

U.D.C 691.328.4

コンクリート耐久性向上のための表面改質材の性能向上の試み

大岡 督尚* 成瀬 義幸*

要 約 : コンクリートの耐久性向上を図る技術として、表面に浸透性の改質剤を塗布する方法は、簡便な上に安定した品質が得られることが期待でき、多くの製品が市販されている。著者らは、これらの市販製品の各種性能を検証し、中性化抑止など、性能項目によっては製造元の示すような性能が必ずしも得られないことを確認したり。また、検証試験を行う中で、市販の表面改質剤の浸透能力や、浸透後の改質反応の促進などで、未だ改良の余地があると思えた。

そこで、安価で高い改質効果が期待できるケイ酸ナトリウム系表面改質材に着目し、改質性能の向上させる上で重要となる浸透能力向上のために種々の試みを行った。その結果、プロパノールを界面活性剤として利用することで浸透性が向上することを確認した。

キーワード : 浸透性、表面改質材料、ケイ酸ナトリウム、混和材、界面活性剤

- 目 次 :**
- | | |
|-------------------|---------|
| 1. はじめに | 4. 試験結果 |
| 2. 浸透性向上の考え方と実施項目 | 5. まとめ |
| 3. 試験概要 | |

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性向上は、建物の品質への社会的関心の高まりもあり、施工管理上重要な要素となってきた。

コンクリート構造物の耐久性向上の方法として、材料調査の見直しや高流動化によりコンクリートそのものを改質する方法の他に、近年、表面改質材料を用いてコンクリート表層を改質する方法も注目され、様々な製品が市販されている。

著者らは、市販されているコンクリート表面改質剤について各種性能試験を実施し、コンクリートの耐久性向上効果について検証を行った¹⁾。その結果、評価項目によっては製造元が提唱するような耐久性向上効果が必ずしも得られないことを確認した。さらに、試験を経て表面改質材について以下の疑問が生じた。

- ①表面の改質だけでは二酸化炭素などの気体分子の侵入を十分に防げず中性化抑止は期待できない
- ②改質反応に必要な遊離カルシウムイオンが、コンクリート中にさほど含まれていない
- ③浸透性に乏しいため、実際にはごく表層にしか浸透材が存在しない

このうち、②については表面から別途カルシウムイオンを供給する方法が既に実用化されているが、③については、さらなる改良の余地が残されていると判断し、浸

透性向上のための様々な試みを実施した。

本報では、浸透性表面改質材として、ケイ酸ナトリウム系の浸透材に着目し、浸透性向上のために実施した試験結果について述べる。

2. 改質効果向上の考え方と実施項目

浸透性表面改質剤の主成分であるケイ酸ナトリウムは、非晶質のケイ酸分子の末端にナトリウムが結合することで小分子化した構造をとり、水溶液中に分散してゾルを形成している。このゾルがコンクリートに含まれるカルシウムイオンなどの陽イオンにより凝集してゲルを生成し、コンクリート表層の隙間を埋めて緻密な層を形成することにより、劣化因子である雨水などの侵入を抑制する効果が生まれる。コンクリートの耐久性向上のためには、ケイ酸ナトリウムをよりコンクリートの深層まで浸透させ、できるだけ厚い緻密層が形成されることが理想的である。

浸透性を高めるためには、ケイ酸ナトリウムの分子を出来るだけ小分子化して水溶液中に分散している状態が望ましい。

以下に、浸透性向上のために実施した試みを示す。

2.1 ケイ酸ナトリウム濃度の調整

ケイ酸ナトリウムは、水溶液中ではシロキサン結合の分離・再結合を絶えず繰り返しており、濃度が高くなる

* 基盤技術開発部 材料・構造グループ

ほどケイ酸ナトリウム同士の接触が増え、結果としてケイ酸ナトリウムの重合度が増加して浸透しにくくなる。そのため、浸透性向上のためにはケイ酸ナトリウム濃度を小さい方が良いが、濃度が小さくなると逆に改質効果が小さくなる。

この相反する条件のバランスを取るために、ケイ酸ナトリウムの飽和濃度(5.6M)から順次濃度を下げ、適切な濃度規準を求めることとした。

2.2 ケイ酸ナトリウム中のナトリウム比の増加

ケイ酸重合体は、表面(分子末端)にナトリウムが配位して水溶液中で安定な状態を保っている。そのため、ナトリウム(酸化ナトリウム)の添加量が増えるにつれて分子末端部分が増えて小分子化し、分子の形状も塊状→面状→繊維状へと変化していくと考えられる(図1)。そこで、ナトリウムを可能な限り添加して、小分子化を図り、さらに、分子形状も糸状かそれに近い形状にすることにより分子が浸透するときの障害を減らせることが期待できる。

