

ASR 膨張速度の温度・湿度依存性評価に関する考察

(財)阪神高速道路管理技術センター
阪神高速道路(株)
(株)中研コンサルタント

正会員 ○松本 茂
正会員 新名 勉
正会員 村橋 大介

1. 検討の目的

ASR を生じたコンクリートの膨張速度に、温度および相対湿度が大きく影響することは既知の事実であるが、定量的な評価に当たっては、温度および相対湿度の組み合わせで複数の条件を設定し、一定の環境下で供試体を促進膨張させる方法が一般的である。本検討は、温度および相対湿度が常に変化する屋外暴露供試体を対象に、温度および相対湿度が ASR 膨張に与える影響を評価することを目的とした。

2. 実験方法

供試体の概要を図-1に示す。配合は、反応性骨材として粗骨材に北海道産粗骨材（安山岩）を使用し、等価アルカリ量（ R_2O 換算）が $9.0(kg/m^3)$ となるよう塩化ナトリウムを添加した。また、供試体側面には温湿度センサー挿入のための測定孔を5カ所設けた。供試体は打設翌日に脱型し、膨張率測定用の標点を側面（相対する2面）と上面（補修面）に貼り付け、基長測定後、 $40^{\circ}C$ 、 $95\%R.H.$ 以上の環境で上面の膨張率が 0.15% に達するまで膨張促進させた後、上面を除く5面には防水工を施工した。その後、表-1に示すように一部の供試体の上面にはシラン系表面含浸材を施工し、大阪市内にて平成20年3月より78週間の屋外暴露に供し（写真-1参照）、供試体の水平方向の膨張率、測定孔内の相対湿度を測定した。膨張率の測定にはコンタクトゲージを、湿度の測定には静電容量ポリマーのセンシング素子とバンドギャップ温度センサー、および、A/Dコンバーターとリアルインターフェースがカップリングされた温湿度センサーを用いた。測定は、前日に供試体を $20^{\circ}C\pm2^{\circ}C$ の室内に移し測定した。供試体内部相対湿度および膨張率は、屋外暴露開始後、1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 24, 26, 30, 34, 39, 43, 48, 52, 56, 60, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78週（開始1ヶ月は毎週、梅雨～夏は隔週、それ以外は1回/4週を基本）に測定した。供試体内部相対湿度は図-1に示す5カ所の測定孔で測定した。

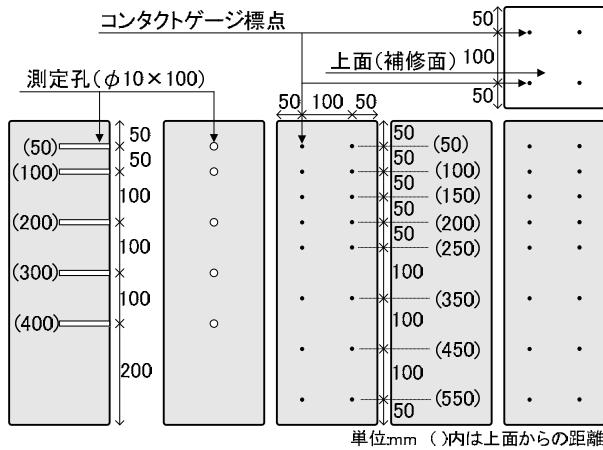


図-1 供試体寸法



写真-1 屋外暴露状況（暴露条件：通常（雨掛有））

表-1 供試体名と実験要因、測定項目

供試体名	補修方法 (上面を除く5面には防水工を施工)	暴露条件 (全て屋外暴露)
①無補修/雨掛無	無補修	屋根下(雨掛無)
②無補修/雨掛有		通常(雨掛有)
③シラン/雨掛有	シラン系表面含浸材含浸	

キーワード アルカリ骨材反応，表面保護工，シラン系表面含浸材

連絡先 〒541-0054 大阪市中央区南本町 4-5-7 東亜ビル内 TEL 06-6244-6060

膨張率も同様に、上面から50, 100, 150, 200mmの位置で測定し、上面から300, 400mmは膨張率測定用標点が無いため、各々、これを挟む位置(250, 350, 450mm)の平均値とした。データは測定期間毎に整理し、各測定期間の相対湿度は、開始時点と終了時点の平均値とした。例えば、30～34週の期間の供試体内部相対湿度は30週と34週の平均値とした。平均膨張速度は、期間中の膨張率変化量を期間日数で除して求めた。温度は地域気象観測システム(AMeDAS)における近隣観測所の日平均気温の期間中平均値とした。

