

論文 表面処理材を塗布した実構造物と室内試験における効果の比較検討

竹内 由伸*1・横井 克則*2・下村 昭司*3・橋村 茂雄*4

要旨： 表面処理材を使用することによりコンクリートの劣化を抑制することは数々の研究により知られている。本研究では、各種表面処理材を環境条件の異なる実構造物に塗布して 3 年間にわたる測定を実施し、強度と耐久性の観点から室内試験との効果の比較を行った。その結果、実構造物に対しては劣化因子の侵入抑制に効果があり、中性化と塩化物に対して有効性が確認できた。一方で室内試験との比較では一部類似した傾向が見られたものの、塩化物、中性化では抑制率に大きな違いがあることが分かり、構造物の環境条件により表面処理材の効果に差が生じるなど新たな知見が得られた。

キーワード： 実構造物、室内試験、表面含浸工法、表面被覆工法、中性化、塩害

1. はじめに

1960 年代後半から 1970 年代前半にかけてコンクリート構造物は急速に整備され、日本の経済成長を支えてきた。それから半世紀の時を経た現在、大量に造られた構造物の劣化や損傷の事例が数多く報告されるようになり、維持管理が重要課題となっている。そこで施工が容易且つ安価で、主要な劣化の抑制に効果があることから表面処理工法が注目されるようになった。しかしコンクリート表面処理材には、表面含浸材であるシラン系、けい酸塩系、その他などがあり表面被覆材を合わせると数多く存在する。そのため使用者が施工時に比較して選定することは困難である。また、表面処理材について研究を行った論文は数多くある^{2),3),4)}が、シラン系やけい酸塩系など大別される種類の異なる表面処理材を使用した比較、あるいは様々な自然環境下で供用されている実構造物において、その効果を検証したものは少ない。そこで本研究では、各種表面処理材を用いて環境条件の異なる実構造物に対し表面処理工法を施し、室内試験で得られた効果が発現するか耐久性の観点から検討を行った。また環境条件の違いによる各種表面処理材の効果について比較、検討を行った。

2. 実験方法

2.1 対象とした実構造物

対象とした構造物は、ひび割れの発生が耐久性に影響を及ぼす要因となる RC 構造物とし、高知県内の打設日が異なる橋台や橋脚、ボックスカルバートを選定した。対象とした構造物を表-1 に示す。なお、ボックスカルバートは、日陰で流水による湿度が高い環境を対象とするため選定し、表面処理材は水面から 50cm 以上上部の位置に塗布した。

表-1 対象とした実構造物

構造物	構造物の種類	環境	塗布箇所	打設日
1	橋台	山中	2 面(前/背面)	H29.3
2	ボックスカルバート	水路	2 面(内壁右/左面)	H28.2
3	橋脚	沿岸	2 面(東/西面)	H29.3
4		市街地	4 面(東/西/南/北面)	H27.1
5				H25.12

表-2 表面処理材の種類

記号	表面処理材	塗布量(g/m ²)
E	高分子系	250
M	シラン系 1	200
A	シラン系 2	
S	脂肪酸系	
C	けい酸塩系	
K	けい酸塩系・シラン混合型	150

2.2 選定した表面処理材

選定した 6 種類の表面処理材を表-2 に示す。E のみ表面被覆材で、その他は全て表面含浸材である。M、A はそれぞれメーカーの異なるシラン系表面含浸材である。脂肪酸系の S はひび割れの自然修復効果が見込まれている。これらに加え、けい酸ナトリウム系の C と、けい酸リチウムを主体にシランを配合したミックスタイプである K を選定した。また N (塗布なし) の箇所を設け、1 面当たり 7 箇所試験を実施し、表面処理材の効果と比較できるようにした。表面処理材の塗布は H29 年 7 月に行い、同月から R2 年 7 月まで測定を行った。実構造物 3 での表面処理材塗布状況を写真-1 に示す。

2.3 実構造物での試験概要

対象とする実構造物の配合表を表-3 に示す。構造物 3 のみ普通セメントであり、その他は全て高炉セメント

*1 高知工業高等専門学校専攻科 建設工学専攻 (学生会員)

