

高温に曝露したモルタル中の水分移動に関する検討

広島大学	学生会員	○北川 達也
広島大学		Daungwilailuk Totsawat
広島大学	正会員	小川 由布子
広島大学	フェロー会員	河合 研至

1. はじめに

一般に、火災時に高温に曝露されたコンクリート部材であってもその温度が 500℃程度であれば修復の必要はなく、ある程度の期間が経過すると強度が回復すると考えられている⁽¹⁾。しかし、脱水反応や弾性率の低下など、化学的および力学的特性を変える可能性があり耐久性に影響を与えるおそれがある^{(2),(3)}。コンクリート中の水分は、コンクリートの様々な劣化に関わり、高温に曝された後のコンクリートの物性を把握するためには、コンクリート中の水分移動挙動を把握することは重要である。そこで、本研究は、経時的に非破壊で水分移動を測定できる電気抵抗法を用い、約 350℃で加熱したコンクリート中の水分移動挙動を捉えることを目的とする。

2. 供試体概要

セメントには普通ポルトランドセメントを、細骨材には砕砂を用い、水セメント比(W/C)を 0.35 としたモルタル供試体を作製した。供試体内部の水分移動を測定するため、図 1 に示すように 40x40x160mm の供試体に直径 0.9mm のステンレス電極を 15mm の間隔で配置した。ここで、細骨材の電気抵抗に対する影響を考慮し、電極間隔を細骨材直径のおよそ 3 倍の 15mm に設定した。供試体は打ち込み後、材齢 1 日で脱型し 20℃で 27 日間水中養生を行った後、20℃、60%RH の環境下で 30 日間保存した。その後、加熱供試体に関しては、一面加熱となるよう 5 面を次のように被覆した。まず、供試体側面からの水分の蒸発を防ぐため、第 1 層としてアルミ粘着テープで被覆し、第 2 層に断熱材を巻き、第 3 層のアルミ粘着テープで固定した。さらに、第 4 層にも断熱材を巻き、アルミ粘着テープで固定(第 5 層)した。非加熱供試体は、5 面をアルミ粘着テープで覆い、側面からの吸湿または乾燥を防止した。

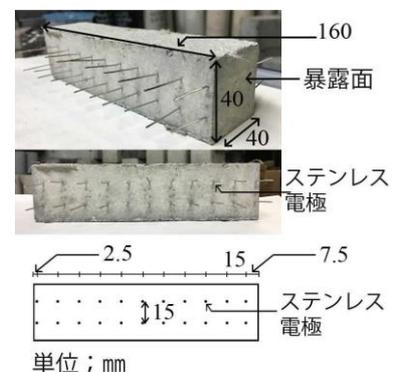


図 1 水分移動試験用供試体

3. 実験概要

供試体の加熱は 2 条件で行い、1 つは供試体の曝露面を鉄板上に静置し、鉄板を加熱することで、供試体への加熱を行った(鉄板加熱)。もう一方は、耐火炉でのバーナーからの輻射熱により、供試体への加熱を行った(輻射加熱)。これら 2 条件と比較するため、非加熱供試体も用意し、3 水準による比較を行った。鉄板加熱では、鉄板の温度を約 20℃/分の速度で 350℃まで上昇させ、350℃で 15 分間保持し、総加熱時間が加熱開始から約 31 分となるよう加熱した。輻射加熱も鉄板加熱と同様に、曝露面を放火方向に向け、同時間加熱した。

水分移動試験では、供試体加熱後、非加熱供試体と加熱供試体それぞれについて、交流 1kHz、1V に設定した LCR メーターを用いて、供試体に配置した電極間の電気抵抗の測定を行った。測定した電気抵抗値は、電極形状や電極間隔などにより変化するため、式[1]を用いて比抵抗に変換した。

$$R = \left\{ \log(d/a) / (\pi \times l) \right\} \times \rho = Sf \times \rho \quad [1]$$

ここで、 R :電気抵抗(kΩ)、 a :電極棒の半径(cm)、 d :電極間隔(cm)、 l :通電部の長さ(cm)、 ρ :比抵抗(kΩ・cm)、 Sf :電極固有の形状係数(本研究では、0.1212 と算出された)である。

キーワード 高温曝露, 輻射加熱, 鉄板加熱, 電気抵抗, 水分移動

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 TEL:823-424-7786

4. 実験結果および考察

図 2, 3 にそれぞれ輻射加熱供試体および鉄板加熱供試体における, 加熱後の比抵抗の経時変化を示す. なお, 図中の非加熱は, 加熱供試体の加熱時材齢 (材齢 58 日) における非加熱供試体の比抵抗を示す. 鉄板加熱では, 加熱時間 31 分経過後すぐさま供試体を鉄板から下ろし, 電気抵抗の測定を行ったが, 輻射加熱では, 耐火炉内の温度が下がるのを確認した後, 電気抵抗を測定したため, 加熱後 0 分の測定ができていない. また, 輻射加熱, 鉄板加熱を行った際の, 供試体の温度履歴をそれぞれ図 4, 5 に示す. 加熱温度は, 輻射加熱と鉄板加熱で同程度に合わせたものの, 供試体の受熱温度は両者で大きく異なる結果となった.

