

加熱前後のコンクリートの色解析を用いた受熱温度の推定

東京都市大学 学生会員 ○宇井 淳 染谷 勇貴  
正会員 栗原 哲彦

1. はじめに

鉄筋コンクリート造は耐火性能に優れた構造であるが、大規模な火災にあった際、その損傷度を診断する必要がある。その場合、火害診断を行い、補修計画を立てるためには、コンクリートが受けた受熱温度の推定が必要不可欠となる<sup>1)</sup>。現在、日本建築学会が定める現行の診断方法ではコンクリートの変色状況から受熱温度をおおまかに推定している。さらに、その結果に基づき火害等級分けを行い、被災建物の再使用可否及び補修・補強方法の検討・選定に役立てている。以上の現状を踏まえ、本研究はコンクリートの加熱前後の変色状況を、写真による色解析で定量化し、受熱温度をより正確に素早く推定することを目的とした。

2. 現在の火害診断<sup>2)</sup>

日本建築学会が定める火害診断方法の火害調査は、予備調査、一次調査の順で行われ、そこで大まかな火害等級分けが実施されている。その後絞り込まれた調査箇所に対して二次調査が実施される。

火害等級の判定は、火害調査結果から判断されており表-1に示した5段階に分けられている。この火害等級の判定は今後の再使用の可否などを決定する上で重要となる。そのため、各部材の火害等級をできる限り正確に判定することが重要である。

3. 加熱によるコンクリートの色変化

一般的なコンクリートの変色と温度の関係を表-2に示す。温度が高まるにつれてピンク色、灰白色、淡黄色と変化し、コンクリートの損傷程度は大きくなる。

4. 色の表現方法

色を表現する方法として、本研究では赤(R)、緑(G)、青(B)で表現でき簡易的に定量化できるRGBによる色の明度を採用した。RGBで、赤を色の明度で表すと(255, 0, 0)となる。また、よりRGBの比率を判断しやすくするために3つの値の合計を100%としてそれぞれの値を百分率で示す。

5. 実験概要

本研究ではコンクリート表面の色変化に着目したことから粗骨材を含まないモルタル試験体(40×40×160mm)を対象とした。示方配合を表-3に示す。このモルタルを、高温電気炉を使用し、500℃から1000℃まで100℃間隔で1パターンにつき3本ずつの計6パターン加熱した。加熱時の昇温勾配は24℃/minで統一し、設定温度に達した後、熱が全体に伝わるように3時間等温加熱した後、炉内で自然冷却した。加熱時に計測した加熱曲線を図-1に示す。

加熱後、モルタル側面(40×160mm)を格子で区切り、格子点(20点)におけるRGBの明度を測定した。各格子点のRGBの明度を平均した。これを試験体1体の明度とした。なお、加熱は1パターン3体で実施した。

表-1 火害等級と状況<sup>2)</sup>

| 火害等級  | 状況                                                 |
|-------|----------------------------------------------------|
| I 級   | ①被害全くなし<br>②仕上げ材料等が残っている                           |
| II 級  | ①すす、油煙等の付着<br>②コンクリート表面の受熱温度が300℃以下<br>③床・梁のはく落わずか |
| III 級 | ①微細なひび割れ<br>②コンクリート表面の受熱温度が300℃以上<br>③柱の爆裂わずか      |
| IV 級  | ①表面に数mm幅のひびわれ<br>②鉄筋一部露出                           |
| V 級   | ①構造部材としての損傷大<br>②爆裂広範囲<br>③鉄筋露出大<br>④たわみが目立つ       |

表-2 コンクリートの変色状況と受熱温度の関係<sup>2)</sup>

| 変色状況            | 温度範囲      |
|-----------------|-----------|
| 表面にすす等が付着している状態 | 300℃未満    |
| ピンク色            | 300～600℃  |
| 灰白色             | 600～950℃  |
| 淡黄色             | 950～1200℃ |
| 溶解する            | 1200℃以上   |

キーワード：色変化、受熱温度、火害診断、火害等級、色の表現

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 工学部 都市工学科 栗原研究室 E-mail nkuri@tcu.ac.jp

表-3 示方配合

| W/C<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |                 |                 |
|------------|-------------------------|-----|------|-----------------|-----------------|
|            | W                       | C   | S    | Ad <sub>1</sub> | Ad <sub>2</sub> |
| 55         | 270                     | 493 | 1719 | 0.493           | 0.493           |

