実施工現場の環境条件を想定した屋外曝露試験による乾燥収縮抑制効果の評価

○徳島大学　学生会員　深瀬晶之　　徳島大学　正会員　渡辺　健
三菱重工鉄構エンジニアリング　正会員　平岡良彦　　徳島大学　正会員　橋本親典

1. はじめに

コンクリートの湿潤養生期間は、コンクリート標準示方書・施工編（土木学会）では、日平均気温が 15℃以上の場合、5 日間と規定されている。また、夏期において、降雨が無く日照りが続いた場合、乾燥収縮の進行が進み、乾燥収縮ひび割れが多発する。浅本らは、日射による乾燥収縮ひび割れの誘発を指摘している [1]。

一方、実施工現場を想定した乾燥収縮試験方法は未だ提案されていなく、温度・湿度を一定とした試験室内での長さ変化試験が一般的である。

本研究では著者らが提案した急速乾燥収縮試験（以後、迅速法と称す）[2]と屋外暴露試験による乾燥収縮量の時系列データに着目し、湿潤養生期間や湿潤養生後の散水マットや養生マットの継続設置がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響を評価し、屋外曝露試験の妥当性について検討した。

表−１　設定した湿潤養生期間の条件

各CASE	湿潤養生条件	養生期間
1-1	養生マット＋散水	散水5日
1-2		14日
1-3		28日

表−２　コンクリートの配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量				高性能AE減水剤	AE剤
					W	C	S	G		
20	8±2.5	5±1	46	45	162	353	789	943	C*1%	1A

表−３　湿潤養生期間とその後の養生条件

CASE	湿潤養生期間	散水の実施	マット・シートの有無	備考
2-1	５日	×実施しない	×設置しない	基本ケース
2-2		×実施しない	○養生マット	養生マットの効果確認
2-3		×実施しない	○遮光シート	遮光シートの効果確認
2-4		○７日に１回	○養生マット	現実的な散水間隔 散水終了：10月1日 （約2カ月散水）
2-5		○４日に一回	○養生マット	散水終了：8月27日 （約1カ月散水）

2. 供試体

室内試験（迅速法）供試体は角柱供試体（100*100*400mm）を各ケース 3 本ずつ作製し、両側面に、中央から左右に 20mm 間隔でひずみゲージ（60mm）とコンタクトチップを貼り付けた。コンタクトチップは片面につき 2 枚貼り付け、チップの間隔は 100mm とした。屋外暴露試験供試体は角柱供試体（100*100*400mm）を各ケース 3 本ずつ作製した。角柱供試体には両側面の中央に 1 枚ずつひずみゲージ(60mm)を貼り付け、熱電対を 1 本挿入した。

3. 実験概要

3.1 室内試験（迅速法）

本試験で設定した湿潤養生期間の条件を**表-1** に示す。今回使用した材料は、普通ポルトランドセメント（密度：3.16 g/cm^3)、細骨材：阿波市市場町産砕砂（表乾密度：2.57 g/m^3、吸水率：1.77%）、粗骨材（13-5mm）：鳴門市撫養町産砕石（表乾密度：2.55 g/m^3、吸水率： 2.30%）、 粗骨材（20-13mm）：鳴門市撫養町産砕石（表乾密度：2.56 g/m^3、吸水率： 2.16%）である。また、示方配合を**表-2** に示す。脱型後それぞれの条件ごとの初期養生完了後の日数を 0 日とし、計測を開始した。計測間隔は初期養生完了後の日数 0 日から 3 日後と 7 日後に計測を行い、その後は 1 週間ごとに計測を行った。迅速法で用いた乾燥炉内の環境は温度 40℃、湿度約 40%である。

3.2 屋外試験

本実験の示方配合を**表-2** に示す。使用した材料は 3.1 の試験と同じである。湿潤養生期間及びその後の養生条件の水準を**表-3** に示す。湿潤養生完了後、ひずみゲージを張り終えた供試体を降雨の影響を避けるため通気を確保したビニールハウス内に設置した。このとき、地面からの水の供給を避けるため、角柱供試体は直接地面と接しないように 4cm 角の木材を供試体の下に置き、隙間を作った。計測はひずみゲージによる長さ変化と、熱電対による温度変化を測定した。計測は平成 23 年 7 月 30 日より開始し、3 時間ごとに計測を行った。

4. 実験結果と考察

4.1 室内試験結果

室内試験の結果を**図-1** に示す。各 CASE において、約 5 ヵ月後の乾燥収縮量の大きさは同程度となった。今回のコンクリートでは湿潤養生期間の延長は乾燥収縮を低減する効果は小さかったといえる。既往の研究では、湿潤養生期間の長さは乾燥収縮における重要な因子ではないという指摘がある [3]。

4.2 屋外暴露試験結果

屋外暴露試験の角柱供試体の結果を**図−2**、**図−3** に示す。**図−2** では計測期間中の台風の飛沫により、養生マットや遮光シートを設置していない CASE2-1 は雨水の影響で膨潤したため、これを補正した。**図−2** より、CASE2-1 に比べて CASE2-2、2-3 は約 5 ヶ月経過後の乾燥収縮量が 80μ(約 10%)ほど小さくなった。**図−3** より、散水の影響については CASE2-2 と CASE2-4、2-5 を比較すると、散水を継続している間は乾燥収縮が抑制されているが、約 5 ヶ月経過後は同程度となった。散水によりコンクリートが膨潤し乾燥の進行が遅くなるが、自由水の逸脱量の抑制効果はなく、5 ヶ月後の収縮量は同じになるといえる。

