

## 組成成分・細孔構造・物質移動特性の相関関係に基づいたコンクリート表面改質剤の性能評価

The evaluation of surface protective agents based on strong coupling of phase composition, micro-pore structure and mass transport resistance of concrete

宮崎大学 准教授 李 春鶴

### （研究計画ないし研究手法の概略）

2011年11月作製した実物を模擬した供試体を用いて、材齢2年目の測定を行い、改質剤の性能評価とその耐久性による効果の評価する予定だったが、供試体の使用の調整が間に合って無くて、改めて新しい供試体を作製して検討を行った。

従って、当初計画と供試体、研究の方法、着目点が若干異なるが、改質剤を施した実環境におけるコンクリートの性能評価という趣旨は同一だったし、実環境の水分供給と改質剤の改質効果との相関性の知見を抽出できたため、本報告を用いて最終の研究報告とさせて頂きたい。以下は、その詳細である。

### 1) 研究概要

コンクリートの耐久性向上を図る手段の一つとして表面改質剤を用いる方法が注目されている。表面改質剤はコンクリートの表面に塗布することによって、コンクリート表面部または内深部に新しい機能を付与したりコンクリート本来の機能を回復させたりする材料である。

最近では、改質剤が塗布されたコンクリートについて様々な研究が行われているが、それらは実験室内における検討がほとんどである。屋外では屋内とは異なり雨水による水分供給などの影響が考えられるため、これらの要因が改質剤を施したコンクリートの性能に影響を与えることが推測される。

本研究では、屋外と屋内環境での曝露試験を行い、屋外環境の雨水等の影響を考慮した改質剤の改質効果の評価することを目的とする。

### 2) 実験概要

コンクリートは、24-12-20-Nの普通コンクリートを用い、水セメント比は55%である。セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は表乾密度が $2.58\text{g/cm}^3$ の砕砂と表乾密度が $2.71\text{g/cm}^3$ の砕石を用いる。表面改質剤は市販の脂肪酸エステル類を主成分とする高性能養生剤とケイ酸ナトリウムを主成分とする改質剤の2種類を用いた。

供試体は、打込み後3日間は型枠の上面をラップで覆ったまま屋内で保管しその後脱型した。脱型後に改質剤の塗布作業を行った。供試体は、全ての面に改質剤を塗布するが、脂肪酸エステル類を主成分とする高性能養生剤を塗布したもの（CBと称する。）とケイ酸ナトリウムを主成分とする改質剤を塗布したもの（CSと称する。）、無塗布のもの（PLと称する。）の3種類を作製する。

図-1に供試体の形状寸法を示す。圧縮強度試験用に $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体、長

