けい酸塩系表面含浸工の改質効果と Cl^- 浸透阻止性に関する 定量評価方法の検討

近藤拓也^{*1} 宮里心一^{*2} 高橋由菜^{*3} 横井克則^{*1}

^{*1} 高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科(〒783-8508 高知県南国市物部乙 200-1)

^{*2} 金沢工業大学 工学部環境土木工学科(〒924-0838 石川県白山市八束穂 3-1)

^{*3} 高知工業高等専門学校 専攻科建設工学専攻(〒783-850 高知県南国市物部乙 200-1)

要旨：けい酸塩系表面含浸材を施工したモルタルの Cl^- 浸透阻止性の定量評価を図るため、W/C および表面含浸材の使用量をパラメータとして、ビッカース硬さ試験により得られた硬さ分布と、塩水噴霧試験により得られたモルタル中の塩化物イオン濃度分布を測定した。これより改質部の見かけの拡散係数を同定した。その結果、W/C が小さいほど、ビッカース硬さ試験により得られる改質効果が同一の場合、見かけの拡散係数の低下率が大きくなる傾向を示した。また、この検討結果を用いて Cl^- 浸透シミュレーションを実施し、鉄筋腐食発生限界量到達期間について検討を行った。

キーワード：けい酸塩系表面含浸材、塩化物イオン、ビッカース硬さ試験、見かけの拡散係数、水セメント比、フィックの拡散方程式、等価かぶり

1. はじめに

国家財政の緊縮化や労働人口の減少を受けて、コンクリート構造物の長寿命化や品質確保の必要性が高まっている。特にコンクリート中の鉄筋腐食防止がコンクリートの耐久性を支配するため、表層部分の保護に関する関心が高まっている。このコンクリートかぶり部分の緻密化を目的として実施される工法として、けい酸塩系表面含浸工が挙げられる。この工法は含浸部分のみを改質するため、便利な方法として知られているが、含浸による効果や、それによる劣化因子浸透阻止性の定量評価については一般化できていないのが現状である。

近年になり、けい酸塩系表面含浸工の改質深さを特定する手段として、C-S-H ゲルの生成に伴う強度増加特性を利用した、ビッカース硬さ試験による方法が検討されている¹⁾。これは Fig. 1 に示すように、表面含浸工による改質層と非改質層の硬さの差を利用して改質深さを特定するものである。宮島ら²⁾、樋口ら³⁾は本方法を用いることにより得られる改質深さと、増加するビッカース硬さに着目し、改質深さと硬さ増加量の2つに囲まれる面積(以下「指標面積」と示す)が、けい酸塩系表面含浸工の施工による劣化因子侵入阻止性を示す物理量になると考え検討を行っている。これら一連の研究により、この指標面積と吸水阻止性や Cl^- 浸透阻止性の関連性について、定性的に示すことができた。しかし、けい酸塩系表面含浸工による劣化因子侵入阻止性に関する定量的な効果については依然として確立されていない。けい酸塩系表面含浸工による劣化因子侵入阻止性が定量的に評価できれば、効果的な補修方法の確立のみならず、

Fig. 1 Schematic diagram of Vickers hardness distribution before and after applying silicate type surface penetrants

LCC(ライフサイクルコスト)への活用など、補修設計に対して多大な効果を与えられると考えられる。

そのため本論文では、まずビッカース硬さ試験を行い、けい酸塩系表面含浸工の改質深さおよび指標面積について検討を行った。その後、塩水噴霧試験を行い、等価かぶりの概念⁴⁾を用いて改質部分の見かけの拡散係数を算定した。続いて算定した指標面積と見かけの拡散係数の関係について、定量的に評価を行った。最後に定量的に評価した結果を用い、土木学会標準示方書[維持管理編]⁵⁾に示される条件を利用して、 Cl^- 浸透シミュレーションを行い、鉄筋腐食限界発生 Cl^- 濃度到達までの期間について検討を行った。

Table 1 Test parameters

Parameter	Levels
W/C of base mortar	<ul style="list-style-type: none"> 55 % 70 %
Used amount of surface penetrants	<ul style="list-style-type: none"> 0.2L/m² 0.4L/m² (0.2L/m² × 2) 0.8L/m² (0.2L/m² × 4)

Table 2 Used materials of base mortar

Materials	Details
Cement	Ordinary portland cement (Density : 3.16g/cm ³)
Fine aggregate	Sandstone fine sand (Density : 2.58g/cm ³ , Water absorption rate : 1.29 %)

