

2 回加熱を受けたモルタルの圧縮強度及びヤング係数の強度回復

武蔵工業大学 学生会員 ○河本 慧美, 羽原 和也

武蔵工業大学 正会員 栗原 哲彦

1. はじめに

一般に、コンクリートは受熱温度が 300℃ 以下であれば冷却後の残存圧縮強度は受熱前の 70% 以上という実験結果が出ており、強度に問題はないとされている¹⁾。しかし、コンクリートが 300℃ 以下の加熱を繰返された場合の、加熱の影響を示した実験データは皆無である。そこで、本研究では繰返し加熱に対するモルタルの残存強度及び強度回復を実験的に検討することとした。

2. 実験概要

2.1 供試体の配合および寸法

本実験では、強度の違いによる劣化性状の比較を行うため、高強度モルタル ($W/(C+SF)=20\%$) と普通強度モルタル ($W/C=60\%$) の 2 種類のモルタルにより、円柱供試体 ($\phi 50 \times 100 \text{ mm}$) を作製した。これらの供試体は爆裂防止のため PP(polypropylene)繊維を 0.2vol% 混入している。また、供試体は打設後 28 日間水中養生とした。モルタルの示方配合を表 1 に示す。

2.2 加熱実験

供試体の加熱には、温度制御機能を有する高温電気炉を用いた。加熱試験は 28 日間水中養生後、表面を自然乾燥させてから行った。昇温勾配は 1℃/min とした。これは、本実験では加熱後の供試体の材料特性を検討するため、爆裂現象による破壊を避ける必要があり、この爆裂を防ぐには供試体内部温度を均一にしながら昇温させる

方法が有効とされているため緩やかに昇温させることとした。さらに、金網の箱を作製し、その中に供試体を入れて加熱実験をした。これは万が一供試体が爆裂した時に、電気炉内部の発熱体の破損を防ぐためである。加熱パターンは、非加熱、最高温度 200℃、最高温度 300℃ とするものの 3 種類とした。目標温度である 200℃、300℃ まで温度を上げたあとは、自然冷却とした。これらを 1 回加熱、同じ加熱パターンでの 2 回目の加熱を実施することとした。

2.3 載荷試験

1 回加熱後、また 2 回加熱の場合は、加熱後 28 日経過した時期が最も強度残存率が下がるとされるため²⁾、1 回目の加熱後の気中養生期間は 28 日間とし 2 回目の加熱後、それぞれ 3・7・28・56・91 日間気中養生し、圧縮強度試験及びヤング係数試験を行った。

表 1 示方配合

W/(C+SF) %	単位量 (kg/m ³)						
	W	C	SF	S	Ad ₁	Ad ₂	Ad ₃
20	162	804	147	1156	33.3	—	—
60	282	471	—	1356	—	1.17	0.05

W:練混ぜ水 C:普通ポルトランドセメント SF:シリカフューム S:細骨材
Ad₁:高性能 AE 減水剤 Ad₂:AE 減水剤 Ad₃:AE 助剤
PP:ポリプロピレン繊維(密度 0.91g/cm³, 繊維長 12mm, 繊維度 37dtx)

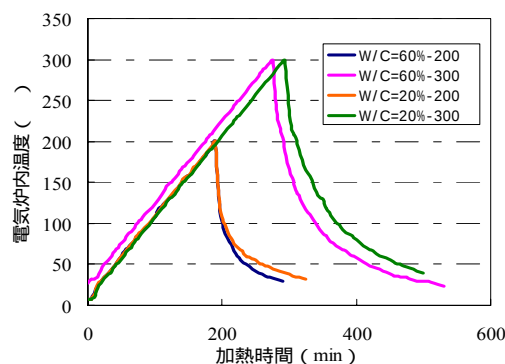


図 1 電気炉内加熱温度 - 加熱時間

表 2 圧縮強度及びヤング係数試験結果 (平均値)

加熱温度 (℃)	圧縮強度 (N/mm ²)					ヤング係数 (kN/mm ²)				
	3 day	7 day	28 day	56 day	91 day	3 day	7 day	28 day	56 day	91 day
W/C=20%										
non-heated	76.6	73.8	78.6	67.1	73.5	31.0	36.5	30.1	35.3	29.9
2heat-200	75.7	71.8	73.7	51.7	66.3	26.9	31.3	26.6	28.4	36.1
2heat-300	67.2	68.2	62.1	58.6	73.2	23.0	28.8	21.6	22.7	24.6
W/C=60%										
non-heated	32.4	39.8	42.4	41.6	42.1	17.0	20.8	20.7	22.8	31.4
2heat-200	24.6	28.1	30.1	30.8	34.7	12.9	18.8	17.3	18.0	20.1
2heat-300	21.1	25.2	27.6	27.5	33.2	11.1	13.2	12.4	14.4	15.5

キーワード 繰返し加熱 圧縮強度 ヤング係数 強度回復

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 都市基盤工学科 Tel 03-3703-3111(内線 3242)

3. 実験結果

3.1 加熱実験

実験で計測された高温電気炉内の温度の加熱曲線を図 1 に示す。1 /min の昇温勾配が再現でき、高温電気炉内の最高温度も目標温度に達したことがわかる。加熱された供試体は、爆裂することなく、外観も大きな変化は見られなかった。300 で加熱した供試体にかぎり、表面が一部薄茶に変色していた。また、200 で加熱した供試体内部には PP 繊維が残存していた。PP 繊維の融点は約 171.8 とされるため、供試体の受熱温度自体は目標温度よりも低かったと考えられる。1 回加熱と 2 回加熱と実施したが外観、PP 繊維の有無に大きな変化は見られなかった。