*2 高知工業高等専門学校 ソーシャルデザイン工学科教授 博士 (工学) (正会員)

*3 大旺新洋 (株) 土木設計積算部 (正会員)

*4 大旺新洋 (株) 土木設計積算部

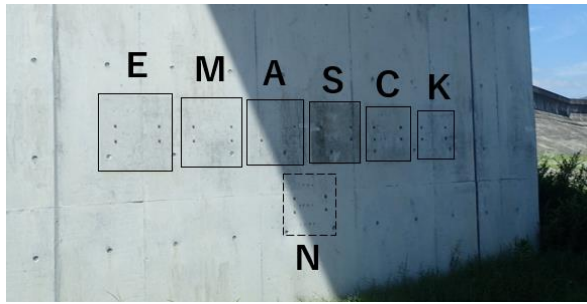


写真-1 表面処理材塗布状況（実構造物3）

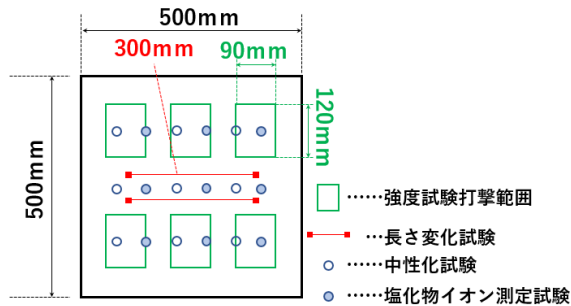


図-1 試験実施箇所の概略図

B種が使用されている。テストハンマーによる強度試験はJSCE-G 504-2013「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法」に準じ測定を行った。なお、表面被覆材Eに関しては、構造物2,3で、塗膜を剥がした場合と剥がさない場合でそれぞれ4面測定したところ、偏差は0.2%であり、またメーカーのカタログによると塗膜厚も0.15mmであるため、塗膜の形成による反発度への影響はないことを確認した。中性化試験はNDIS 3419「ドリル削孔紛を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法」に準じ測定を行った。塩化物イオン測定試験はJSCE-G 573「実構造物におけるコンクリート中の全塩化物イオン分布の測定方法（案）」ドリル削孔により得られる粉末を試料とする場合に準じ、削孔径はφ10mm、削孔

はコンクリート表面から深さ30mmまで行い、その全ての試料を用いて、JISA 1154:2012「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準じ全塩化物イオン量の測定を行った。単位容積当たりの塩化物量は「硬化コンクリート中の塩化物イオン濃度測定」⁵⁾に準じ算出した。長さ変化試験はJISA 1129-2「モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法（第2部：コンタクトゲージ方法）」に準じ、基長は300mmとした。なお塩化物イオン測定試験は海岸線から150mほどで塩分飛来が予測された構造物3でのみ行い、長さ変化試験では試験箇所が上部工の施工で立ち入れないことが予想された構造物1は行わず、その他の構造物では同じ試験方法を用いた。

1箇所当たりの試験実施箇所の概略図を図-1に示す。

2.4 室内試験概要

表面処理材を塗布するコンクリートは、表-4に示すように水セメント比が異なる2種類とし、セメントは実構造物を想定し高炉セメントB種（密度=3.04g/cm³）を使用した。細骨材は海砂（密度S₁=2.60g/cm³）および砂岩砕砂（密度S₂=2.60g/cm³）を、粗骨材は石灰砕石（密度G₁, G₂=2.71g/cm³）を使用した。水分の逸散および浸透試験はφ100×200mmの円柱供試体を7日間の水中養生後、各種表面処理材を全面塗布し、数時間経過して表面処理材が乾いた段階で初期重量を測定した。逸散試験は室温20℃、湿度60%の環境に、また浸透試験は水中に、それぞれ28日間静置して重量を測定し、その変化から水分逸散率および水分浸透率を求めた。圧縮強度試験は表面処理材を全面に塗布し、JISA 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて試験を行った。中性化試験はエポキシ樹脂を無塗布の2面の片面ずつに異なる表面処理材を塗布し、JISA 1153「コンクリートの促進中性化試験

