

# 論文 既存建物における仕上塗材の透気係数と中性化抵抗に関する調査

唐沢 智之\*1・榎田 佳寛\*2

**要旨:** 鉄筋コンクリート造建物の外壁に施されている仕上塗材には、コンクリートの中性化を抑制する性能を有することが報告されている。本論では、既存建物の仕上塗材について、促進中性化試験により劣化した仕上塗材の中性化抵抗を確認し、さらに透気係数の測定結果から求めた中性化抵抗と促進中性化試験より求めた中性化抵抗の比較を行い、透気係数による仕上塗材の中性化抑制効果について検証を行った。その結果、透気係数より求めた中性化抵抗と促進中性化試験より求めた中性化抵抗は、ほぼ一致しており、透気係数により仕上塗材の中性化抑制効果を評価できることが分かった。

**キーワード:** 仕上塗材, 中性化抵抗, 中性化抑制効果, 透気係数, 透気性

## 1. はじめに

本調査は、仕上塗材が施され築年数が経過した既存建物よりコア供試体を採取し、そのコア供試体を用い促進中性化試験を行い、劣化した仕上塗材について仕上塗材の中性化抑制効果の評価指標の一つである中性化抵抗を確認した。また同時に、既存建物で透気係数を測定し、透気係数の測定結果から求めた中性化抵抗と促進中性化試験より求めた中性化抵抗の比較を行って、透気係数による仕上塗材の中性化抑制効果の評価について検証を行ったものである。

一般的に、鉄筋コンクリート造建物の多くは、外壁に仕上げが施されており、仕上塗材は最も一般的な外装仕上材の一つである。仕上塗材には意匠性、美観性の他、建物の耐久性の重要な評価指標であるコンクリートの中性化を抑制することが報告<sup>1)</sup>されている。仕上塗材によるコンクリートの中性化抑制効果の評価方法としては、一般的に仕上塗材を施したコンクリートと施していないコンクリートの中性化を比較することが行われているが、仕上塗材が経年変化により劣化するために、仕上塗材による建物の耐久性を評価する場合には、仕上塗材の劣化まで考慮した中性化抑制効果を明らかにする必要がある。筆者らは、迅速かつ実際の建物における原位置でも中性化を評価できる方法として、Torrent が開発したダブルチャンバー法<sup>2)</sup>(以下、トレント法)により透気係数を測定し、測定した透気係数と中性化率の間に相関があることを明らかにした<sup>3)4)</sup>。さらに、仕上塗材の透気係数と拡散係数との関係について理論的検討を行い、透気係数の測定結果から求めた拡散係数および中性化抵抗より、仕上塗材を施したコンクリートの中性化進行を予測できることを明らかにした<sup>5)</sup>。

一方、築年数が経過した既存建物の調査では、透気係数の測定結果より仕上塗材の中性化抑制効果を評価出来るようにすることが重要であり、そのためには、実際

の建物において測定された透気係数と中性化抵抗の関係について検証することが必要となる。

## 2. 調査概要

### 2.1 調査建物と調査箇所

調査建物の概要は、表-1に示すように、1972年に竣工した鉄骨鉄筋コンクリート造の共同住宅である。調査は、2009年に実施しており、竣工年からの築年数は37年である。調査対象とした部位は、2階の大梁、および地階駐車場出口の屋外通路の手摺り壁である。2階の大梁については軽量コンクリートを、手摺り壁については普通コンクリートを用いている。調査建物の仕上塗材の種類は、建築当初が合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材(以下、複層塗材 E)、仕上塗材の改修(吹き替え)後が防水形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材(以下、防水形外装薄塗材 E)である。調査建物では、改修時期が明らかでないが、仕上塗材の改修を1回行っている。その改修は、既存の仕上塗材の上に新たに仕上塗材を塗り重ねる方法で行われている。

### 2.2 調査方法

調査項目は、築年数37年におけるコンクリートの中性化深さと仕上塗材の上から測定した透気係数、および促進中性化試験による中性化抵抗である。

表-1 調査建物概要

所在地	東京都板橋区
用途	共同住宅
主体構造	鉄骨鉄筋コンクリート造
階数	16F
設計基準強度	225kg/cm <sup>2</sup>
竣工年	1972年
調査年	2009年
築年数	37年
仕上塗材	複層塗材 E 防水形外装薄塗材 E(改修後)