以上の考察に基づき、ナトリウム添加比率ごとの浸透量の違いを確認した。

2.3 浸透助剤の検討

ケイ酸ナトリウム分子を溶媒中に効率よく分散させ、コンクリートへの浸透を促進させるために、次に示す2種類の助剤を添加することとした。

①ケイ酸ナトリウム表面を効率的に覆い(マスキング)、ケイ酸ナトリウム分子同士の接触を抑制し小分子状で分散させる効果が期待できる混和材を添加する。

市販の混和材では混和材自身の分子が大きいので、分子量が小さくても官能基を多く持つ化合物として、グルコン酸ナトリウム(分子中に水酸基が5個)およびクエン酸ナトリウム(分子中にカルボキシル基が3個)を用いた。

②ケイ酸ナトリウムの小分子を覆って分散させ、かつ水溶媒の表面張力を低減させてコンクリート表面の濡れ性向上が期待できる界面活性剤を添加する。

市販の界面活性剤よりも小分子のアルコール化合物として、n-ブタノール($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)とn-プロパノール($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)を用いた。

3. 試験概要

3.1 試験体および試験方法

ベースとなるコンクリート供試体の使用材料を表1に、計画調合を表2に、コンクリートの物性を表3に示す。供試体は、打設後1日で脱型し、材齢1週まで標準養生を行い、その後、恒温恒湿室(20℃・60%RH)で気中養生を行った。供試体形状は $\phi=100\text{mm}$, $h=200\text{mm}$ の円柱形とし、小手押さえ面(研磨平滑処理済)の脇に透明フィルムを巻き付けて囲いを形成して水張り試験体を形成した

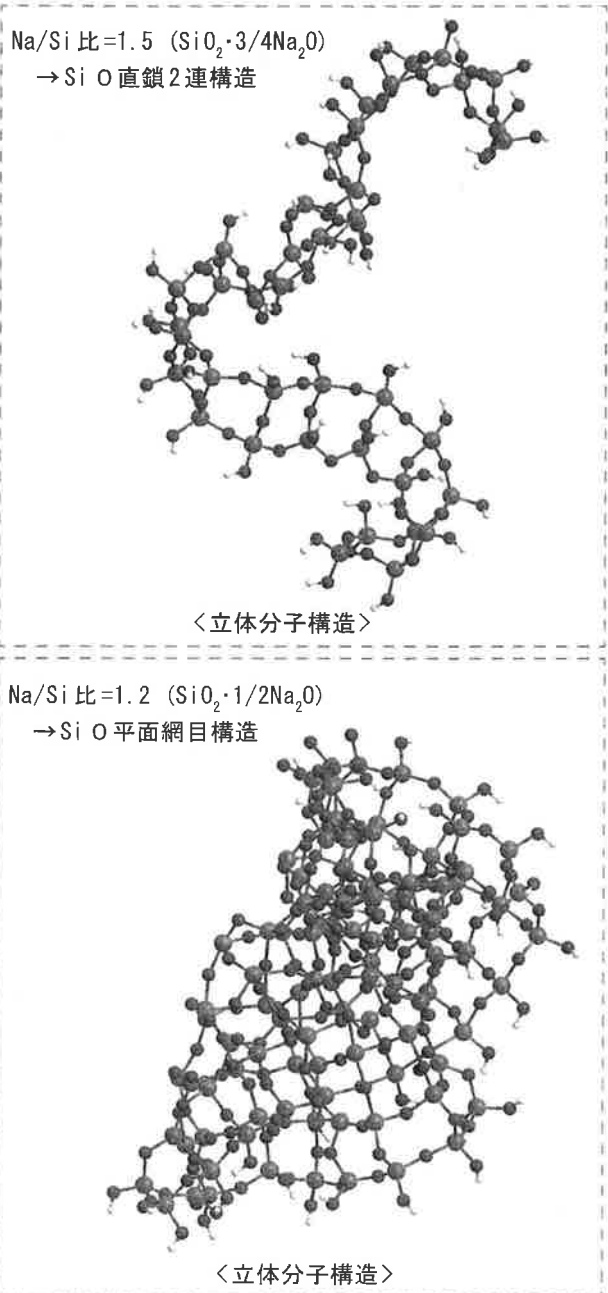


図1 Na/Si比ごとに予想されるケイ酸ナトリウム分子構造概要

(図2)。フィルム囲いの内に浸透材を注ぎ入れ、水位の変化から浸透量を評価した。また、浸透材中の溶媒(水)の自然蒸発分も考慮し、別途シャーレ内で浸透材の自然蒸発量の測定も行いその差分で浸透量を評価した。

