

## 酸性雨がモルタルの色調変化に及ぼす影響

呉 高 専 正 会 員      市 坪 誠      呉 高 専 正 会 員      竹 村 和 夫  
 広島大学 正 会 員      河 合 研 至      岩 手 大 学 学 生 員      高 地 敏 幸

## 1. 序 論

近年、地球・環境問題の一つとして酸性雨（pH5.6以下）が挙げられる。コンクリート構造物への影響としては、中性化の促進及び鉄筋腐食等の劣化<sup>1)</sup>やC-S-Hの分解<sup>2)</sup>が指摘されている。しかしコンクリートの色彩変化等景観（見え）に関する報告は石灰分の溶出が挙げられるものの十分とは言えない。そこで本研究では、酸性雨がコンクリート表面の色調に及ぼす影響の基礎的資料を得るために、雨水のpHの変化によるモルタルの色調変化の影響を検討した。

## 2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント、砂は豊浦産標準砂を使用し、4x4x16mmのモルタルを作成した（表-1）。砂の量は一定（W/C=40%時S/C=1）として、W/C及び混和材料の影響を検討した。混和剤は高性能AE減水剤3種とし添加率はセメント量の2%とした。高炉スラグ（6000cm<sup>3</sup>/g）、シリカフェム及びフライアッシュの置換率は、それぞれセメント量の50%、20%及び30%とした。供試体は打設後1日気中養生を行い脱型後直ちに側面を降雨面とし促進試験槽内（硫酸によりpH4及びpH6の降雨環境下）にて曝露を行った。降雨サイクルは、12時間降雨（30℃, R.H.100%）の後、12時間乾燥（30℃, R.H.95~99%）を行う乾湿繰り返しとした。曝露期間は打設後4週間とした。

## 3. 実験結果及び考察

## 3-1 表面色彩に及ぼす酸性雨の影響

pH4及びpH6の降雨環境下におけるN3の色彩変化を図-1に示す。L\*（明度）は両環境下とも同様の挙動となり28日後55程度となった。pH6に対しpH4のb\*（黄色方向）は2週及び3週でそれぞれ8及び25程度増加した。同様にpH4のa\*（赤方向）は3週目で8程度増加した。ここでpH4及びpH6での彩度変化を図-2に示す。pH6の降雨環境下での彩度（ $\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$ ）は4週を通じ5~7とほぼ一定であるのに対し、pH4での彩度は3週以降20以上となり、よりあざやかな色彩（赤褐色）となった。つまり、酸性雨環境下における乾湿繰り返しによりモルタル中の成分が表面に析出した結果彩度が高くなったものと思われる。混和剤を用いた試料（NN、NP及びNA）においてもpH4の降雨環境下で3週以降赤褐色となった。

表-1 供試体の種類

| 番号  | W/C(%) | 混和材料    |
|-----|--------|---------|
| N 3 | 3 0    | —       |
| N N | 3 0    | ナフタリン系  |
| N P | 3 0    | ホリカルボン酸 |
| N A | 3 0    | アミソルホン酸 |
| N 4 | 4 0    | —       |
| N B | 4 0    | 高炉スラグ   |
| N S | 4 0    | シリカフェム  |
| N F | 4 0    | フライアッシュ |
| N 5 | 5 0    | —       |
| N 6 | 6 0    | —       |

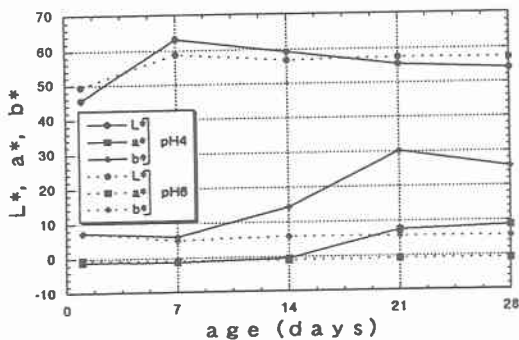


図-1 pH4及びpH6での色彩変化 (N3)

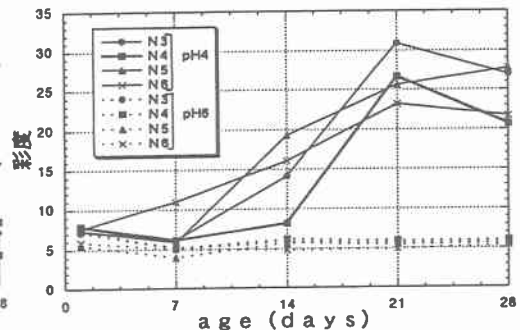


図-2 pH4及びpH6での彩度変化 (W/C)

