

トロペオリン O を用いた中性化した躯体内の発錆領域の特定に関する基礎的研究

Fundamental study on the searching rusting area in neutralized concrete using Tropaeoline O

○ 増馬 義裕*, 佐藤 周之**, 横井 克則***, 野中 資博****

MASUMA Yoshihiro*, SATO Shushi**, YOKOI Katsunori***, NONAKA Tsuguhiro****

1. はじめに

コンクリートの宿命的な変状の一つに中性化が存在する。鉄筋を有する場合には鉄筋を腐食させ、ひび割れなどを生じる原因となる。

現在、中性化の診断方法としてフェノールフタレイン (PP) 法が一般的に利用されている。しかしながら、PP 法で完全な中性化診断ができるわけではない。中性化で問題となる鉄筋腐食に対し、診断には pH 分布の詳細な把握が重要と考えられる。本報では、詳細な中性化評価のために、PP とは異なる発色域を有する指示薬トロペオリン O (以下、Tr) を用い、詳細評価の可能性に関する検討結果を報告する。

2. 指示薬の変色特性の検討方法

本研究では、pH の異なるコンクリートに指示薬を散布した際の変色特性を評価した。実験には Table 1 に示す 2 種類の指示薬を用いた。PP 溶液は 0.04%、1%濃度、Tr 溶液は 0.4%濃度である。中性化促進させた 40×40×10mm モルタル供試体を NaOH 水溶液に 24 時間浸漬し、模擬的に pH の異なるコンクリートを再現した。pH は、PP では 7.8~13.6 の 23 段階、Tr では 9.8~13.2 の 18 段階である。

24 時間浸漬後、供試体表面の水分を拭き取り、表面に各指示薬を散布し、1 分後にデジタルスチルカメラ (以下、デジカメ) で画像を撮影した。撮影した画像は解析ソフトウェアを用いて変色量の定量評価を行った。デジタル画像内の全ての色は、R、G、Bの各色の明度の組み合わせによって表現される。既往の研究から、

Table 1 指示薬の概要 Summary of indicator

略称	変色域 (pH)	色	濃度 (w/v%)
PP	8.3~10.0	無色-赤紫	0.04, 1.0
Tr	11.1~12.7	黄-茶	0.4

画像内の色を三原色各々の明度 (以下、RGB 明度) に分解することにより、分光光度計や比色計の代替としての利用が可能であることが報告されている¹⁾。本研究でも同様に、汎用的なデジカメ (Ricoh製、600 万画素) にて撮影した写真を RGB 明度に分解・解析して評価した。

3. 実験結果と考察

撮影した写真から各 RGB 明度を算出した。pH と明度の関係について Fig.1 に示す。PP 溶液の場合、0.04%、1%濃度ともに pH11 前後から R、G の明度に線形上昇傾向が見られる。また、1%濃度においては pH13 以降で退色がみられた。しかしながら、コンクリートの pH は、pH13 前後で健全と一般的にいわれており、1%で見られた退色は評価に関して問題ないとする。PP1%と比較して 0.04%の発色は薄く、現場で作業することを考慮しても、従来通りの JIS 規格 (JIS K 8001) に則った 1%濃度が評価には適当といえる。Tr 溶液の場合、pH 12.6 以降の R、G の明度も PP 溶液と同様に線形に変化した。上記結果より、PP、Tr とともに、画像解析による詳細な pH の測定は可能と考えられた。また、RGB 明度の変動から、PP 溶液では pH11.2、Tr 溶液では pH12.6 が発色境界での pH と推定できた。

各指示薬 (1%PP、0.4%Tr) をコンクリート供試体および実 RC 開水路に噴霧し、変色深さを

*高知大学大学院農学専攻, Graduate School of Agriculture, Kochi University, **高知大学農学部, Faculty of Agriculture, Kochi University, ***高知工業高等専門学校, Kochi National of Technology, ****島根大学生物資源科学部, Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, キーワード: 中性化, PP 溶液, Tr 溶液

