

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

Verification of the Carbonation Suppressive Effects Evaluation Method of Concrete considering the Aging of Coating Materials for Textured Finishes by the Exposure Data

河野政典*

要 旨

屋外暴露を想定して強制的に劣化させた仕上塗材で覆ったコンクリート試験体を用いて促進中性化試験を行い、その結果から仕上塗材の経年劣化と中性化抑制効果の関係を明らかにし、仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化予測式の提案を行った。今回、提案した中性化予測式の適応性を検証するため屋外暴露において仕上塗材が施されたコンクリートの中性化深さに関する既往文献の中性化データを整理し、暴露年数と仕上塗材の中性化抑制効果の関係を仕上塗材種類および仕上塗材に含まれている樹脂量から検討して提案式との比較を行った。その結果、仕上塗材の中性化抑制効果は屋外暴露の環境において徐々に低下することが確認され、提案した中性化予測手法はおおよそ暴露データに対応することを確認した。

キーワード：仕上塗材、中性化、抑制効果、経年劣化

1. まえがき

鉄筋コンクリート造建築物の外壁に施されている仕上塗材には、建築物の耐久性の評価指標である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¹⁾されているが、仕上塗材自体の経年変化と仕上塗材の中性化抑制効果の関係について検討した例は少ないのが現状であった。そこで筆者は、劣化させた仕上塗材で覆ったコンクリート試験体を用いて促進中性化試験を行い、仕上塗材の中性化抑制効果に及ぼす影響を、劣化種類、仕上塗材種類および仕上塗材に含まれている樹脂量から検討し、その結果から仕上塗材の経年劣化と中性化抑制効果の関係を明らかにして、仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化予測式の提案を試みた²⁾。この研究では、仕上塗材に生じる劣化として紫外線や降雨による化学的劣化、温熱変化に伴う躯体の伸縮による物理的劣化を対象とし、化学的劣化にはサンシャインウェザーメータを、物理的劣化には振動試験機を用いて、仕上塗材を強制的に促進劣化させ、促進劣化時間から暴露年数を想定し、暴露年数と仕上塗材の中性化抑制効果の関係について検討した。提案した仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化予測式の適応性を確認するためには、屋外暴露において仕上塗材が施されたコンクリートの数多くの中性化深さデータによる検証が必要となる。また、暴露条件による仕上塗材を施したコンクリートの中性化測定の報告はあるものの、

統計的に中性化抑制効果を評価した報告例は少ない。

そこで、今回、屋外暴露において仕上塗材が施されたコンクリートの中性化深さに関する既往の文献を調査し、暴露年数と仕上塗材の中性化抑制効果の関係を仕上塗材種類および仕上塗材に含まれている樹脂量から検討し、提案式と比較することにより仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化予測手法の適応性を検証した。

2. 既往文献調査

屋外暴露において、仕上塗材が施されたコンクリートの中性化深さの文献^{3~10)}調査結果を表-1に示す。調査対象とした仕上塗材は中性化抑制効果が期待され、一般的に外壁仕上材として使用されている有機系合成樹脂吹付材で、仕上塗材種類が判断できる文献の中から、比較対象として仕上塗材のない部分、もしくは、リシンなどの中性化抑制効果が期待できない部分のコンクリートの中性化深さが報告されているものを取上げた。取上げた文献数は8件で、仕上塗材種類別には合成樹脂エマルション系複層仕上塗材（以下、複層塗材E）が4件、防水形合成樹脂エマルション系複層仕上塗材（以下、防水形複層塗材E）が3件、防水形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材（以下、防水形外装薄塗材E）が1件、ポリマーセメント系複層仕上塗材（以下、複層塗材CE（マスチック））2件であった。

