

8. 既存建築物の中性化進行抑制を目的とした仕上材の表面保護に関する検討

Study on Surface Protection of Finishing Materials for Suppressing the Progress of Carbonation of Existing Buildings

加藤 猛*¹ 山崎 順二*¹

要 旨

既存建築物の耐久性向上（中性化の進行抑制）を目的とした改修工事では、仕上材の劣化状況やコンクリートの中性化抵抗性等を調査・診断し、供用予定の年数に応じて、改修工事が実施される。既存の仕上材の上から耐久性を向上させる保護材を施すことができれば、工期の短縮や費用の削減に寄与すると考えられる。本報では、解体予定の既存建築物を調査し、コアを採取した。そのコアに対し、既存の仕上材の上から塗布材を施し、中性化抑制効果の向上に関する検討を行った。その結果、浸透性疎水材をそのまま塗布することで仕上材の透気係数が小さくなり、また無塗布に対する中性化深さの比が1以下の場合が多く、既存の仕上材の中性化抵抗性を向上させることが期待される。

キーワード：表面保護／透気試験／中性化抑制効果／促進試験による中性化深さ／中性化率

1. はじめに

建築物が海岸部や酸性土壌などの特殊な環境下でない限り、中性化の進行が建築物の耐久性を評価する上での判断材料のひとつとなる。既存建築物の耐久性向上（ここでは中性化の進行抑制）を目的とした改修工事においては、仕上材の劣化状況やコンクリートの中性化抵抗性等を調査・診断し、供用予定の年数に応じて、改修工事が実施される。その際、既存の仕上材の上から耐久性向上のための保護材を簡易に散布できる手法が確立されれば、工期の短縮や費用の削減に寄与すると考えられる。

そこで本報では、既存建築物で透気試験、含水率および中性化深さの現地調査を行い、同様の位置でコアの採取を実施した。その後、使用用途が様々な5種類の塗布材を既存の仕上材に方法を変えて塗布後、促進中性化試験および透気試験を実施し、塗布材による中性化の進行抑制効果の検証を行った。

2. 建物および現地調査の概要

本報における建築物の用途、所在地、竣工年および主な仕上材を表-1に調査およびコア採取位置を図-1に示す。

建物:B, Cは竣工年度や仕上材の種類は異なるが、同一敷地内にある。なお、モルタルの厚さについては、建物によらず、概ね20mmであった。実施した調査概要について表-2に示す。試験位置には、庇があり、雨が直接かかりにくい位置で行った。ここでの含水率については、質量含水率ではなく、電気抵抗式水分計の指示値を含水率として採用している。また、モルタルがある場合、差し込み深さからモルタル厚さの20mm引くことで、コンクリート部の含水率としている。

表-1 対象建築物の概要

記号	用途	所在地	構造	竣工年 (調査時材齢)	主な仕上材
A	小学校	大阪府	RC	1960 (61)	M+Mc
B	中学校	大阪府	RC	1960 (61)	M+Mc
C	機械室	大阪府	RC	1988 (33)	M+L
D	集合住宅	大阪府	RC	1972 (49)	M+L, L

仕上材種別 (M:モルタル, Mc:複層塗材, L:リシン)

表-2 調査概要

調査項目	概要
中性化深さ	採取したコアの側面で測定
含水率	Φ6mm×50mmの孔を用いて30mmの間隔で電気抵抗を測定
透気試験	NDIS3436-2,4 ダブルチャンバー法およびドリル削孔法



図-1 対象建築物の調査およびコア採取位置

*¹ 技術研究所建築材料研究グループ

透気試験はコンクリート面を減圧し圧力変化を計測することでコンクリート中の空気の透過のしやすさ、つまりコンクリートの粗・密の程度を評価している。さらに、打放し面において、透気試験結果は中性化の進行しやすさの指標である中性化速度係数と高い相関関係があるため、透気試験結果を用いて中性化の進行を定量的に推定する用途としても用いられる^{例え 1,2)}。さらに、土木構造物では、かぶりコンクリートの施工中の品質確認のための評価試験として適用³⁾されるようになってきた。

(1) ダブルチャンバー法

図-2 に示すダブルチャンバー法（以下 DC 法）は、内部チャンバーと外部チャンバーの 2 重セル構造のチャンバー、真空ポンプおよび制御装置から構成されている。測定位置での透気性は内部チャンバーの圧力の変化時間から計算によって評価される。表面から減圧して測定する試験方法のため、完全非破壊で測定が可能である。本試験の DC 法では、主に仕上材の中性化抑制効果を評価すると考える。

(2) ドリル削孔法

図-3 に示すドリル削孔法（以下、DB 法）は、試験位置にドリル孔（直径 10mm×深さ 50 mm）を設け、シリコン栓にて密封し、孔内を減圧して測定する試験である。本試験の DB 法では、主にコンクリートの中性化抵抗性を評価すると考える。

3. 現地調査の結果

3.1 ドリル削孔法と含水率の測定結果

各建築物における DB 法および含水率の測定結果を図-4 に示す。DB 法は各位置で 4 点測定し、相乗平均した結果と最大および最小値を示している。

図-4 より、各建築物における透気速度のばらつきは大きく、最大と最小値には 1 オーダー程度の差がある。建物ごとで透気速度に着目すると、竣工年が比較的古い建物:A, B は竣工年が比較的新しい建物:C と比べると透気速度は大きい傾向にある。建物:D のように同一の建物であっても、モルタルがある内階段よりモルタルがないポストの透気速度が小さい。

コンクリートの含水率に関して、建物:C の北面および東面はコンクリート表面から深くなるほど含水率は大きくなり、深さ 30mm では 5~6%と比較的高い含水率を示している。これに対し、他の建物におけるコンクリート含水率は、深さ 10 または 30mm の位置で約 2%未満と低い含水率であることが確認できる。