表-3 配合表（実構造物）

構造物	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)										備考
				水 W	セメント C	混和材	結合材	細骨材		粗骨材		高性能 AE 減水剤	AE 減水剤	
								S ₁	S ₂	G ₁	G ₂			
1	51.5	—	43.1	162	315	—	315	312	466	319	723	—	3.24	コンクリート改質剤
2	54.8	—	43.7	158	289	—	289	436	358	535	532	—	3.47	
3	—	51.6	43.2	158	260	46	306	561	234	481	586	—	1.84	フライッシュⅠ種
4	51.9	—	45.0	185	356	—	356	379	379	481	478	2.85	—	
5	—	55.0	47.1	165	280	20	300	517	339	691	287	2.40	—	膨張コンクリート

表-4 配合表（室内試験）

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)							
		水 W	セメント C	細骨材		粗骨材		AE 減水剤	AE 剤
				S ₁	S ₂	G ₁	G ₂		
44.5	43	163	366	300	451	519	519	4.71	3.66
64.3	46.7	156	243	350	524	519	519	3.13	2.43

方法」に準じて行った。塩化物イオン測定試験は56日間塩水噴霧を行い、表面処理材の塗布面を電動ドリルで深さ30mmまで削り、その粉末を用いて実構造物試験と同様の方法で塩化物イオン量の測定と、全塩化物イオン量の算出を行った。長さ変化試験は表面処理材を全面塗布し、実構造物試験と同様の方法で行った。

2.5 評価方法

表面処理材の評価方法はJSCE-K571「表面含浸材の試験方法」および表面処理材の評価方法²⁾を参考とし、N（塗布なし）に対する表面処理材を塗布した試験体の性能によって評価した。なおこの方法は表面含浸材を評価するものであるが、同一条件で評価を行うため、E（表面被覆材）も同様の方法を適用した。式(1)、式(2)のN比較および抑制率は室内試験、実構造物の各種試験で用いた。

$$N \text{ 比較}(\%) = \frac{\text{表面処理材を塗布した試験体の各試験結果}}{N(\text{塗布なし}) \text{試験体の各試験結果}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{抑制率}(\%) = 100 - N \text{ 比較} \quad (2)$$

3. 試験結果および考察

3.1 室内試験における水分逸散および浸透試験

水分逸散および浸透試験の4週時のN比較の結果を図-2に示す。なお横軸のアルファベットの後ろにつく数字はコンクリートの単位セメントを示しており、他の試験においても同様である。まず、表面被覆材のEは逸散、浸透共に低減が見られた。これは塗膜により水分の透過量が減少したためと考えられる。シラン系のM、Aは水分浸透率を大きく低減しているが、水分の逸散率では100%前後とNとほぼ同等であり、浸透を抑制する一方で内部の水分を逃がす働きをもつとされるシラン系の特徴が確認できた。けい酸塩系のC、Kは逸散、浸透ともにやや低減する傾向があり、Sも類似した傾向が見られるがやや低減率が大きいことが分かる。これらの要因は、けい酸塩系は表層部の緻密化が考えられ、Sは脂肪酸系に含まれる成分によるごく薄い塗膜が見られ、水分の透過を低減した可能性が考えられる。EやAではセメント量の違いにより逸散、浸透ともに効果の違いが見られた。