*技術研究所

3. 中性化抑制効果の評価と対象データ

3.1 中性化抑制効果の評価

仕上塗材のないコンクリートの中性化深さは中性化期間の平方根と中性化深さに間に比例関係、すなわちルートt則が成立するものとして式(1)の形に表すことが可能である¹¹⁾。仕上塗材を施したコンクリートの中性化深さについても同様に中性化期間と中性化深さに間にルートt則が成立するものとし、仕上塗材の効果については表面層をもつコンクリートとみなして予測する方法が馬場らによって報告¹²⁾され、非セメント系仕上塗材の中性化予測式(2)が提案されている。中性化抑制効果は式(2)の中性化抵抗Rで表され、既報²⁾において、仕上塗材が劣化した場合でも、劣化状態に応じた中性化抵抗Rを用いれば式(2)でコンクリートの中性化傾向を表すことができることを確認している。

仕上塗材の中性化抑制効果の評価するため、まず、打放しコンクリートや、リシンなどの中性化抑制効果が期待できない仕上塗材が施してある部分について、中性化期間と中性化深さとの関係を式(1)で近似し、仕上塗材のないコンクリートの中性化速度 A_B を求めた。図-1に示すようにリシンは中性化抑制効果が期待できない⁴⁾ので打放しコンクリートと同様に扱った。次に、式(1)より求めた仕上塗材のないコンクリートの中性化速度 A_B を式(2)に代入し、仕上塗材が施されているコンクリートの中性化深さから測定材齢毎の中性化抵抗を求めた。

また、仕上塗材のないコンクリート中性化深さに対する仕上塗材が施されているコンクリートの中性化深さの比として式(3)から求められる中性化比率についても評価した。

なお、中性化深さの数値データが記載されていない場合、図から中性化深さを読み取った。

$$C_B(t) = A_B \sqrt{t} \quad (1)$$

$$C(t) = A_B (\sqrt{t + R^2} - R) \quad (2)$$

$$S(t) = \frac{C(t)}{C_B(t)} \quad (3)$$

ここに、

$C_B(t)$: 材齢 t における仕上塗材のないコンクリートの中性化深さ (mm)

A_B : 仕上塗材のないコンクリートの中性化速度係数 (mm/√年)

t : 材齢(年)

C(t) : 材齢 t における仕上塗材を施したコンクリートの中性化深さ (mm)

R : 中性化抵抗 (√年)

S(t) : 材齢 t における中性化比率

表-1 仕上塗材が施されたコンクリートの中性化深さの文献一覧

| 解析対象 | 測定対象 | 評価対象の仕上塗材 |
|------------------|------------------|-----------------|
| A ³⁾ | 暴露10年の供試体 | 複層塗材E |
| B ⁴⁾ | 暴露3年の供試体 | 複層塗材E |
| C ⁵⁾ | 経過13年のRC建物(計11棟) | 複層塗材CE(マスチック) |
| D ⁶⁾ | 経過13年のRC建物(計5棟) | 複層塗材CE(マスチック) |
| E ⁷⁾ | 暴露131ヶ月の供試体 | 防水形複層塗材E |
| F ⁸⁾ | 暴露7年の供試体 | 防水形複層塗材E |
| G ⁹⁾ | 暴露8年の供試体 | 複層塗材E, 防水形複層塗材E |
| H ¹⁰⁾ | 暴露11年のモデルRC建物 | 複層塗材E, 防水形薄塗材E |

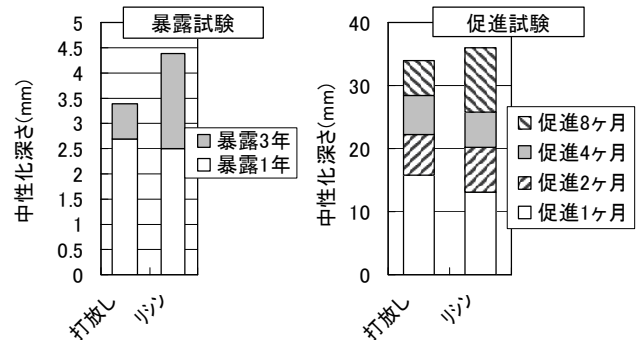


図-1 打放しとリシン部分の中性化深さの比較⁴⁾

3.2 対象データ

中性化抑制効果を表す中性化抵抗は、仕上塗材のないコンクリートに対しての評価となるため、仕上塗材のないコンクリートで中性化が小さい場合、仕上塗材が施されたコンクリートの極わずかな中性化の変動で中性化抵抗は大きく変化する。初期材齢において中性化が小さい場合には、中性化抵抗のパラッキが大きくなると考えられ、データの信頼性は乏しいと考えられる。そこで、初期材齢において、仕上塗材のないコンクリートと仕上塗材が施されたコンクリートの中性化深さの差が1mm以下の場合、対象データから除外することとした。また、中性化が生じていない場合、中性化抵抗は無限大となるため図への記載は省略した。