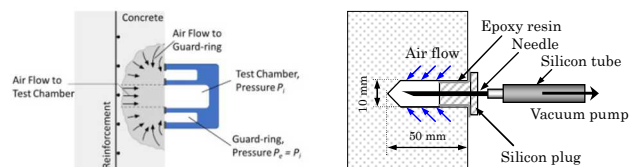


図-2 ダブルチャンバー法

図-3 ドリル削孔法

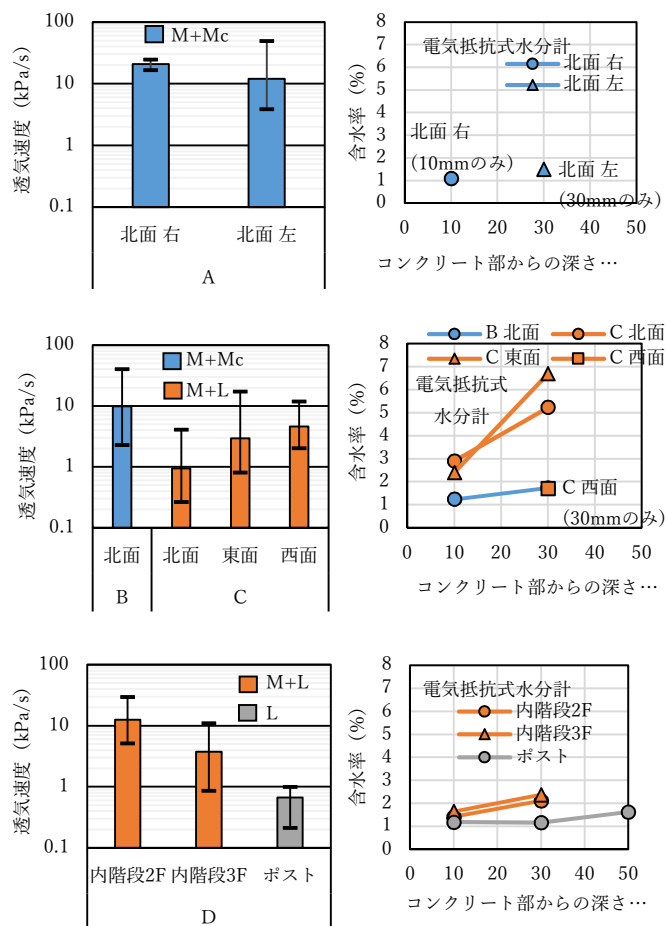


図-4 各建築物の透気速度（左図）および含水率（右図）

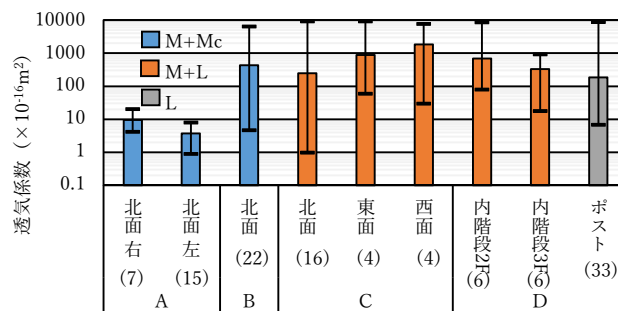


図-5 各建築物における仕上材の透気性

3.2 ダブルチャンバー法の測定結果

各建物における DC 法の相乗平均した結果と最大および最小値を図-5 に示す。なお、DC 法の測定位置はコア採取位置と同一であり、建物によって測定数が異なるため、図-5 のカッコ内に測定数を示している。

複層塗材の透気係数は新設で測定する場合 $0.1 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 未満であることが多いため、建物:A で $1 \sim 10 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 、建物:B では約 $400 \times 10^{-16} \text{m}^2$ と大きく、経年の劣化により仕上材の透気性が大きくなったことが考えられる。また、ばらつきも大きく、仕上材の種類（大きい意味で分類）が同じでも使用する材料や建築物の置かれる環境条件等によって透気係数が異なることが確認できる。

リシンの透気係数は建築物によらず概ね $100 \sim 1000 \times 10^{-16} \text{m}^2$ を示し、また、透気係数のばらつきも大きい。特に建物:C 北面の透気係数は $1 \sim 10000 \times 10^{-16} \text{m}^2$ の間に分布している。「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・解説」⁴⁾（以下、耐久設計指針と称す）では、外装薄塗材 E（リシン）の中性化率は 1.02 とされており、中性化の抵抗性は低く、新設であっても透気係数は $100 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度に大きい値を示すことがある。透気係数は最大で $10000 \times 10^{-16} \text{m}^2$ を示し、また、ばらつきが大きくなっていることから経年による仕上材の劣化が伺え、測定位置によって仕上材の中性化抵抗性にばらつきが大きくなっていることが推察される。

3.3 中性化速度係数と中性化深さの変動

採取したコアの側面にフェノールフタレイン溶液を散布後、中性化深さを 4 点測定し、平均した結果を図-6 に示す。建物:C では、中性化が認められなかったため、中性化速度係数は $0 \text{mm}/\sqrt{\text{year}}$ である。建物:A 北面右および左は、同一面であるが、コアの採取する位置の違いで中性化速度係数は大きく異なっている。また、図-5 の透気係数から右側の方が左側より大きい値を示しており、右側では仕上材が粗であったことが推察される。建物:D ではポストに比べ、内階段での中性化速度係数は小さく、モルタルによって中性化の進行が抑制されたことが確認できる。

各建物の中性化深さの変動を図-7 に示す。図-5 のカッコ内は採取したコアの数も示しており、中性化深さの変動はこの数に対して示されている。図-7 から全体で中性化深さの変動は大きく、耐久設計指針⁵⁾に示される中性化深さの変動の 10%を超えていることがわかる。特に、調査時の材齢が大きい建物:A,B で中性化深さの変動が大きい傾向にある。