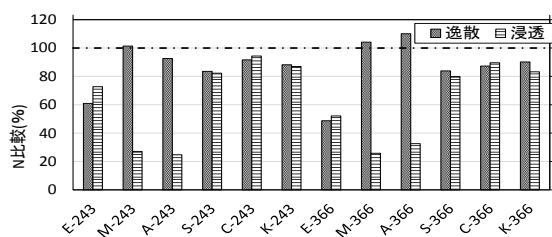


図-2 水分逸散および浸透 N 比較

3.2 強度試験

(1) 実構造物における表面処理材の比較

図-3に実構造物のテストハンマー強度を示す。なお、

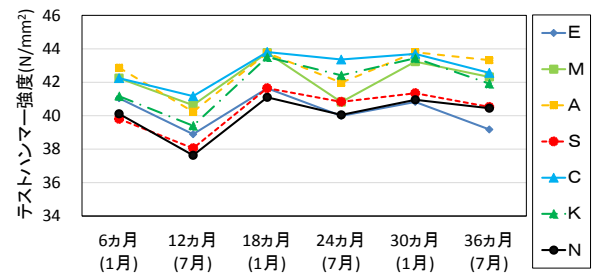


図-3 テストハンマー強度（全実構造物の平均値）

表-5 N 比較によるテストハンマー強度一覧

構造物	1			2			3			4				5			
	前	右	左	東	西	北	東	南	西	北	東	南	西	北	東	南	西
打設日	H29.3	H28.2	H29.3	H29.3	H27.1	H25.12											
水掛	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり
湿度	高い	高い	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気	一般外気
日射	少ない	なし	少ない	なし	少ない	なし	少ない	なし	少ない	なし	少ない	なし	少ない	なし	少ない	なし	少ない
結合材	315	289	306	356	300												
E	129	93	95	92	82	97	97	91	92	100	106	99	105				
M	167	101	91	98	101	103	100	100	103	95	116	99	107				
A	161	96	97	98	103	96	105	110	102	113	117	110	106				
S	143	90	96	94	97	96	94	96	83	108	105	109	114				
C	144	94	97	104	105	106	87	103	97	114	108	119	109				
K	124	96	94	104	108	108	94	107	91	108	103	115	105				

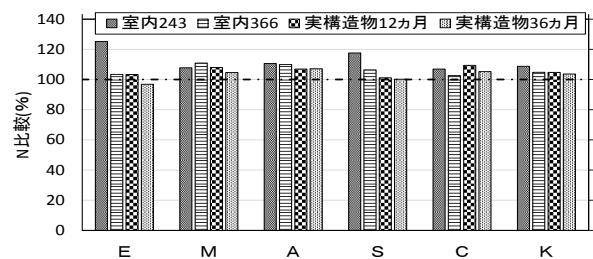


図-4 強度 N 比較

表面処理材が施工される構造物やその周辺環境は多種多様であり表面処理材ごとの性質を概観するため、図-3から図-10までの測定値は全構造物の計測結果の平均値としている。そのため各構造物の結果は表-5から表-7に示した。強度は季節の温度変化により強度の変動があるものの、Nと比較し、E、Sを除いてわずかな躯体表面の強度増進が見られた。強度増進の要因としてC、Kはけい酸塩系の表層部の空隙を充填する効果により表面を緻密化させたことが考えられる。また、シラン系のM、Aにも強度の増進が見られた。

(2) 環境条件の違いによる効果の比較

表-5に36ヵ月におけるN比較による塗布面ごとの比較を示す。環境条件において、湿度は周辺環境による影響を受けにくい場合には一般外気、山中や水路を流れる水などにより一般外気と比較して高湿となる場合は高いとした。日射は、上部工の存在により一日を通し、年中直射日光が当たらない測定面をなし、一日の時間帯により直射日光が当たる測定面を少ないとした。図-3では気温による値の変動があるため計測値で強度の変化の評価は難しく、また測定時のコンクリート表面の性状の違いを少なくするため、測定面ごとで各種表面処理材の

N 比較により評価した。構造物 1 は 36 ヶ月後の N の値が妥当でない可能性が考えられる。結果から打設時期による強度への効果の発現性の傾向は見られず、構造物や塗布面ごとで類似した傾向が見られた。環境条件の特徴が同様で、塗布面の水掛や日射の異なる構造物 4、5 で比較すると、M は構造物 5 東、西など水掛のある面で強度が増進する傾向が見られ、水掛なしの面で増加傾向は見られなかった。C、K は構造物 4 北、構造物 5 北、南など水掛のない面で大きく強度が増進する傾向が見られた。

(3) 室内試験と実構造物の比較

図-4 に室内試験（26 週）、実構造物（12 ヶ月、36 ヶ月）において N 比較を示す。室内試験においてセメント量の少ない配合が強度を増進させる傾向にあるものが多かった。室内 243 における E、S は強度の増進率が大きい。これは塗膜により逸散率を低減させるため保水力により水和反応が継続したと考えられるが、その他の試験ではこのような傾向は見られなかった。実構造物では時間の経過により若干の低下が見られるものがあるが、A、S、K は経時的な性能変化は見られず、初期に発現した表面処理材の効果が維持されると考えられる。室内試験と実構造物を比較すると M、A、C、K では増加量が類似しており、表面処理材によっては強度に対する効果を室内試験により推定することは可能であると考えられる。多くの表面処理材で強度の増進が見られたものの、増加量は小さく含浸層のみの増進である可能性も高い。またシラン系においてはその要因について不明確な点もあるため、強度増進を期待する利用は適切でないと考えられる。