\*1 鉄建建設(株) エンジニアリング本部 研究開発部 材料・構造グループ 主席研究員 (正会員)

\*2 宇都宮大学工学研究科 教授・工博(正会員)

### (1) ドリル法による中性化深さの測定

築年数 37 年におけるコンクリートの中性化深さの測定は、屋外側の仕上塗材面で行い、各々の透気係数の測定個所の近傍で行った。中性化深さの測定は、日本非破壊検査協会規格 NDIS 3419-1999「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法(以下、ドリル法)」<sup>6)</sup>によって行った。なお、中性化深さは、ドリル法により測定した値から、後述する仕上塗材の理論塗膜厚さを減じた値とした。

### (2) トレント法による透気係数の測定

透気係数の測定は、屋外側の仕上塗材面、および屋内側の仕上のない打放し面において、トレント法によって行った。試験の原理は、図-1 に示すように、内部セルと外部セルをポンプにより真空状態にした後、内部セルの圧力  $P_s$  と外部セルの圧力  $P_0$  を等しく保つために外部セルの圧力のみをポンプにより制御することにより、周りから内部セルへの空気の流れが排除され、内部セルでは栓流が形成され、透気係数が精度良く測定できるというものである。その時の内部セルの圧力  $P_s$  の変化と時間  $t$  を測定することにより、ハーゲン・ポアズイユ則における透気係数  $K[m^2]$ 、および試験の影響を受けるコンクリートの深さ  $L$  が算出されるものである。打放しコンクリートの透気係数をトレント法により測定した場合、コンクリート中の圧力が定常状態で変化すると仮定すると、試験の影響を受ける深さ  $L$ 、大気圧  $P_a$ 、内部セルの圧力  $P_s$  の関係は図-1 のように表される。一方、仕上塗材を施したコンクリートの透気係数をトレント法により測定した場合、測定される透気係数  $K$  は、仕上塗材のみの透気係数ではなく、仕上塗材の下のコンクリートを含めた透気係数になる。ここで、仕上塗材が施されたコンクリートの場合、打放しコンクリートの場合と同様に、仕上塗材中、およびコンクリート中の圧力が定常状態で変化すると仮定した場合、図-2 に示すように、仕上塗材とコンクリートの界面の圧力を  $P'$  とすると、仕上塗材部分とコンクリート部分における透気量が等しいことから関係式(1)が成り立つ。

$$K \frac{P_a - P_s}{L_{c+f}} = K_c \frac{P_a - P'}{l_c} = K_f \frac{P' - P_s}{d_f} \quad (1)$$

ここに、 $K$ ：仕上塗材を施した試験体の透気係数( $\times 10^{-16}m^2$ )、 $P_a$ ：大気圧(N/mm<sup>2</sup>)、 $P_s$ ：内部セルの圧力(N/mm<sup>2</sup>)、 $L_{c+f}$ ：仕上塗材を施した試験体における試験の影響を受けるコンクリートの深さ(m)、 $K_c$ ：仕上塗材のない試験体(打放し)の透気係数( $\times 10^{-16}m^2$ )、 $P'$ ：仕上塗材とコンクリートの界面の圧力(N/mm<sup>2</sup>)、 $l_c$ ：コンクリート部分の厚さ( $L_{c+f} - d_f$ )(m)、 $K_f$ ：仕上塗材のみの透気係数( $\times 10^{-16}m^2$ )、 $d_f$ ：仕上塗材の塗膜厚さ(m)

式(1)より仕上塗材のみの透気係数  $K_f$  を式(2)により算

出した。

$$K_f = \frac{K \cdot K_c \cdot d_f}{K_c \cdot L_{c+f} - K(L_{c+f} - d_f)} \quad (2)$$

### (3) 採取コアの促進中性化試験による中性化抵抗の測定

中性化抵抗の測定は、調査対象とした部位から採取した  $\phi 100mm$  のコア供試体を用い、促進中性化試験によって行った。中性化期間毎に 1 本、合計 4 材齢分となる 4