3.4 コンクリート切断面における促進中性化試験および透気試験の結果

表-1 の既存建物より外径が約 $\Phi 150 \text{mm}$ となるようにコアを採取している。塗布材を施さない一方のコア試験片（高さ 100mm 以上、ただし建物:D だけ 100mm 以下である）の未中性化であるコンクリート切断面に対して、

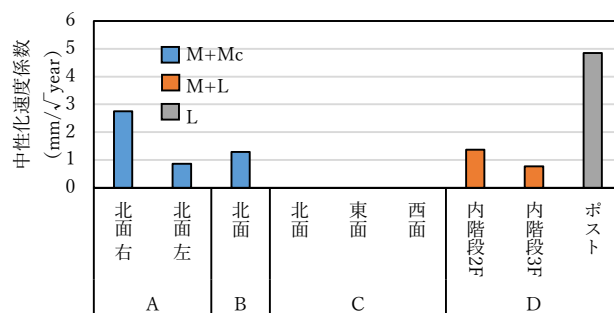


図-6 各建築物における中性化速度係数

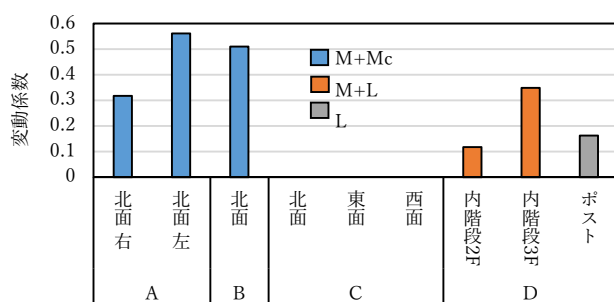


図-7 各建築物における中性化深さの変動

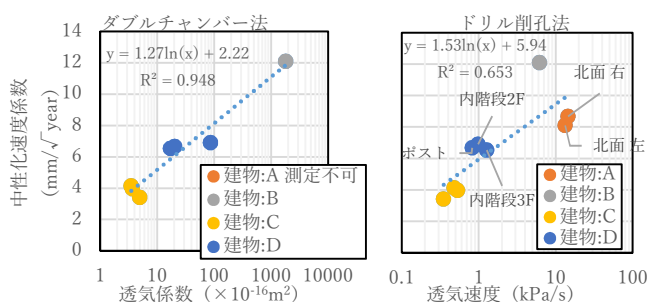


図-8 コンクリート面における透気係数と中性化速度係数

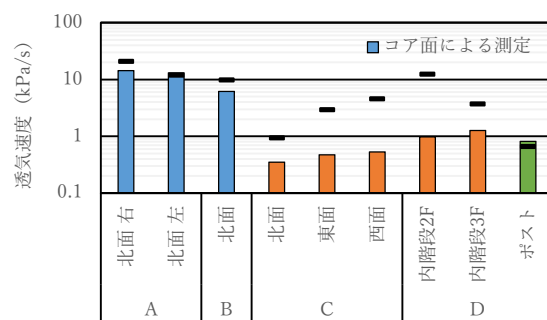


図-9 DB 法におけるコアコンクリート面と現地測定の違い

DC 法を 1 点および DB 法を 2, 3 点測定した。DB 法は中心距離間隔を 50mm かつ、側面から 50mm 離れた位置で測定している。孔の深さはコア試験片の高さが 100mm 以上で 50mm とし、100mm 未満では高さの半分とした。促進中性化試験は DB 法で用いたシリコン栓は外さずに実施し、中性化深さはその部分を避けて測定している。

図-8 に DC 法および DB 法における透気係数と中性化速度係数の関係を示す。なお、透気試験と促進中性化試験

は各測定位置の 3 試験体の平均値であり（透気試験は相乗平均値）、中性化速度係数は 1/10 倍している。図より建物が同一であれば、採取位置によらず、概ね同様の中性化速度係数を示しているため、図-6 の建物:A 北面右、左で中性化速度係数が異なる要因として、コンクリート自身の中性化抵抗性が主要因ではなく、モルタルもしくは仕上材の中性化抵抗性による要因が大きいと考える。建物:D でも、図-6 からモルタルが 20mm あることでの中性化抑制効果の高さが伺える。DC 法、DB 法ともに値が大きい程中性化速度係数が大きくなる傾向にあり、建物:A,B のように調査時の材齢が大きいとコンクリートの中性化速度係数は大きいことがわかる。

図-9 に DB 法におけるコンクリート面と現地調査結果を示す。現地調査結果に比べてコンクリート面を測定した時の方が透気速度は小さい傾向にある。また、建物:D のポスト部のようにモルタルがない場合、透気速度が概ね一致していることからモルタル自身の透気性または、コンクリートとモルタルの密着性の影響によって現地で測定した透気速度が大きくなったことが考えられる。20mm 程度にモルタルの厚さがある場合には、通常より栓を差し込んでコンクリートとモルタルの境目をシリコンで埋めるようにして測定するなどの工夫を加えるとよいと考える。

3.5 現地調査のまとめ

既存建築物を対象とした透気試験では DB 法および DC 法ともに測定値が大きく、ばらつきも大きかった。このため、経年による仕上材の劣化により、仕上材の中性化抵抗性が低下していることや、そのばらつきが大きくなっていることが考えられる。またコンクリートは、竣工年の古い建築物ほど、透気性は大きくコアコンクリート面での促進中性化試験結果でも中性化速度係数が大きかった。本調査対象は解体予定の建物であるが、仮に仕上材を補修しないままで供用したとすると中性化の進行が加速する状況になっていることが推察される。また、モルタルを有するときの DB 法の測定はコンクリートの透気性を適切に評価できない可能性があるため、栓を深く差すなどの工夫が必要と考える。