3.3 中性化比率と中性化抵抗

暴露年数と中性化比率の関係を図-2に、暴露年数と中性化抵抗の関係を図-3に示し、経年変化が報告されている文献については経年毎の中性化比率および中性化抵抗を直線で結んだ。データのばらつきと考えられる一部を除けば、暴露年数が経過すると中性化比率は増加、中性化抵抗は低下する傾向にあった。防水形複層塗材Eは、今回評価対象とした仕上塗材種類の範囲では中性化抑制効果が大きい仕上塗材であった。

複層塗材CE(マスチック)は経過13年のみのデータであるが、中性化比率のばらつきが大きく、今回評価対象とした仕上塗材種類の範囲では中性化抑制効果が小さい仕上塗材であった。

複層塗材Eにおいては中性化比率および中性化抵抗の幅が広がっていた。解析対象A³⁾では複数の複層塗材

Eの10年経過の報告がされているが、一部の試験体では中性化が生じていない結果が報告されている。中性化比率および中性化抵抗の範囲が大きくなっているのは、複層塗材Eの種類が異なっていることや、あるいは暴露条件により劣化程度が異なっていることなどが原因として考えられる。

4. 経年劣化を考慮した中性化予測手法の検証

4.1 仕上塗材塗厚さと樹脂量

仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化進行の予測には、式(2)を基本式として仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化抵抗を用いる手法を提案し、中性化抵抗は仕上塗材に含まれている樹脂質量による平均塗厚さ(以下、樹脂塗膜厚さ)と相関が認められることを既報²⁾で報告した。文献データにおける樹脂塗膜厚さと中性化抵抗の関係について検討をする際に、文献には樹脂塗膜厚さが報告されていないため、文献に仕上塗材の塗布量もしくは総塗厚さが報告されている場合は、塗布量もしくは総塗厚さに対する樹脂割合は、既報²⁾と同一と仮定し、樹脂塗膜厚さを算出した。文献に仕上塗材の塗布量もしくは総塗厚さが報告されていない場合は、塗料メーカーカタログによる標準施工塗布量として樹脂塗膜厚さを算出した。塗料メーカー5社の汎用的な複層塗材Eと防水形複層塗材Eの標準施工塗布量を表-2に示す。標準施工塗布量にはメーカーの違いによる大きな差異は見られない。表-2には既報²⁾において標準施工塗布量に設定した値を併せて示す。設定値は塗料メーカー5社の標準施工塗布量範囲にほぼ含まれるため、本検討においても本設定値を標準施工塗布量とした。

塗布量を基に、総塗厚さは式(4)、樹脂塗膜厚さは式(5)より推定した。標準施工塗布量から求めた凹部分の総塗厚さと樹脂塗膜厚さを表-3に示す。表-3には同様に標準施工塗布量を設定して求めた防水形外装薄塗材Eと複層塗材CEを併せて示す。仕上塗材の主材吹きではテクスチャーが施され凹凸が生じるため塗厚さが不均一となり、中性化は塗厚さが薄い凹部分から進行す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。テクスチャータイプは複数あるものの、複層塗材Eおよび防水形複層Eのテクスチャーの凹凸差はおおよそ0.5~1.0mmである。テクスチャーを施す主材の塗布量が複層塗材Eにおいては1.4 kg/m²、防水形複層塗材Eにおいては主材塗布2回目にテクスチャーが施されるため1.25kg/m²の場合、主材の平均塗厚さは0.5~0.6mmとなる。テクスチャーの凹凸面積比を同一とすれば、テクスチャーの凹部分の厚さは平均塗厚さの0~60%となる。そこで、ここではテクスチャー吹きにおける凹部分の有効塗布量は、平均塗厚さの0~60%の中央値として施工塗布量の30%とした。