温度が 150℃以上の高温に達した鉄板加熱での表面付近では, 急激な比抵抗の増加が見られた. 加熱によって, 急速に供試体の乾燥が進んだことを示している. その一方で, 鉄板加熱における 37.5mm 以深ならびに輻射加熱では, 加熱後に比抵抗が減少した. 温度上昇に伴う液状水の蒸発や結合水の分解により内部相対湿度が上昇したことを示す. 輻射加熱と比較して鉄板加熱の方が, 比抵抗の減少が大きくなっているが, 図中に数値を示すように, 供試体内部の温度が影響しているものと思われる. 両方の加熱でほぼ同一の温度となっている箇所では, ほぼ等しい比抵抗が得られている. ただし, 加熱方法の相違により, 輻射加熱では暴露面が開放されているため表面からの液状水等の蒸発は生じやすく, 鉄板加熱では暴露面を鉄板で閉じているため表面からの液状水等の蒸発が生じにくい可能性がある. 比抵抗の相違は, この境界条件の相違を反映している可能性もあり, 加熱に伴う供試体内部の水分移動挙動を的確に把握するためには, 今後さらに検討が必要である.

5. 結論

(1) 加熱に伴う供試体内部の水分移動挙動を電気抵抗法により把握できる可能性が示唆された. ただし, 把握にあたっては, 供試体内部の温度変化を加味する必要がある.

(2) 加熱方法の相違により, 供試体の受熱温度は大きく異なる. また, 暴露面の条件の相違が加熱後の供試体内部の水分移動に影響を及ぼしている恐れがある.

参考文献

- (1) 原田有: 高熱を受けたコンクリートの強度と弾性の変化 (第 3 報), 日本建築学会論文報告集, 第 56 号, pp.1~7, (1957)
- (2) The International Federation for Structural Concrete (fib) (2008), “Fire design of concrete structures-structural behaviour and assessment”, Bulletin 46, Switzerland
- (3) 安部武雄ほか: 高温における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究, 日本建築学会構造系論文集, No. 515, pp.163-168, (1999)

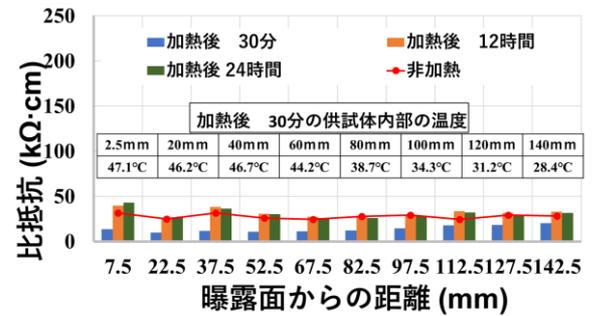


図 2 比抵抗の経時変化 (輻射加熱)

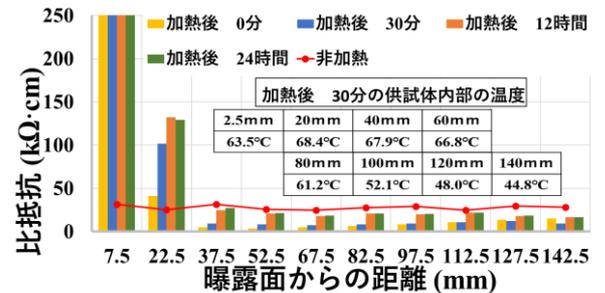


図 3 比抵抗の経時変化 (鉄板加熱)

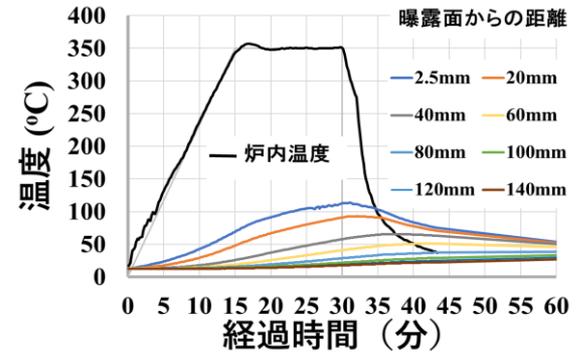


図 4 温度履歴 (輻射加熱)

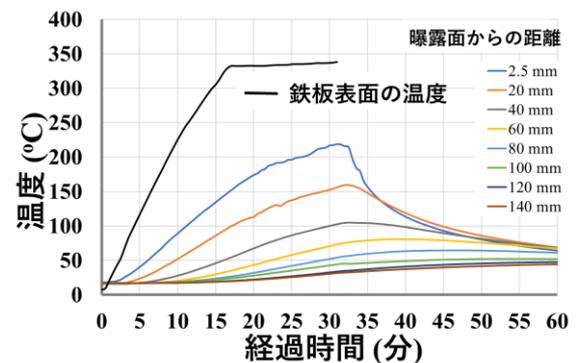


図 5 温度履歴 (鉄板加熱)