

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420460

研究課題名(和文) コンクリートのASR抑制対策およびASR劣化診断に関する研究

研究課題名(英文) Study on preventing ASR expansion and diagnosis of concrete affected by ASR

研究代表者

黒田 保 (KURODA, Tamotsu)

鳥取大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30263487

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、コンクリート構造物のアルカリシリカ反応(ASR)による劣化を抑制するための促進試験方法、およびASRにより劣化したコンクリート構造物の劣化予測手法を確立することを目的として実施した。その結果、以下の成果を得た。

コンクリートのアルカリシリカ反応性および混和材のアルカリシリカ反応抑制効果を早期に判定するための促進試験条件を提案した。また、コンクリートの力学的性質(圧縮強度、引張強度、静弾性係数、動弾性係数、ポアソン比)に与えるASR膨張の影響を明らかにした。さらに、ASRによる膨張率を予測する手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：The present study was conducted to develop an accelerated test method for preventing an alkali-silica reaction (ASR) and a deterioration prediction technique for concrete structures affected by the alkali-silica reaction. The following results were obtained in the present study.

The accelerated test conditions to judge the alkali-silica reactivity of concrete early was proposed. In addition, the accelerated test conditions for evaluating the suppressing effect of mineral admixtures on ASR expansion of the concrete early was proposed. Meanwhile, the effects of ASR expansion on the mechanical properties (compressive strength, tensile strength, elastic modulus of elasticity, dynamic modulus of elasticity, Poisson's ratio) of concrete were clarified. Furthermore, the technique to estimate the ASR expansion of concrete was proposed.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：コンクリート アルカリシリカ反応 膨張率 促進試験 高炉スラグ微粉末 フライアッシュ アルカリシリカ反応抑制効果 コンクリートの力学的性質

1. 研究開始当初の背景

コンクリート構造物の劣化機構のうちの一つにアルカリシリカ反応 (ASR) がある。ASR が生じるとそれを完全に停止させることはきわめて困難であり、現在のところ、補修や補強により ASR による劣化を完全に停止させる方法はないのが現状である。したがって、コンクリートを製造する際には、使用する骨材が ASR による劣化を生じさせるものであるか、あるいは、ASR を生じる骨材を使用する場合には、抑制対策の効果が十分なものであるかを事前に確認しなければならない。しかしながら、ASR はきわめてゆっくりした反応であり、劣化が顕在化するのには数年あるいは数十年かかる場合もある。したがって、アルカリシリカ反応性や混和材料による ASR の抑制効果を迅速に評価するためには、ASR を何らかの方法で促進しなければならない。国内外において、ASR による劣化問題は発生しており、コンクリートのアルカリシリカ反応性や混和材料による ASR 抑制効果を評価するための促進試験法は国によって異なる。わが国では、コンクリートのアルカリシリカ反応性を評価するための試験方法について日本コンクリート工学会にその基準案があるが、その試験には半年を要するのが現状である。また、試験中にコンクリートからアルカリが溶出し、実際には ASR による膨張を生じるものでも、その試験によってアルカリシリカ反応性なしと評価される場合があることが指摘されている。混和材料による ASR 抑制効果を評価するための試験については、わが国で規格化されているものはないのが現状である。一方、現在、RILEM (国際材料構造試験研究機関・専門家連合) では、コンクリートのアルカリシリカ反応性を迅速に評価するための促進試験法について検討されている。この促進試験法では、日本の試験方法と比較して、コンクリートのアルカリ総量を多くし、コンクリートを保存する温度を高く設定している。

一方、劣化したコンクリート構造物に対して補修や補強などの対策を実施する際には、劣化診断において、その劣化状況の把握と将来の劣化予測を定量的に行なわなければならない。この判断を誤ると、補修や補強の効果が得られないだけでなく、対策前よりもひどい再劣化を生じる場合もある。ASR により劣化したコンクリート構造物の劣化診断については、世界的に見ても、劣化の予測手法が確立されていないのが現状である。

以上のような背景から、コンクリートのアルカリシリカ反応性や混和材料による ASR 抑制効果を迅速に評価するための促進試験法、および ASR により劣化したコンクリートの劣化予測手法を開発することは、コンクリート構造物の品質確保および長寿命化を図る上で喫緊の課題のうちの一つであると考える。