3.3 中性化試験

(1) 実構造物における表面処理材の比較

図-5 に実構造物における試験結果を示す。コンクリート中の骨材の影響と考えられる値の変動があるが、全ての表面処理材で中性化の抑制効果が見られた。K は中性化に対する高い効果が確認された。表面の観察を行うと、S はひび割れ部に充填物が確認されたため、これにより劣化因子の侵入を抑制した可能性が考えられる。またシラン系の M、A はコンクリート表層部の水分量が低下するため、CO₂ が内部に侵入し拡散しやすく、中性化を促進させることが考えられていたが、実構造物ではいずれも中性化を抑制できていた。これは実環境での湿度が要因であると考えられる。日本では湿度が高い地域ほど中性化が進みやすい傾向にあるため、全国的に見ても高知県は中性化が進行しやすいと考えられている⁶⁾。そのため、水分の逸散性が高く浸透率の低いシラン系は、中性化抑制に有効に働く可能性がある。中性化深さの傾向を見ると、E、S、K は 36 ヶ月が最も N との中性化深さの差が大きくなっている。そのため、今後も中性化に対する抑制効果が向上する可能性が考えられる。

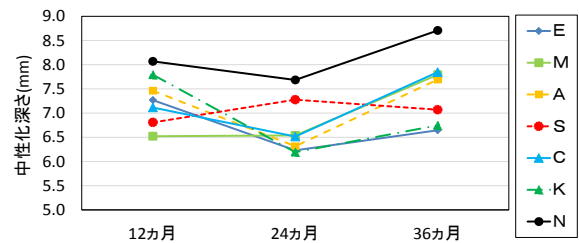


図-5 中性化試験結果（全実構造物の平均値）

表-6 中性化深さ一覧 単位:mm

構造物	1			2			3			4				5			
打設日	H29.3			H28.2			H29.3			H27.1				H25.12			
水掛	あり			なし			あり			なし				あり			
湿度	高い			高い			一般外気			一般外気				一般外気			
日射	少ない			なし			少ない			なし				少ない			
結合材	315			289			306			356				300			
E	4.1	5.6	4.1	1.0	1.1	7.7	3.7	5.1	9.4	12	8.6	13	11				
M	8.9	5.2	5.9	2.1	2.8	8.7	6.4	6.8	8.3	16	7.5	11	12				
A	8.0	6.3	6.2	1.7	2.3	8.4	5.9	6.6	7.9	11	9.7	13	14				
S	7.6	5.1	5.0	1.8	2.7	12	4.7	5.5	9.1	10	8.1	9.2	11				
C	6.3	6.3	5.9	2.6	5.1	8.6	7.1	9.8	10	7.0	7.6	12	14				
K	8.0	4.8	5.0	2.1	3.8	7.6	4.6	7.0	7.4	6.9	9.4	8.6	13				
N	9.1	6.4	6.5	4.2	3.2	8.5	6.7	5.9	6.7	15	11	14	17				