中性化深さの結果からモルタルおよび仕上材の存在により、中性化の進行が抑制されていることが確認された。また、中性化の変動は 10%⁵⁾を超えており、竣工年の古い建築物で中性化深さの変動が大きい傾向にあった。

4. 塗布材による中性化抵抗性の評価

4.1 試験体および塗布材の概要

コアの既存の仕上材面に塗布した材料の概要を表-3 に示す。材料は、表面含浸材、プライマー、疎水剤、塗膜養生材など用途が様々である。塗布量はコンクリート面に対する規定値と同等の量を霧吹きで吹き付けた。塗布する方法は、既存の仕上面（汚れをふき取った後）に①直接 No.1~5 を塗布する、②No.1 を塗布し乾燥後、No.2~5 を塗り重ねる、③既存の仕上材を除去（モルタルは除去しない）後に No.1~5 を塗布する 3 通りである。塗布方法②はコンクリート面における No.3 の標準の塗布方法が No.1 を下塗りする必要があるためである。なお、既存の仕上面以外を気密性の高いシールで覆っている。

4.2 促進中性化試験および透気試験の概要

促進中性化試験は、試験体を温度 20℃、湿度 60%、二酸化炭素濃度 5%の環境に静置し、中性化深さの測定は促進材齢が、1, 5, 8, 26, および 52 週で実施する。試験体は図-10 のように接線と赤点線の距離が約 30mm になるように切断し、切断面は気密性の高いシールで覆っている。また、塗布方法が同一の試験体が 2 つ以上ある場合、一方の試験体で透気試験を実施している。透気試験に用いる試験体の静置環境および試験を実施する材齢は、促進中性化試験の試験体と同様としている。透気試験には DC 法を用いている。

4.3 透気係数の経時変化

各塗布方法の透気試験結果を、図-11~13 に示す。図には、塗布前後の透気係数と塗布後の経時変化、またカッコ内は仕上材の種類を示している。図-11 より、既存の仕上材の種類が複層塗材、リシンともに、No.3 を塗布することで、透気係数が大幅に小さく（ここでは、塗布後 2 オーダー以上透気係数が小さくなり、値は $0.1 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度に小さくなった場合を表す）なっており、仕上材の緻密性が向上、つまり中性化抵抗性が向上したことが推察される。また、材齢経過後も透気係数は概ね同程度の値を示し

表-3 塗布材料の概要

No.	成分名	用途
No.1	特殊ケイ酸リチウム水溶液	浸透性アルカリ付与材
No.2	カチオン性アクリル系ポリマーディスパージョン	吸水調整材
No.3	水性無機高分子塗料	浸透性疎水剤
No.4	特殊シラン系化合物アルケニル系エステル化合物	塗膜養生材
No.5	ケイ酸塩系コンクリート防水保護材	コンクリート保護材

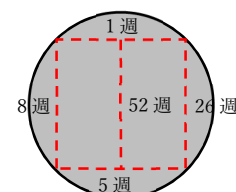


図-10 促進中性化試験体の切断方法

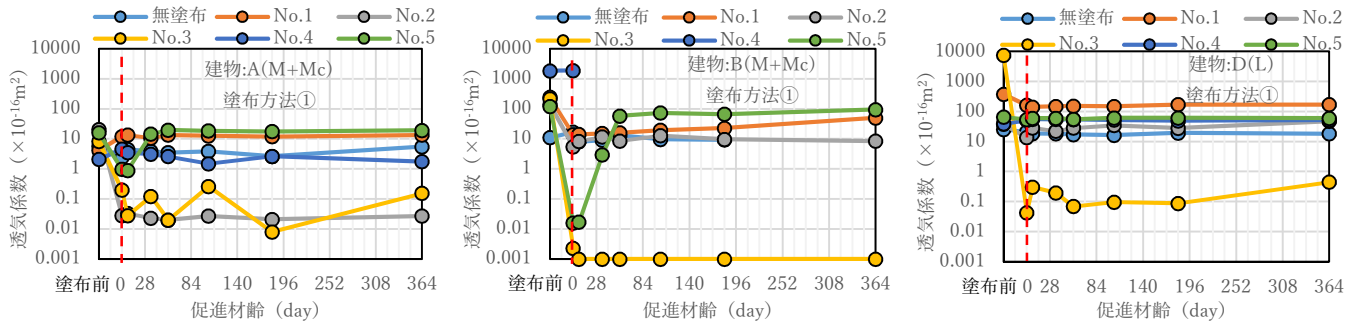


図-11 塗布方法①の透気係数の経時変化

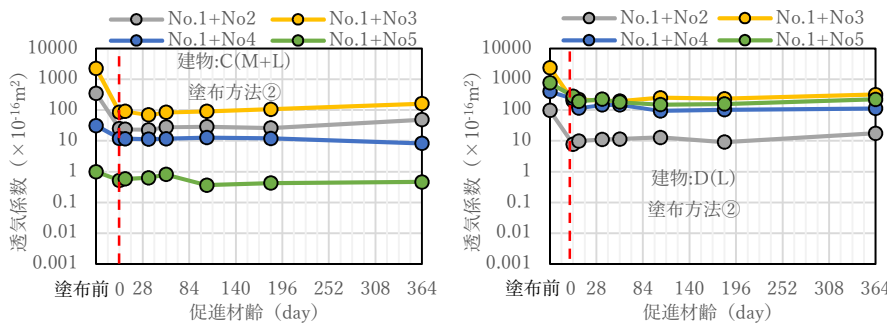


図-12 塗布方法②の透気係数の経時変化

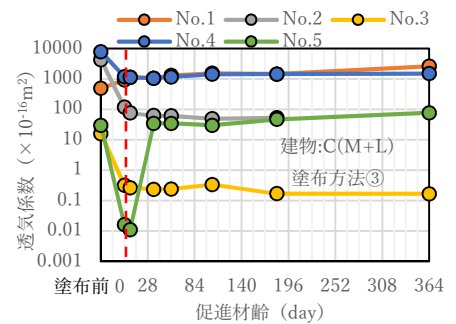


図-13 塗布方法③の透気係数の経時変化

ている。建物:B では No.5 の塗布後、透気係数が大幅に小さくなるが、促進材齢 5 週で透気係数が大きくなり、8 週になると塗布前の透気係数と同等である。促進材齢 5 週では、写真-1 左のように表面に白い膜の剥離が確認されており、透気係数の増加の要因と考えられる。

