

けい酸塩系表面含浸工法の改質効果が Cl 侵入阻止性に与える検討

高知高専 学生会員      ○高橋由菜    二神啓  
高知高専 正会員        近藤拓也   横井克則

1. はじめに

表面含浸工法の一つであるけい酸塩系表面含浸工法は、コンクリート中に含浸させることでコンクリート中に存在する  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  と反応し、C-S-H ゲルを生成することでコンクリートを緻密化させ劣化因子の侵入を阻止するものである。近年、けい酸塩系表面含浸材の改質深さを特定する技術として、ビッカース硬さ試験を用いる方法が提案されている<sup>1)</sup>。本研究ではビッカース硬さ試験で得られた硬さ増加割合と Cl 侵入阻止性の関係について検討を行った。

2. 実験方法

試験要因および水準を表 1 に示す。供試体はモルタルとした。作製供試体は、40mm×40mm×160mm 角柱供試体とした。配合はセメントと細骨材を質量比で 1 : 3 の割合とした。W/C がけい酸塩系表面含浸材の効果に与える影響を検証するために、W/C は 3 種類とした。使用量は 1 層あたり 0.2ℓ/m<sup>2</sup>とした。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は砂岩砕砂を用いた。混和剤は AE 剤および AE 減水剤を使用しスランプおよび空気量を調節した。表面含浸材は、ナトリウム系を使用し、密度 1.2g/cm<sup>3</sup> になるように乾燥固形分率を調整した。供試体は、脱型後材齢 7 日まで湿潤養生を行い、対象面に各種けい酸塩系表面含浸材を施工した。なお、重ね塗りについては 1 層施工ごとに時間を空けて施工した。含浸材施工後 28 日間、20℃室内で供試体を存置し、材齢 56 日以降に各種試験を実施した。

表 1 試験要因および水準

| 試験要因   | 水準                                 |
|--------|------------------------------------|
| W/C    | 40%, 55%, 70%                      |
| 塗り重ね回数 | 0.2ℓ/m <sup>2</sup> ×1 層, 2 層, 4 層 |

ビッカース硬さ試験は、40mm×40mm×20mmに切断した供試体を使用し、JIS Z 2244に準拠して実施した。測定は試験力を0.09807N、試験力の保持時間を30秒とした。測定はコンクリート表面から深さ最大12mmまで、1mm間隔で実施した。

塩水浸漬試験は、40mm×40mm×40mmに切断した供試体を質量濃度3%の塩水中に設置した。設置後28日に供試体を取り出し、供試体切断面に0.1N硝酸銀溶液を噴霧し、コンクリート表面から呈色域までの距離を測定した。供試体数は各要因3体とした。測定箇所は一面につき3か所とした。表2に試験パターンと供試体数を示す。

表 2 試験パターンおよび供試体数

| W/C   | 1 層 | 2 層 | 4 層 |
|-------|-----|-----|-----|
| 40(%) | 1   | 1   | 1   |
| 55(%) | 2   | 1   | 2   |
| 70(%) | 1   | 1   | 1   |

3. 実験結果および考察

3. 1 ビッカース硬さ試験

ビッカース硬さの深さ方向分布を図 1 に示す。けい酸塩系表面含浸材の使用量の増加に伴って改質深さが増加する傾向が確認できた。しかし、硬さには変化があまり見られなかった。渡辺らは、けい酸塩系表面含浸工による改質効果を示す空隙は、ゲル空隙程度であることを示しており、それより大きい空隙については改質効果を

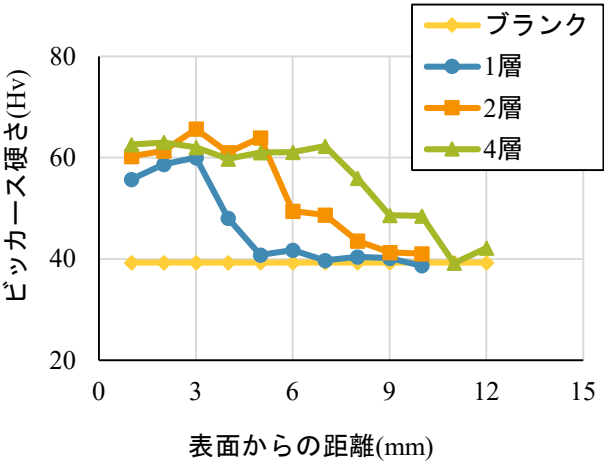


図 1 硬さの深さ方向分布(W/C=55%)

キーワード    けい酸塩系表面含浸材, ビッカース硬さ試験, 改質深さ, Cl 浸透深さ

示しにくいことを示している<sup>2)</sup>。したがって、同一 W/C の場合では、使用量の増加は硬さ増加に寄与しない可能性がある。そして、未反応であるけい酸塩系表面含浸材が粗大空隙を伝って奥へ浸透したため、改質深さが大きくなったと考えられる。また、けい酸塩系表面含浸材が十分に供給された表面に近い区間では、各供試体の改質区間での硬さはほぼ一定である傾向が確認できた。