2. 研究の目的

本研究では、コンクリート構造物の ASR による劣化を防止ないしは抑制するための試験方法、および ASR により劣化したコンクリート構造物の劣化予測手法を確立することを目的とする。

まず、コンクリートのアルカリシリカ反応性と混和材料による ASR 抑制効果を迅速に評価するための試験方法を開発するための検討を行う。すなわち、コンクリート供試体を用いて、その供試体の ASR による膨張 (ASR 膨張) に与えるコンクリートのアルカリ総量、混和材の種類と置換率、および保存温度の影響を明らかにする。

また、ASR によって生じる将来の劣化を予測するために、コンクリートの ASR 膨張に与えるアルカリ総量と温度履歴の影響について検討し、さらに、ASR 膨張とコンクリートの力学的性質 (圧縮強度、引張強度、静弾性係数、動弾性係数、ポアソン比) との関係について検討を行うことにより、ASR による劣化の予測手法を開発する。

3. 研究の方法

本研究では、以下の (1) から (4) の 4 つの実験を行った。各実験の方法を以下に示す。

(1) コンクリートの ASR 膨張に与える促進試験条件の影響

75×75×400mm のコンクリート角柱供試体 (以下、供試体と略述する) を作製し、コンクリートの ASR 膨張に与えるアルカリ総量および保存温度の影響について検討を行った。

コンクリートの水セメント比を 45% とし、水酸化ナトリウムをコンクリートに混入してアルカリ総量を調整した。コンクリートのアルカリ総量は 4.6、5.5 および 7.0kg/m³ の 3 水準とした。コンクリートにはアルカリシリカ反応性細骨材 (安山岩) を使用した。

材齢 1 日で供試体を脱型し、供試体に湿布を巻き付けてポリエチレン袋で密封した。ポリエチレン袋に密封した供試体を所定の温度の恒温槽に保存 (保存温度 40、60、80 の 3 水準) し、所定の材齢経過ごとに長さ変化を測定した。供試体の長さ変化の測定は、測定日前日に供試体を 20 の恒温室に移動して供試体温度が 20 となってから行った。供試体の長さの測定は供試体長手方向 (基長: 400mm) で行い、測定には最小目盛 0.001mm のダイヤルゲージを用いた。

(2) 混和材によるコンクリートの ASR 膨張抑制効果早期判定試験に関する検討

混和材として高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを使用し、混和材を混入したコンクリート角柱供試体と無混入のコンクリート角柱供試体 (以下、供試体と略述する) を作製した。供試体寸法は 75×75×400mm とした。コンクリートの水セメント比を 45%、高炉スラグ微粉末の普通ポルトランドセメ

ントへの置換率を 10, 30, 50%, フライアッシュの普通ポルトランドセメントへの置換率を 5, 10, 20%とした。コンクリートにはアルカリシリカ反応性細骨材(安山岩)を使用した。コンクリートのアルカリ総量は, 水酸化ナトリウムを添加して 4.48, 5.5, 7.0 および 10.0kg/m³ の 4 水準とした。

供試体の保存条件および長さ変化の測定方法は(1)の実験と同様である。

(3) コンクリートの力学的性質に与える ASR 膨張の影響

100×200mm のコンクリート円柱供試体(以下, 供試体と略述する)を作製し, ASR 膨張がコンクリートの力学的性質(圧縮強度, 割裂引張強度, 静弾性係数, 動弾性係数, ポアソン比)に与える影響を検討した。コンクリートの水セメント比(W/C)を 45, 55, 65% の 3 水準, 水酸化ナトリウムを添加してアルカリ総量を 10.0kg/m³ とした。コンクリートには, アルカリシリカ反応性骨材(安山岩)を細骨材として用いたものと粗骨材として用いたものを使用し, 反応性細骨材と反応性粗骨材の相違がコンクリートの力学的性質に与える影響についても検討した。

