

## 旧オルト住宅主屋、附属屋における石材（砂岩）及び煉瓦の 材料試験

- 種別：材料試験〔木材・煉瓦・鉄・コンクリート・その他〕、重量測定、  
要素試験〔接合部・軸組・壁〕、水平構面（床・天井・小屋組・屋根）・非構造部材・その他〕、  
補強性能試験〔接合部・軸組・壁・水平構面（床・天井・小屋組・屋根）・非構造部材・その他〕

### ●基本情報

文化財名称：旧オルト住宅主屋、附属屋

文化財種別（指定年月日）：重要文化財（昭和47年5月15日）

所在地：長崎県長崎市南山手町 8-1(グラバー園構内)

所有者：長崎市

構造形式：(主屋) 木及び石造、一階建、棧瓦葺、建築面積 504.1 m<sup>2</sup>

(附属屋) 煉瓦造、一階建、棧瓦葺、建築面積 108.1 m<sup>2</sup>

建築年：慶応元年（1865年）

事業名称：重要文化財旧オルト住宅主屋ほか2棟耐震診断事業

事業期間：令和元年12月3日～令和3年2月26日

工事種別：耐震診断

事業者：長崎市

設計監理：(公財)文化財建造物保存技術協会

実験計画者：(株)計測リサーチコンサルタント

実験機関：(一財)建材試験センター中央試験場(要素せん断試験以外)

(株)計測リサーチコンサルタント(要素せん断試験)

実験年月日：令和2年6月

引用・参考文献：

### ●実験に至る経緯と目的

構造検討上必要となる、構造要素の力学的特性や材料特性などの物性を把握するため、  
石材及び煉瓦や目地の材料としての強度や組積体としての強度を実験的に調査した。

● 姿図・寸法

【使用材料】

石材：砂岩（階段部、GL下基礎部よりコア採取）

煉瓦：（付属屋壁面よりコア採取及び煉瓦単体採取）



採取された石材コア(φ80×170~230)



採取された煉瓦要素コア(φ80×105~110)



採取された煉瓦単体(230×110×60)

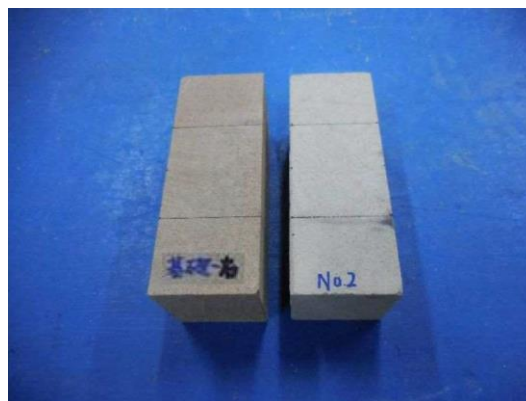
【試験体】

試験体

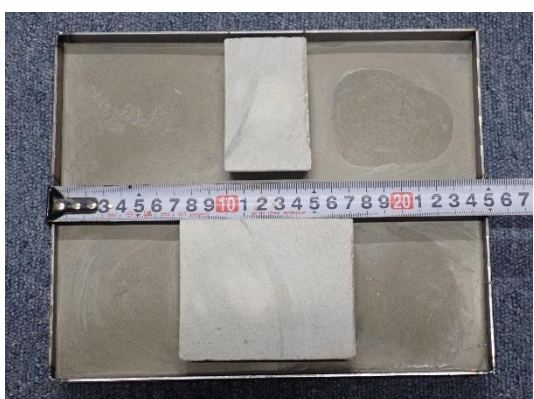
	No	調査項目	主屋	附属屋	倉庫	合計
石材	1	密度・吸水率試験	2体	—	—	2体
	2	石材単体 圧縮	2体	—	—	2体
	3	石材単体 せん断	2体	—	—	2体
	4	石材摩擦試験	2体	—	—	2体
煉瓦	5	密度・吸水率試験	—	2体	—	2体
	6	煉瓦単体 圧縮	—	2体	—	2体
	7	煉瓦単体 引張	—	2体	—	2体
	8	煉瓦単体 せん断	—	2体	—	2体
	9	煉瓦要素 圧縮	—	2体	—	2体
	10	煉瓦要素 引張	—	2体	—	2体
	11	煉瓦要素 せん断	—	2体	—	2体



No.1, 2 試験体 (φ80×160 程度)



No.3 試験体 (53×60×140 程度)