図-12 は No.1 を下塗りした時の透気試験結果である。図-11 と比べると No.3 を塗布後、透気係数が小さくなる割合は少ない。コンクリート面では No.1 を下塗りすることを標準の仕様としているが、仕上面に塗布する場合には、仕上材の緻密性を向上させる効果を阻害していることが考えられる。

図-13 は既存の仕上材を除去後に(モルタル面に対して)塗布材を施した時の透気試験結果である。ここでも No.5 は図-11 の建物:B と同様の傾向を示し、促進材齢 5 週では、写真-1 右のように表面に白い膜の剥離が確認されている。No.3 は既存の仕上材を除去後に塗布した場合でも、図-11 の結果と同様の傾向が得られている。

以上の透気試験の結果から、仕上材の剥離や浮き等を確認する必要があると考えるが、既存の仕上材をあえて除去せずに、仕上材の表面を洗浄後、No.3 をそのまま塗布することで、透気性が大きい仕上材の透気性を小さくすることができ、中性化抵抗性を向上させる可能性があると考えられる。

4.4 促進中性化深さの経時変化

塗布方法①「直接塗布」の促進中性化試験の結果を図-14 に、塗布方法②「No.1 を塗布後、No.2~5 を塗り重ね



写真-1 No.5 剥離状況 (左: 塗布方法①, 右: 塗布方法③)

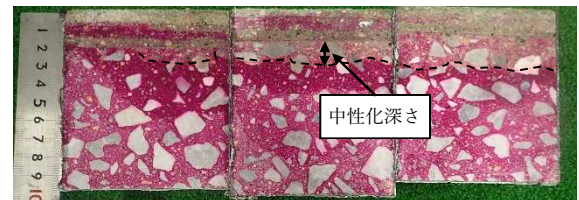


写真-2 建物:C の促進中性化の状況

る」の結果を図-15 に、塗布方法③「既存の仕上材を除去後に塗布」の結果を図-16 に示す。促進中性化試験の試験体においても表-3 の材料の塗布前後に透気試験を実施していたこと、「4.3 透気係数の経時変化」より、No.3 を塗布すると中性化抵抗性を向上させる可能性があることから、図中には No.3 の塗布前後の透気係数を示している。塗布方法③の塗布前の結果は、既存の仕上材を除去する前の透気試験結果である。また、建物:C の中性化深さの測定に関して、写真-2 の促進 52 週における中性化深さに示されるように、フェノールフタレインにより全体的に呈色されているが、呈色の薄い部分を中性化深さとしている。この点に関して、呈色の濃淡部分での pH の測定を測定するなどの詳細な検証が必要であると考えため、