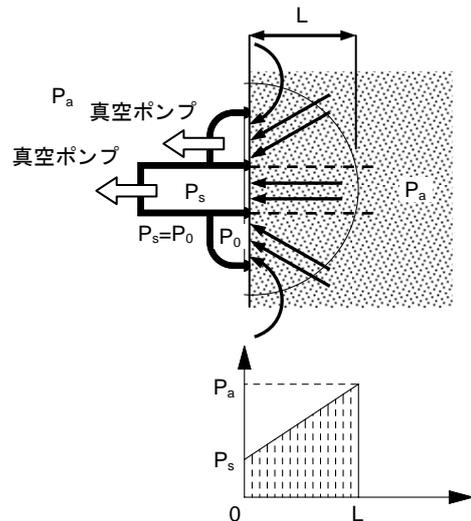


図-1 トレント法の試験概要

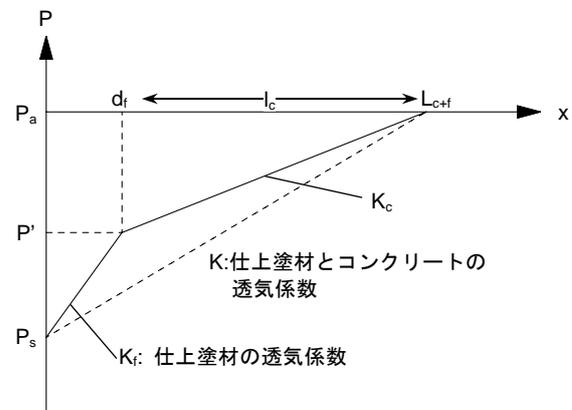


図-2 仕上塗材がある場合の圧力と透気係数の関係

表-2 促進中性化試験条件と測定方法

促進方法	測定方法	中性化期間
温度：20±2℃	所定材齢にてコア供試体を割裂し、割裂面に1%フェノールフタレイソエタノール溶液を噴霧して表面から赤色部分までの距離を5点測定し、その平均値を求める。その平均値より初期値を減じた値を中性化深さとする。中性化深さには仕上塗材の厚みを含まない。	4週
相対湿度：60±5%		8週
CO <sub>2</sub> 濃度：5±0.2%		13週
		26週

本を採取し、温度 20℃、相対湿度 60%の環境で 4 週間乾燥養生した後、促進中性化試験を開始した。促進中性化試験にあたり、採取したコア供試体の側面にアルミテープを貼付け、仕上塗材が施されたコア供試体の端面を中性化試験対象面とした。促進中性化試験の条件と測定方法を表-2 に示す。

(4) コンクリートの諸元に関する文献調査

仕上塗材が施されたコンクリートの中性化進行については、二酸化炭素が仕上塗材および中性化したコンクリート中をフィックの第一法則に従って拡散していくと仮定した場合、仕上塗材なしと同様、理論的に中性化期間との間に $\sqrt{t}$  則が成り立ち、拡散理論から仕上塗材を施したコンクリートの中性化深さは式(3)で表すことが可能である<sup>7)</sup>。

$$X = A \left( \sqrt{t + R^2} - R \right) \quad (3)$$

ここに、X：中性化深さ(mm)、A：仕上塗材のないコンクリートの中性化速度係数(mm/ $\sqrt{\text{年}}$ またはmm/ $\sqrt{\text{週}}$ )、t：促進中性化期間(年または週)、R：中性化抵抗( $\sqrt{\text{年}}$ または $\sqrt{\text{週}}$ )

式(3)の仕上塗材のないコンクリートの中性化速度係数 A(mm/ $\sqrt{\text{年}}$ )については、式(4)により設定した<sup>8)</sup>。式(4)のコンクリートの種類による係数 $\alpha_1$ は、普通コンクリートについては 1 に、軽量コンクリートについては 1.2 に設定した。また、二酸化炭素濃度による係数 $\beta_3$ は、屋外暴露の場合 1 に、促進中性化試験の場合促進中性化試験における炭酸ガス濃度が 5%であるため、屋外の炭酸ガス濃度 0.03%に対する係数として 12.9( $\sqrt{5/0.03}$ )に設定した<sup>8)</sup>。

$$A = 17.2 \cdot \alpha_1 \cdot \beta_3 \cdot (w/c - 0.38) \quad (4)$$

ここに、w/c：水セメント比(%/100)、 $\alpha_1$ ：コンクリートの種類による係数、 $\beta_3$ ：二酸化炭素濃度による係数

ここで、式(4)の水セメント比については、建築時の JASS 5(1969)<sup>9)</sup>に従い算出した。調査強度は、JASS 5(1969)の場合、式(5)を満足するように定めるとしている。なお、気温によるコンクリート強度の補正值は、打設時期が明らかでないが 0kg/cm<sup>2</sup>とした。また、コンクリート強度の標準偏差は施工級別を A とし 25kg/cm<sup>2</sup>とした。

$$F = F_0 + \sigma + t \quad (5)$$

ここに、F：コンクリートの調査強度(kg/cm<sup>2</sup>)、F<sub>0</sub>：コンクリートの設計基準強度(kg/cm<sup>2</sup>)、 $\sigma$ ：コンクリート強度の標準偏差(kg/cm<sup>2</sup>)、t：気温によるコンクリート強度の補正值(kg/cm<sup>2</sup>)