C：早強ポルトランドセメント， Ad<sub>1</sub>：AE 減水剤，  
Ad<sub>2</sub>：AE 助剤

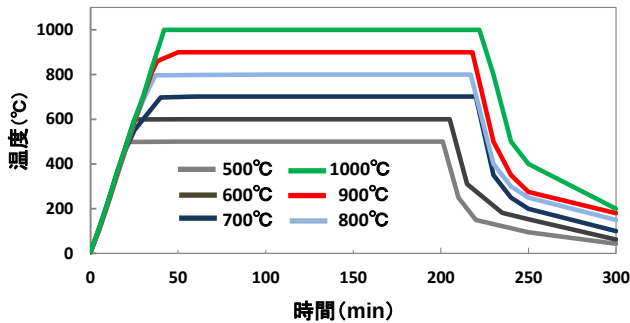


図-1 加熱曲線

## 6. 実験結果および考察

写真-1 (a)は加熱前， (b)～(g)は500℃から1000℃で加熱した試験体の一例である．これらの写真から，RGBによる色の明度を測定した結果を表-4に示す．表中の数値は試験体3体の平均値である．写真600℃を除き，受熱温度が高くなるに従いモルタル表面が赤みを増しているのが分かる．図-2に，これらの写真から測定したRGBの明度（百分率）と加熱温度との関係を示す．図-2から加熱温度の上昇に伴いRの明度は増加するのに対し，Bの明度は減少しGの明度はほとんど変化しないことが分かった．そこで，図-3にRとBの明度の百分率の差と加熱温度との関係を示す．これより，加熱温度の上昇に伴いRとBの明度の百分率の差は増加することが分かる．両者の直線近似式を図中に併記する．例えば，この直線式を利用することで，熱を受ける前後のコンクリートの写真から受熱温度を簡易的に，しかも現状より正確に推定することができると考える．

## 7. まとめ

熱を受けたモルタルの変色はRGBの明度においてRとBが大きく変化し，Bはほとんど変化しないことが分かった．さらに受熱温度とRとGの明度差には比例関係が認められ，両者の関係を利用することで受熱温度を簡易的に推定することが分かった．

### 参考文献

- 1) 公益社団法人 日本コンクリート工学会：コンクリート構造物の火災安全研究委員会，p.3，2002．
- 2) 社団法人 日本建築学会：建物の火害診断及び補修・補強方法，pp.3-7，p.9，p.15，p.21，2004．

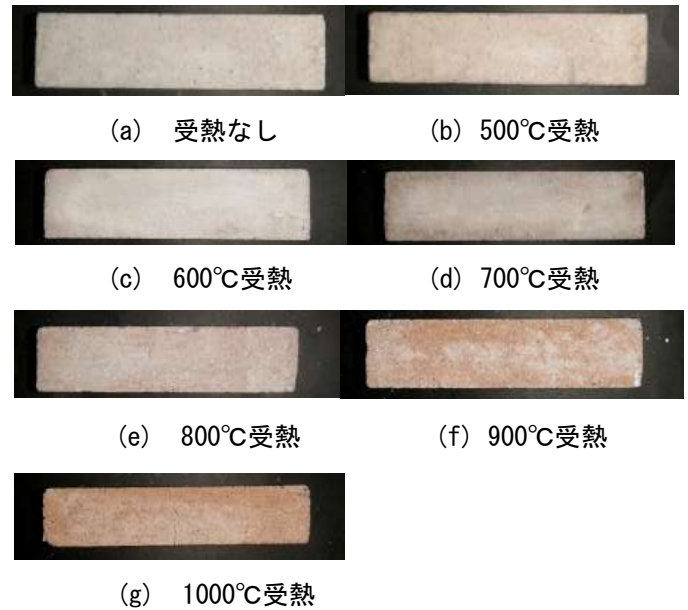


写真-1 加熱後の試験体の様子

表-4 RGBによる色の明度

|          | 百分率(%) |      |      |
|----------|--------|------|------|
|          | R      | G    | B    |
| 受熱なし     | 34.7   | 33.5 | 31.8 |
| 500℃受熱後  | 36.2   | 33.2 | 30.6 |
| 600℃受熱後  | 35.3   | 33.1 | 31.6 |
| 700℃受熱後  | 35.9   | 33.2 | 30.9 |
| 800℃受熱後  | 36.4   | 33.0 | 30.6 |
| 900℃受熱後  | 38.5   | 32.7 | 28.8 |
| 1000℃受熱後 | 39.4   | 32.4 | 28.2 |

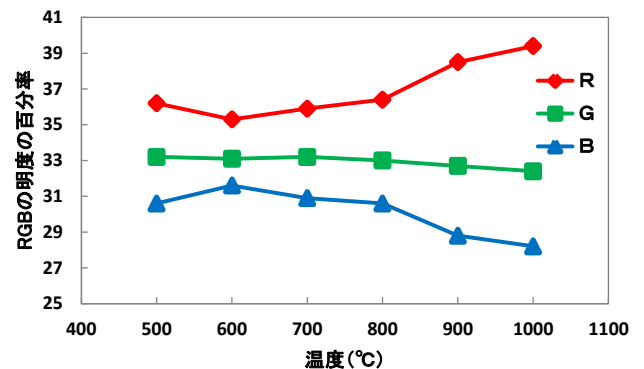


図-2 RGBの百分率と温度の関係

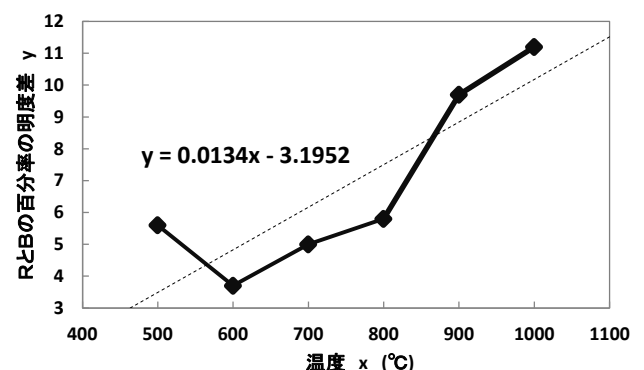


図-3 温度とRとBの明度差の関係