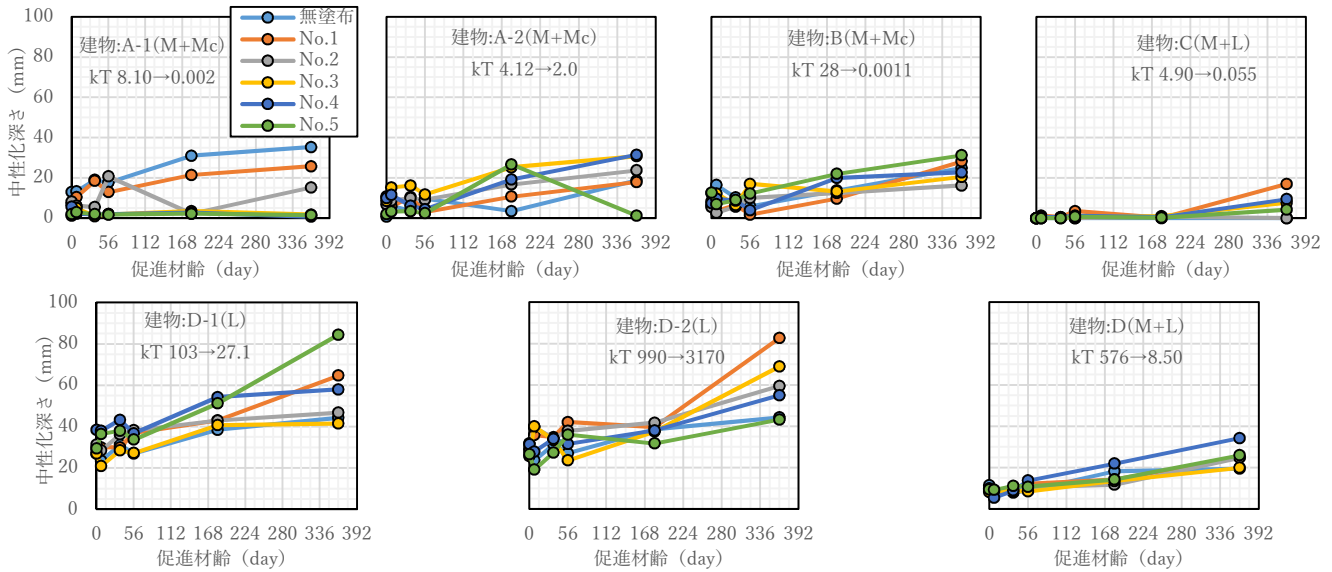


図-14 塗布方法①における促進中性化深さの経時変化

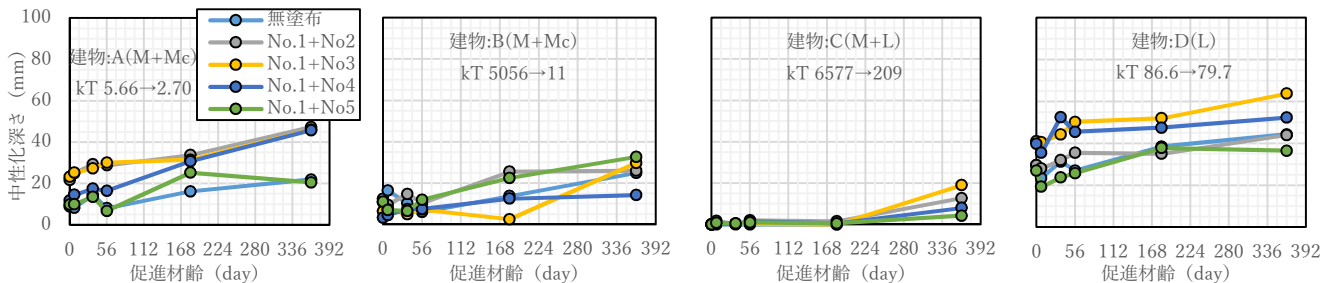


図-15 塗布方法②における促進中性化深さの経時変化

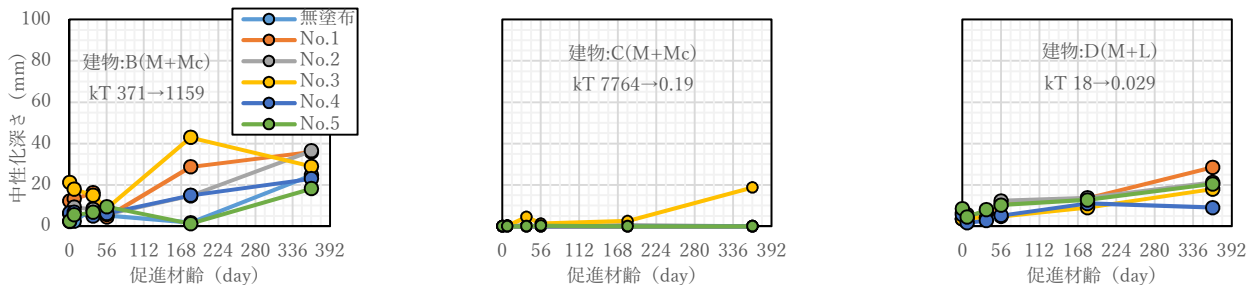


図-16 塗布方法③における促進中性化深さの経時変化

建物:Cの結果は参考値として示している。

透気試験の結果から、No.3を塗布すると中性化抵抗性を向上させる可能性があることからNo.3について着目すると図-14の塗布方法①より、No.3を塗布することで大半の試験体は、透気係数が小さくなっているが、建物:A-1やBのように大幅に小さくなるわけでない。建物:A-1とA-2では、仕上材とコンクリートの種類、静置環境、塗布前の透気係数は概ね同じであるが、塗布後の透気係数は大きく異なる。霧吹きにより1試験体に対し、同量の材料を塗布しているが、塗り斑があったことが示唆され、一面に均一に塗布された際、透気係数が大幅に小さくなったと考えられる。No.3を塗布することで、透気係数

が大幅に小さくなった建物:A-1やBに着目すると、中性化深さは他の塗布材料よりも相対的に小さくなる様子が伺える。

図-15の塗布方法②では、No.3を塗布したいずれの試験体において図-12の結果と同様に透気係数が小さくなっているものの、小さくなる割合は少ない。また、中性化深さにおいては、他の塗布材料より大きい傾向にあり、No.1を下塗りすることはNo.3の中性化抑制効果を阻害していることが考えられる。図-16の塗布方法③では、モルタル面に塗布した結果になるがNo.3の塗布後の透気係数は建物:Bのように大きくなったことや建物:Dのように大幅に小さくなったことが見受けられる。

以上により、No.3 の塗布材料に着目した結果であるが、透気試験結果と中性化深さには、概ね透気係数が小さくなると中性化深さは小さいといった対応があり、さらに図-14 にあるように No.3 塗布後の透気係数にばらつきがある（塗布材料の塗り斑が推定されるため）ことから、透気試験により施工後の確認をすることは重要であると考える。

4.5 塗布材料における中性化抑制効果の評価

上記では、塗布材料 No.3 の中性化抑制効果を定性的に示しているが、図-7 に示されるように既存建築物の中性化深さの変動が大きく、写真-3 のように同一のコアであっても中性化深さのばらつきが大きいことがわかる。図-14~16 の結果は同一面での中性化深さにばらつきが大きいくとも、均等間隔で 4 点測定した時の結果であるため、切断方向によって中性化深さの分布の仕方が異なることや、促進中性化試験前の中性化深さに違いがあるため単純な中性化深さでは定量的な評価が難しい。

経験的なことではあるが、実構造物からコアを採取した際、中性化部は未中性化部と色が異なっていることが目視でもわかり、またフェノールフタレインの呈色位置は色の境目にあることが多い