また、調査強度に応ずる水セメント比は、日本建築学会材料施工委員会混合セメント用法研究委員会<sup>10)</sup>の結果に基づき式(6)の普通ポルトランドセメントの場合のセメント強度に応じた水セメント比算定式より求めた。

なお、セメント強度は、JASS 5(1969)に示されている普通ポルトランドセメントのセメント強度の最大値 370kg/cm<sup>2</sup>とした。

$$x = \frac{71}{F/K + 0.43} \quad (6)$$

ここに、x：水セメント比(%), F：コンクリートの調査強度(kg/cm<sup>2</sup>), K：セメント強度(kg/cm<sup>2</sup>)

以上より、水セメント比は、64.2%とした。

(5) 仕上塗材の諸元に関する文献調査

式(2)により仕上塗材のみの透気係数を算出する場合、透気係数と試験の影響を受けるコンクリートの深さの他に、仕上塗材の塗膜厚さが既知でなければならない。しかし、今回調査した建物では仕上塗材の塗膜厚さが明らかではなかった。そこで、仕上塗材の塗膜厚さは、国土交通省の公共建築工事標準仕様書<sup>11)</sup>(以下、標準仕様書)の所要量と建築工事共通仕様書<sup>12)</sup>(以下、共通仕様書)の塗布量、および国内の主要メーカー 5 社のカタログの標準塗布量を参考に算出した。仕上塗材の塗布量の標準値を表-3 に示す。調査建物の建築時の共通仕様書には塗布量の記述がなかった。一方、共通仕様書に塗布量が記述された昭和 60 年版、および現在の標準仕様書平成 17 年版の所要量を比較して見ると、塗布量に大きな差は見られなかった。従って、調査建物の建築時から、共通仕様書、標準仕様書における塗布量は大きく変化していないと仮定した。また、主要メーカーの標準塗布量は、標準仕様書平成 17 年版の所要量を挟んで、メーカー間で若干の差異が見られる。以上より、塗布量の標準値は、標準仕様書平成 17 年版の所要量程度と考えられるが、実施工時の施工環境等により生じる塗厚さのばらつきを考慮し、主要メーカーの標準塗布量の最小値とした。一方、主材模様については、凹凸が生じるため塗膜厚さが不均一となり、透気係数は塗膜厚さが薄い凹部分にお

表-3 仕上塗材の塗布量の標準値

		公共建築工事	建築工事	メーカー	
		標準仕様書	共通仕様書	標準塗布量	
		平成 17 年版	昭和 60 年版	最小	最大
複層塗材 E (kg/m <sup>2</sup> )	下塗材	0.10 以上	0.10 以上	0.07	0.17
	主材基層	0.70 以上	1.50 以上	0.40	0.85
	主材模様	0.80 以上		0.40	0.85
	上塗材	0.25 以上	0.30 以上	0.18	0.40
防水形 外装薄塗材 E (kg/m <sup>2</sup> )	下塗材	0.10 以上	-	0.10	0.20
	主材基層	1.00 以上	-	0.60	1.54
	主材模様	0.40 以上	-	0.30	0.80

ける数値として測定されると考えられるため、凹部分を評価対象とすることとした。テクスチャーの凹部分の塗膜厚さは、平均塗膜厚さの0~60%と報告されている<sup>13)</sup>。ここで、トレント法の外部セルの直径が10cmであることから、セル内に平均塗膜厚さの0%の部分が少なくとも存在するものと考えられる。そこで、主材模様については、塗布量を0kg/m<sup>2</sup>とした。また、調査建物では、仕