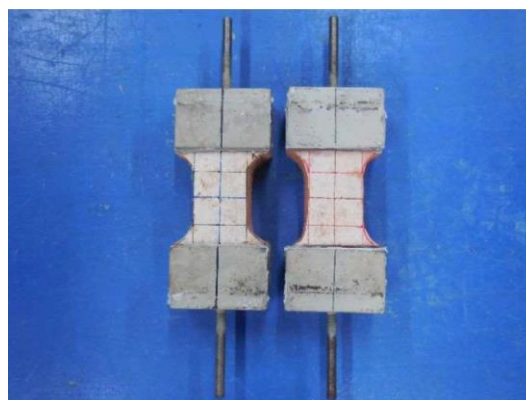
No.4 試験体 (摩擦面 45×80 程度)



No.5 試験体 (230×110×60)



No.6 試験体(断面積 100×100 程度)



No.7 試験体 (断面積 60×110 程度)



No.8 試験体 (230×110×60)



No.9 試験体 (断面積 100×100 程度)



No.10 試験体 (断面積 80×100)



No.11 試験体 (摩擦面 100×80 程度)

●実験方法

No.1, 5【密度・吸水率試験】

○No.1 石材

供試体は、供試材からコンクリートカッター及び研磨機を使用して採取及び整形したのち、試験に供した。

見掛比重及び吸水率試験は、JIS A 5003（石材）の 5.2 見掛比重及び 5.3 吸水率に準じて行った。

整形後の供試体の寸法をノギスで測定したのち、 $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ の乾燥機内で恒量になるまで乾燥し、室温まで冷却後に質量を測定した（乾燥時の質量）。続いて、その供試体を  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$  の水中に 48 時間浸せきしたのち取り出し、水分を拭い取り直ちに質量を測定した（吸水後の質量）。

見掛比重及び吸水率は、次式によって算出し、見掛比重は小数点以下 2 けた、吸水率は小数点以下 1 けたに、四捨五入によって丸めた。

$$\text{見掛比重} = \frac{\text{乾燥時の質量 (g)}}{\text{正味体積 (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{吸水率 (\%)} = \frac{\text{吸水後の質量 (g)} - \text{乾燥時の質量 (g)}}{\text{乾燥時の質量 (g)}} \times 100$$

○No.5 煉瓦（単体）

供試体は、供試材からブラシを用いて余分なモルタルを除去したのち、試験に供した。

密度及び吸水率試験は、JIS R 1250（普通れんが及び化粧れんが）の 7.4 吸水率試験に準じて行った。整形後の供試体の寸法をノギスで測定したのち、 $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ の乾燥機内で 24 時間以上乾燥し、室温まで冷却後に質量を測定した（乾燥質量）。続いて、その供試体を  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$  の水中に 24 時間以上浸せきしたのち取り出し、水分を拭い取り直ちに質量を測定した（飽水質量）。

密度及び吸水率は、次式によって算出し、四捨五入によって小数点以下 2 けた（密度）又は小数点以下 1 けた（吸水率）に丸めた。

$$\text{密度 (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{乾燥質量 (g)}}{\text{供試体の幅 (mm)} \times \text{供試体の長さ (mm)} \times \text{供試体の厚さ (mm)}} \times 1000$$

$$\text{吸水率 (\%)} = \frac{\text{飽水質量 (g)} - \text{乾燥質量 (g)}}{\text{乾燥質量 (g)}} \times 100$$

No.2 【石材圧縮強度試験】

見掛比重及び吸水率試験後の供試体を乾燥させたのち、圧縮強度試験に用いた。圧縮強度試験は、500kN 万能試験機を用いて、JIS A 1107（コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法）に準じて行った。

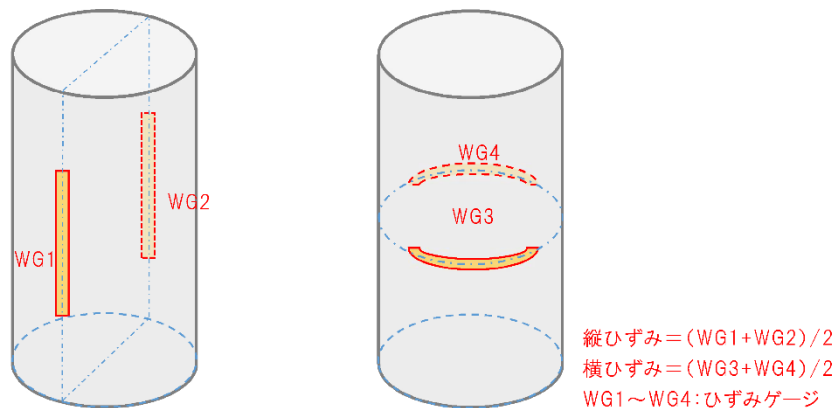
圧縮弾性係数及びポアソン比試験は、圧縮強度試験時に JIS A 1149（コンクリートの静弾性係数）に準じて行った。供試体のひずみの測定は、下図のようにひずみゲージ（検長：縦 60mm，横 30mm，抵抗値：120Ω）を供試体に貼り付け、デジタルひずみ測定器を用いて行った。圧縮弾性係数及びポアソン比は、次式によって有効数字 3 けたまで求めた。