Table 3 Used silicate type surface penetration materials

Types	Used amount (L/m ²)	Total dry solid fraction (%)
Potassium-based	<ul style="list-style-type: none"> 0.2L/m² 0.4L/m² (0.2L/m² × 2) 0.8L/m² (0.2L/m² × 4) 	23.6

Table 4 Mix proportion of base mortar

W/C	Unit contents (kg/m ³)		
	W	C	S
55 %	260	471	1408
70 %	308	439	1311

Fig. 2 Specimen installation status

2. 試験概要

2.1 検討パラメータ

試験パラメータを Table 1 に示す。表面含浸材の使用量が Cl⁻ 浸透阻止性に与える影響を検討するため、使用量は 3 水準とした。けい酸塩系表面含浸工の改質効果に与える影響は様々あるが、今回の検討では Ca(OH)₂ の量に注目したため、W/C を要因として 2 水準とした。

2.2 供試体概要

本研究で用いた基盤材料はモルタルとした。使用したモルタル材料を Table 2 に示す。また、使用した表面含浸材の種類を Table 3 に示す。表面含浸材は、筆者らの一連の検討で、複数の主成分を持つ表面含浸材について検討を行っており、一定の基準を設けて試験を行うため、密度を 1.20g/cm³ として全乾燥固形分率を調整した。

本試験で用いたモルタル供試体の配合を Table 4 に示す。モルタル供試体は 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。混和剤は無塩化タイプの AE 減水剤を用いた。

モルタル打ち込み後 1 日で脱型し、材齢 7 日まで 20℃、60 % R. H. の室内環境下で水中養生を行った。その後供試体を取り出し、室内環境下で供試体を材齢 28 日まで存置した。打ち込み面を含む 5 面にエポキシ樹脂被覆を行った後、所定量の表面含浸材を施工した。表面含浸材施工前には、高周波容量式コンクリート・モルタル水分計を使用しながら、モルタル表面の含水率を 7 % 程度に保つように散水処理を行った。表面含浸材は 1 回あたり 0.2ℓ/m² 施工し、1 時間散水養生を行いながら、所定の施工量になるまで繰り返し実施した。その後、28 日間室内環境下に供試体を存置した。

2.3 測定方法

ピッカース硬さに使用する供試体は、所定の期間養生を行った供試体を厚さ 20mm 程度に切断し、切断面を測定に供した。

硬さ測定は JIS Z 2244 に準拠して実施し、試験力を 0.09807N、試験力の保持時間を 30 秒とした。測定はモルタル表面から深さ 10mm まで 1mm 間隔で実施し、1 測定深さにつき 5 点測定を行い、その平均値で評価を行った。また試験機に備え付けの光学顕微鏡を用いて明らかに骨材と分かる箇所を避けながら、測定箇所の選定を行った。

塩分促進試験については、所定の期間養生を終えた後、質量濃度 3 % の塩水噴霧槽に供試体を設置した。供試体設置状況を Fig. 2 に示す。供試体の上面から塩水噴霧を行っているが、供試体を多段配置としたため、表面含浸材施工面(もしくは未施工面)に塩水が均等に供給されるよう、これら施工面および未施工面が側面になるように供試体を設置した。促進試験期間は 56 日間としたが、W/C = 55 % で表面含浸材を 0.2L/m² 施工した供試体については、試験結果に不備が認められたため、84 日間促進環境に供試体を設置した。

供試体を塩水噴霧槽から取り出した後に、φ4mm の電動ドリルを用いて深さ 10mm 毎にモルタル粉を採取した。その後、電量滴定法を用いて全塩化物イオン濃度を測定した⁶⁾。

Fig. 3 Vickers hardness distribution (W/C=55 %)

Fig. 4 Vickers hardness distribution (W/C=70 %)

Fig. 5 Reforming depth

Fig. 6 Reforming index area

Fig. 7 Index increment ratio

3. 試験結果および考察

3.1 ビッカース硬さ試験の結果

表面含浸材施工後 28 日で実施した、ビッカース硬さ試験により得られた深さ方向分布について、W/C=55 %を Fig. 3、W/C=70 %を Fig. 4 に示す。なお、測定値については、1 測点あたり 5 測定値の平均値で表記を行った。また、この図から算定した改質深さを Fig. 5 に示す。