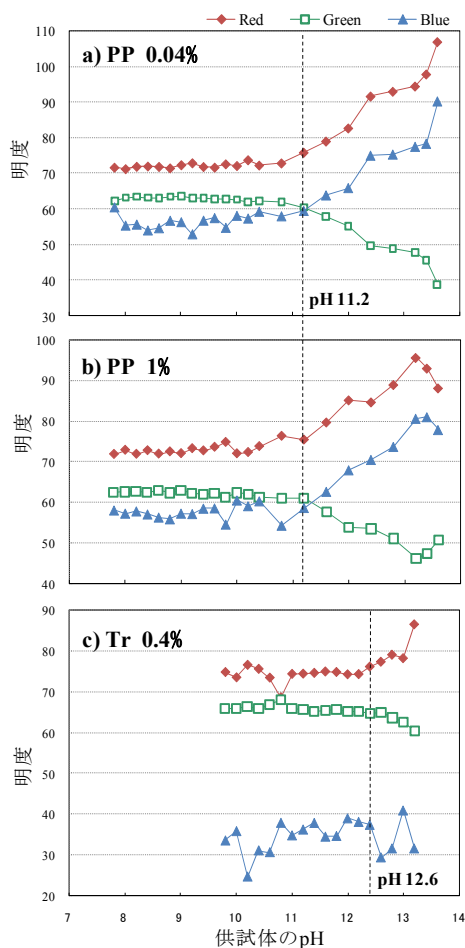


Fig.1 供試体の pH と明度の関係

Relationship between pH of test piece and brightness

比較した。ここで、使用した供試体は、普通ポルトランドセメント (N), 普通ポルトランドセメント+フライアッシュ II 種 (置換率 10%:FA10, 20%:FA20) の 3 種類を中性化させたものである。PP 溶液による変色深さ (D-PP), Tr 溶液による変色深さ (D-Tr) の結果を Fig.2 に示す。すべてにおいて、D-Tr が D-PP より大きい結果となった。画像解析より、PP 溶液および Tr 溶液の発色境界は、それぞれ pH11.2, pH12.6 と推定できたことから、供試体の pH 域を $pH < 11.2$ (無色域), $11.2 \leq pH \leq 12.6$ (PP-Tr 域), $12.6 < pH$ (Tr 域) の 3 段階に区分できた。ここで、鉄筋は一般的に pH11 で発錆するといわれている。発錆が pH11 前後で生じる場合、無色域または

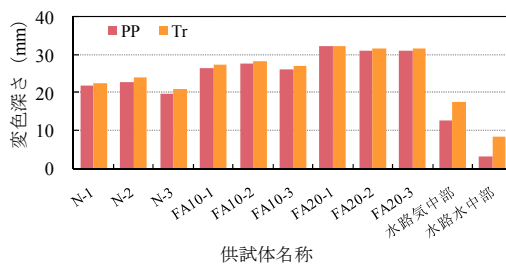


Fig.2 各指示薬による中性化深さ
Neutralization depth of each indicator

PP-Tr 域で発錆する。塩化物イオンの影響がないとき、問題となる中性化の判断、中性化のこりの劣化診断を Tr の併用により、従来より詳細に目視評価できることが示唆された。しかしながら、発錆の pH が不明であることに加えて、変色深さの測定は目視により判断しており、画像解析と目視との間で、発色とみなした pH における違いのため、実験結果より区分した pH 領域が正確でない可能性がある。今後、鉄筋の発錆動態および本実験で示された pH 領域で検討を行う必要がある。

4. まとめ

今回の実験で、PP および Tr 溶液の pH と発色の関係を画像解析により検討した結果、発色境界の pH が、それぞれ pH11.2, pH12.6 と推定することができた。この結果から中性化深さの検討を行ったところ、 $pH < 11.2$, $11.2 \leq pH \leq 12.6$, $12.6 < pH$ の 3 段階に区分することができ、現場で目視による診断性能の向上が望め、鉄筋腐食の予測へつながると考えられた。また画像解析からコンクリート内の pH 特定の可能性が示唆された。

参考文献

- 1)西口靖彦(2004): デジカメとパソコンで分光光度計の代替, 農業および園芸, vol.79, No.6, pp663-665
- 2)内田健一朗ほか(2009): コンクリート中性化の詳細評価技術に関する基礎的研究, 農業農村工学会大会講演会要旨集, pp516-517
- 3)内田健一朗ほか(2008): フェノールフタレイン法による中性化予測のための基礎的研究, 農業農村工学会中国四国支部大会講演会要旨集, pp82-84