$$E_c = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_1 - 100 \times 10^{-6}} \times 10^{-3}$$

- ここに、  
 $E_c$  : 圧縮弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)  
 $S_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $S_2$  : 供試体の縦ひずみ100×10<sup>-6</sup>のときの応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\varepsilon_1$  :  $S_1$ の応力によって生じる供試体の縦ひずみ

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - 100 \times 10^{-6}} \right|$$

- ここに、  
 $\nu$  : ポアソン比  
 $\varepsilon_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力における縦ひずみ  
 $\varepsilon_2$  : 最大荷重の1/3に相当する応力における横ひずみ  
 $\varepsilon_3$  : 縦ひずみ100×10<sup>-6</sup>の時の応力における横ひずみ



### No.3 【石材せん断強度試験】

供試体は、供試材からコンクリートカッターを使用して採取及び整形したのち、試験に供した。

せん断強度試験は、500kN 万能試験機及び二面せん断ジグを用いて、日本コンクリート工学協会・規準集 JCI-SF6（繊維補強コンクリートのせん断強度試験方法）に準じて行った。せん断強度は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

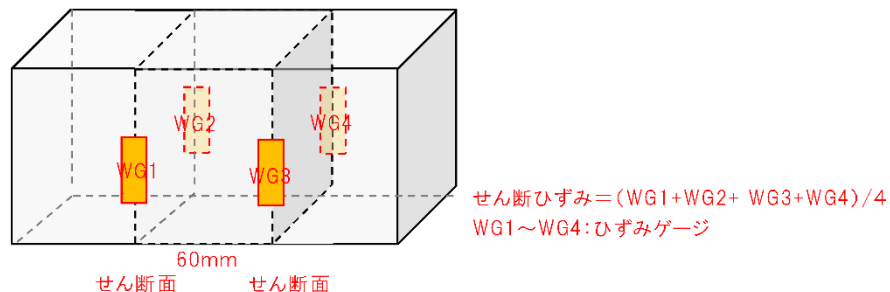
$$\tau = \frac{P}{2 \times b \times h}$$

- ここに、 $\tau$  : せん断強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $P$  : 最大荷重 (N)  
 $b$  : 供試体の幅 (mm)  
 $h$  : 供試体の高さ (mm)

せん断弾性係数試験は、せん断強度試験時に供試体のひずみを測定して行った。供試体のひずみの測定は、ひずみゲージ（検長：20mm，抵抗値：120Ω）を下図のように貼り付け、デジタルひずみ測定器を用いて行った。せん断弾性係数は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

$$E_s = \frac{S_1 - S_2}{\epsilon_l - 100 \times 10^{-6}} \times 10^{-3}$$

- ここに、 $E_s$  : せん断弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)  
 $S_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $S_2$  : 供試体のせん断ひずみ $100 \times 10^{-6}$ のときの応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\epsilon_l$  :  $S_1$ の応力によって生じる供試体の縦ひずみ



#### No.4 【石材摩擦試験】

摩擦係数試験は、JIS K 7125 を参考とし、垂直荷重を掛けながら行う試験とした。あらかじめ試験体の寸法及び重量を計測する。切断面を水平に設置し、上部と下部にそれぞれ治具を設置して、切断面に直角になるように載荷する。載荷する荷重は 11.2kg と 22.4kg に設定した。

荷重を掛けた状態で、目地に水平な荷重を載荷し、試料が移動した際の荷重と変位を測定した。

試験体の加工は以下の通りである。

- 1) 石材をグラインダー等により、必要寸法にカット。
- 2) 供試体を試験用治具（内箱）の中にセットし、セメントにより固定。
- 3) 内箱を外箱にセットする。

摩擦係数は、以下の式にて算出する。

$$\mu_s = F_s / F_p$$

$\mu_s$  : 静摩擦係数

$F_s$  : 静摩擦力 (N)