表-4 仕上塗材の塗膜厚さ

		複層塗材 E (既存の仕上塗材)			防水形外装薄塗材 E (改修の仕上塗材)			設定 塗膜 厚さ
		最小	最大	標準*	最小	最大	標準*	
設定 塗布量 (kg/m <sup>2</sup> )	下塗材	0.07	0.17	0.10	0.00			
	主材基層	0.40	0.85	0.70	0.60	1.54	1.00	
	主材模様	0.00			0.00			
	上塗材	0.00			-			
理論 塗膜 厚さ (μm)	下塗材	27.4	66.5	39.1	0.0			
	主材基層	140.2	298.0	245.4	245.7	630.7	409.6	
	主材模様	0.0			0.0			
	上塗材	0.0			-			
	総塗膜厚さ	167.6	364.5	284.5	245.7	630.7	409.6	
理論 樹脂 塗膜 厚さ (μm)	下塗材	24.0	58.3	34.3	0.0			
	主材基層	38.7	82.1	67.7	173.0	444.1	288.4	
	主材模様	0.0			0.0			
	上塗材	0.0			-			
	総塗膜厚さ	62.7	140.4	102.0	173.0	444.1	288.4	

※：標準の数値は公共建築工事標準仕様書の所要量による塗膜厚さ

表-5 中性化深さ調査結果

調査部位		調査 番号	中性化深さ (mm)	中性化抵抗 R <sup>※</sup> (√年)
2F 梁	屋外	1	17.9	3.95
		2	17.4	4.16
		3	19.9	3.20
		4	18.6	3.67
		平均	18.4	3.74
手摺り壁	屋外	1	18.1	2.61
		2	17.5	2.84
		3	18.4	2.50
		4	17.8	2.72
		平均	17.9	2.67

※：中性化抵抗 R は 37 年間の平均値

表-6 透気係数調査結果

調査部位		調査 番号	透気係数 K (m <sup>2</sup> )	試験の影響を 受ける深さ L (mm)	仕上塗材の 透気係数 K <sub>f</sub> (m <sup>2</sup> )
2F 梁	屋外	1	1.21 × 10 <sup>-16</sup>	45.8	6.30 × 10 <sup>-19</sup>
		2	7.48 × 10 <sup>-17</sup>	40.9	4.34 × 10 <sup>-19</sup>
		3	3.86 × 10 <sup>-16</sup>	62.7	1.50 × 10 <sup>-18</sup>
		4	8.84 × 10 <sup>-17</sup>	41.3	5.08 × 10 <sup>-19</sup>
	屋内	5	1.26 × 10 <sup>-14</sup>	251.1	
手摺り壁	屋外	1	3.72 × 10 <sup>-16</sup>	64.5	1.56 × 10 <sup>-18</sup>
		2	1.58 × 10 <sup>-16</sup>	47.5	8.31 × 10 <sup>-19</sup>
		3	4.73 × 10 <sup>-16</sup>	69.4	1.93 × 10 <sup>-18</sup>
		4	1.90 × 10 <sup>-16</sup>	51.0	9.42 × 10 <sup>-19</sup>
	屋内	5	2.80 × 10 <sup>-15</sup>	123.6	

上塗材の改修を1回行っているが、改修時に既存の仕上塗材(複層塗材 E)については経年劣化が生じている。そこで、上塗材については、中性化抑制効果が期待できないと仮定し、塗布量を0kg/m<sup>2</sup>とした。また、改修は、主材を既存の仕上塗材の上に塗り重ねる方法で行われているため、改修の仕上塗材(防水形外装薄塗材 E)の下塗材は、塗布量を0kg/m<sup>2</sup>とした。以上の塗布量を基に、理論塗膜厚さは式(7)により、仕上塗材に含まれている樹脂質量に対する平均塗膜厚さ(以下、樹脂塗膜厚さ)は式(8)により算出した。算出した仕上塗材の塗膜厚さを表-4に示す。

$$H = A \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1-NV}{d_2} \right) \quad (7)$$

$$H_{em} = \frac{A \cdot EM \cdot K}{d_{em}} \quad (8)$$

ここに、H：理論塗膜厚さ(mm)、A：塗布量(kg/m<sup>2</sup>)、d<sub>1</sub>：仕上塗材の密度、NV：塗材の不揮発分の割合(Wt%)、d<sub>2</sub>：揮発分の密度、H<sub>em</sub>：理論樹脂塗膜厚さ(mm)、EM：樹脂量の割合(Wt%)、K：樹脂固形分の割合(Wt%)、d<sub>em</sub>：樹脂の密度