作製した円柱供試体は材齢 1 日で脱型し, 長さ変化測定用のゲージプラグを貼り付けたステンレスバンドを取り付けた。このとき, ゲージプラグの間隔が約 100mm となるようにし, その間隔(長さ)の初期値を最小目盛 0.001mm のダイヤルゲージを用いて測定した。長さの測定箇所は, 供試体の長手方向に左右対称の 2 箇所とし, その平均値をその供試体のゲージプラグ間の長さとした。その後, 供試体に湿布を巻き付け, さらにポリエチレン袋で密封した。この供試体を 40 の恒温で保存し, 所定の膨張率(ゲージプラグ間の長さ変化)となった時点で各種力学的性質を測定する試験に供した。なお, 試験に供するときの膨張率は, 0(材齢 28 日時点), 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5%とした。

(4) コンクリートの ASR 膨張に与える温度履歴の影響

75×75×400mm のコンクリート角柱供試体(以下, 供試体と略記する)を作製し, 温度履歴がコンクリートの ASR 膨張に与える影響を検討した。コンクリートの水セメント比(W/C)は 45%とし, 水酸化ナトリウムを添加してアルカリ総量を 6.0 および 10.0kg/m³ の 2 水準とした。コンクリートにはアルカリシリカ反応性細骨材(安山岩)を使用した。材齢 1 日で供試体を脱型し, 供試体に湿布を巻き付けてポリエチレン袋で密封した。

供試体を, 一定温度(20, 40, 50, 60, 80 の 5 水準)の環境, 2 種類の温度(20 と 60, 40 と 60, 40 と 80)を交互に与える環境, 屋外の自然環境, に置いて, それぞれの環境で供試体に温度履歴を与えた。なお, の環境においては, 2 種類の温

度を 4 週間ごとないしは 8 週間ごとに切り替えた。また, 2 種類の温度のうち, 最初に低い温度から与える場合と最初に高い温度から与える場合の 2 つのパターンで実施した。

各環境下において, 所定の材齢ごとに供試体の長さ変化を測定した。供試体の長さ変化の測定方法は(1)の実験と同様である。

4. 研究成果

本研究で得られた成果を以下に示す。

(1) コンクリートの ASR 膨張に与える促進試験条件の影響

コンクリートのアルカリシリカ反応性(ASR 反応性)を迅速に評価するための促進試験法を開発することを目的とし, 実験要因としてアルカリ総量を 3 水準(4.6, 5.5, 7.0kg/m³), 保存温度を 3 水準(40, 60, 80)選定して, これらの要因がコンクリートの ASR による膨張(ASR 膨張)に与える影響を検討し, 以下の結果を得た。

アルカリ総量が同じ条件の下では, 保存温度が高いほど膨張を開始する時期は早く, 早い時期に膨張率は大きくなった。しかし, 保存温度が低いものと比較して保存温度が高いものの方が, 長期的な膨張率は小さくなる傾向にあった(例えば, 図-1)。

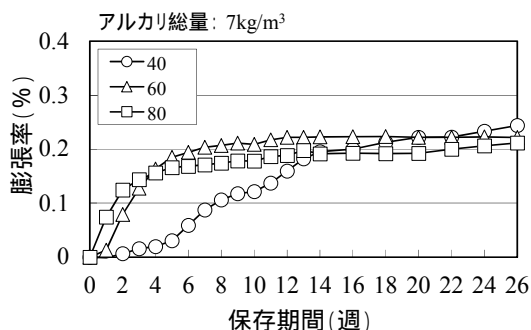


図-1 膨張率と保存温度との関係

コンクリートの ASR 膨張, 保存期間および保存温度との関係を検討し, アルカリ総量が同じ条件の下では, 次式のように, コンクリートの ASR による膨張率を保存期間と保存温度の関数で表すことができることを示した。

$$Ex = cT^d (1 - e^{-fT^g t})$$

ここに, Ex : 膨張率(%), t : 保存期間(週), T : 保存温度(°C), c, d, f および g : 定数, である。

保存温度が同じ条件の下では, アルカリ総量が多いものの方が膨張を開始する時期が早かった(例えば, 図-2 および図-3)。

40 で保存した場合には, アルカリ総量を過剰に高くすると長期の膨張が小さくなる傾向を示したが, 保存温度を 60 および 80 とした場合には, 保存期間にかかわらず, アルカリ総量の多いものの方が膨張率は大きくなった(例えば, 図-2 および図-3)。