一般的にコンクリートの中性化は、コンクリート中の CH や C-S-H の水和物と CO_2 が反応し CaCO_3 を生じる反応であるが、 CO_2 濃度の異なる実環境と促進環境での中性化には、反応プロセスに相違があることが指摘されている^{6,7)}。 CO_2 低濃度では、CH の炭酸化後、C-S-H が炭酸化し、ともに消費されることで炭酸化フロントが前進するが、 CO_2 高濃度では、CH と C-S-H がともに炭酸化し、未炭酸化の CH を残したまま、炭酸化フロントが前進する。また、生成物である CaCO_3 についても X 線回折試験により、実環境のように CO_2 低濃度ではカルサイトが優先的に生成し、促進環境のように CO_2 高濃度ではバテライトが優勢的に生成したことが示されている⁸⁾。

写真-4 は本実験の試験体とは異なるが、実構造物からコアを採取し、促進中性化試験を 26 週実施したコアである。上部には複層塗材が施されており、実環境下で中性化が進行していることに加え、促進による中性化が進行している。下部はコンクリートの中性化抵抗性を評価することを目的として、促進による中性化のみが進行している。写真-4 より実環境暴露面において、赤色点線を境界として、中性化域での色が若干異なっていることがわかる。そのため、実環境暴露面で赤点線より上部の黄色みがあった部分を採取位置①、赤点線より下部の部分を採取位置②、促進試験面での中性化域を採取位置③として、X



写真-3 中性化深さのばらつき

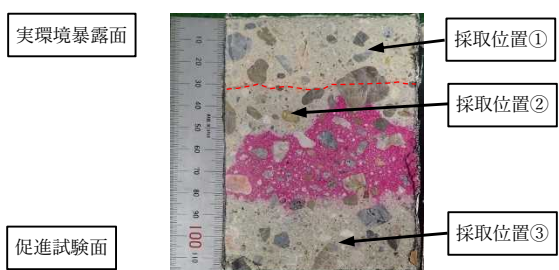


写真-4 実環境下と促進試験における中性化の状況

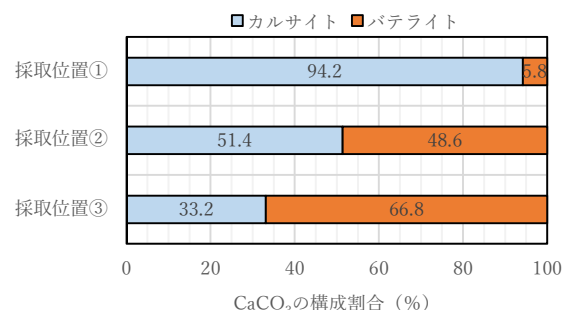


図-17 X線回折の結果

線回折試験を実施し、 CaCO_3 の構成割合を示した結果が図-17 である。図-17 より、既往の文献⁸⁾と同様に、 CO_2 濃度の低い実環境暴露面の採取位置①では、カルサイトが優勢に生成され、 CO_2 濃度の高い促進試験面の採取位置③では、バテライトが優勢に生成されていることがわかる。一方、採取位置②では、カルサイトとバテライトは概ね同量の割合で生成されている。実環境暴露面では、実環境下による中性化の進行に加え、促進試験によっても中性化が進行しており、バテライトの生成割合が採取位置①に比べて多いことから、採取位置②は促進試験により中性化が進行した部分であることが考えられる。以上の中性化域における化学分析の結果から、 CO_2 濃度が異なると中性化域での色の違いがあると考えられる。

この考え方を本実験でも適用するため、写真-5 にあるように中性化域における色の変化の境目にある黒点線より上部を実環境下で中性化が進行した部分、黒点線より下部を促進試験により中性化が進行した部分ととし、促進試験による中性化深さを用いることで、塗布材料の中性化抑制効果を評価することを考える。図-18 に建物:B の促進 52 週時における中性化深さ測定の結果をもとに促

進試験による中性化速度係数の考え方を示す。黒の直線は、図-8 のコンクリートの中性化速度係数から打放しの場合の中性化深さを推定したものがある。図中の丸点が調査時における中性化深さ、つまり写真-5 の黒点線部の深さを示し、丸点からの直線の端部が写真-5 の赤線部の深さを示している。材齢については促進期間 52 週で CO_2 濃度が約 100 倍であるため、促進期間中の材齢は単純に 52 週を 10 倍した実材齢 10 年相当に換算している。そのため、丸点からの直線の傾きを促進試験による中性化速度係数としているが、その傾きは仕上材がない場合の傾き（黒線の傾き）よりも大きく、促進材齢から実材齢に換算するため係数が適切でないことがわかる。絶対的な評価をするためには建物ごとに気温、湿度、 CO_2 濃度等により促進材齢から実材齢に換算するための係数を検討する必要があるが、今回は各建物で相対的に、塗布材料の中性化抵抗性の評価をするため、促進材齢から実材齢に換算する係数は 10 倍に統一して評価している。

図-18 の考え方から、促進試験による中性化速度係数（以下、 A_{ac} と称す）を促進試験の材齢が 26 および 52 週で算出して平均し、各建物における無塗布の A_{ac} に対する No.1~5 塗布後の A_{ac} の比を中性化率として表す。図-19、に塗布方法①における塗布後の透気係数と上記の中性化率の関係を示す。また、図-11 の透気係数の経時変化に用いた試験体についても 52 週での測定が終了後、中性化深さを確認したため、その結果も図-19 に示している。図-19 より塗布後の透気係数が小さいと中性化率も小さくなるといった定性的な関係性があり、塗布後の透気係数が $10 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以上となると中性化率は 1 を超えるものが多く、 $10 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下であると中性化率が 1 以下のものが多くなることがわかる。また、塗布後の透気係数が約 $0.001 \times 10^{-16} \text{m}^2$ と非常に小さくても必ずしも、無塗布に比べて中性化が抑制されることではないことが確認できる。