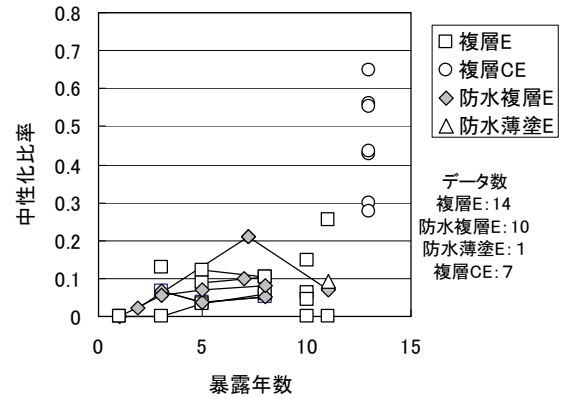


図-2 暴露年数と中性化比率の関係

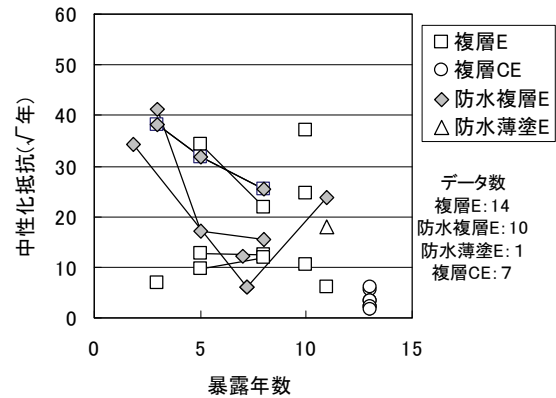


図-3 暴露年数と中性化抵抗の関係

表-2 塗料メーカー5社の複層塗材Eと防水形複層塗材Eの標準施工塗布量

| | 複層塗材E (kg/m ²) | | | 防水形複層塗材E (kg/m ²) | | |
|--------|----------------------------|-----------|---------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| | 下塗材 | 主材 | 上塗材 | 下塗材 | 主材 | 上塗材 |
| 塗料メーカー | a | 0.15 | 1.4~1.7 | 0.3~0.4 | 0.20 | 2.5~2.9 0.4 |
| | b | 0.15~0.19 | 1.4~1.6 | 0.3~0.4 | 0.15~0.20 | 1.7~2.6 0.3~0.4 |
| | c | 0.1~0.19 | 1.3~1.7 | 0.25~0.4 | 0.1~0.19 | 2.2~2.8 0.4 |
| | d | 0.1~0.15 | 1.3~1.7 | 0.3~0.4 | 0.15~0.20 | 2.2~2.7 0.35 |
| | e | 0.1~0.12 | 1.0~2.0 | 0.2 | 0.10~0.14 | 1.6~2.4 0.4 |
| 設定 | 0.12 | 1.4 | 0.32 | 0.16 | 2.5 | 0.32 |

表-3 標準施工塗布量における凹部分の総塗厚さと樹脂塗膜厚さ

| | 複層塗材E | 防水形外装薄塗材E | 防水形複層塗材E | 複層塗材CE |
|-----------|-------|-----------|----------|--------|
| 総塗厚(μm) | 295 | 330 | 850 | 754 |
| 樹脂塗膜厚(μm) | 152 | 240 | 461 | 65 |

$$H = A \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1-NV}{d_2} \right) \tag{4}$$

$$H_{em} = \frac{A \cdot EM \cdot K}{d_{em}} \tag{5}$$

ここに、

H: 理論塗厚さ (mm)

A: 塗布量 (kg/m²)