$F_p$  : 上部供試体+治具の質量 (N)

※変位が出る際の最大荷重を静摩擦力 (N) とする。

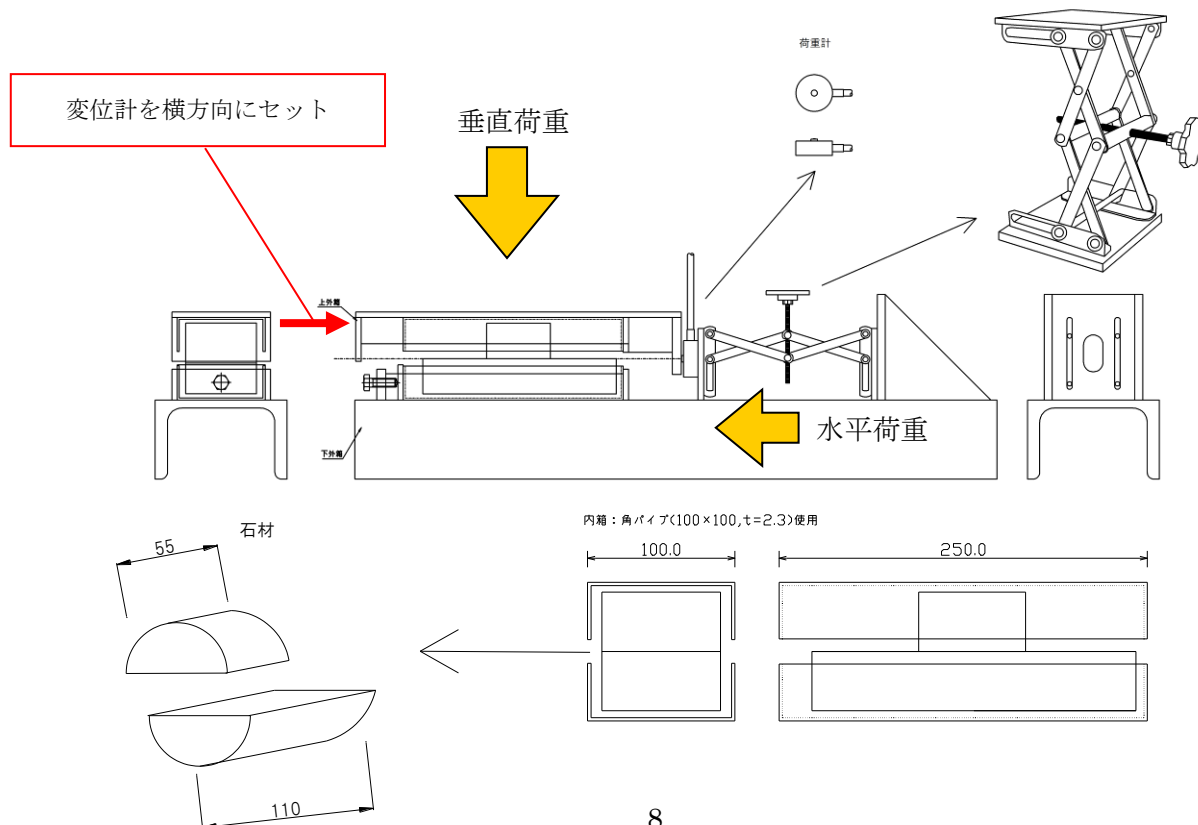
$$\mu_D = F_D / F_p$$

$\mu_D$  : 動摩擦係数

$F_D$  : 動摩擦力 (N)

$F_p$  : 上部供試体+治具の質量 (N)

※最大荷重後、変位が 10mm から 15mm までの平均荷重を動摩擦力 (N) とする。





### No.6【煉瓦単体 圧縮強度試験】

供試体は、供試材からコンクリートカッターを使用して採取及び整形したのち、せっこう及びセメントを用いて加圧面をキャッピングし、試験に供した。

圧縮強度試験は、3000kN 圧縮試験機を用いて、JIS R 1250 の 7.5 圧縮強度試験に準じて行った。

圧縮強度は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

$$\text{圧縮強度 (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{最大荷重 (N)}}{\text{加圧面積 (mm}^2\text{)}}$$