既存の仕上材を緻密化し、中性化抵抗性が向上すると考えられる範囲を、塗布後の透気係数が $10 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下かつ中性化率が 1 以下と仮に設定すると図-19 のハッチング部となる。ハッチング部に着目すると、No.3 の数が多く、既存の仕上材に No.3 をそのまま塗布することで仕上材の中性化抵抗性を向上させることが期待される。

今回の検討においてモルタル自体の透気性や中性化抵抗性を評価することは難しく、その影響が考慮されていない。また、「3.4 コンクリート切断面における促進中性化試験および透気試験の結果」にあるように、同一の環境、仕上材、コンクリートであるにも関わらず、中性化速度係数が異なる要因として、モルタルの中性化抵抗性に

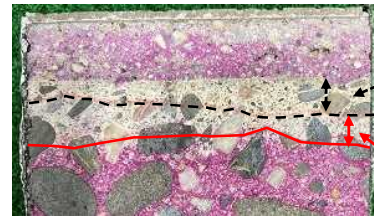


写真-5 実環境および促進試験による中性化深さ

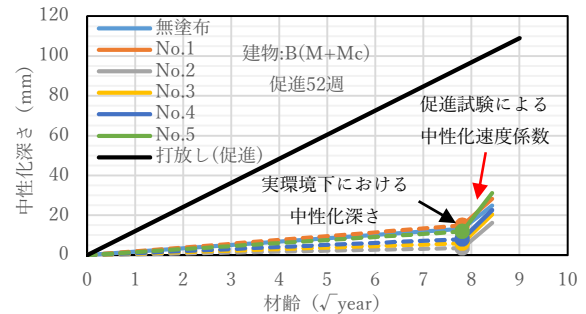


図-18 促進試験による中性化速度係数の考え方

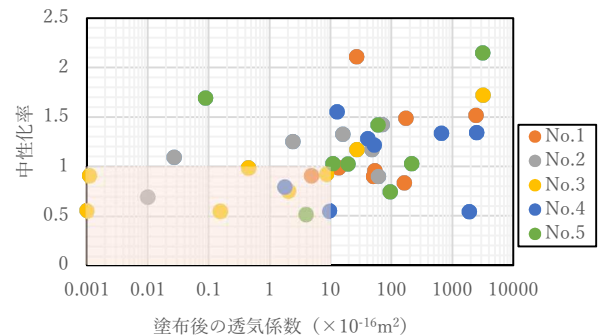


図-19 塗布方法①における透気係数と中性化率

よる要因が大きいことが示唆されており、塗布材の中性化抑制効果を検証するにはまだ不十分である。

よって今後の課題として、モルタルの影響を考慮した評価手法の検討が必要である。もしくは、モルタルがない状態で比較評価することで塗布材の中性化抑制効果が検証できると考える。

4. まとめ

既存建築物の既存の仕上材の上に用途様々な材料を塗布することで、仕上材の中性化抑制効果が向上するかの検討を行った。そのために、4つの既存建築物で現地調査およびコアの採取を実施した。その後、コアの仕上材面に材料を塗布し、促進中性化試験、透気試験を実施し、検討した結果を以下に示す。

(1) 築 33~61 年の既存建築物の現地調査の結果、DB 法および DC 法ともに測定値が大きく、ばらつきも大きかった。このため、経年による仕上材の劣化により、仕上材の中性化抵抗性が低下していることや、そのばらつきが

大きくなっていることが考えられる。またコンクリートは、竣工年の古い建築物ほど、透気性は大きくコアコンクリート面での促進中性化試験結果でも中性化速度係数が大きかった。また、中性化の変動は 10%を超えており、竣工年の古い建築物で中性化深さの変動が大きい傾向にあった。

(2) 透気試験の結果から、No.3 の浸透性疎水材を既存の仕上材の上からそのまま塗布することで、透気係数は 2 オーダー以上小さくなり、値は $0.1 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 程度に小さくなった。しかし、全ての試験体でその結果が得られたわけではなく、塗り斑等の影響が考えられるため、施工後の確認として透気試験を実施することが重要である。

(3) CO_2 濃度の違いで中性化域での CaCO_3 の生成物の違いや色の違いがあることから、促進試験による中性化深さを設定し、無塗布の促進試験による中性化速度係数に対する塗布後の結果の比を中性化率として評価した。その結果、塗布後の透気係数が $10 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下であると中性化率が 1 以下のものが多く、また No.3 の浸透性疎水材の割合が多い。そのため、No.3 の浸透性疎水材をそのまま塗布することで既存の仕上材の中性化抵抗性を向上させることが期待される。

リート工学年次論文報告集, Vol.35, No.1, pp.769-774, 2013

[参考文献]

- 1) 田中章夫, 今本啓一: 表層透気性による既存 RC 構造物の中性化予測に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.78, No.691 pp.1539-1545, 2013.9
- 2) 野中英, 湯浅昇: 簡易透気試験方法による構造体コンクリートの中性化抵抗性評価, 日本建築学会構造系論文集, Vol.80, No.711, pp.727-734, 2015.5
- 3) 国土交通省 東北地方整備局: コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(橋脚, 橋台, 函渠, 擁壁編), 2015.12
- 4) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性設計施工指針・解説, pp.166-172, 2016
- 5) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性設計施工指針・解説, pp.99-126, 2016
- 6) 伊与田岳史, 中村絢也, 後藤誠史: セメント硬化体の炭酸化機構の検討ー実環境と促進環境の相違についてー, セメント・コンクリート論文集, Vol72, pp.225-232, 2018
- 7) 後藤誠史, 中村絢也, 伊与田岳史: 炭酸化反応の速度論的考察ー自然環境と促進環境の違いは何かー, セメント・コンクリート論文集, Vol73, pp.38-43, 2018
- 8) 豊村恵里, 伊与田岳史: 異なる二酸化炭素濃度環境下における炭酸化メカニズムに関する一検討, コンク