### 3. 調査結果

#### 3.1 ドリル法による中性化深さ調査結果

ドリル法による築年数 37 年における中性化深さの調査結果を表-5に示す。なお、中性化抵抗は、築年数 37 年における中性化深さを式(3)に代入して求めた値であるから、仕上塗材の改修や経年劣化が考慮されていない 37 年間の平均の値である。中性化深さの平均は、2F 梁では18.4mm、手摺り壁では17.9mmであった。この値を促進中性化試験における初期値とした。

#### 3.2 仕上塗材の透気係数調査結果

透気係数 K の調査結果、および仕上塗材の樹脂塗膜厚さを用い、式(2)により算出した仕上塗材のみの透気係数を表-6に示す。また、仕上塗材の透気係数と表-5の中性化抵抗の関係を図-3に示す。透気係数と中性化抵

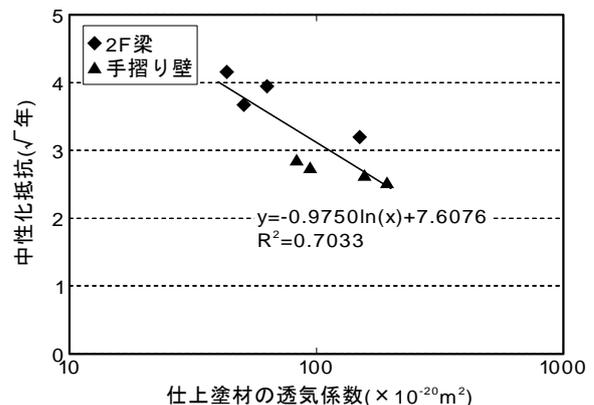


図-3 仕上塗材の透気係数と中性化抵抗の関係

抗の関係について見てみると、仕上塗材の透気係数が大きくなるにつれて、中性化抵抗が小さくなる傾向を示した。仕上塗材を施したコンクリートの中性化抵抗と透気係数は、高い相関が得られていることから、仕上塗材の中性化抑制効果を透気係数により評価することが可能と考えられる。

### 3.3 採取コアの促進中性化による中性化抵抗調査結果

採取コアによる促進中性化試験結果を図-4に示す。各材齢毎、異なるコア供試体により中性化深さを測定しているため、ばらつきが大きいものの、材齢が進むにつれて中性化深さが大きくなる傾向を示した。各材齢の中性化深さの測定結果より、促進中性化試験における式(3)の中性化抵抗  $R$  を最小二乗法により求めると、2F梁では  $6.02\sqrt{\text{週}}$ 、手摺り壁では  $7.61\sqrt{\text{週}}$ であった。ここで、ドリル法による中性化深さの結果と比較するために、屋外の炭酸ガス濃度を  $0.03\%$  として、炭酸ガス濃度  $5\%$  における促進中性化試験結果から導いた中性化抵抗  $R(\sqrt{\text{週}})$  を式(9)により補正した。

$$R = \frac{R_{CT}}{\sqrt{52} \times \sqrt{CO_2/5}} \quad (9)$$

ここに、 $R$ ：屋外暴露における中性化抵抗( $\sqrt{\text{年}}$ )、 $R_{CT}$ ：促進中性化試験における中性化抵抗( $\sqrt{\text{週}}$ )、 $CO_2$ ：屋外の炭酸ガス濃度( $0.03\%$ )

補正の結果、中性化抵抗  $R$  は、2F梁では  $10.77\sqrt{\text{年}}$ 、手摺り壁では  $7.61\sqrt{\text{年}}$ であり、表-5に示すドリル法による中性化深さの結果より求めた37年間の平均の中性化抵抗よりも大幅に大きな値となった。従って、改修後の防水形外装薄塗材Eについては、調査時点でまだ十分な中性化抑制効果を保持しており、ドリル法で測定された中性化深さの大部分は、改修前の複層塗材Eのみが施されていた期間に進行したものであると推察される。

### 4. 考察

ここでは、透気係数による中性化抵抗の予測を検証するために、採取コアの促進中性化による中性化抵抗と透気係数による中性化抵抗の比較を行った。前述の式(3)の中性化抵抗  $R$  は、二酸化炭素が仕上塗材および中性化したコンクリート中をフィックの第一法則に従って拡散していくと仮定すると、式(10)で表すことが可能である<sup>7)</sup>。

$$R = \frac{D_c}{\left(\frac{D_f}{d_f}\right) \cdot A} \quad (10)$$

ここに、 $R$ ：中性化抵抗( $\sqrt{\text{年}}$ または $\sqrt{\text{週}}$ )、 $D_c$ ：コンクリートの拡散係数( $\text{cm}^2/\text{s}$ )、 $D_f$ ：仕上塗材の拡散係数( $\text{cm}^2/\text{s}$ )、 $d_f$ ：仕上塗材の塗膜厚さ(mm)、 $A$ ：仕上塗材のないコンクリートの中性化速度係数( $\text{mm}/\sqrt{\text{年}}$ または $\text{mm}/\sqrt{\text{週}}$ )