改質深さは Fig. 1 に示すように、表面含浸材施工供試体と無施工供試体のビッカース硬さが交わる、モルタル表面からの深さとした。表面含浸材の使用量の増加とともに改質深さの増加が確認された。改質深さと表面含浸材使用量の関係は、水セメント比により変化する可能

性を指摘している⁷⁾。水セメント比が大きい場合、モルタル内部の空隙量が増加するため、より深くまで含浸することが主要因と考えられる。

けい酸塩系表面含浸材による改質効果を定量化するため、Fig. 1 に示す指標面積 A_{RI} を Fig. 6 に示す。指標面積も改質深さ同様に、表面含浸材の増加とともに増加する傾向を示した。これは、Fig. 5 に示す改質深さとはほぼ同様の傾向を示した。けい酸塩系表面含浸工によるビッカース硬さの増加量は、使用量により大きな変化は示さず、改質深さは使用量の増加とともに増加する傾向を示した。そのため、指標面積 A_{RI} は本試験範囲において、改質深さの増加の影響が大きいことを示している。

けい酸塩系表面含浸材の主成分やけい酸塩は、2～20nm 程度の径を有すると言われており⁸⁾、けい酸塩系表面含浸工による改質効果は、この径を中心として発揮するものと考えられる。また松沢らは、この細孔径付近における細孔量は、水セメント比によらずほぼ一定であると述べている⁹⁾。そのため、けい酸塩系表面含浸材を施工したモルタルでは、水セメント比によらずビッカース硬さ増加量は大きな変化を示さず、改質深さが変化する傾向を示したものと考えられる。

ここで、指標面積 A_{RI} を無施工供試体との比として示すため、Fig. 1 に示す基礎面積 A_{BI} との比について示したものを Fig. 7 に示す。なお、面積比については式[1]で算定した。

Fig. 8 Cl^- concentration distribution (W/C=55 %) (Spraying period : 56 days)

Fig. 9 Cl^- concentration distribution (W/C=55 %) (Spraying period : 84 days)

Fig. 10 Cl^- concentration distribution (W/C=70 %) (Spraying period : 56 days)

Fig. 11 Conceptual diagram of Cl^- penetration model based on equivalent cover thickness (Created with reference to literature⁴⁾)

$$\text{面積比} = A_{\text{RI}} / A_{\text{BI}} \quad [1]$$

ここで A_{RI} : 指標面積 (HV・mm)

A_{BI} : 基礎面積 (HV・mm)

面積比については、使用量 $0.2\text{L}/\text{m}^2$ と比較して、使用量が多い場合に増加する傾向が見られた。しかし、使用量 $0.4\text{L}/\text{m}^2$ と $0.8\text{L}/\text{m}^2$ では明確な差は確認できなかった。これは反応に要するモルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量と、供給される表面含浸材の使用量のバランスによるものと考えられる。表面含浸材が $0.4\text{L}/\text{m}^2$ 以上になると、モルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が不足するものと考えられる。

3.2 塩化物イオン濃度

塩水噴霧槽に設置した供試体の Cl^- 濃度分布について、W/C=55 % で 56 日間設置した供試体を Fig. 8、W/C=55 % で 84 日間設置した供試体を Fig. 9、W/C=70 % で 56 日間設置した供試体を Fig. 10 に示す。

Fig. 8 では、深さ 5mm 地点での Cl^- 濃度は深さ 0 から 10mm 間のモルタル粉を採取していることから、改質域と非改質域の Cl^- を含んでいる。そのため、深さ 5mm 地点での Cl^- 濃度は、表面含浸材の施工有無、そして使用量により明確な違いは見られなかったものと考えられる。深さ 15mm での Cl^- 濃度は、無施工供試体が最も大きくなった。これは改質域による組織の緻密化

が Cl^- 浸透阻止効果を示したためと考えられる。ただし、Fig. 9 と比較し塩水噴霧期間が短いため、明確な濃度勾配を示さなかったものと考えられる。

W/C=70 % 供試体では、各測定地点において Cl^- 濃度が無施工供試体と比較して、表面含浸材を施工した供試体で小さくなった。そのため、表面含浸材施工による Cl^- 浸透阻止性が発揮されたものと考えられる。

3.3 塩化物イオンの見かけの拡散係数

3.2 において Cl^- 濃度の分布を求めた。この結果よりけい酸塩系表面含浸工により改質された部分の見かけの拡散係数について同定を行う。同定方法は土木学会「表面保護工法設計施工指針(案)」⁴⁾に基づき、表面含浸工法による劣化因子浸透遮断効果をモルタル厚さの増加とみなす、等価かぶりの考え方に基づいた。概念図を Fig. 11 に示す。Fig. 11 に示す等価かぶり厚さ C_i は式[2]で表現できる。

$$C_i = C_s \times (D_c/D_s)^{0.5} \quad [2]$$

ここに C_s : 表面含浸材による改質深さ (mm)