3.2 ケイ酸ナトリウム濃度ごとの比較試験

ケイ酸ナトリウム原液(飽和濃度=5.6M)に加えて、2M・1Mで試験を行った。また、酸化ナトリウム/ケイ酸比は1.2を用いた。

表1 ベースコンクリート共試体使用材料一覧

材料	種類	記号	物性
セメント	早強ポルトランドセメント	C	密度3.14g/cm ³
細骨材	砕砂(八王子市小津町)	S1	密度2.61g/cm ³ 吸水率1.16% 最大粒径5mm
細骨材	陸砂(千葉県君津市吉野町)	S2	密度2.58g/cm ³ 吸水率1.98% 最大粒径2.5mm
粗骨材	碎石(相模原市城山町小倉)	G	密度2.63g/cm ³ 実積率55.0% 最大粒径5~13mm
混和剤	AE減水剤	Ad	リグニンスルホン酸化合物(密度1.0g/cm ³)

表2 ベースコンクリート共試体調合計画(単位:kg/m³)

SL (cm)	Air (%)	W/C (%)	Gmax (mm)	S/a (%)	W	C	S1	S2	G	Ad
18	4.5	66	13	59.6	200	304	764	255	700	3.04

表3 ベースコンクリート物性一覧

フレッシュ時		材齢1週標準		
スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	圧縮強度 (N/mm ²)	単位容積 質量 (t/m ³)
17.5	4.2	25.7	23	2.26

表4 混和材料添加条件一覧

	1	2	3	4
混和材種	クエン酸ナトリウム		グルコン酸ナトリウム	
添加量(モル濃度)	0.05	0.20	0.10	0.40

表5 界面活性剤添加条件一覧

	1	2	3
活性剤種	n-プロパノール (PrOH)	n-ブタノール (BuOH)	
添加量(モル濃度)	0.80	0.40	0.80

3.3 ナトリウム混合比ごとの比較試験

ケイ酸濃度を2Mとし、ナトリウム/ケイ酸濃度比(モル比)=0.9・1.2・1.5で試験を行った。

なお、ナトリウム/ケイ素比=1.5が安定した液相を保てる限界であり、それ以上の比率では自然に凝積が生じ安定した液相を維持できない。

3.4 浸透助剤添加による比較試験

混和材、界面活性剤それぞれの確認試験ごとの因子(助剤の種類および添加量)と水準を表4および表5に示す。

また、本試験におけるケイ酸濃度は2Mとし、ナトリウム/ケイ酸濃度比(モル比)を1.5とした。

4. 試験結果

4.1 ケイ酸ナトリウム濃度ごとの比較試験

結果を図3に示す。ケイ酸ナトリウム濃度ごとの浸透量は1M≧2M>5.6Mの順で大きく、2M程度がケイ酸の浸透に適していると判断された。また、コンクリート表面における浸透材の固化(結晶析出・硬化)に要する期間も、5.6M(4日)、2M(8日)、1M(20日)とケイ酸の濃度が濃いほど速いことも併せて確認できた。