コンクリートの ASR 膨張, 保存期間およびアルカリ総量との関係を検討し, 保存温

度が同じ条件の下では、コンクリートの ASR による膨張率を保存期間とアルカリ総量の関数で表すことができることを示した(次式)。

$$Ex = (h \ln(R_2O) + k) (1 - e^{-(m \ln(R_2O) + n)t})$$

ここに、 Ex : 膨張率(%), t : 保存期間(週), R_2O : アルカリ総量 (kg/m^3), h, k, m および n : 定数, である。

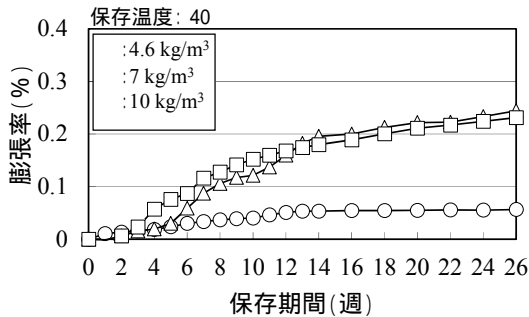


図-2 膨張率とアルカリ総量との関係

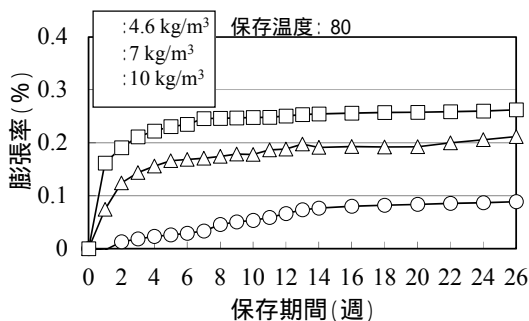


図-3 膨張率とアルカリ総量との関係

以上の結果より、従来の促進試験法よりもアルカリ総量を多くし、また、保存温度を高くすることにより、コンクリートの ASR 反応性を早期に判定できる可能性が示唆された。また、ASR 膨張を保存期間と保存温度ないしは保存期間とアルカリ総量から予測できる可能性が示唆された。ASR に対するコンクリート構造物の維持管理の現状において、ASR による劣化予測を定量的に行う手法はない。したがって、これらの結果は、コンクリートの ASR 反応性を迅速に評価するための促進試験法およびコンクリートの ASR 膨張の予測手法を開発するための意義のある結果であると考えられる。

(2) 混和材によるコンクリートの ASR 膨張抑制効果早期判定試験に関する検討

コンクリートの ASR 膨張に与えるコンクリートのアルカリ総量、混和材の種類と置換率および保存温度の影響を明らかにするために、以下の実験を実施した。実験要因として、アルカリ総量を 3 水準 (4.48, 5.5, 7.0 kg/m^3)、混和材の種類として高炉スラグ微粉末とフライアッシュの 2 種類、混和材の置換率をそれぞれ 3 水準 (高炉スラグ微粉末の場合: 10, 30, 50%, フライアッシュの場合: 5, 10, 20%), 保存温度を 3 水準 (40, 60, 80) 設定し、コンクリート (75 × 75 × 400mm の角

柱供試体)の ASR による膨張率の経時変化を測定した。その結果、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを混和したコンクリートおよび無混和のコンクリートについて以下の結果を得た。

混和材の種類や混和材の混入の有無にかかわらず、保存温度が同じ場合、アルカリ総量が多いほど ASR 膨張は大きくなった (例えば、図-4)。

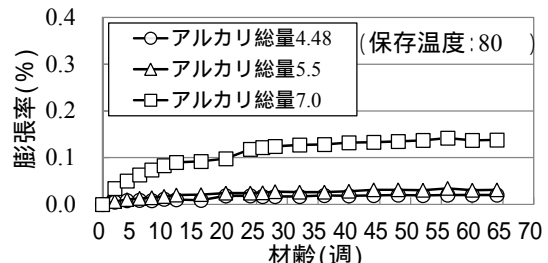


図-4 膨張率とアルカリ総量との関係 (フライアッシュ置換率: 10%)