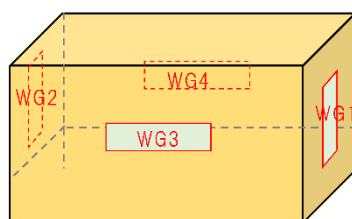
圧縮弾性係数及びポアソン比試験は、圧縮強度試験時に供試体のひずみを測定して行った。供試体のひずみの測定は、ひずみゲージ（検長：30mm，抵抗値：120Ω）を下図のように貼り付け、デジタルひずみ測定器を用いて行った。圧縮弾性係数及びポアソン比は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。ひずみの符号は圧縮方向を正、引張方向を負とした。

$$E_c = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_1 - 400 \times 10^{-6}} \times 10^{-3}$$

- ここに、  
 $E_c$  : 圧縮弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)  
 $S_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $S_2$  : 供試体の縦ひずみ $400 \times 10^{-6}$ のときの応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\varepsilon_1$  :  $S_1$ の応力によって生じる供試体の縦ひずみ

$$v = \left| \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - 400 \times 10^{-6}} \right|$$

- ここに、  
 $v$  : ポアソン比  
 $\varepsilon_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力における縦ひずみ  
 $\varepsilon_2$  : 最大荷重の1/3に相当する応力における横ひずみ  
 $\varepsilon_3$  : 縦ひずみ $400 \times 10^{-6}$ の時の応力における横ひずみ



縦ひずみ = (WG1 + WG2) / 2  
 横ひずみ = (WG3 + WG4) / 2  
 WG1 ~ WG4: ひずみゲージ

### No.7【煉瓦単体 引張強度試験】

供試体は、供試材からコンクリートカッター及び切断砥石等を使用して採取及び整形したのち、供試体両側面にエポキシ樹脂系接着剤を用いて引張試験用ジグを接着し、試験に供した。

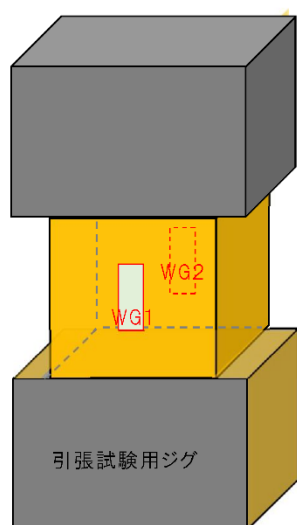
引張強度試験は、試験用ジグにユニバーサルジョイントを取り付け、20kN 定速型万能試験機を用いて連続的に载荷を行った。引張強度は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

$$\text{引張強度 (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{最大荷重 (N)}}{\text{供試体破壊面の幅 (mm)} \times \text{供試体破壊面の厚さ (mm)}}$$

引張弾性係数試験は、引張強度試験時に供試体のひずみを測定して行った。供試体のひずみの測定は、ひずみゲージ（検長：30mm，抵抗値：120Ω）を下図のように貼り付け、デジタルひずみ測定器を用いて行った。引張弾性係数は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

$$E_t = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_1 - 25 \times 10^{-6}} \times 10^{-3}$$

- ここに、
- $E_t$  : 引張弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)
  - $S_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力 (N/mm<sup>2</sup>)
  - $S_2$  : 供試体の縦ひずみ $25 \times 10^{-6}$ のときの応力 (N/mm<sup>2</sup>)
  - $\varepsilon_1$  :  $S_1$ の応力によって生じる供試体の縦ひずみ



縦ひずみ = (WG1 + WG2) / 2  
WG1 ~ WG2: ひずみゲージ

### No.8【煉瓦単体 せん断強度試験】

供試体は、供試材からコンクリートカッターを使用して整形したのち、試験に供した。

せん断強度試験は、500kN 万能試験機及び二面せん断ジグを用いて、JCI-SF6（繊維補強コンクリートのせん断強度試験方法）に準じて行った。せん断強度は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

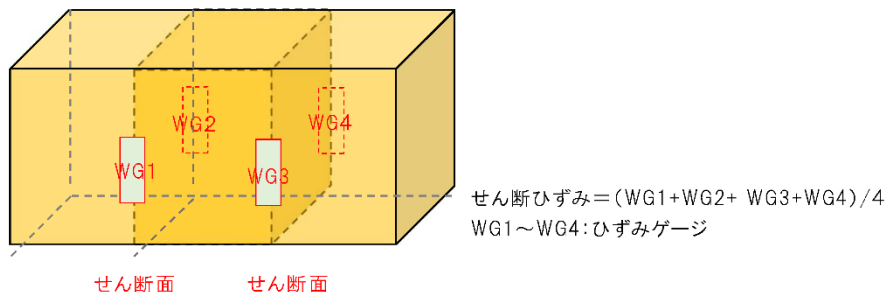
$$\tau = \frac{P}{2 \times b \times h}$$