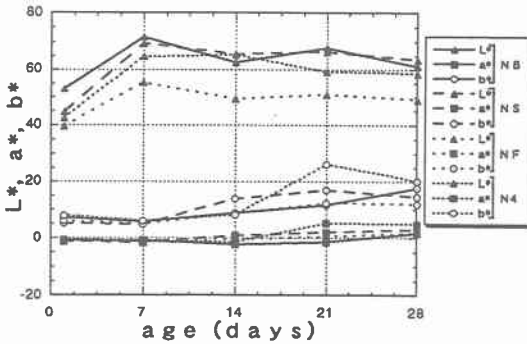


図-3 pH4での色彩変化（混和材）

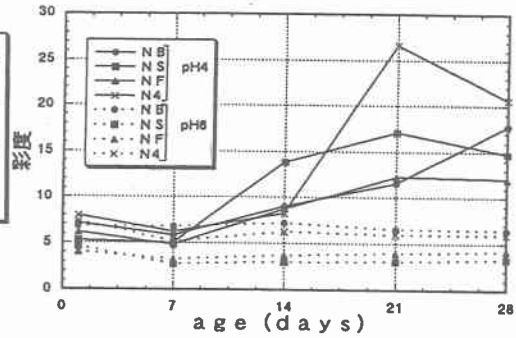


図-4 pH4及びpH6での彩度変化（混和材）

pH4の混和材を用いた供試体の色彩変化を図-3に示す。これより、NFが他の供試体に比べ明度が10程度低く（黒褐色）なることが理解できた。混和材を用いた試料の $b^*$ は用いないもの（N4）に対し若干低下し、 $a^*$ は4週を通じ一定となった。pH4及びpH6の降雨環境下での混和材を用いた供試体の彩度の経時変化を図-4に示した。これより、pH4の酸性雨環境下におけるモルタル表面は混和材を用いることにより若干彩度変化を抑えることが理解できた。

### 3-2 色彩調和に及ぼす酸性雨の影響

4週間曝露後の降雨側面におけるよだれ状の汚れ部分と未汚れ（170ルヤス）部分との色彩調和<sup>3)</sup>を表-2に示す。色相調和において色相の対比度は全ての供試体で $35^\circ$ 以下となり類似調和となった。明度・彩度調和は、N3、N5、NN、NP、NA及びNFで対比調和となり、他の4試料は中間調和となった。トーン調和はN3及びN5以外の8試料で類似調和となった。これより酸性雨による汚れ（析出物）は明度・彩度調和のバランスを崩す傾向にあることが理解できた。

### 4. まとめ

- (1) 酸性雨環境下のモルタルはW/Cに係わらず彩度が直接増加し赤褐色となった。
- (2) 酸性雨環境下における混和剤を用いたモルタルも用いないものと同様赤褐色となった。
- (3) フライアッシュは他の混和材に比べて明度を10程度低くした。混和材を用いることにより酸性雨環境下で若干彩度変化を抑えることが理解できた。
- (4) 酸性雨による汚れは明度・彩度調和のバランスを崩す傾向にある。

### <参考文献>

- 1) 武若新司、里庵幸：酸性雨によるコンクリートの中性化および鉄筋腐食の促進に関する基礎的研究、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第5部、pp.480-481、1995
- 2) 小林一輔、宇野祐一、森秀成：酸性雨によるコンクリート構造物の劣化過程、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第5部、pp.184-185、1994
- 3) 近藤恒夫：景観色彩学 ～風景から美観へ～、理工図書、pp.26-28、1986

表-2 供試体曝露後の色彩調和

| 供試体 | 調和    | 判定           |
|-----|-------|--------------|
| N3  | 色相    | $25^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.8/3.2 △    |
|     | トーン   | 1t-N/d1 ○    |
| NN  | 色相    | $25^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.7/2.8 △    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |
| NP  | 色相    | $35^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.7/3.0 △    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |
| NA  | 色相    | $33^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.6/2.9 △    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |
| N4  | 色相    | $25^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.5/2.3 ○    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |
| NB  | 色相    | $16^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.1/1.6 ○    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |
| NS  | 色相    | $21^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.0/1.2 ○    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |
| NF  | 色相    | $23^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 2.2/1.0 △    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |
| N5  | 色相    | $33^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.5/3.5 △    |
|     | トーン   | 1t-N/d1 ○    |
| N6  | 色相    | $23^\circ$ ◎ |
|     | 明度/彩度 | 1.4/2.4 ○    |
|     | トーン   | 1t-N/mg ◎    |

◎類似調和 ○中間調和 △対比調和