曝露初期の散水効果を検討するため、8 月 3 日～8 月 19 日の間において「乾燥収縮速度＝（散水直後から次の散水までの乾燥収縮量）/（散水間隔の日数）」という指標を用いて比較検討を行った。CASE2-2 と CASE2-5 の比較の結果を**図−4** に示す。散水した CASE2-5 は 8/3～8/7 の期間は CASE2-2 と比べて乾燥収縮速度は大きな違いはなかったが、その後は CASE2-5 において乾燥収縮速度が遅くなっており、散水を 4 日に 1 回行うことで、乾燥収縮速度を小さくできたといえる。

4.2 角柱供試体による促進試験と屋外試験の比較

室内試験 CASE1-1 の結果、屋外暴露試験 CASE2-1 の結果、CASE2-1 の熱電対で計測した温度をまとめたグラフを**図−5** に示す。供試体温度は、およそ日中の最高温度となる 13 時 30 分のデータを示した。CASE2-1 は CASE1-1 に比べて暴露開始から 20 日間の初期において乾燥収縮量が急激に増大しており、乾燥収縮速度も速いといえる。供試体温度も曝露開始から約 60 日までは、迅速法の炉乾燥温度の 40℃を上回る日が多いことが確認された。よって、今回の夏期の屋外曝露は、日射や気温の影響により迅速法よりも厳しい環境条件であったと考えられる。

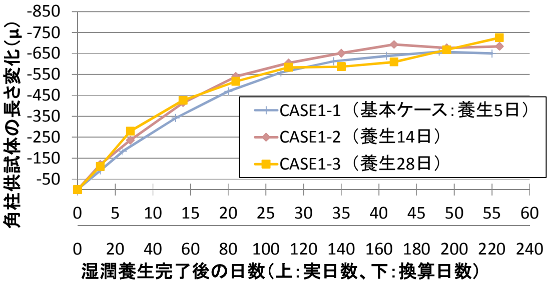
以上より、実環境での乾燥収縮には日射や気温が影響しており、特に夏季は環境が厳しいため、乾燥収縮の対策を入念に行うことが重要となる。また、迅速法では、炉温度を 40℃としているが、夏季の厳しい環境を模擬するためには、炉の温度を高く設定する等の検討が必要である。

5. 結論

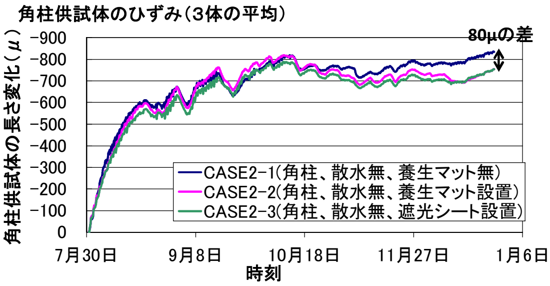
以上の結果より、今回実施した屋外曝露試験では、散水による水の供給や養生マット・遮光シートによる日射の遮断の影響など、室内の一定条件による長さ変化試験では評価の困難な乾燥収縮抑制対策の定量的評価ができたと考えられる。今後は、実構造物を想定した拘束条件下での乾燥収縮特性を簡易に評価できる試験を検討する必要がある。

参考文献

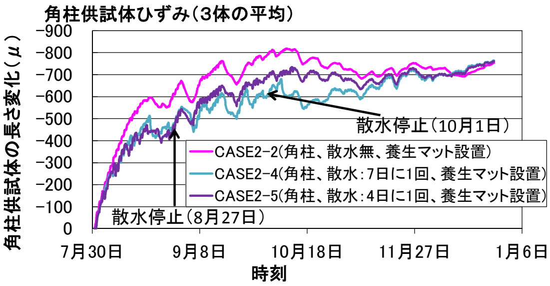
1) 浅本晋吾ほか：実環境下におけるコンクリートの収縮、収縮ひび割れ挙動に関する検討、コンクリート工学論文集、第 21 巻第 2 号、 pp.35-43、2010 年
2) 井上裕貴ほか：低温炉乾燥による急速乾燥収縮試験法と長さ変化試験法(JIS A 1129)の比較、土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集、 VOL.286、 269-270(2010)
3) A.M.Neville 著、三浦　尚訳：ネビルのコンクリートバイブル、技法堂出版、pp.537-538



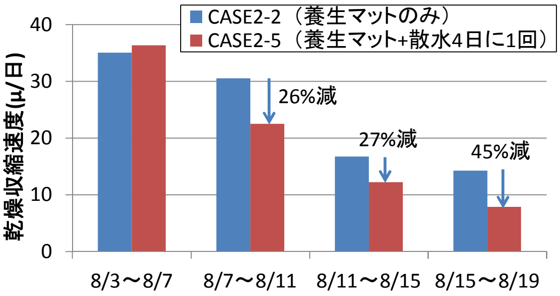
図−１　湿潤養生期間が収縮に与える影響（迅速法）



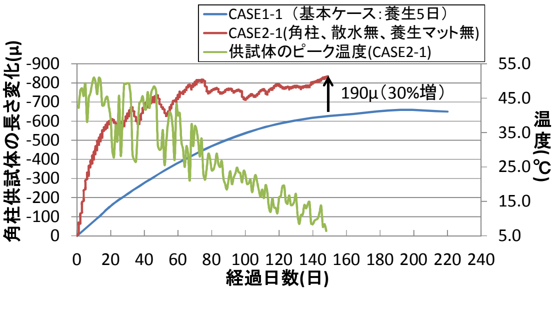
図−２　養生マット・遮光シートが収縮に与える影響（屋外曝露試験）



図−３　散水が収縮に与える影響（屋外曝露試験）



図−４　散水による乾燥収縮速度の変化（屋外曝露試験）



図−５　室内試験と屋外曝露試験の温度履歴の時系列データ