ここに、 $\tau$  : せん断強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $P$  : 最大荷重 (N)  
 $b$  : 供試体破壊面の幅 (mm)  
 $h$  : 供試体破壊面の厚さ (mm)

せん断弾性係数試験は、せん断強度試験時に供試体のひずみを測定して行った。供試体のひずみの測定は、ひずみゲージ（検長：20mm，抵抗値：120Ω）を下図のように貼り付け、デジタルひずみ測定器を用いて行った。せん断弾性係数は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

$$E_s = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_1 - 100 \times 10^{-6}} \times 10^{-3}$$

ここに、 $E_s$  : せん断弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)  
 $S_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $S_2$  : 供試体のせん断ひずみ $100 \times 10^{-6}$ のときの応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\varepsilon_1$  :  $S_1$ の応力によって生じる供試体のせん断ひずみ



### No.9【煉瓦要素 圧縮強度試験】

供試体は、供試材からコンクリートカッターを使用して採取及び整形し、せっこう及びセメントを用いて加圧面をキャッピングしたのち、試験に供した。

なお、供試体番号 9 の供試体は、整形時に目地部で破損したため、試験結果に影響がない範囲で補修した。

圧縮強度試験は、500kN 万能試験機を用いて、JIS R 1250 の 7.5 の圧縮強度試験に準じて行った。

圧縮強度は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。また、破壊後に目地モルタルの充填率を目視観察で求めた。

$$\text{加圧面積 (mm}^2\text{)} = \frac{\text{供試体上面積 (mm}^2\text{)} + \text{供試体下面積 (mm}^2\text{)}}{2}$$

$$\text{圧縮強度 (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{最大荷重 (N)}}{\text{加圧面積 (mm}^2\text{)}}$$

圧縮弾性係数試験は、圧縮強度試験時に変位量を測定して行った。変位量の測定は、圧縮試験機上側の加圧板の 4 方向に電気式変位計（検長：25 mm）を取り付け、デジタルひずみ測定器を用いて行った。ただし、試験機加圧板とのクリアランスを除くために、荷重 1kN 時を変位量のイニシャル値とした。

圧縮弾性係数は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。

$$\varepsilon = \frac{(DG1+DG2+DG3+DG4)}{4h}$$

$$E_c = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_1 - 1000 \times 10^{-6}} \times 10^{-3}$$

ここに、 $\varepsilon$  : 供試体の縦ひずみ

$DG1 \sim DG4$  : 各変位計の変位量（供試体の圧縮変位） (mm)

$h$  : 供試体の高さ (mm)

$E_c$  : 圧縮弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>)

$S_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$S_2$  : 供試体の縦ひずみ $1000 \times 10^{-6}$ のときの応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon_1$  :  $S_1$ の応力によって生じる供試体の縦ひずみ

#### No.10【煉瓦要素 引張強度試験】

供試体は、供試材からコンクリートカッターを使用して採取及び整形したのち、供試体両側面にエポキシ樹脂系接着剤を用いて引張試験用ジグを接着し、試験に供した。

引張強度試験は、試験用ジグにユニバーサルジョイントを取り付け、20kN 定速型万能試験機を用いて連続的に载荷を行った。

引張強度は次式によって算出し、四捨五入によって有効数字 3 けたに丸めた。また、破壊後に目地モルタルの充填率を目視観察で求めた。

$$\text{引張強度 (N/mm}^2\text{)} = \frac{\text{最大荷重 (N)}}{\text{破壊面積 (mm}^2\text{)}}$$

#### No.11 【煉瓦要素 せん断強度試験】

試験体には、直径 80mm、長さ煉瓦 1 枚分の円柱形を基本とし、1 本の目地がそれぞれの底面の円の中心を通るものを用いた。

煉瓦目地せん断試験は、圧縮応力を載荷しながら行う一面せん断試験とした。あらかじめ試験体の径、長さ、目地の幅を計測した。目地を水平に設置し、煉瓦上部と下部にそれぞれ治具を設置して、目地に直角になるように圧縮力を載荷する。圧縮力は、建物の荷重を想定して、 $0.04\text{N/mm}^2$ を載荷した。