図2 試験体概要図

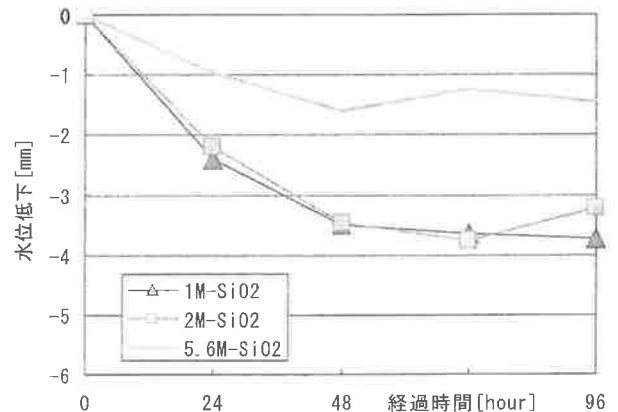


図3 ケイ酸濃度ごとにみた浸透量(水位変化)概要

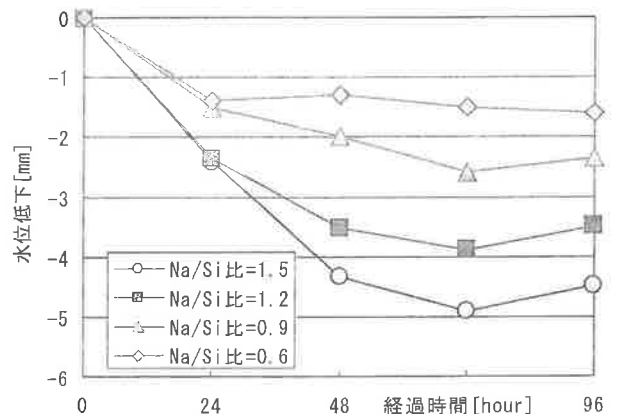


図4 Na/Si比ごとにみた浸透量(水位変化)概要

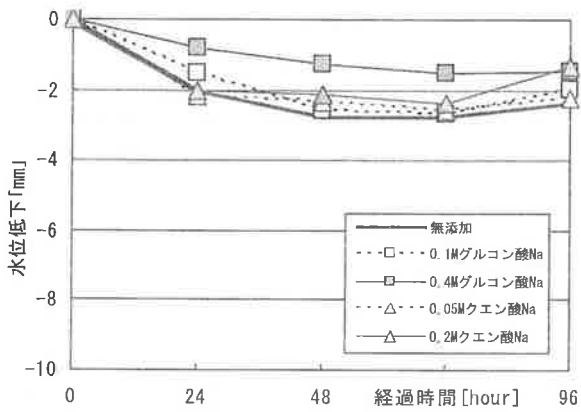


図5 混和材ごとにみた浸透量(水位変化)概要

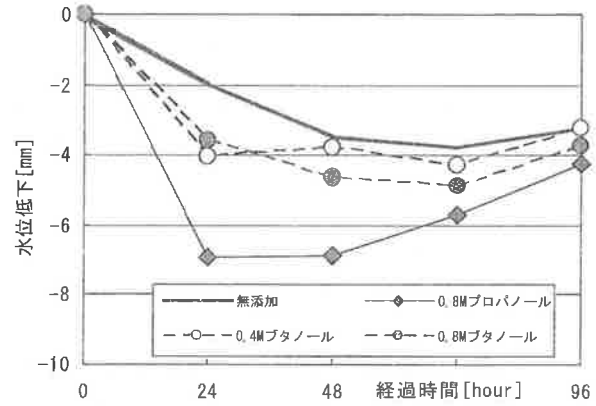


図6 界面活性剤ごとにみた浸透量(水位変化)概要

4.2 ナトリウム混合比ごとの比較試験

結果を図4に示す。ナトリウム/ケイ酸濃度比ごとの浸透量は、 $1.5 \geq 1.2 \geq 0.9 \geq 0.6$ の順で大きい、水位差は最大で2mm以内(5日経過時)に納まっており、大きな違いは認められなかった。ただし、コンクリート表面における浸透材の固化(結晶析出・硬化)に要する期間は、0.9(6日)、1.2(8日)、1.5(30日)と濃度比1.5が最も長く液層を保つことを確認した。

4.3 浸透助剤添加による比較試験

混和材を添加した場合の試験結果を図5に、界面活性剤を添加した場合の試験結果を図6にそれぞれ示す。混和剤を添加した場合、無添加の試料に比して浸透量の増加は認められず、また、材種・添加量による明確な違いも認められなかった。一方、界面活性剤を添加した場合、無添加の試料に比べて浸透量の増加が認められ、特にプロパノール(0.8M)を添加したもので浸透量が大きく増加することを確認した。

参考文献

- 1) 大岡・松沢, 「各種表面改質材料がコンクリートの耐久性向上に及ぼす影響」 東急建設技術研究所報, No.32, 2006

AN EXPERIMENT OF IMPROVING PERMEABILITY OF SURFACE IMPROVING MATERIALS ON DURABILITY PERFORMANCE OF CONCRETE

T Oh-oka and Y Naruse

Concrete durability improvement attempt technology, surface permeability reforming spread method handy up stabilize quality obtain expectation a lot product market. Authors are confirms various performances of these products on the market are verified, and the performance that the manufacturing origin shows according to the performance item of control of making to the neutral is not necessarily obtained1). Moreover, it was an infiltration ability of the surface reforming medicine on the market, a promotion of the reforming reaction after it had infiltrated, etc. and there seemed still to be room for the improvement while doing the verification examination.

Authors did various attempts for the infiltration ability improvement that became important for the reforming performance to pay attention to the sodium silicate system surface reforming material to be able to expect a cheap, high effect of the reforming, and to improve. As a result, it was confirmed that permeability improved by using propanol as a surfactant agent.