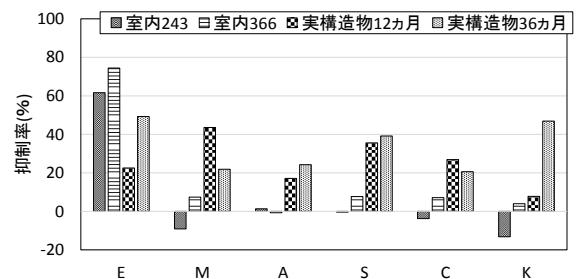


図-6 中性化抑制率

(2) 環境条件の違いによる効果の比較

表-6 に 36 ヶ月における塗布面ごとの中性化深さを示す。なお表中の数値の単位は mm である。中性化深さにおいては打設後からの経過時間による影響が大きい。構造物 1 は経過時間が少ないが中性化の進行度合いが大きい。また構造物 3、4、5 はそれぞれ異なる面に塗布しており、水掛量、日射時間等が異なることにより測定値に違いが見られた。表面処理材の傾向を見ると、E は全ての構造物に対し N と比較して一定の効果が見られるが、中でも構造物 1 や 3 など打設後間もない構造物において特に大きな効果が見られた。M、A においては構造物 3、5 で効果が見られたがその他は明白な効果は見られず、中性化が進行している箇所も見られた。S は安定した効果を見せているが、供用期間の長い構造物 5 においては特に大きな効果が見られた。K は供用期間が短い構造物に関して効果は低い。供用期間の長い構造物 4、5 においては他の表面処理材に比べ大きな効果が見られた。強度試験と同様に、水掛ありとなしの面を比較すると、N を含めた多くが水掛ありで中性化深さが小さく、特に E、M はその傾向が強い。その一方で C と K のみ水掛なしで中性化深さが小さい傾向が見られた。同様に日射による比較を行うと、N などは日射なしで中性化が進

行っていたが E, C, K では日射が少しある面で中性化が進行していた。特に K は 12 ヶ月では日射なしで中性化が進行していたため性能の変化が見られる。E, M, K は水掛, M, S, N は日射による効果の違いが強く見られた。

(3) 室内試験と実構造物の比較

図-6 に室内試験 (26 週) と実構造物 (12 ヶ月, 36 ヶ月) の中性化抑制率を示す。なお、打設から経過時間の長い構造物 4, 5 における抑制率は初期値からの比較としている。室内試験においては、A を除いてセメント量が多いほど抑制率が高い傾向にあった。E は室内試験、実構造物ともに中性化に対する高い抑制効果が見られる。室内試験で明確な効果を確認できなかったその他の表面処理材も、実環境で使用される構造物において中性化に対する抑制効果が発現していた。

3.4 塩化物イオン量測定試験

(1) 実構造物における表面処理材の比較

図-7 に構造物 3 における測定結果を示す。結果を見ると値の変動が大きい、塗布面に対し測定は複数回行っており、ばらつきが小さいことを確認している。そのため、これは測定精度の問題ではなく、表面から削孔した試料を全て採取したため表面に塩分が付着していたことが考えられる。よって 36 ヶ月は表面を洗い流した後、測定を行った。24 ヶ月, 36 ヶ月に着目して考察すると N と比較し全ての表面処理材で塩化物の抑制効果が確認できた。

(2) 室内試験と実構造物の比較

室内試験 (8 週) と実構造物 (24 ヶ月, 36 ヶ月) の塩化物イオン抑制率を図-8 に示す。室内試験では E を除いてセメント量が少ない配合で抑制率が向上した。また、室内試験では図-2 より、水分浸透に対する抑制効果が高い表面処理材ほど塩化物の浸入を抑制する傾向にあった。実構造物では N の値の違いにより抑制率に差が生じた。シラン系の M, A は、A には高い塩化物イオンの抑制率が見られたが、M は室内、実構造物共に A と傾向は近いが、抑制率は低かった。室内試験では K366 を除き 70% 以上の抑制率を有していたが、実構造物では効果の高いものでも 30~40% 程度の抑制率であった。現時点では 36 ヶ月までの測定であり、室内試験ほどの塩化物が供給されていないことが要因であると考えられる。実構造物での供用期間が長くなれば抑制率が向上していくことが考えられるが、現時点では実構造物において室内試験で期待されたほどの効果が発現するかは不明であり、結果に違いが生じていると考えられる。そのため、今後も継続した測定を行う必要がある。S や K など実環境で効果が見られた表面処理材もあるが、室内試験で抑制率が高い E, A, S では実構造物でも結果が良好であるといった結果が見られたことから、室内試験で塩化物抑制効

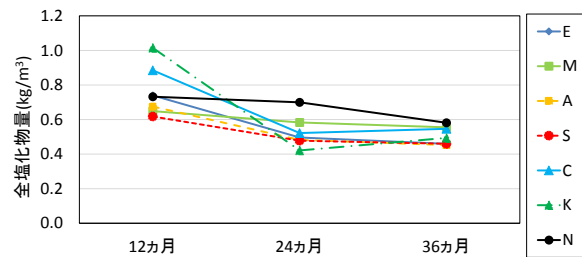


図-7 塩化物イオン量測定結果 (実構造物)