3.2 圧縮強度及びヤング係数試験

圧縮強度及びヤング係数試験の結果一覧を表 2 に、圧縮強度とヤング係数の加熱温度による残存率から見た強度回復をそれぞれ図 2・3・4・5 に示す。

図 2 より高強度モルタルの圧縮強度残存率は、1 回加熱では加熱後 56 日までは残存率が低下し、91 日では回復が見られた。2 回加熱においてはバラつきが見られた。図 3 より普通強度モルタルの圧縮強度残存率は、1 回加熱では加熱後 56 日、2 回加熱では加熱後 7 日から残存率の回復が見られた。加熱直後は 2 回加熱が 1 回加熱より残存率が大きく低下したが、加熱後 56 日では 2 回加熱も 1 回加熱と同程度まで残存率が回復した。加熱後に残存率が低下したのは、加熱によりセメントや細骨材が膨張収縮挙動し、内部に微細ひび割れが発生したためと考えられる。また、残存率が回復したのは未水和セメントの水和反応が促進されたためと考えられる。

図 4 より高強度モルタルのヤング係数残存率は 1 回加熱・2 回加熱とも残存率は 60% 以上となったが、図 5 より普通強度モルタルのヤング係数残存率は 2 回加熱のものは、加熱後の材齢が経つにつれ、残存率が低下するという傾向がみられた。

4. まとめ

- (1) 圧縮強度残存率は 2 回加熱をすると、1 回加熱に比べ加熱直後の残存率は低くなるが、加熱後 56 日では 1 回加熱と同程度まで回復した。
- (2) 高強度モルタル・普通強度モルタルともに加熱後 91 日では 2 回加熱後でも圧縮強度残存率は 70% 以上になるという結果になった。
- (3) ヤング係数残存率は高強度モルタルは加熱回数による差は見られなかったが、普通強度モルタルは加熱回数が増えたと残存率が低下した。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建物の火害診断及び補修・補強方法，日本建築学会，p10，2004
- 2) 社団法人，日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告書，p103，2002.6

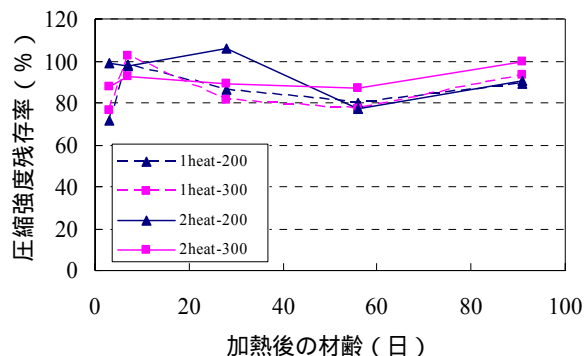


図 2 圧縮強度残存率の強度回復（高強度）

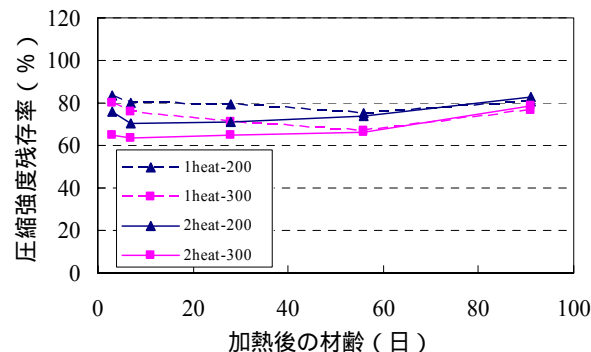


図 3 圧縮強度残存率の強度回復（普通強度）

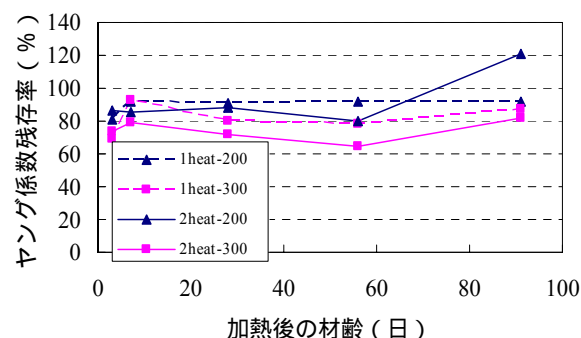


図 4 ヤング係数残存率の強度回復（高強度）

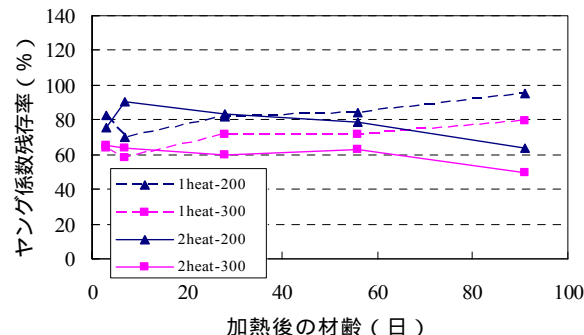


図 5 ヤング係数残存率の強度回復（普通強度）