Fig. 12 Diffusion coefficient ratio

D_c : モルタルの見かけの拡散係数
($\text{cm}^2/\text{年}$)

D_s : 改質部分の見かけの拡散係数
($\text{cm}^2/\text{年}$)

具体的には黒岩らが提案する方法に基づき、無施工供試体の Cl^- 濃度分布と、表面含浸材を施工した供試体の Cl^- 濃度分布を、等価かぶりを考慮しながらフィッティングさせ、改質部分の見かけの拡散係数を同定した¹⁾。

それぞれの供試体に相当する無施工供試体における見かけの拡散係数と、式[2]に基づき算定した改質部分における見かけの拡散係数の比を Fig. 12 に示す。

同一使用量における拡散係数比については、 $W/C=55\%$ 供試体が 70% と比較して増加する傾向を示した。これは上述のように、けい酸塩系表面含浸工による改質細孔径の範囲が限られているため、総細孔容積に占める空隙充填割合が大きくなる $W/C=55\%$ で、拡散係数比が増加したものと考えられる。しかし、 Cl^- 浸透に関係する細孔径の範囲は 50nm から $2\mu\text{m}$ とも言われている¹⁰⁾。そのため、けい酸塩系表面含浸工による Cl^- 浸透抑制メカニズムについては、さらに考察が必要である。

また、表面含浸材の使用量増加とともに拡散係数比が増加する傾向が示されたが、 $0.4\text{L}/\text{m}^2$ 以上における拡散係数比は大きな増加を示さなかった。これはビッカース硬さ増加量で得られたように、モルタル中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が表面含浸材と比較し不足するためと考えられる。

3.4 Cl^- 浸透阻止性の定量評価

ここでは、3.2 で検討したビッカース硬さ試験を用いた劣化因子侵入阻止指標と、3.3 で検討した Cl^- 浸透阻止性評価の関係について検討を行う。

Fig. 7 で示したビッカース硬さ試験で得られた面積比と、Fig. 12 で示した拡散係数比の関係を図 13 に示す。

いずれの水セメント比においても、面積比の増加とともに拡散係数比が増加する傾向が得られた。また水セメントにより、回帰直線の傾きに差が確認できる。 $W/C=70\%$ より $W/C=55\%$ において、けい酸塩系表面含浸

Fig. 13 Relationship between area ratio and diffusion coefficient ratio

材の使用量増加により、拡散係数比が増加する傾向を示した。これは上述のように、けい酸塩系表面含浸材が効果を発揮する細孔径の範囲は限られているため、相対的な細孔総容積割合がこの結果に反映されたものと考えられる。

また Fig. 7 および Fig. 12 で示すように、表面含浸材の使用量が $0.4\text{L}/\text{m}^2$ 以上になると、ビッカース硬さ試験で得られる面積比および拡散係数比は増加しにくい傾向を示した。この Fig. 13 ではそれらの影響を考慮しても、近似直線に大きな影響を与えていないと考えられる。そのため、ビッカース硬さ試験の結果が拡散係数比に反映できるものと考えられる。

本検討により、けい酸塩系表面含浸工による改質部分の見かけの拡散係数を推定する手法が提案できたと考えられる。しかし本検討ケースは 2 種類の水セメント比のみの検討であり、かつ実構造物ではこれよりも低い水セメント比で供用されることが多い。そのため、上述におけるモルタル中のけい酸塩系表面含浸材による相対空隙量が劣化因子侵入阻止性に与える影響を明らかにするためにも、さらに小さい水セメント比で検討を行う必要があると考えられる。また、既設構造物への適用を念頭に置くと、中性化が生じていることが考えられる。中性化の生じたモルタルにけい酸塩系表面含浸材を施工しても、改質効果が得られにくい傾向が示されている⁷⁾。また、中性化により細孔構造にも変化が生じること¹¹⁾、そして塩分固定化メカニズムについても変化が生じるため¹²⁾、これらについても更に検討を行う必要があると考えられる。

4. Cl^- 浸透シミュレーション

3. ではけい酸塩系表面含浸工による Cl^- 浸透阻止性について定量化を行った。本章では 3. で得られた結果を利用し、鉄筋腐食発生限界 Cl^- 濃度への到達期間延長効果についてシミュレーションを行う。

