

# 27 小径ドリル型削孔試験機によるモルタルの火害度推定の定量評価に関する実験的研究

1934029 児島怜花 1934081 山田祐香里

## 1. 研究背景・研究目的

火害を受けた建物の既存の強度調査方法では、簡便に圧縮強度を測定できない、建物に対するダメージが大きいといった問題がある。それらを解決するために、長谷川ら<sup>1)</sup>は小型で携帯が可能な建造物に負担をかけない 3 mm径の小径ドリル型削孔試験機の開発をしている。本研究室では、削孔試験機を用いた火害を受けたモルタルの強度推定に関する研究を進めてきた<sup>2)</sup>。今年度の研究では、火害を受けたモルタルの削孔速度と内部性状の関係を明確にする。また、火害度推定に関する定量的評価を目標に、ビッカース硬さ試験を行い、小径ドリル型削孔試験機の有効性を確認する。

## 2. 実験概要

写真-1の小径ドリル型削孔試験機<sup>2)</sup>で、火害試験用試験体を用いた削孔試験を行う。削孔箇所を図-1に示す。試験体を加熱した後 10 mmごとに切断し、削孔を行う。削孔試験では、火害面を 20 回ずつ削孔し、それぞれの平均削孔速度を求めた。また、ビッカース硬さ試験を行い、削孔試験結果と比較・検討する。

### 2.1 試験体製作

本実験では、水セメント比 70%の調合で、圧縮強度試験用に φ 50 mmの円柱供試体と、削孔試験用に 100 mm×100 mm×100 mmの立方供試体をそれぞれ製作し、2 週間の水中養生(20°C)後、2 週間の気中養生を行った。

### 2.2 火害実験

図-2に試験体加熱の様子を示す。試験体の一面のみ加熱されるよう配置する。試験体の加熱は電気炉を用い、温度は 500°C、加熱時間は、30 分、1 時間、4 時間、6 時間の 4 水準とする。また、加熱時間による試験体内部の温度変化を観察するため、熱電対を埋め込んだ試験体を二つ製作し 6 時間の加熱試験を行う。図-3に熱電対設置箇所を、図-4に試験体温度および炉内温度をそれぞれ示す。

### 2.3 ビッカース硬さ試験

JIS Z 2244:2009の方法で、角錐型圧子を 9.8Nで 15 秒間押しつけてきた圧痕の対角線の長さを測定して硬さを計測する。ビッカース硬さ(Hv)は下記の式(1)で求める。

$$Hv = 1.8544 \frac{F}{d^2} \quad (\text{式 1})$$

ここで、F:試験荷重(kN)、d:圧痕の対角線の長さの平均(mm)

各加熱時間別試験体の表面から 2 mm毎に 5 箇所ずつビッカース硬さ試験を行い、平均値を求める。得られたビッカース硬さ試験結果と、削孔試験結果と照らし合わせ、関連性を調べることで削孔試験結果の妥当性を確かめる。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 圧縮強度試験