混和材の種類や混和材の混入の有無にかかわらず、アルカリ総量が同じ場合、保存温度が高いほどコンクリートの ASR 膨張は早期に大きくなった (例えば、図-5)。

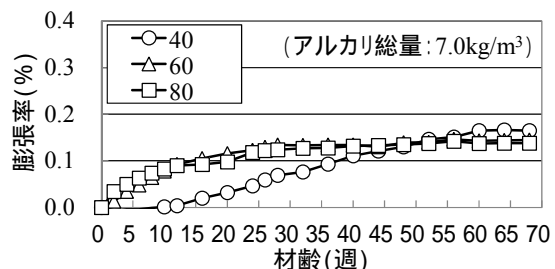


図-5 膨張率と保存温度との関係 (フライアッシュ置換率: 10%)

保存温度とアルカリ総量の組み合わせの相違にかかわらず、高炉スラグ微粉末やフライアッシュのセメントへの置換率が大きいほど、コンクリートの ASR 膨張に対する抑制効果は大きくなった (例えば、図-6)。なお、図-6 における記号 0 は混和材無混入のコンクリートを表す。また、BFS および FA は高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを置換したコンクリートを表し、これらの記号の右側に示す数値は置換率を表す。

同一の置換率 (10%) で比較すると、高炉スラグ微粉末よりフライアッシュの方が ASR 膨張の抑制効果が大きかった。

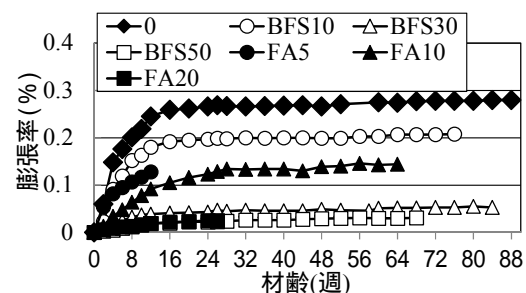


図-6 混和材の ASR 膨張抑制効果 (保存温度: 60, アルカリ総量: 7.0 kg/m^3)

アルカリ総量 7.0kg/m^3 以上かつ保存温度 60 以上とすることで、高炉スラグ微粉末やフライアッシュの ASR 抑制効果を早期に判定できる可能性が示唆された。

60 で保存した高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートについて、最終膨張率(膨張率が収束した時の値)、アルカリ総量および高炉スラグ微粉末の置換率(BFS置換率)との関係を検討した結果、次式が得られた。

$$Ex = 0.05 \times R_2O - 0.085 - 0.008 \times RR_{BFS} \quad (0)$$

ここに、 Ex : 最終膨張率(%), R_2O : アルカリ総量(kg/m^3), RR_{BFS} : 高炉スラグ微粉末の置換率(%), である。

図-7 は、上式から計算した結果(直線)と測定値(記号: \diamond , \circ , \triangle , \square)を示している。この図より、上式により最終膨張率をほぼ推定できていることがわかる。

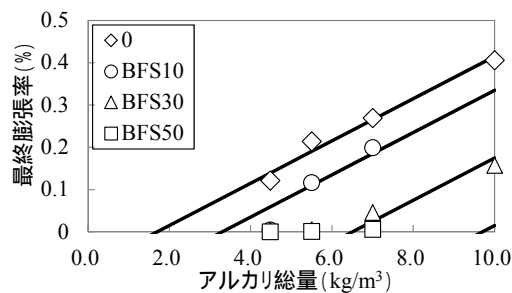


図-7 BFS置換率ごとの最終膨張率と膨張率とアルカリ総量との関係 (保存温度: 60)

以上の結果から、高炉スラグ微粉末やフライアッシュの ASR 膨張抑制効果を早期に判定できる保存温度とアルカリ総量の条件を示した。また、アルカリ総量、BFS置換率およびコンクリートの最終膨張率の関係を定式化した。この式より、コンクリートのアルカリ総量から ASR 膨張を抑制するために必要な高炉スラグ微粉末の置換率を算定できる。わが国において、混和材による ASR 膨張抑制効果を早期に判定する試験法が定められていない現状を顧みると、本研究で得られた成果は ASR 膨張抑制効果早期判定試験法を確立するうえで有用かつ意義のあるものであると考える。また、本研究ではフライアッシュを混入したコンクリートについては膨張がまだ収束していないため、アルカリ総量、フライアッシュ置換率およびコンクリートの最終膨張率との関係を定式化できなかった。しかし、今後、高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートと同様にフライアッシュを混入したコンクリートについてもそれらの関係を定式化できれば、ASR 膨張の抑制に対して混和材の置換率を合理的に決定できると考える。