- d_1 : 仕上塗材の密度 (g/cm³)
- NV : 塗材の不揮発分の割合 (Wt)
- d_2 : 揮発分の密度 (g/cm³)
- H_{em} : 理論樹脂塗膜厚さ (mm)
- EM : エマルジョンの割合 (Wt)
- K : 樹脂固形分の割合 (Wt)
- d_{em} : 樹脂の密度 (g/cm³)

4.2 複層塗材CEの樹脂塗膜厚さと中性化深さの補正

解析対象C⁵⁾、D⁶⁾で報告されている複層塗材CEの主材は、セメントおよびこれにポリマーディスパージョンが混和されたものである。ここでは有機系合成樹脂の仕上塗材について評価するため、複層塗材CEにおいては上塗材のみを対象仕上塗材とした。したがって複層塗材CEの主材層は躯体コンクリートとみなした。しかし、主材にはポリマーディスパージョンが混和されているため、主材層の中性化速度は、躯体コンクリートとは異なると考えられる。ポリマーセメントモルタルの中性化速度については、ポリマーディスパージョンの種類、混和率との関係を鈴木らが報告¹³⁾している。複層塗材CEの主材に使用されているポリマーディスパージョンは、メーカ資料からエチレン酢酸ビニルで、混和率は15%である。鈴木らの報告に基づいてエチレン酢酸ビニル15%混和時の中性化速度を算定すると1.46 mm/√年となった。したがって、ここでの複層塗材CEの主材の中性化速度は1.46 mm/√年として、躯体コンクリートの中性化速度との比率から主材層の厚さを躯体コンクリートの厚さに式(7)により換算した。中性化深さは、躯体コンクリートの中性化深さに躯体コンクリートの厚さに換算した主材層の厚さを加えた値とした(式(6))。主材層の厚さは報告されていなかったため、メーカの標準塗布量とした。解析対象C⁵⁾、D⁶⁾で報告されている躯体コンクリートの中性化深さと複層塗材CEの主材層の中性化を考慮した中性化深さを図-4に示す。なお、解析対象C⁵⁾、D⁶⁾では、リシン部分のコンクリートの中性化深さを仕上塗材のないコンクリートの中性化深さとした。

$$C_{c+m} = C_c + C_m \quad (6)$$

$$C_m = \frac{A_c \cdot H_m}{A_m} \quad (7)$$

ここに、

- C_{c+m} : 主材層の厚さを加えた中性化深さ (mm)
- C_c : 躯体コンクリートの中性化深さ (mm)
- C_m : コンクリート厚さに換算した主材層 (mm)
- A_c : 躯体コンクリートの中性化速度 (mm/√年)
- H_m : 主材層の厚さ(テクスチャーの凹部分として0.65 mm)
- A_m : 主材の中性化速度(1.46 mm/√年)

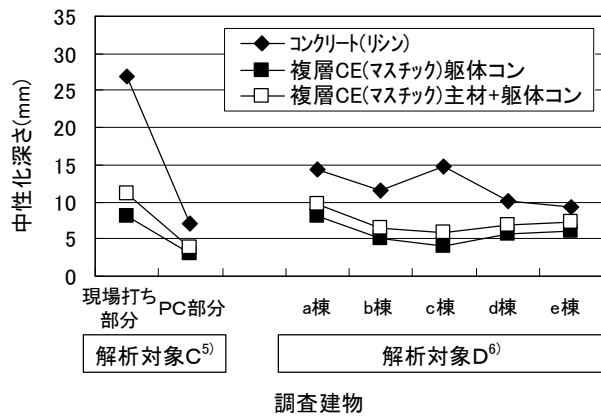


図-4 解析対象C⁵⁾、D⁶⁾の中性化深さ

4.3 促進劣化試験における中性化抵抗の補正

a. 材齢と炭酸ガス濃度による補正

中性化予測式を提案するために実施した促進劣化試験の結果から導いた劣化年数と樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗の関係²⁾を図-5に示す。図-5の中性化抵抗は炭酸ガス濃度5%の促進中性化試験の結果から導いたものなので、暴露データと比較するため、材齢は年で、炭酸ガス濃度は屋外での想定炭酸ガス濃度0.038%¹¹⁾として式(8)により補正した。図-5の上限線および下限線の補正結果を図-6に示す。

$$R = \frac{R_{et}}{\sqrt{(52)} \times \sqrt{(CO/5)}} \quad (8)$$

ここに、

R : 屋外暴露における樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗 (√年 / μm)

R_{et} : 促進中性化試験による樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗 (√年 / μm)

CO : 炭酸ガス濃度(%) (屋外として0.038%)

b. 仕上塗材の劣化と中性化進行条件による補正

材齢と炭酸ガス濃度の補正を行った図-6の中性化抵抗は、仕上塗材を所定時間促進劣化させた後、促進中性化試験を行って求めたもので、促進中性化試験中の仕上塗材の劣化は進行しないものとした。図-6に示す劣化年数は仕上塗材の劣化年数を表している。一方、今回調査した屋外暴露による中性化の報告では、仕上塗材の劣化が進行しながら中性化も進行する。したがって促進試験から求めた中性化抵抗と屋外暴露の中性化から算出した中性化抵抗は異なり、同一条件での比較とはならない。屋外暴露データの中性化抵抗と比較するためには、促進劣化試験から求めた中性化抵抗を屋外暴露による算出条件に補正する必要がある。ここで、提案した中性化予測式を式(9)に示す。仕上塗材の劣化を考慮した中性化深さは、仕上塗材の促進劣化試験から導いた中性化抵抗を

用い、ステップバイステップにより算出する。屋外暴露データと同様条件の中性化抵抗は、式(9)から暴露年数毎に中性化深さを求め、その中性化深さを式(2)に代入して暴露年数毎の中性化抵抗を算出した。材齢と炭酸ガス濃度の補正に加えて、劣化と中性化進行条件による補正を行った結果を図-6に示す。暴露年数毎の中性化深さから求めた中性化抵抗は、所定年数まで仕上塗材の劣化を平均的に捉えるため、促進劣化試験から求めた中性化抵抗より大きくなっている。

$$C_{(i)} = A_0 \left[\sqrt{\{t'_{(i-1)} + \Delta t\} + R'_{(i-1)}{}^2} - R'_{(i-1)} \right] \quad (9)$$

$$t'_{(i-1)} = (C_{(i-1)} / A_0 + R'_{(i-1)})^2 - R'_{(i-1)}{}^2 \quad (10)$$

$$R'_{(i-1)} = Tr R_{(i-1)} \quad (11)$$

[図-6の材齢と濃度の補正下限線における $R_{(i-1)}$ の場合]

$$\left[\begin{array}{l} R_{(i-1)} = (-0.0098t_{(i-1)}^* + 0.088) / 0.63 \quad [t_{(i-1)}^* \leq 6] \quad (12) \\ R_{(i-1)} = (-0.0018t_{(i-1)}^* + 0.041) / 0.63 \quad [6 < t_{(i-1)}^* \leq 12] \quad (13) \end{array} \right.$$

条件 $\Delta t = 1$

$$C_{(0)} = 0, \quad t_{(0)} = 0$$

経過年数1年を1ステップとする

ここに、

$C_{(i)}$: ステップ i での中性化深さ (mm)

A_0 : 仕上塗材のないコンクリートの中性化速度係数 (mm/√年)

$t'_{(i-1)}$: ステップ $i-1$ での見かけ材齢 (年)

$R'_{(i-1)}$: ステップ $i-1$ での中性化抵抗 (√年)

$R_{(i-1)}$: ステップ $i-1$ での樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗 (√年/μm)

Tr : 樹脂塗膜厚さ (μm)

$t_{(i-1)}^*$: ステップ $i-1$ の仕上塗材の劣化材齢 (年)

($t_{(i-1)}^* \leq 12$, 仕上塗材塗替え後は0年に戻る)

4.4 劣化年数と中性化抵抗の検証

補正した促進劣化試験による暴露年数と樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗の関係と、文献データにおける暴露年数と樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗の関係を図-7に示す。図-3において複層塗材Eの中性化抵抗の幅が広がったものの、図-7に示す樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗の範囲近傍にある。文献からは塗料メーカーが不明であったが、仕上塗材のメーカーが異なっても図-7に示す樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗の範囲におおよそ含まれると考えられる。