図-5に圧縮強度残存比を、図-6にヤング係数残存比をそれぞれ示す。加熱時間が長くなるにつれて強度と剛性が低下

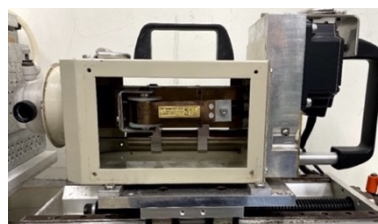


写真-1 小径ドリル型削孔試験機<sup>2)</sup>

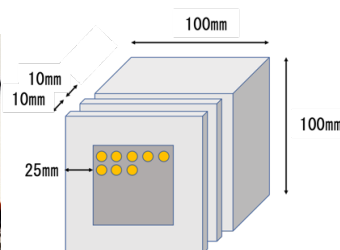


図-1 モルタル試験体の削孔箇所

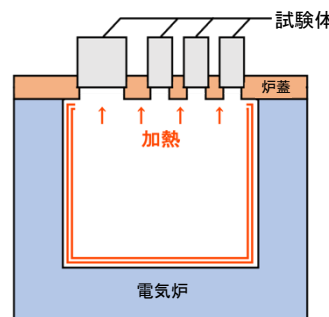


図-2 加熱イメージ

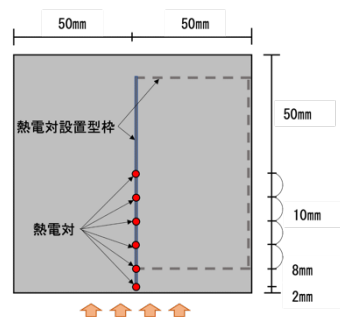


図-3 熱電対の設置箇所

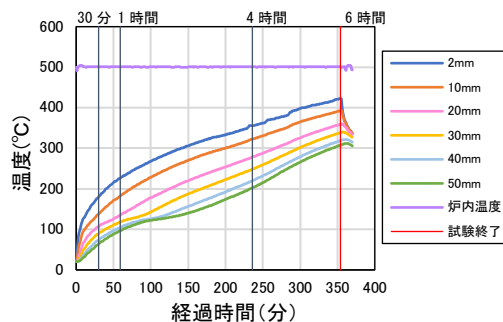


図-4 試験体内温度および炉内温度

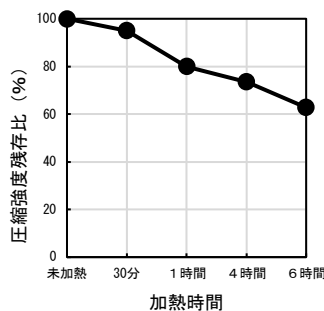


図-5 圧縮強度残存比

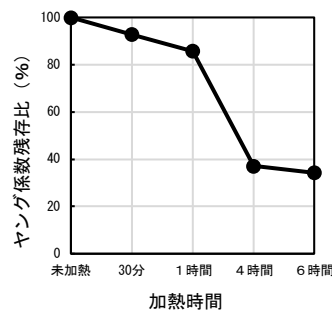


図-6 ヤング係数残存比

する傾向が見られた。圧縮強度低下率は、30 分加熱試験体では 5%程度、6 時間加熱試験体では 40%程度である。またヤング係数低下率は、30 分加熱試験体では 10%程度、6 時間加熱試験体では 60%程度となった。

### 3.2 削孔試験

図-7に削孔速度と削孔深さの関係の一例を示す。同図 a)は、未加熱試験体の場合で、平均削孔速度は 0.224 mm/sとなり、試験体表面から深さ方向に向けて安定した削孔速度が得られた。また、同図 b)に 1 時間加熱試験体と、同図 c)に 4 時間加熱試験体の例を示す。同図中の b)、c)は、加熱面から試験体内部に 10 mm毎に削孔したデータを繋ぎ合わせて示し

た。火害を受けた加熱面から内部方向に向けて削孔速度が遅くなっていく傾向が見られた。1時間加熱試験体では、表面から13mm付近までは削孔速度が未加熱試験体に比べ速くなっているのに対し、13mm～30mm付近での削孔速度は0.229mm/sと未加熱試験体と同等の削孔速度が得られたため、これ以降は火害の影響による強度低下は見られない。また、4時間加熱試験体では、表面から20mm付近までは火害の影響を受け削孔速度が、削孔速度が未加熱試験体に比べ速くなっているのに対し、22mm～40mm付近になると平均削孔速度は0.20mm/sと未加熱試験体と同等の削孔速度が得られたため、これ以降は火害の影響を受けていないものと推測される。図-8に加熱時間別試験体と平均削孔速度と削孔深さの関係を示す。1時間以上の加熱を行なった試験体は、表面から試験体内部にかけて削孔速度が低下していき、未加熱試験体と同等の削孔速度へ収束していく傾向が見られた。

### 3.3 ビッカース硬さ試験

未加熱試験体のビッカース硬さ試験結果を表-1に示す。5回平均は61.005HVとなり、この値を基準として計測を行なった。図-9に4時間加熱試験体のビッカース硬さと加熱面からの深さの関係を示す。4時間加熱試験体では約22mm付近で未加熱試験体と同等の硬さまで戻り、これ以降は火害の影響を受けていないと推測される。また、図-10にビッカース硬さと削孔速度の関係を示す。一部の試験体でばらつきが見られるものの、いずれの試験体においても加熱面から試験体内部に向かってHv値が高くなる傾向が見られる。これは、3.2節の結果と同様の傾向が見られていることから、火害を受けた試験体の火害度推定に削孔試験機の有効性を確認した。

## 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) モルタル試験体は加熱時間が長くなるにつれ、圧縮強度とヤング係数が低下する傾向が見られた。
- 2) 削孔試験では、1時間以上の加熱を受けた試験体での火害の影響による削孔速度の違いを確認できた。1時間加熱試験体では深さ約20mm程度まで、4時間加熱試験体では深さ約30mm程度まで、6時間加熱試験体では深さ約40mm程度まで火害を受けていると推測できた。
- 3) ビッカース硬さ試験は、一部の試験体でばらつきが見られるものの、いずれの試験体においても加熱面から試験体内部に向かってHv値が高くなる傾向が見られた。これは、削孔試験の結果と同様の傾向が見られていることから、火害を受けた試験体の火害度推定に削孔試験機の有効性を確認した。