圧縮力を載荷した状態で、目地に水平な荷重を載荷し、試料が破壊した最大荷重を測定する。また、変位計を設置して変位量を測定し、静弾性係数を求める。

試験体の加工は以下の通りである。

- 1) 煉瓦コアをグラインダーにより、必要長さにカット。
- 2) 煉瓦をせん断試験用治具（内箱）の中にセットし、セメントにより固定。
- 3) 内箱を外箱にセットする。

静弾性係数は、以下の式にて算出した。

$$Es = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \times 10^{-6}} \times 10^{-3}$$

ここに、  $Es$  : 静弾性係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )

$S_1$  : 最大荷重の1/3に相当する応力 ( $\text{N/mm}^2$ )

$S_2$  : 縦ひずみ $1000 \times 10^{-6}$ 時に相当する応力 ( $\text{N/mm}^2$ )

$\varepsilon_1$  : 応力 $S_1$ によって生じる供試体の縦ひずみ

$\varepsilon_2$  : 応力 $S_2$ によって生じる供試体の縦ひずみ

●特性値

No.1【密度・吸水率試験】

石材 密度

供試体 番 号	寸 法 (mm)		正味体積 (cm <sup>3</sup> )	乾燥時の質量 (g)	見掛比重
	平均直径	平均高さ			
1	79.8	158.8	794.2	1912.4	2.41
2	83.1	159.0	862.4	2075.3	2.41
平均	—	—	—	—	2.41

石材 吸水率

供試体 番 号	乾燥時の質量 (g)	吸水後の質量 (g)	吸 水 率 (%)
1	1912.4	1976.4	3.3
2	2075.3	2145.3	3.4
平均	—	—	3.4

No.2【石材圧縮強度試験】

石材圧縮強度

供試体 番 号	供試体の寸法 (mm)		最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
	平均直径	平均高さ		
1	79.8	158.8	360	72.0
2	83.1	159.0	384	70.8
平均	—	—	—	71.4

石材圧縮弾性係数

供試体 番 号	最大荷重の 1/3 に 相当する応力：S <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	縦ひずみ 100×10 <sup>-6</sup> のときの応力：S <sub>2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	最大荷重の 1/3 に 相当する応力に おける縦ひずみ：ε <sub>1</sub> (×10 <sup>-6</sup> )	圧縮弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
1	24.0	0.76	3418	7.00
2	23.6	0.87	3059	7.68
平均	—	—	—	7.34

ポアソン比

供試体 番 号	最大荷重の 1/3 に 相当する応力に おける縦ひずみ： $\varepsilon_1$ ( $\times 10^{-6}$ )	最大荷重の 1/3 に 相当する応力に おける横ひずみ： $\varepsilon_2$ ( $\times 10^{-6}$ )	縦ひずみ $100 \times 10^{-6}$ のときの応力に おける横ひずみ： $\varepsilon_3$ ( $\times 10^{-6}$ )	ポアソン比
1	3418	-312	-3	0.093
2	3059	-354	-3	0.119
平均	—	—	—	0.106

No.3 【石材せん断強度試験】

石材せん断強度

供試体 番 号	供試体の寸法 (mm)		最大荷重 (kN)	せん断強度 (N/mm <sup>2</sup> )
	平均幅	平均厚さ		
3	53.4	61.1	57.7	8.84
4	52.9	57.8	61.3	10.0
平均	—	—	—	9.42

石材せん断弾性係数

供試体 番 号	最大荷重の 1/3 に 相当する応力： $S_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ $100 \times 10^{-6}$ のときの応力： $S_2$ (N/mm <sup>2</sup> )	応力 $S_1$ によって 生じるひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	せん断弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
3	3.33	0.968	530	5.49
4	2.95	0.479	1297	2.06
平均	—	—	—	3.78

No.4 【石材摩擦試験】

石材-石材摩擦係数

位置	荷重 (kg)	静摩擦力 (N)	静摩擦係数	動摩擦力 (N)	動摩擦係数
No. 1-1 1回	11.20	59.00	0.54	60.37	0.55
No. 1-1 2回	11.20	76.00	0.69	77.13	0.70
No. 1-1 3回	22.40	132.00	0.60	133.36	0.61
No. 1-2 1回	11.20	88.00	0.80	82.58	0.75
No. 1-2 2回	11.20	76.00	0.69	76.60	0.70
No. 1-2 3回	22.40	157.00	0.71	145.33	0.71