シミュレーションは、土木学会標準示方書[維持管理編]⁵⁾に示される見かけの拡散係数算定式[3]およびフィックの拡散方程式を用いた。

Table 5 Formula used for simulation

	Formula
Reforming depth (mm)	(W/C = 55 %) $C_s = 4.6 \times u + 3.5$ (W/C = 70 %) $C_s = 9.6 \times u + 2.5$
Diffusion coefficient ratio	(W/C = 55 %) $D_s/D_c = 2.6 \times u + 1.7$ (W/C = 70 %) $D_s/D_c = 0.59 \times u + 1.9$

u : used amount of silicate type surface penetrants (L/m²)

$$\log_{10} D_c = 3.0(W/C) - 1.8 \quad [3]$$

ここで D_c : モルタルの見かけの拡散係数
(cm²/年)

W/C: 水セメント比

算定にあたっては、測定で得られた表面含浸材の使用量と改質深さの関係、そして拡散係数比 D_s/D_c について近似直線を作成し、その値を式[3]およびフィックの拡散方程式に代入した。シミュレーションに際し使用した式を Table 5 に示す。また、改質部分の見かけの拡散係数については、式[3]で得られたコンクリートの見かけの拡散係数から、Table 5 で得られた拡散係数比を除することにより算定した。なお、式[3]は文献⁵⁾において適用範囲を $0.30 \leq W/C \leq 0.55$ としているが、今回はシミュレーションのためこの式をそのまま用いた。

試算に関して表面 Cl^- 濃度は 13.0 kg/m^3 とした⁵⁾。腐食発生限界 Cl^- 濃度については、今回は便宜的に 1.2 kg/m^3 を用いた。シミュレーションではかぶりを 50mm と仮定し、腐食発生限界 Cl^- 濃度に到達するまでの期間について比較を行うこととした。

この条件下において、無施工供試体における腐食発生限界 Cl^- 濃度到達時間 (T_B) と比較した、表面含浸材を施工することによる腐食発生限界 Cl^- 濃度到達時間 (T_P) の増加比率 (T_P/T_B) を Fig. 14 に示す。使用量の増加とともに、腐食発生限界 Cl^- 濃度への到達時間が増加する傾向を示した。また、使用量の増加とともに、W/C = 70 % 供試体での到達時間割合が増加する傾向が示された。これは表面含浸材の施工による拡散係数よりも、改質深さの項が大きく関わるためと考えられる。今回のシミュレーションでは、ある一要因を仮定して検討を行ったが、実構造物において Cl^- の浸透に対する寿命予測を行う場合、けい酸塩系表面含浸材による改質効果のみを追求するだけでなく、改質深さを大きくすることも重要となる可能性を示唆する内容であると言える。

5. おわりに

本論文では、けい酸塩系表面含浸工の改質部分における Cl^- 浸透阻止性を評価するため、水セメント比および表面含浸材の使用量をパラメータとした供試体を作製した。その後、ビッカース硬さ試験を利用して改質部分の反応効果について定量化を行った。また、塩水噴霧試験により、表面含浸材を施工した供試体の Cl^- 濃度分布を測定した。この2つの結果を利用して、等価かぶりの

Fig. 14 Magnification of elongation until reaching the limit of Cl^- concentration due to surface penetrants

概念を用い改質部分の見かけの拡散係数を同定した。最後に、これら結果を利用して Cl^- 浸透シミュレーションを実施した。得られた結果を下記に示す。

- (1) ビッカース硬さ試験を用いて、けい酸塩系表面含浸工の反応効果を示す指標面積について算定を行った。その結果、表面含浸材の使用量の増加とともに指標面積は増加した。また、基礎面積との比である面積比についても同様の傾向を示した。
- (2) 等価かぶりの概念を用いて、表面含浸工による改質部分の見かけの拡散係数を推定した。その結果、表面含浸材の使用量の増加とともに、無施工供試体における見かけの拡散係数との比は大きくなる傾向を示した。
- (3) 面積比と拡散係数比の関係について整理を行った。その結果、この2者には線形関係で示されることが確認された。この方法により、けい酸塩系表面含浸材の Cl^- 浸透阻止効果について、定量的に評価できる可能性を示した。
- (4) (3)で示した面積比と拡散係数比の関係から、けい酸塩系表面含浸工の Cl^- 浸透阻止性には、母材モルタルの水セメント比が関わる可能性があることを示した。
- (5) (3)で得られた結果を利用して、けい酸塩系表面含浸工による改質効果を考慮した Cl^- 浸透シミュレーションを実施した。その結果、モルタル内部への Cl^- 浸透速度には、改質部分の見かけの拡散係数の増加のみならず、改質深さも影響する可能性があることを示した。