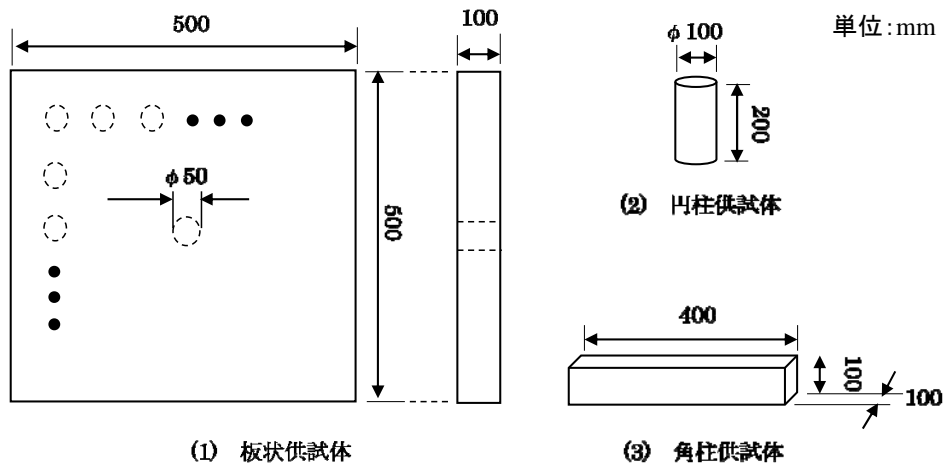


図-1 供試体の形状寸法

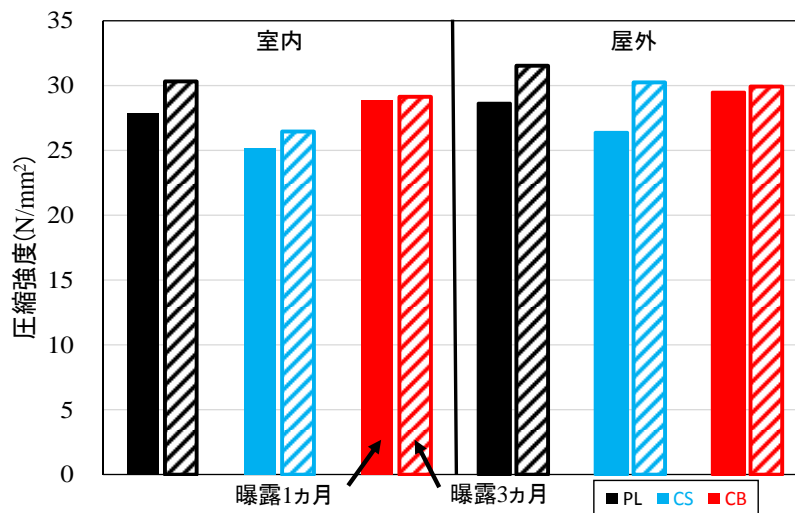


図-2 圧縮強度の比較

長さ・質量変化率測定用に100×100×400mmの角柱供試体を作製する。他の試験に500×500×100mmの板状供試体を用いる。

曝露環境は、屋内と屋外の2種類とする。屋内曝露条件は、温度が20℃、相対湿度が60%の一定した環境を設ける。屋外曝露の場合は、宮崎大学工学部の敷地でコンクリートではない地面、かつ日光、雨風などを遮る障害物が無い場所とする。

本研究では、圧縮強度試験、長さ・質量変化試験、促進中性化深さ試験、熱分析などを行い、今回は圧縮強度試験と長さ・質量変化試験について報告する。

圧縮強度試験は、JIS A 1108に準拠して測定を行った。供試体は、曝露材齢1ヵ月、3ヵ月のものを各3体ずつ用いた。

長さ・質量変化率の測定は、同一の供試体を使用し、屋内が各2体、屋外が各3体ずつ用いた。測定は、曝露から23週目まで測定を行った。長さ変化率は、JIS A 1129-2に準拠してコンタクトゲージ法で測定した。質量変化率は、質量が0.1gまで量れる電子天秤を用いて測定した。

### 3) 実験結果および考察

図-2に曝露材齢1ヵ月および3ヵ月における圧縮強度の結果を示す。図に示すように、曝露材齢1ヵ月の供試体において、曝露環境に関わらずCBが最も圧縮強度が大きく、CSが最も小さい。また、同種の改質剤において、屋外曝露の供試体は屋内曝露の供試体より圧縮強度が大きいものの、屋内曝露の供試体の圧縮強度に対する屋外曝露の供試体の圧縮強度の比率はほぼ同様である。

曝露材齢3ヵ月では、曝露環境に関わらずPLの圧縮強度が最も大きくなった。また、同じ種類の改質剤において、屋外曝露の供試体は屋内曝露の供試体より圧縮強度が大きいものの、屋内曝露の供試体の圧縮強度に対する屋外曝露の供試体の圧縮強度の比率は、CSが最も大きく、CBが最も小さい結果となった。圧縮強度とセメント空隙比の相関関係から、曝露1ヵ月での圧縮強度が小さいCSの空隙量がCBより多いと推測される。したがって、CSでは雨水などの水分供給を受けやすくなるため再水和が進み、一方で、CBでは再水和があまり進行しなかったと考えられる。

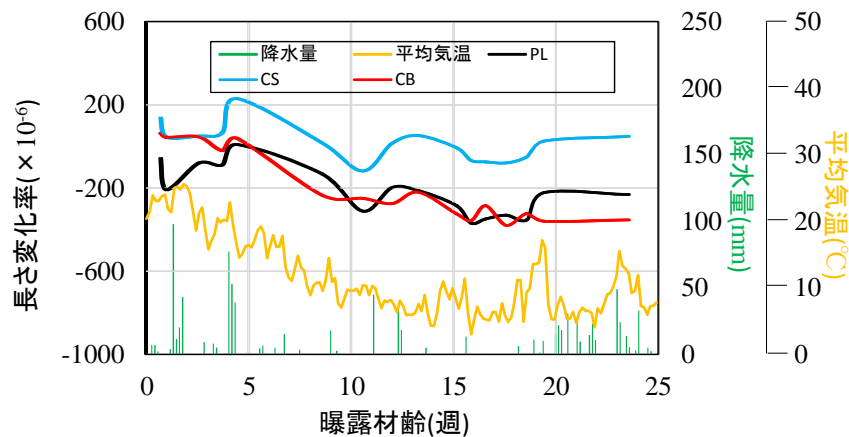


図-3 屋外供試体の長さ変化率の比較

気温と降水量の気象情報を含めた屋外曝露の長さ変化率の測定結果を図-3に示す。屋外曝露では内部の水分が逸散し徐々に収縮が進むが、屋外においては図に示すように、収縮とその回復が生じている様子が見て取れる。これは、降水が多かった日の後で収縮が回復していることから水分の供給が原因であると考えられる。また、変化幅の大きさからCSが最も水分の影響を受けていると考えられる。

各曝露環境における長さ変化と質量変化率の相関関係を図-4、図-5にそれぞれ示す。同一質量変化率に置いて長さ変化率が小さいほど収縮が大きくなる。屋内ではCBが最も収縮が大きく、屋外ではPLが最も収縮が大きいが分かる。ここで、コンクリートはその内部が緻密であるほど収縮が大きいというメカニズムを踏まえると、屋内においては、CSは内部が粗であり、CBは密であるといえる。屋外では、無塗布のものが密となり、改質剤を施した供試体は粗となったと推測される。