図-7に文献データの近似式を示す。近似式は、促進劣化試験の結果から導いた樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗の範囲の下限値とほぼ一致していた。仕上塗材の経

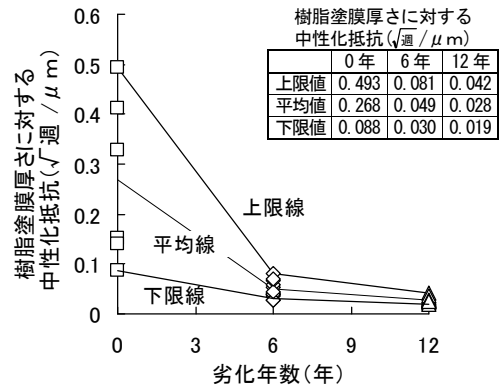


図-5 劣化年数と樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗と比率の関係

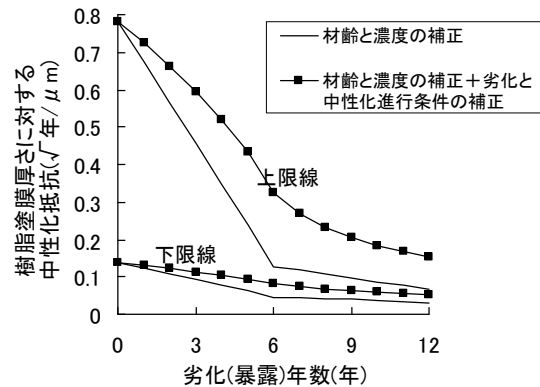


図-6 樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗の補正

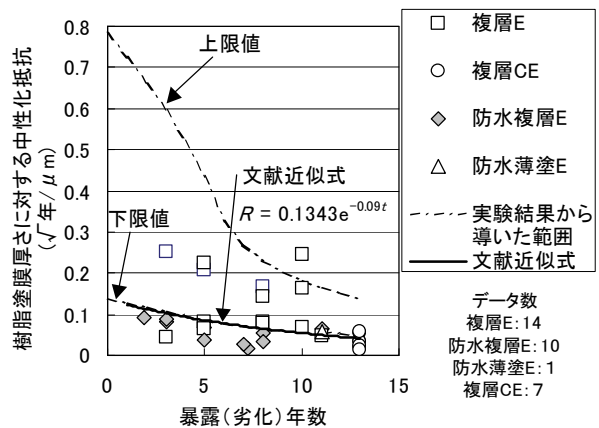


図-7 暴露年数と樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗

年劣化を考慮した中性化予測式に用いる樹脂塗膜厚さに対する中性化抵抗は、既報²⁾で示した促進劣化試験の結果から導いた中性化抵抗の下限値が適当と考えられる。また、図-7に示す文献データの近似式を利用して、式(14)から暴露年数に応じた仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化深さを簡易に予測することも可能と考えられる。しかしながら、式(14)では仕上塗材による補修や仕上塗材の塗替え後の中性化深さの予測には対応していない。提案した、図-5の下限線を用いて式(9)の基本式を適用した予測方法は、仕上塗材の塗替えにも対応するので式(14)より式(9)のほうが汎用性は高い。

暴露データ調査においての最長暴露年数が 13 年であるため、仕上塗材が施されてから 13 年までは提案式で適応可能と考えられる。塗替えによって仕上塗材の中性化抑制効果は回復するので、塗替えた場合は、その後、再び 13 年までは適応可能となる。

仕上塗材の中性化抑制効果を得るためには、仕上塗材とコンクリートの密着性が持続されていることが必要である。仕上塗材が施されてから 13 年までを適応可能範囲とするが、加えて、その期間内に剥がれなどの著しい劣化が生じないことが条件となる。

$$C(t) = A_0 \left(\sqrt{t + R(t)^2} - R(t) \right) \quad (14)$$

$$R(t) = Tr0.135e^{-0.090t} \quad (15)$$

ここに、

$C(t)$: 材齢 t の仕上塗材を施したコンクリートの中性化深さ (mm)

t : 材齢 (年) [$t \leq 13$]

