | 2999 | 60  |
| T1-100-450-1.5 | 1/2W |      | 902  | 81  |
|                | 1/2S |      | 6144 | 82  |
| T1-100-450-2.5 | 1/2W |      | 2382 | 74  |
|                | 1/2S |      | 3609 | 91  |
| T2-100-450-0.5 | 40℃  | 42ヶ月 | -289 | 103 |
| T2-100-450-1.0 |      |      | 653  | 93  |
| T2-100-450-1.5 |      |      | 2855 | 78  |
| T2-100-450-2.5 |      |      | 4653 | 86  |

(注) EXP:膨張率(×10<sup>-6</sup>)、RED:材令1ヶ月の動弾性係数に対する相対動弾性係数(%)、供試体名の数字は反応性骨材の混合割合-単位セメント量-全アルカリ量

と相対動弾性係数の経時変化を示す。この図より、凍結融解作用による劣化の進行とアルカリ骨材反応による損傷特性とは密接に関連していることがわかる。すなわち、アルカリ骨材反応による損傷を受けていないT2-100-450-0.5の供試体は、50サイクルにおいても相対動弾性係数の低下はなく、凍結融解作用によっても耐久性はほとんど損なわれていない。一方、ひびわれ損傷の著しいT2-100-450-2.5の供試体では、50サイクルにおいて相対動弾性係数が60%以下にまで低下し、さらに膨張率も0.2%となっている。また、これらの供試体の中程度の損傷を示しているT2-100-450-1.0とT2-100-450-1.5の供試体では、50サイクルにおける相対動弾性係数がいずれも90%程度で、膨張率も0.1%以下となっている。しかし、T2-100-450-1.5の供試体は、アルカリ骨材反応によってかなり劣化しておりひびわれも多いことから、劣化の進行がT2-100-450-1.0のそれとは異なるものと考えられる。

表-3は、アルカリ骨材反応による劣化と凍結融解作用による劣化を総合的に評価するため、長期試験における材令1ヶ月の動弾性係数を基準にした場合の凍結融解試験中の相対動弾性係数の経時変化を示したものである。表より、40℃保存でアルカリ量が1.0%の供試体(T2-100-450-1.0)の凍結融解試験中における相対動弾性係数の低下は15%程度であるが、アルカリ量が1.5%の供試体(T2-100-450-1.5)の50サイクルにおける相対動弾性係数は70%以下にまで低下しており、両供試体の劣化にはかなりの差があることがわかる。また、1/2W、1/2S保存の供試体は、凍結融解回数60サイクルにおける相対動弾性係数は10%以下まで低下している。

このようにアルカリ骨材反応によって損傷を受けたコンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性は小さく、これらが複合すると極めて厳しい劣化となる。また保存条件、アルカリ量等と関連するアルカリ骨材反応による劣化の程度によっても耐久性はかなり異なってくるものと考えられる。

表-3 相対動弾性係数の経時変化

| 供試体            | 保存条件 | 凍結融解サイクル数 |     |     |    |     |    |     |    |     |    |
|----------------|------|-----------|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
|                |      | 0         | 5   | 10  | 15 | 20  | 30 | 35  | 45 | 50  | 60 |
| T1-50-450-1.5  | 1/2W | 63        | 37  | 35  | 32 | 30  | 27 |     | 14 |     | 6  |
|                | 1/2S | 80        | 47  | 37  | 32 | 29  | 23 |     | 12 |     | 6  |
| T1-50-450-2.5  | 1/2W | 60        | 40  | 35  | 33 | 29  | 25 |     | 13 |     | 8  |
|                | 1/2S | 80        | 38  | 40  | 39 | 34  | 23 |     | 20 |     | 8  |
| T1-100-450-1.5 | 1/2W | 82        | 39  | 39  | 34 | 34  | 29 |     | 20 |     | 7  |
|                | 1/2S | 82        | 52  | 45  | 32 | 31  | 25 |     | 17 |     | 8  |
| T1-100-450-2.5 | 1/2W | 74        | 44  | 42  | 37 | 37  | 27 |     | 22 |     | 7  |
|                | 1/2S | 91        | 43  | 37  | 36 | 36  | 34 |     | 26 |     | 9  |
| T2-100-450-0.5 | 40℃  | 103       | 104 | 103 |    | 104 |    | 105 |    | 105 |    |
| T2-100-450-1.0 |      | 93        | 87  | 87  |    | 85  |    | 85  |    | 86  |    |
| T2-100-450-1.5 |      | 73        | 72  | 71  |    | 70  |    | 71  |    | 69  |    |
| T2-100-450-2.5 |      | 86        | 80  | 67  |    | 65  |    | 58  |    | 49  |    |

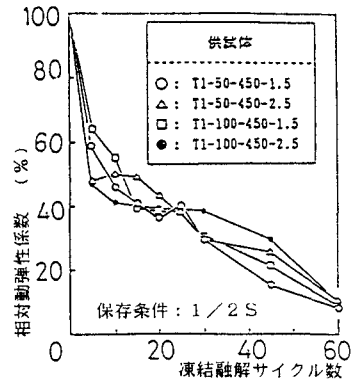


図-1 相対動弾性係数の経時変化

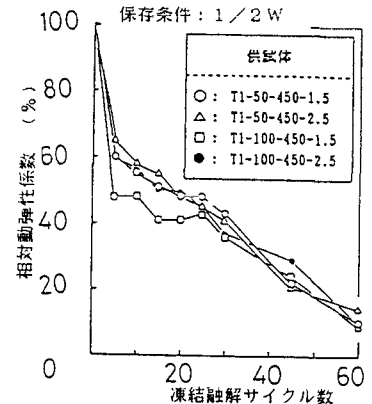


図-2 相対動弾性係数の経時変化

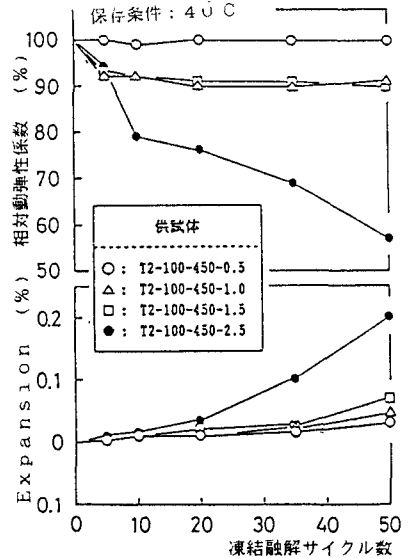


図-3 相対動弾性係数と膨張率の経時変化