謝辞:

本研究は科学研究費 若手研究(B) (研究課題: 16K18133)および基盤研究(C) (研究課題: 19K04564)の補助を受けて実施した。また、研究の実施は富士化学(株)の西野英哉氏および黒岩大地氏に多大な協力をいただいた。ここに謝意を表する。

参考文献：

- 1) 黒岩大地、宮里心一：けい酸塩系表面含浸材の改質部における見かけの拡散係数の推定方法の提案と発錆遅延期間の試算、土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造)、Vol. 71、No. 2、pp. 124-134 (2015)
- 2) 宮島英樹ほか：13 年暴露したけい酸塩系表面含浸材の性能に関する一考察、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、Vol. 15、pp. 7-12 (2015)
- 3) 樋口和朗ほか：けい酸塩系表面含浸材施工後のビッカース硬度分布に関する一考察、第 71 回セメント技術大会講演要旨、pp. 140-141 (2017)
- 4) 土木学会：コンクリートライブラリー、119、表面保護方法設計施工指針(案) (2005)
- 5) 土木学会：2018 年制定コンクリート標準示方書[維持管理編] (2018)
- 6) 後藤年芳ほか：硬化コンクリート中の全塩化物イオン濃度迅速測定法の開発、コンクリート工学年次論文集、Vol. 32、No. 1、pp. 785-790 (2010)
- 7) 近藤拓也ほか：けい酸塩系表面含浸工を施工したモルタルのビッカース硬度分布に関する一考察、セメント・コンクリート論文集、Vol. 73、pp. 333-339 (2019)
- 8) 土木学会：コンクリートライブラリー、137、けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案) (2012)
- 9) 松沢晃一ほか：異なる温度養生の影響を受けたモルタルの細孔構造からの強度推定式の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 33、No. 1、pp. 347-352 (2011)
- 10) 羽原俊祐：硬化コンクリートの組織及び空隙構造と物性の関係に関する研究、慶応大学学位論文 (1992)
- 11) 佐伯竜彦ほか：中性化によるコンクリートの微細組織の変化、土木学会論文集、第 420 号/V-13、pp. 33-42 (1990)
- 12) 小林一輔ほか：炭酸化によって引き起こされるコンクリート中の塩化物、硫黄化合物およびアルカリ化合物の移動と濃縮、コンクリート工学論文集、Vol. 1、No. 2、pp. 69-82 (1990)

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE MODIFICATION EFFECT AND CHLORINE PENETRATION INHIBITION OF SILICATE TYPE SURFACE PENETRANTS

Takuya KONDO^{*1}, Shin-ichi MIYAZATO^{*2}, Yukina TAKAHASHI^{*3} and Katsunori YOKOI^{*1}

*1 NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, KOCHI COLLEGE, Social Design Engineering Department (200-1, Monobe, Nankoku-shi, Kochi 783-8508, Japan)

*2 KANAZAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Department of Civil and Environment Engineering (3-1, Yatsukaho, Hakusan-shi, Ishikawa 924-0838, Japan)

*3 NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, KOCHI COLLEGE, Advanced Course in Civil Engineering (200-1, Monobe, Nankoku-shi, Kochi 783-8508, Japan)

ABSTRACT : In this study, deterioration factor invasion resistance of mortars with silicate type surface penetrants was ascertained by measuring the hardness distribution and chloride ion concentration obtained by Vickers hardness test and salt water spraying method, respectively. The experiment was conducted using a water-cement ratio (W/C) and the amount of surface penetrants as parameters. From the result, the apparent diffusion coefficient of the modified part was identified. It was observed that the smaller the W/C, the larger the rate of decrease in the apparent diffusion coefficient tended to be when the modifying effect obtained by Vickers hardness test were the same. In addition, chloride ion infiltration simulation was carried out using the results of this examination. And the period for reaching the corrosion limit chloride ion amount of reinforcing steel was examined.

KEY WORDS : Silicate type surface penetrants, Chloride ion, Vickers hardness test, Apparent diffusion coefficient, Water-cement ratio, Fick's diffusion equation, Equivalent cover thickness