### 3. 2 Cl<sup>-</sup>侵入阻止性との相関

3.1 で得られた傾向から考えられる、改質深さと Cl<sup>-</sup>浸透深さの模式図を図 2 に示す。また、ビッカース硬さ試験で得られた硬さ増加割合と塩水浸漬試験の結果から得られた Cl<sup>-</sup>浸透深さ比の関係を図 3 に示す。ここで、硬さ増加割合とは、評価対象改質深さまでの増加した硬さを平均した値(Hv')を、ブランク供試体のビッカース硬さ(Hv)で除したものの百分率とした。評価対象改質深さについては、3.1 で述べたように改質区間での硬さが一定である箇所までの改質深さとした。Cl<sup>-</sup>浸透深さ比とは、けい酸塩系表面含浸材を施工した各供試体での Cl<sup>-</sup>浸透深さを、同一ブランク供試体での Cl<sup>-</sup>浸透深さで除した百分率とした。

図 3 より、W/C=70%では、Cl<sup>-</sup>浸透深さ比が全体的に大きい傾向を示した。また、硬さ増加割合との明確な関係が見られなかった。これは、渡辺らが述べているように、けい酸塩系表面含浸工による改質はゲル空隙を中心とした径を中心に行われているものと考えられる。したがって、W/C が低い供試体に比べ供試体中の空隙径が大きい W/C=70%では、けい酸塩系表面含浸材の Cl<sup>-</sup>侵入阻止性は小さくなると考えられる。W/C=55%では、バラツキはあるが硬さ増加割合の増加に伴い Cl<sup>-</sup>浸透深さ比が小さくなる傾向を示した。また、W/C が低い 40%では、55%と同様の傾きを示した。しかし、改質効果では、W/C=55%に比べ、40%の方が大きくなる傾向を示している。そのため、W/C の低いモルタルほど、けい酸塩系表面含浸工による Cl<sup>-</sup>侵入阻止性が高くなると考えられる。

### 4. まとめ

ビッカース硬さ試験で得られた硬さ増加割合と Cl<sup>-</sup>浸透深さ比の関係について、W/C=70%では、明確な傾向が確認できなかったが、W/C=40%および 55%では、硬さ増加割合の増加に伴い Cl<sup>-</sup>浸透深さ比が小さくなる傾向を示した。

### 謝辞

本試験については、金沢工業大学 宮里心一教授、および富士化学(株)西野英哉氏、黒岩大地氏に協力いただいた。また、本研究は、科学研究費 基盤研究(C)(研究課題：19K04564)の補助を受けて実施した。

### 5. 参考文献

- 1) 近藤拓也ら：けい酸塩系表面含浸材の Cl<sup>-</sup>侵入阻止を示す指標に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.1，pp.1645-1650，2017.7
- 2) 渡辺晋吾ら：けい酸塩系表面含浸材によるセメントペーストの微視的構造の変化，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp.1606-1611，2012.7

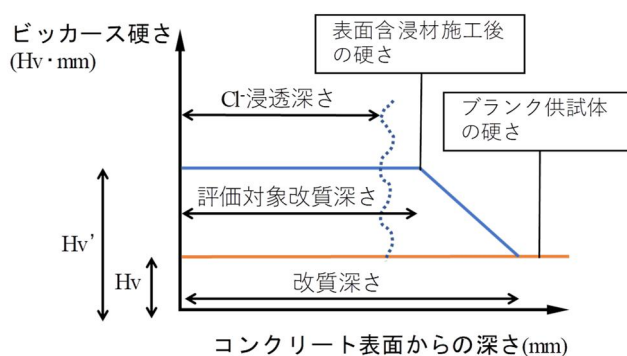


図 2 Cl<sup>-</sup>浸透深さと改質深さの関係を考慮したビッカース硬さ分布のイメージ

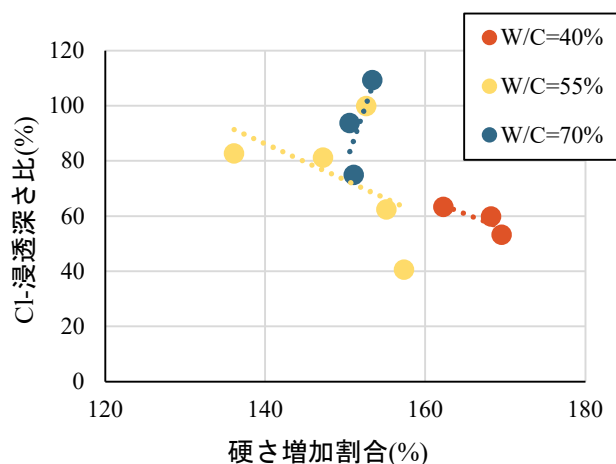


図 3 ビッカース硬さ試験で得られた硬さ増加割合と Cl<sup>-</sup>侵入阻止性の関係