

日影・日陰の影響を考慮した2面暴露による促進中性化試験方法の提案

徳島大学大学院 賛助会員 ○船坂健介 徳島大学大学院 正会員 塚越雅幸
徳島大学大学院 正会員 上田隆雄

1. はじめに

RC 構造物の耐久性は経年劣化に対する抵抗性と考えられる。一方で中性化などの劣化進行速度は日照と降雨条件や方位、さらに昼夜や四季などの影響を受けて刻々と変化する。そのため、JIS 法など従来の暴露試験方法は、ある一定の暴露環境下にある部材間での耐久性の相対比較はできるものの、実構造物の劣化の再現性や相関・相似性などに課題があることが指摘されている¹⁾。本研究では、日向面と日陰面を持つ壁面部材を想定し、2面暴露促進中性化試験方法を提案し、特に夏季環境下でのコンクリート中の温度・含水率の分布の変化と中性化進行速度について検討を行なった。

2. 実験概要

2.1 試験体の作製

試験体は 100×100×400 mm の角柱モルタルを採用した。モルタルの配合を表-1 に示す。1 ヶ月の水中養生後、20℃の実験室内で 1 ヶ月乾燥させ、2 面（打設時の型枠側面）のうち 1 面（日向面）に、表面仕上材として防水材を施工した。使用した仕上材の基本的な物性値を表-2 に示す。仕上材施工後、暴露面以外の 4 面をエポキシ樹脂でシールし絶縁処理した。試験体の寸法と形状を図-1 に示す。さらに比較のため、仕上材を施工しない試験体も作製した。なお日陰面には全ての試験体で何も施工していない。

2.2 試験方法

日向・日陰が RC 構造物に与える影響を再現するため、試験体の日向側となる面が揃うように積み重ね壁状に設置した。なお、試験体間には断熱材を挿入し、試験体間での熱の移動が生じないようにした。暴露環境を図-2 に示す。夏季の日射を受けるコンクリート表面温度は 60℃に達する。そこで、試験体の日向側となる暴露面より 200 mm の位置から白熱灯で照射することで再現した。照射時間は夏季の日照時間を参考に 6 時間とし、その後 18 時間は 20℃で自然冷却し、これを 1 サイクルとした。また日陰側については 20℃、60%R.H.一定の環境とした。両面ともに炭酸ガス濃度は 5±0.2%とした。比較のため、通常の促進中性化試験（JIS A 1153）の環境下（炭酸ガス濃度 5±0.2%、温度 20±2℃、湿度 60±5%R.H.）での暴露試験もモルタル単体の試験体で行った。暴露期間は最大 84 日とし、28 日ごとに試験体を長さ方向と直角に端部から約 60 mm の位置で割裂し、割裂面にフェノールフタレイン溶液（濃度 1%）を噴霧し中性化深さを測定した。暴露試験中、試験体の日向面と日陰面に貼り付けた熱電対と、モルタル中央部には打設時に埋設した熱電対により、暴露期間中継続的に試験体温度を測定した。また、暴露開始前と暴露後 28 日間隔でモルタルを日向面から 30, 70 mm の位置で 3 分割し含水率を測定することで水分の拡散係数を求め、さらに数値解析により含水率分布を推定した。

表-1 モルタルの配合

W/C (%)	S/C (%)	単位量 (kg/m³)			圧縮強度 (N/mm²)
		水*1	セメント*2	細骨材*3	
60	300	288	480	1440	42.9

*1:水道水、*2:普通ポルトランドセメント(3.16g/cm³)
*3:細骨材:阿波市市場町産砕砂(2.57g/cm³)

表-2 使用材料の種類・物性値

防水材	厚さ (mm)	伸び率 (%)	密度 (kg/m³)	透湿度 (g/m²・24h)
ウレタン	2	467	1300	7.40

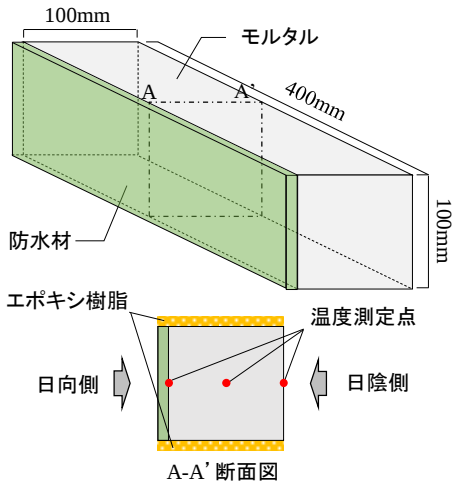


図-1 試験体の寸法と形状

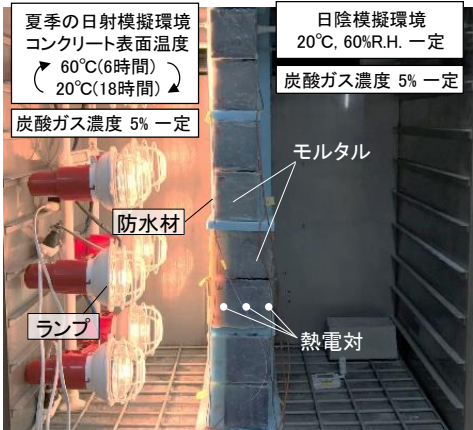


図-2 2面暴露促進中性化試験の様子

3. 2面暴露促進中性化試験の結果及び考察

暴露期間 28, 56, 84 日での 2 面暴露促進中性化試験の結果を、日向側と日陰側でそれぞれまとめて図-3 に示す。

今回提案した暴露面に異なる温度環境を与えた試験体は、JIS 環境の試験体に比べ、日陰面で 1.3 倍、日向面で 1.6 倍程度中性化が進行した。これは、照射を行った試験体は高温履歴を受け低含水となったため、炭酸ガスのコンクリート内部での拡散速度と中性化反応が加速させられたためだと考えられる。