これは、無塗布の供試体は雨水等の影響を受けて再水和が進んだが、改質剤を施したものはその改質効果によって水分の供給が阻害され再水和が顕著ではないことが原因であると考えられる。

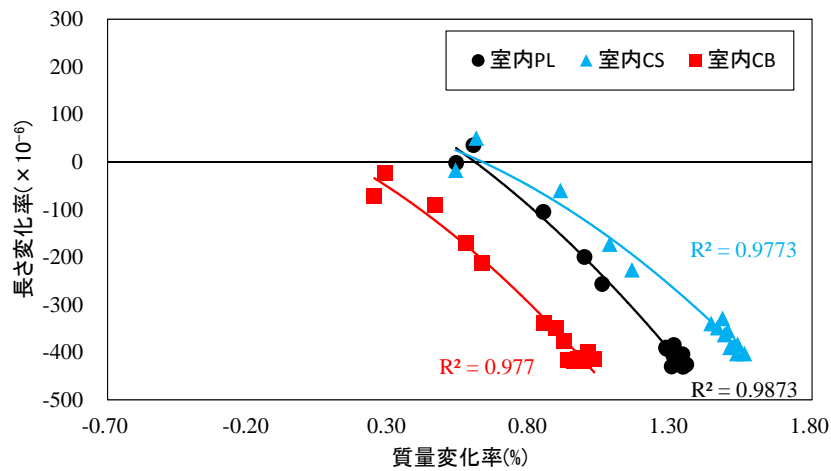


図-4 長さ変化と質量変化率の関係(屋内)

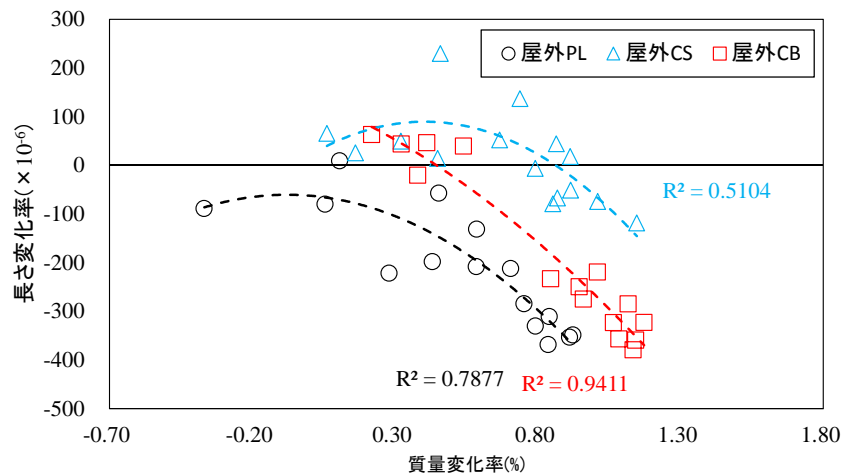


図-5 長さ変化と質量変化率の関係(屋外)

**(実験調査によって得られた新しい知見)**

表面改質剤を施したコンクリートにおいて、雨水等の水分供給により、屋内環境および屋外環境での性能が異なり、長期になるとコンクリートの性能に大きな影響を与えることが明らかになった。

- (1) 表面改質剤を塗布したコンクリートは、雨水などの水分供給により、室内環境および屋外環境での性能が異なる。
- (2) 各試験結果から表面改質剤CSは、室内環境においては無塗布のコンクリートよりも収縮の低減が見られたが、屋外環境においては無塗布のコンクリートに近い結果が得られたため、無塗布のものと同程度には雨水の影響を受けていると考えられる。
- (3) 表面改質剤CBは、室内および屋外環境で試験結果に大きな違いが無いことから、雨水など外部からの水分供給の影響はほとんど受けておらず、室内と屋外で同様の性質を有していると考えられる。
- (4) 表面改質剤を施したコンクリートは、その改質効果により、後のコンクリートの性能に大きな影響を与える。

以上の結果から，表面改質剤を施したコンクリートは，室内環境と屋外環境でその性質が異なる場合と同程度の場合があり，使用の際にはこれらの性質を考慮し，用途や使用環境条件などに注意して選択する必要があるのではないかと推測される．

**今後の予定：**

関連の補助的実験を行うとともに，組成分析，細孔構造，酸素拡散試験などの実験結果をまとめて，水分供給と改質効果の相関を明らかにする．得られた成果を論文集などへ投稿し，広く発信するとともに，科学研究補助金基盤研究への申請のために，基礎を作っていくたい．

**（ 発 表 論 文 ）**

1) 福山純平，李春鶴，郭度連，俵道和：表面改質剤を施したコンクリートの屋外環境での性能評価，土木学会全国大会第69回年次学術講演会（投稿中），2014.