(3) コンクリートの力学的性質に与える ASR 膨張の影響

コンクリート円柱供試体を 40 の恒温室に湿布養生して ASR を促進し、所定の膨張率

(0.05% ~ 0.5%) となった時点で各種力学的性質の試験を実施した。本研究から得られた結果は以下のとおりである。

本研究の範囲内では、ASR 膨張による強度低下は認められなかった(例えば、図-8)。これは、水和反応による強度増進の影響が一因と考えられた。なお、図-8 に示す物性比は、健全な供試体(材齢 28 日時点)の各種力学的性質と ASR 膨張を生じた供試体のそれらとの比である。また、K1S は反応性細骨材を用いた供試体であることを示す。反応性粗骨材を使用した供試体は K1G と表記する。

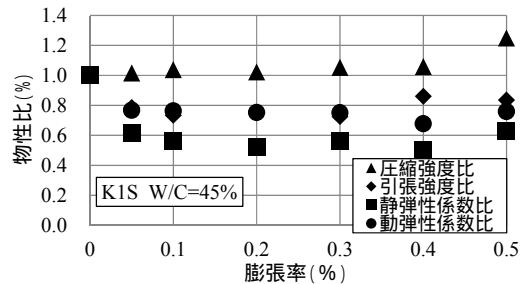


図-8 膨張率と各物性比との関係

ASR 膨張が大きくなるほど動弾性係数および静弾性係数は低下した(例えば、図-8)。

他の力学的性質と比較して、静弾性係数は ASR 膨張による低下がきわめて大きく、膨張率が 0.4% の時に健全な供試体の 5 割程度の値となった。膨張率が同じであれば、健全な供試体(材齢 28 日)と ASR 膨張を生じた供試体の静弾性係数比は、W/C にかかわらず同程度の値となった(例えば、図-9)。

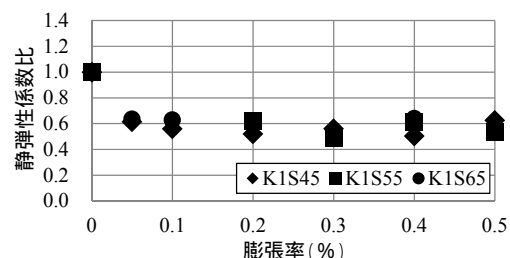


図-9 膨張率と静弾性係数比との関係

ポアソン比は ASR 膨張の影響を受けなかった。

粗骨材に反応性骨材を使用した場合と比較して、細骨材に反応性骨材を使用した方が、膨張率の小さい段階で各物性比が大きく低下した。

(4) コンクリートの ASR 膨張に与える温度履歴の影響

コンクリート角柱供試体を一定温度(20, 40, 50, 60, 80) 下で保存した場合、2 種類の温度(20 と 60 , 40 と 60 , 40 と 80) を交互に与える環境下で保存した場合、屋外に暴露(夏季に暴露開始した場合と冬季に暴露開始した場合)した場合の ASR 膨張挙動について検討し、次の結果を得た。一定温度で保存した時の膨張開始までの

期間 (t) と温度 (T) との間に、次式の関係が認められた。 a および b は定数である。

$$\ln(1/t) = a - b(1/T)$$

温度 T_A における膨張開始までの期間を t_A 、温度 T_B における膨張開始までの期間を t_B とする。温度 T_A の下で期間 t_A 経過した期間と ASR に与える効果が等価な温度 T_B における期間を t'_B とし、次式で換算する。

$$t'_B = (t_B / t_A) t'_A$$

温度履歴が与えられた供試体に対して、与えられた温度ごとに t'_B で与えられた式より膨張開始までの期間を推計し、その値から t'_B で与えられた式を用いて、ある基準となる温度に対して ASR に与える影響が等価な期間を換算する。この期間を積算し、基準となる温度における膨張開始期間になったときに、温度履歴を与えた供試体が膨張すると考える。この考えのもとに、2 種類の温度を交互に与えた供試体および屋外暴露した供試体の膨張開始時期を予測できた (例えば、図-10)。