透気係数の測定結果より式(10)を用いて中性化抵抗を求める場合、仕上塗材の拡散係数と透気係数の関係が既知でなければならない。仕上塗材の拡散係数については、既報<sup>5)</sup>において、仕上塗材の透気係数と相関が認められることを報告した。既報<sup>3,5)</sup>では、劣化していない仕上塗材を施した試験体を用い、促進中性化試験結果より求めた中性化抵抗を式(10)に代入して求めた仕上塗材の拡散係数と、透気係数の測定結果を式(2)に代入して求めた仕上塗材の透気係数の関係について考察を行った。既報<sup>3,5)</sup>における透気係数の測定結果より算出した仕上塗材の透気係数と拡散係数を表-7に、仕上塗材の拡散係数と透気係数の関係を図-5に示す。図-5の結果は、劣化

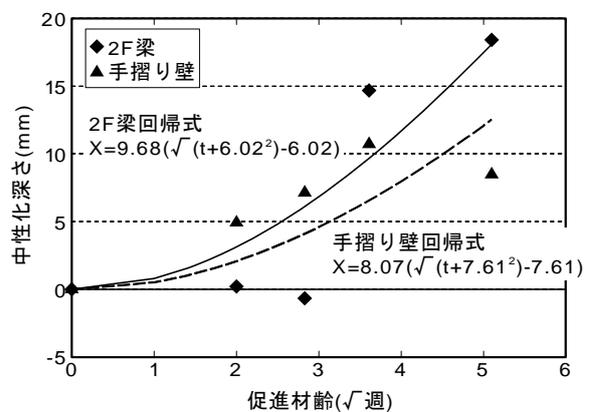


図-4 促進中性化試験結果

表-7 仕上塗材の透気係数と拡散係数

仕上塗材	樹脂塗膜厚さ ( $\mu\text{m}$ )	仕上塗材の透気係数 $K_f$ ( $\text{m}^2$ )	仕上塗材の拡散係数 $D_f$ ( $\times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{sec}$ )	備考
AT	133.8	$1.81 \times 10^{-20}$	2.199	文献 3
	76.2	$2.38 \times 10^{-20}$	1.497	
SE	194.3	$1.54 \times 10^{-20}$	0.984	文献 5
	95.5	$1.19 \times 10^{-19}$	2.772	
ET	417.7	$2.00 \times 10^{-21}$	1.137	
	210.7	$1.53 \times 10^{-20}$	0.717	

AT：合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材

SE：防水形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材

ET：防水形合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材

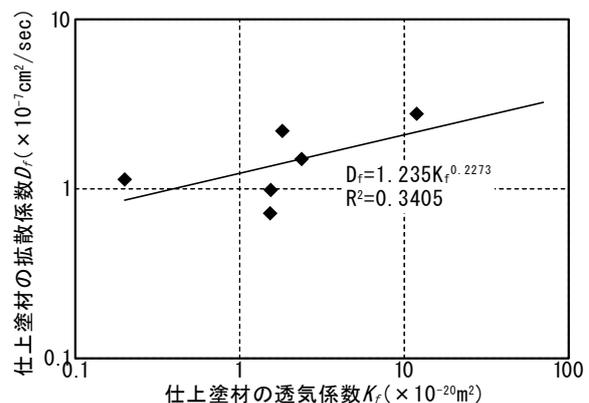


図-5 仕上塗材の拡散係数と透気係数の関係

していない仕上塗材を施した試験体によるものであるが、劣化した仕上塗材についても、仕上塗材の拡散係数と透気係数の関係は、同様であると仮定し、式(11)により拡散係数を算出した。なお、コンクリートの拡散係数は、既往の実験値<sup>7)</sup> $9.84 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ を用いた。

$$D_f = 1.235 \cdot K_f^{0.2273} \quad (11)$$

ここに、 $D_f$ : 仕上塗材の拡散係数( $\times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{s}$ )、 $K_f$ : 仕上塗材の透気係数( $\times 10^{-20} \text{m}^2$ )