ウレタン防水材料を施工した試験体は、防水材料の高いガス遮断性能により、本試験の暴露期間においては、日向面からの中性化進行はほとんど見られなかった。また日陰面については、モルタル単体より高温履歴を受けるにも関わらず、中性化速度が抑制された。これは、照射時にモルタル内部に生じた水蒸気圧が、防水材料を施工した日向面から放出されにくいため、日陰側の面から優先的に放出され、炭酸ガスの侵入が阻害されたのではないかと推察される。

中性化速度の経時変化をみると、JIS 法では、ほぼ暴露期間の平方根に比例するのに対し、2 面暴露の試験結果では徐々に遅くなる傾向を示す試験体もあった。一般的に中性化速度はモルタルの品質や外部の温湿度環境に依存するとされている。そこで両暴露面の中性化深さと、その位置での温度と含水率の予測結果とあわせて図-4 に示す。JIS 法での試験体中の温度分布は一定で、また中性化深さ位置の含水率も 17 vol.%程度を推移している。一方、2 面暴露試験体の日向側について見ると、モルタル単体では、表面より内部方向に向かって温度は低くなっており、暴露 84 日での中性化の進行位置の含水率は 11 vol.%程度であった。今回用いたモルタルの 20℃、95%R.H.での平衡含水率はおおよそ 10.5 vol.%であるため、中性化反応に必要な自由水が不足し、中性化速度が低下したと推察される。

4. 結論

夏季の日向・日陰を再現した 2 面暴露試験を行った結果、JIS 法に比べて日向・日陰側ともに中性化の進行速度は大きくなった。ただし、照射によりコンクリートの表面温度が 60℃と高温になるようなケースでは、含水率が低下するため、長期で考えた場合では中性化速度が徐々に遅くなる傾向にあった。

参考文献

1) 日本建築学会, 材料施工委員会: 鉄筋コンクリート造建築物の限界状態再考—中性化は寿命か?—, 2017 年度日本建築学会大会 (中国) 材料施工部門パネルディスカッション(1)資料, pp.1-32, 2017.9

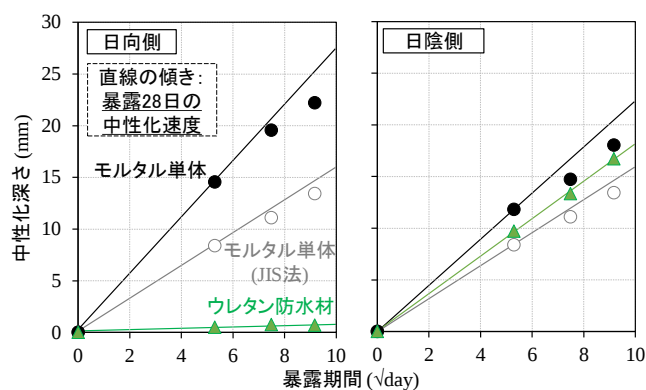


図-3 中性化深さの経時変化

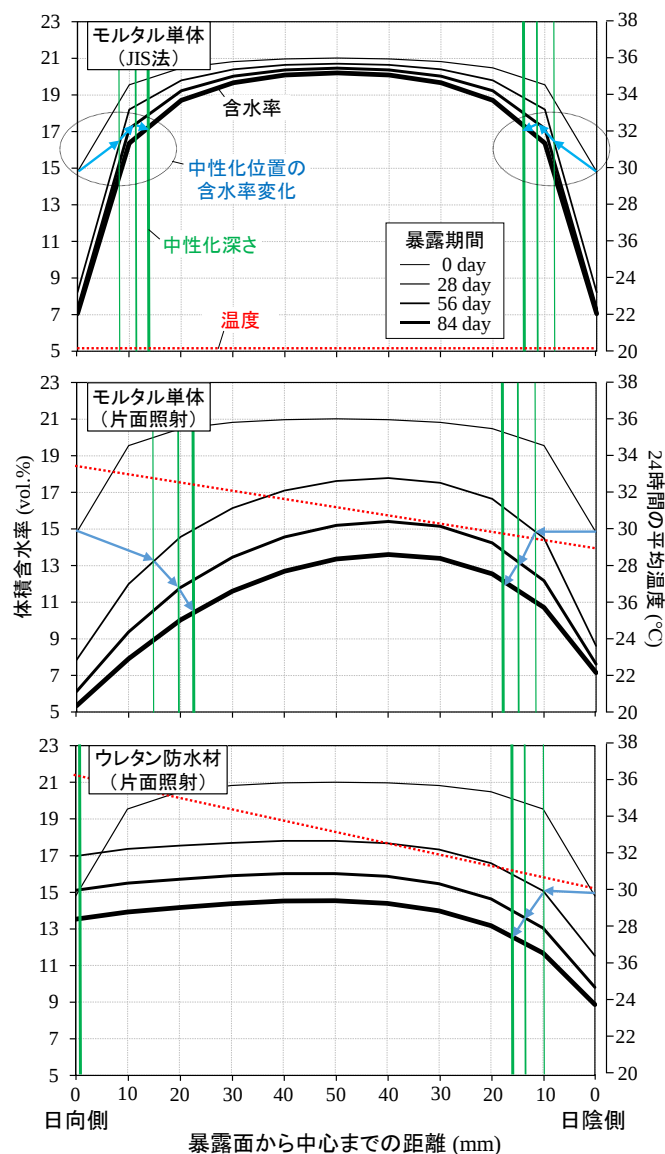


図-4 モルタル断面方向の温度・含水率分布と中性化