一定温度下で保存した供試体について、膨張開始後の膨張曲線の初期接線の傾きを膨張速度 (v) とすると、 v と温度 T との間に次式の関係が認められた。

$$\ln(v) = c - d(1/T) \quad (c, d \text{ は定数})$$

この関係から、温度履歴を与えた供試体について、任意の温度における膨張速度を求め、その値にその温度の継続期間を乗じて積算し、膨張率の経時変化を推計した。屋外に暴露した供試体については日平均気温を用いた。なお、膨張率の収束値 (最終膨張率) は、各一定温度で実施した促進試験から得られた最終膨張率の平均値とした。

上記の方法により膨張開始後の膨張率を推計すると、屋外暴露した供試体の膨張率の経時変化をある程度予測できる可能性のあることが示された (例えば、図-10)。

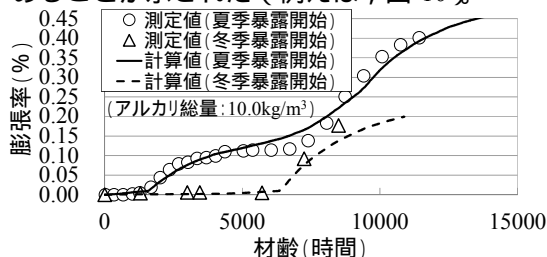


図-10 屋外に暴露した供試体の膨張率の測定値と計算値の比較

本研究を通して得られた成果は、ASR によるコンクリート構造物の劣化抑制対策および劣化したコンクリート構造物の劣化診断や補修・補強を合理的に実施するために有用かつ意義のある結果であると考えられる。特に、コンクリートの力学的性質のうち ASR による影響を大きく受ける静弾性係数比は、コンクリートの W/C の相違によらず ASR による膨張率によりその値が定まることが示された。したがって、上記の予測により供用期間中の膨張率を推計し、その値から供用期間中のコンクリートの静弾

性係数を推定することができることを示したことは、コンクリート構造物の劣化診断において有用な成果であると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

中島俊介, 黒田保, 吉野公, 金氏裕也, 畑岡寛, 北山大典: 高炉スラグ微粉末によるコンクリートの ASR 膨張抑制効果に関する基礎的研究, 第 71 回(平成 28 年度)土木学会年次学術講演会講演概要集, 掲載決定, 査読無, 2016

中島俊介, 黒田保, 吉野公, 井上正一, 西林新蔵: 促進養生したコンクリートの ASR 膨張に与える温度履歴の影響, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 15 巻, pp.511-516, 査読有, 2015

中島俊介, 黒田保, 吉野公: 高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの ASR 膨張に与える促進養生条件の影響, 第 70 回(平成 27 年度)土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.1083-1084, 査読無, 2015

中島俊介, 黒田保, 吉野公, 畑岡寛: ASR を生じたコンクリートの力学的性質, 第 67 回(平成 27 年度)土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.395-396, 査読無, 2015

中島俊介, 黒田保, 吉野公, 畑岡寛: 促進養生したコンクリートの ASR 膨張に与える温度履歴の影響, 第 66 回(平成 26 年度)土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.V-20, 査読無, 2014

[学会発表] (計 4 件)

中島俊介: 促進養生したコンクリートの ASR 膨張に与える温度履歴の影響, 第 15 回コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレードシンポジウム, 2015 年 10 月 17 日, 京都テルサ (京都府京都市)

中島俊介: 高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの ASR 膨張に与える促進養生条件の影響, 第 70 回(平成 27 年度)土木学会年次学術講演会, 2015 年 9 月 18 日, 岡山大学 (岡山県岡山市)

中島俊介: ASR を生じたコンクリートの力学的性質, 第 67 回(平成 27 年度)土木学会中国支部研究発表会, 2015 年 5 月 23 日, 山口大学 (山口県宇部市)

中島俊介: 促進養生したコンクリートの ASR 膨張に与える温度履歴の影響, 第 66 回(平成 26 年度)土木学会中国支部研究発表会, 2014 年 5 月 31 日, 松江工業高等専門学校 (島根県松江市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒田 保 (KURODA, Tamotsu)

鳥取大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 3 0 2 6 3 4 8 7