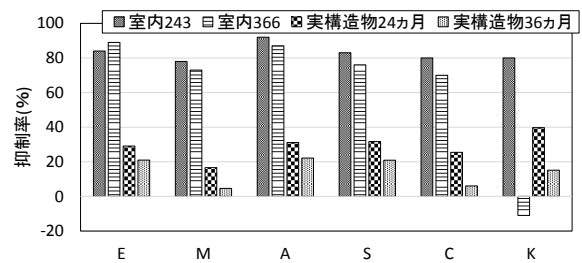


図-8 塩化物イオン抑制率

果の有無、あるいは表面処理材の比較は有効であると考えられる。

3.5 長さ変化試験

(1) 実構造物における表面処理材の比較

実構造物における試験結果を図-9 に示す。なお観測間のひび割れの発生やそれに伴う値の変動に関して異常と考えられる箇所に対しては測定値から除外した。グラフは正の値が収縮を示す。長さ変化には強度試験同様、温度変化による収縮・膨張の変動が見られる。M は N に対し長さ変化率が大きい傾向が見られるが、その他の表面処理材は N に比べ若干低い値に推移していた。また各表面処理材の推移を見ると 12 ヶ月以降で値の推移に差が生じ、表面処理材ごとの効果の差が見られた。

(2) 環境条件の違いによる効果の比較

表-7 に 36 ヶ月における塗布面ごとの長さ変化率を示す。表中の数値はマイクロ表記である。長さ変化率は上下 2 箇所の平均値としているが、ひび割れがあると異常値を示したことから測定値から除外した。このため長さ変化率の測定箇所におけるひび割れの発生箇所を上下、上、下、なしで表記している。塗布面ごとの傾向を見ると水掛なしの面で長さ変化率が大きなものが見受けられる。しかし、湿度の高い構造物 2 では長さ変化率が小さい傾向があった。M, A, K, N では長さ変化率の大きなものが見られる。特にシラン系の M, A では湿度が高く長さ変化率の小さい傾向がある構造物 2 でも長さ変化率が大きいことから水分浸透を抑制する効果が長さ変化を促進させてしまう可能性が考えられる。

(3) 室内試験と実構造物の比較

図-10 に室内試験 (26 週) と実構造物 (3 ヶ月, 33 ヶ月) における長さ変化 N 比較を示す。図-9 より実構造物の N において、他の表面処理材に比べ 1 月では変化率

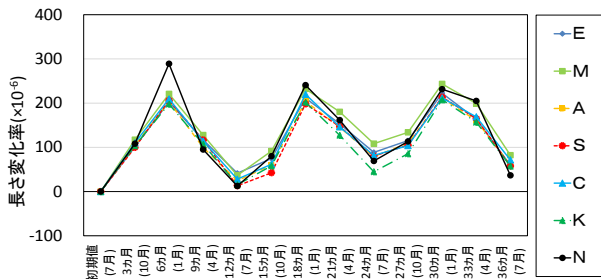


図-9 長さ変化試験結果 (全実構造物の平均値)

表-7 長さ変化率一覧 数値: $\times 10^{-6}$

構造物	2		3		4				5			
	右	左	東	西	北	東	南	西	北	東	南	西
打設日	H28.2		H29.3		H27.1				H25.12			
水掛	なし		あり		なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり
湿度	高い		一般外気		なし	一般外気			なし	一般外気		
日射	なし		少ない		なし		少ない		なし	少ない		なし
結合材	289		306		356				300			
E	ひび割れ	なし	なし		上下	上下	上	なし	なし	上下	なし	
	測定値	58	62	-6	46		53	79	52	60		23
M	ひび割れ	なし	なし		上下	上	なし		なし	上下	下	
	測定値	75	125	46	97		0	68	79	40	54	12
A	ひび割れ	なし	なし		上下	上	なし		なし	上下	下	
	測定値	113			71		82	112	71	46		
S	ひび割れ	上下	なし		上下	下	上下	なし		なし		
	測定値		66	36	12		88	94	60	60	64	53
C	ひび割れ	下	なし		上下		なし		なし	上下	上	
	測定値	79	67	16	54		67		70			52
K	ひび割れ	上下	なし		上下		なし		なし	上下	なし	
	測定値		69			143	62		93	31		32
N	ひび割れ	なし	上下	なし	上		上下		上下	なし	上下	下
	測定値	54	15			126				21		72