3. 測定結果の整理

一例として、図-2に「①無補修・雨掛無」の上面から250mm位置での平均膨張速度と日平均気温の関係を示す。両者には相関が認められる。平均膨張速度のピークは気温のピークよりも半月程度早くなっているが、その一因としては、直射日光の輻射熱による供試体温度の上昇が考えられる。

図-3に、平均気温、供試体内部の平均相対湿度と平均膨張速度との関係を示す。縦軸の平均膨張速度は、測定期間毎に平均気温、平均相対湿度、平均膨張速度(%/日)を算出し、平均気温(5℃刻み)、平均湿度(5%刻み)の組み合わせ毎に各測定期間の日数で加重平均した値である。データは3種類の供試体の全測定孔位置(50, 100, 200, 300, 400mm)、全測定期間を対象として算出したものである。5℃、30℃については、相対湿度との組み合わせで存在しない組み合わせがあったため、図からは省略している。図-4は、同様のデータを供試体種別毎に整理したものである。棒グラフの無い温湿度の組み合わせは、観測されなかった温湿度条件であることを示す。①③は全般的に平均膨張速度が小さいが、これは、外部からの水分供給が無い場合②に比べて相対湿度が低いためと考えられる。温湿度が同時に変化する状態を平均値で表現していることなどから、傾向にばらつきがあるものの、平均気温、平均相対湿度ともに平均膨張速度と正の相関があり、どちらか一方ではなく両者が同時に高い場合に、膨張速度が大きい傾向が認められる。以上のように、温度、供試体内部の相対湿度が常に変化する屋外暴露環境であっても、測定期間毎にデータを整理することによってこれらが膨張速度に与える影響を評価することが可能であることがわかった。

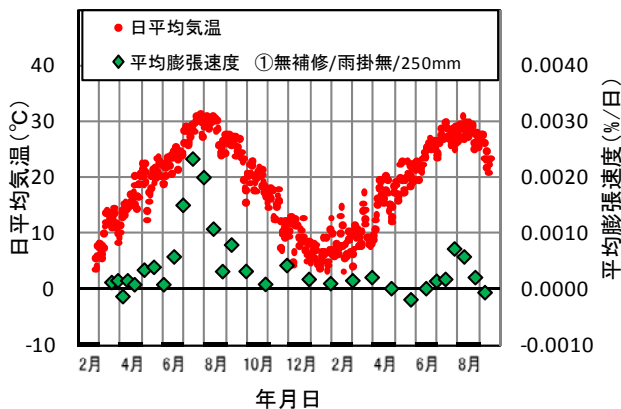


図-2 平均膨張速度と日平均気温との関係

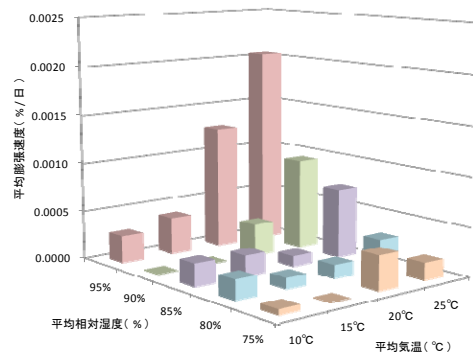
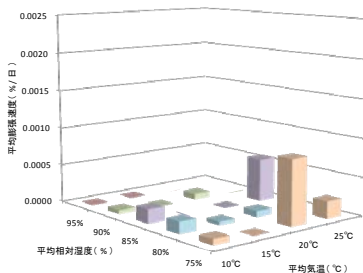
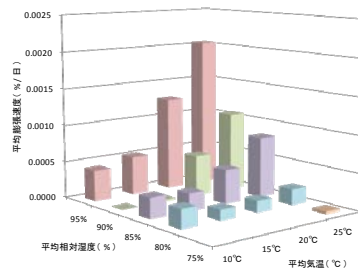


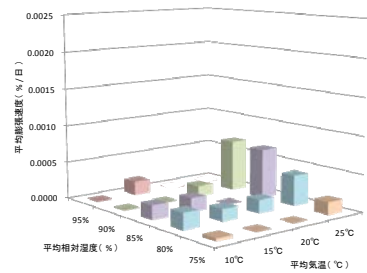
図-3 平均気温、平均相対湿度と平均膨張速度の関係



①無補修/雨掛無



②無補修/雨掛有



③シラン/雨掛有

図-4 平均気温、平均相対湿度と平均膨張速度の関係(供試体種別毎)

謝辞 本検討に当たり、「ASR 構造物の維持管理に関する検討会(委員長:京都大学大学院 宮川豊章教授)」の各位に多大なるご指導をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。