## 参考文献

- 1) 長谷川哲也、畑中 重光、三島 直生、谷川 恭雄：小径ドリル型削孔試験機の開発と歴史的建造物の表層強度測定への適用、コンクリート工学年次論文集, Vol46, No.6, pp.10~17, 2017
- 2) 澤田怜奈、鈴木利奈：小径ドリル型削孔試験機による火害を受けたモルタルの火害度推定に関する実験的研究、2021年度金城学院大学研究論文

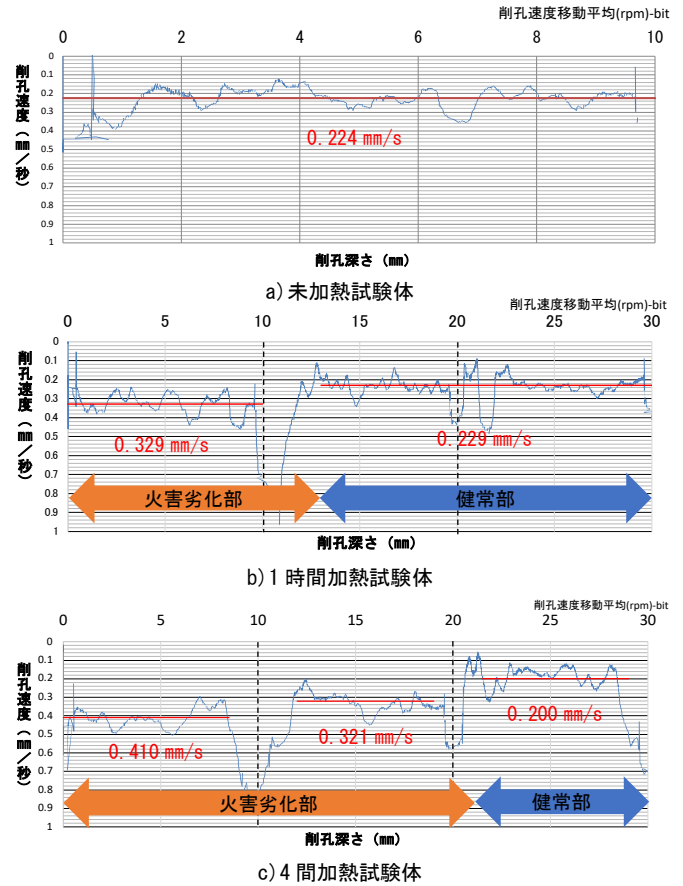


図-7 削孔速度と削孔深さの関係の一例

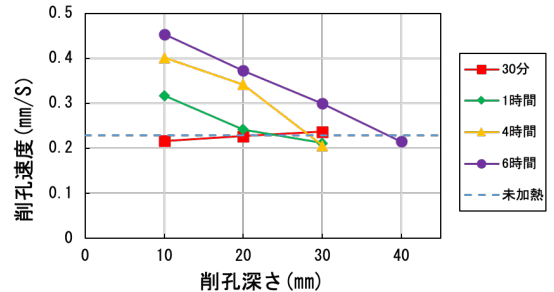


図-8 加熱時間別試験体の平均削孔速度と削孔深さの関係

表-1 ビッカース硬さ(未加熱)

試料	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d	HV1
1	97.8	122.6	110.20	61.081
2	87.7	96.5	92.10	87.449
3	123.8	122.0	122.90	49.110
4	117.3	121.2	119.25	52.162
5	113.7	118.1	115.90	55.221
Ave.				61.005

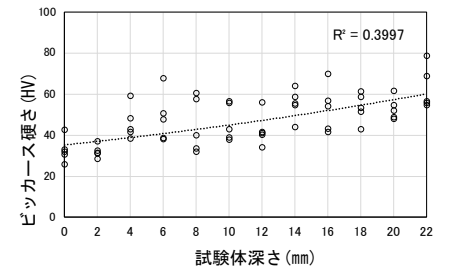


図-9 ビッカース硬さ(4時間加熱)

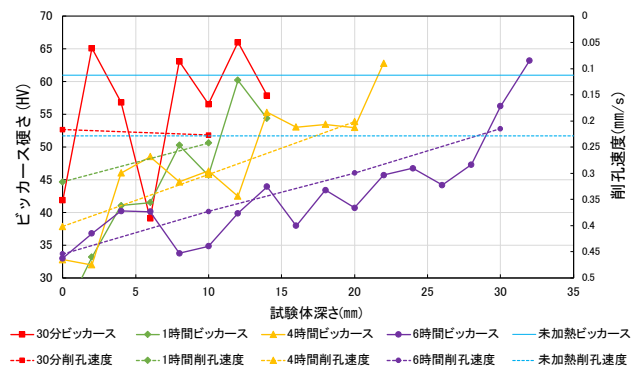


図-10 ビッカース硬さと削孔速度の関係