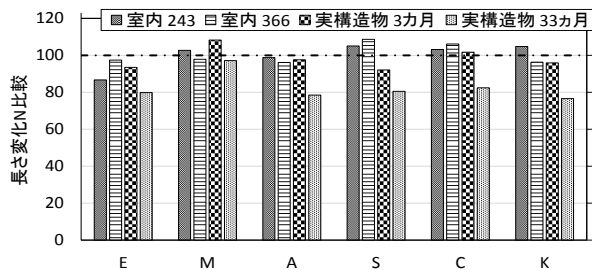


図-10 長さ変化 N 比較

が大きく、7月では変化率が小さくなる傾向が見られる。これは表-7 から、N のデータ不足面が多く構造物の特性による差が生じていると思われる。このことから両月の間である3ヵ月後(10月)、33ヵ月後(4月)により比較を行った。室内試験においてEのみ抑制効果が見られ、S、Cは若干促進する傾向が見られるが、その他の表面処理材は配合により変化があるなど、明白な傾向は見られなかった。実構造物において、3ヵ月ではMの変化率が大きい、その他はNとほぼ同等である。Mは図-2より、水分浸透率が低く、逸散率が高いために長さ変化率が大きくなった可能性がある。ただしAは室内、実構造物ともに、微量ではあるが長さ変化を低減しており、シラン系での効果の違いが見られた。図-10より全体的なNの推移が他の表面処理材と異なるため効果を比較することは困難であるが、施工初期の3ヵ月においてはNとほぼ同等の値であり、33ヵ月においては全ての表面処理材で長さ変化を抑制していることから、長さ変化の抑

制に対して効果的である可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究は、環境条件の異なる実構造物に表面処理材を塗布し、室内試験との効果の発現性に関して比較を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 強度試験では多くの表面処理材で室内試験、実構造物ともに強度の増進が見られ、室内試験により効果を推定することができるものもあると考えられるが、増加量は小さく含浸層のみである可能性も高いため強度増進を期待する利用は適切でないと考えられる。
- (2) 中性化試験では室内試験で明確な効果を確認できなかった表面処理材も、実構造物において中性化に対する抑制効果が発現していた。
- (3) 塩化物イオン測定試験では実構造物では全ての表面処理材で抑制効果は見られたものの、現時点では室内試験で期待されたほどの効果は発現していなかった。
- (4) 長さ変化試験では、室内試験において明白な効果を確認することはできなかったが、実構造物においては若干の抑制効果が見られるものがあり、ひび割れの抑制等に対し有効に働く可能性がある。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー119「表面保護工法設計施工指針(案)」, 2012
- 2) 三好孝英, 鶴田浩章, 上田尚史：表面含浸材の併用法における塗布量と劣化抑制効果の関係, 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.16, pp.415-420, 2016.10
- 3) 大野公輔, 小林孝一, 馬居武志, 浅野達夫：けい酸塩系表面含浸材の含浸深さへの雨掛かりの影響の検証および撥水材の添加による改良品の開発, コンクリート工学論文集, Vol.41, No.1, 2019
- 4) 佐川康貴ほか：コンクリート用表面含浸材の性能の現状に関する調査報告, 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.18, pp.227-280, 2018.10
- 5) 日本建築総合試験所, わかりやすい試験コーナー「硬化コンクリート中の塩化物イオン濃度測定(材D-3)」, http://www.gbrc.or.jp/assets/test_series/documents/ma_d03.pdf (閲覧日: 2021年1月8日)
- 6) 鄭載東, 平井和喜, 三橋博三：モルタルの中性化速度に及ぼす温度・湿度の影響に関する実験的研究, コンクリート工学論文集, Vol.1, No.1, pp.85-94, 1990.1