$R(t)$: 材齢 t の中性化抵抗 ($\sqrt{\text{年}} / \mu\text{m}$)

5. まとめ

屋外暴露における、仕上塗材が施されたコンクリートの中性化深さに関する既往の文献を調査し、暴露年数と仕上塗材の中性化抑制効果の関係について検討し、提案した仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化予測手法の適応性を検証した。その結果、以下の知見が得られた。

- i. 仕上塗材の中性化抑制効果は屋外暴露の環境において徐々に低下する
- ii. 今回評価対象とした仕上塗材種類の範囲では、防水形合成樹脂エマルジョン系複層仕上塗材の中性化抑制効果は大きい
- iii. 仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化予測式に用いる樹脂量分の塗膜厚さに対する中性化抵抗は、促進劣化試験の結果から導いた中性化抵抗の範囲の下限値が適当である

6. あとがき

提案した中性化予測手法は仕上塗材の塗替えにも対応するので、RC 造建築物の合理的な耐久設計が可能であり、新築建物においては供用期間内の耐久性を満足するための維持保全計画が立案でき、既存建物においては補修方法の提案が可能であると考えている。本研究成果が良好な建築物のストックに役立てば幸いである。

【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) 河野政典、榊田佳寛、落合亮太、唐沢智之、「仕上塗材の経年劣化を考慮した中性化抑制効果に関する研究」、日本建築学会構造系論文報告集、第 584 号、pp. 15-21、2004. 10
- 3) 井上照郷、楡木 堯、小俣一夫、平間信行、照海清貴、「耐久性試験方法に関する研究(その 36) - 外装用仕上塗材の中性化抑制効果 -」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A (九州)、pp. 27-28、1989. 10
- 4) 福島敏夫、福士 勲、友沢史紀、田中 斉、「表面仕上材のコンクリートの中性化抑止効果の定量的評価」、セメント・コンクリート論文集、No. 44、pp. 448-453、1990
- 5) 藤木良明、岸谷孝一、奥澤健一：分譲集合住宅のコンクリート劣化に関する研究 - So マンションの場合 -、セメント・コンクリート論文集、No. 47、pp. 820 ~ 825、1993
- 6) 藤木良明、岸谷孝一、奥澤健一、「分譲集合住宅のコンクリート中性化に関する報告 E ハイツイの場合」、セメント・コンクリート論文集、No. 48、pp. 856-859、1994
- 7) 阿部保彦、佐々木正治、長峰忠輝、市村達明、「外装仕上材の耐候性およびコンクリートの保護性に関する 131 ヶ月間の屋外曝露試験結果 (その 2. コンクリートの保護性)」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (関東)、pp. 481-482、1997. 9
- 8) 長峰忠輝、川瀬清孝、土屋義正、中村和行、木下政行、中込 昭、梶田秀幸、「鉄筋コンクリート構造物の長期健全性モニタリングに関する研究 その 2 試験結果」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (中国)、pp. 1111-1112、1999. 9
- 9) 浜田博文、依田彰彦、横室 隆、「建築用仕上塗材がコンクリート強度・中性化に及ぼす影響に関する実験研究」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (関東)、pp. 619-620、2001. 9
- 10) 長谷川拓哉、千歩 修、馬場明生、渡部嗣道、「モデル建物の 11 年屋外曝露試験結果に基づく表面仕上材の中性化に対する保護効果」、日本建築学会構造系論文報告集、第 555 号、pp. 37-43、2002. 5
- 11) 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」、2004
- 12) 馬場明生、千歩 修、「各種の表面層を持つコンクリートの中性化深さ推定方法に関する一考察」、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 9、No. 1、pp. 333-338、1987
- 13) 鈴木 悟、大濱嘉彦、「補修用ポリマーセメントモルタルの中性化速度式の検討」、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 (北陸)、pp. 149-150、2002. 8