促進中性化試験結果より求めた中性化抵抗と透気係数の測定結果より求めた中性化抵抗の比較を図-6に示す。2F梁の場合、促進中性化試験結果より求めた中性化抵抗と比較して、透気係数の測定結果より求めた中性化抵抗は、やや大きくなる傾向を示した。また、2F梁については、透気係数の測定結果より求めた中性化抵抗のばらつきが大きかった。これは、2F梁については、軽量コンクリートを用いていることが一つの要因と考えられる。一方、手摺り壁の場合、促進中性化試験結果より求めた中性化抵抗と透気係数の測定結果より求めた中性化抵抗は、ほぼ一致しており、透気係数により仕上塗材の中性化抑制効果を評価できることが分かった。

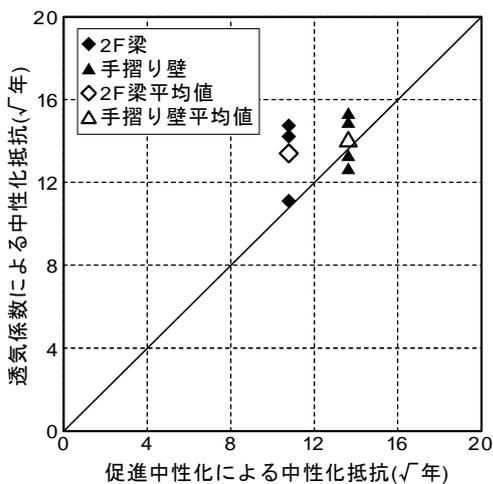


図-6 中性化抵抗の比較

## 5. まとめ

本論では、仕上塗材が施され築年数が経過した既存建物において、採取したコア供試体を用いて促進中性化試験を行うとともに、透気係数の測定を行った。そして、劣化した仕上塗材について、透気係数の測定結果から求めた中性化抵抗と促進中性化試験より求めた中性化抵抗の比較を行い、透気係数による仕上塗材の中性化抑制効果の評価について検証した。その結果、促進中性化試験結果より求めた中性化抵抗と透気係数の測定結果よ

り求めた中性化抵抗は、ほぼ一致しており、今回調査対象とした仕上塗材については、透気係数により仕上塗材の中性化抑制効果を評価できることが分かった。

## 参考文献

- 1) 建設大臣官房技術調査室監修, (財)国土開発技術センター建築物耐久性向上普及委員会: 鉄筋コンクリート造建築物の耐久性向上技術, 技報堂出版, 1986.6
- 2) R.J.Torrent: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, *Materials and Structures*, Vol.25, No.150, pp.358-365, 1992
- 3) 唐沢智之ほか: 仕上塗材の中性化抑制効果と透気性に関する考察, *コンクリート工学年次論文集* Vol.30, No.1, pp.645-650, 2008
- 4) 唐沢智之, 榎田佳寛: 既存建物の調査事例に基づいた仕上塗材の透気係数と中性化に関する研究, *日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)*, A-1, pp.1265-1266, 2010.9
- 5) 唐沢智之ほか: ダブルチャンバー法による仕上塗材の透気係数と中性化進行予測に関する研究, *セメント・コンクリート論文集*, 第63号, pp.435-442, 2009
- 6) 日本非破壊検査協会: ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法, *NDIS* 3419-1999
- 7) 河野政典ほか: 仕上塗材の経年劣化を考慮した拡散理論に基づく中性化進行予測に関する研究, *セメント・コンクリート論文集*, 第62号, pp.318-325, 2008
- 8) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・同解説, pp.92-108, 2004
- 9) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説, 鉄筋コンクリート工事, pp.127-146, 1969
- 10) 日本建築学会材料施工委員会第1分科会混合セメント用法研究会: 混合セメントの用法に関する研究(昭和37年, 38年共通試験結果), 1964年
- 11) 国土交通省: 公共建築工事標準仕様書建築工事編, pp.152-154, 平成17年版
- 12) 国土交通省: 建築工事共通仕様書建築工事編, pp.196-197, 昭和60年版
- 13) 河野政典ほか: 仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化抑制効果評価手法の暴露データによる検証, *日本建築学会構造系論文集*, 第609号, pp.9-14, 2006.11