※動摩擦力は 10～15mm までの平均荷重としている。

※上材と下材の間には微妙な不陸があり、全面積が接地していない状況であった。接触跡から推測すると接地面の中心、約 4cm 角が実際の接地面と考えられる。



No.5 【密度・吸水率試験】

煉瓦（単体） 密度

供試体 番 号	供試体の寸法 (mm)			乾燥質量 (g)	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )
	平均幅	平均長さ	平均厚さ		
1	107.4	228.1	61.4	2711	1.80
2	109.1	227.4	60.5	2669	1.78
平 均	—	—	—	—	1.79

煉瓦（単体） 吸水率

供試体 番 号	乾燥質量 (g)	飽水質量 (g)	吸 水 率 (%)
1	2711	3002	10.7
2	2669	3000	12.4
平 均	—	—	11.6

No.6 【煉瓦単体 圧縮強度試験】

煉瓦単体圧縮強度

供試体 番 号	供試体の寸法 (mm)			加圧面積 (mm <sup>2</sup> )	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
	平均幅	平均長さ	平均厚さ			
3	102.0	102.5	64.5	10455.0	394	37.7
4	105.2	105.3	66.2	11077.6	269	24.3
平 均	—	—	—	—	—	31.0

煉瓦単体圧縮弾性係数

供試体 番 号	最大荷重の 1/3 に 相当する応力:S <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	縦ひずみ 400×10 <sup>-6</sup> のときの応力:S <sub>2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	応力 S <sub>1</sub> によって 生じる縦ひずみ (×10 <sup>-6</sup> )	圧縮弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
3	12.6	3.16	1316	10.3
4	8.1	3.59	1176	5.81
平 均	—	—	—	8.06

煉瓦単体ポアソン比

供試体 番 号	最大荷重の 1/3 に 相当する応力に おける縦ひずみ: $\epsilon_1$ ( $\times 10^{-6}$ )	最大荷重の 1/3 に 相当する応力に おける横ひずみ: $\epsilon_2$ ( $\times 10^{-6}$ )	縦ひずみ $400 \times 10^{-6}$ のときの応力に おける横ひずみ: $\epsilon_3$ ( $\times 10^{-6}$ )	ポアソン比
3	1316	-167	-44	0.1340
4	1176	-232	-116	0.1490
平 均	—	—	—	0.1415

No.7 【煉瓦単体 引張強度試験】

煉瓦単体引張強度

供試体 番 号	破壊面の寸法 (mm)		最大荷重 (kN)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
	平均幅	平均厚さ		
5	65.6	61.9	10.2	2.51
6	65.2	62.1	8.62	2.13
平 均	—	—	—	2.32

No.8 【煉瓦単体 せん断強度試験】

煉瓦単体せん断強度

供試体 番 号	破壊面の寸法 (mm)		最大荷重 (kN)	せん断強度 (N/mm <sup>2</sup> )
	平均厚さ	平均幅		
7	61.1	107.8	32.2	2.44
8	62.9	109.3	46.0	3.35
平 均	—	—	—	2.90

No.9【煉瓦要素 圧縮強度試験】

煉瓦要素圧縮強度

供試体 番号	上面の寸法 (mm)		下面の寸法 (mm)		平均 高さ (mm)	目地 厚さ (mm)	加圧面積 (mm <sup>2</sup> )			最大 荷重 (kN)	圧縮 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	目地 充填率 (%)
	平均 幅	平均 長さ	平均 幅	平均 長さ			上面	下面	平均			
9 <sup>1)</sup>	103.9	111.0	104.5	113.7	142.9	10.7	11532.9	11881.7	11707.3	123	10.5	75
10	101.4	102.4	100.9	100.4	135.4	6.2	10383.4	10130.4	10256.9	217	21.2	100
平均	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15.9	—

注<sup>1)</sup> 供試体番号9の供試体は、整形時に目地部で破損したため、試験結果に影響がない範囲で補修した。

※参考として加圧面積に目地充填率を掛けた値で最大荷重を除すと NO.9 の圧縮強度は 14.0N/mm<sup>2</sup>となる。

煉瓦要素圧縮弾性係数

供試体 番号	最大荷重の1/3に 相当する応力:S <sub>1</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	縦ひずみ1000×10 <sup>-6</sup> のときの応力:S <sub>2</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	応力S <sub>1</sub> によって 生じる縦ひずみ (×10 <sup>-6</sup> )	圧縮弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
9	3.50	0.478	5926	0.61
10	7.07	3.190	1664	5.84
平均	—	—	—	3.23

No.10【煉瓦要素 引張強度試験】

煉瓦要素引張強度


供試体 番号	供試体の寸法 (mm)			破壊面の寸法 (mm)		破壊面積 (mm <sup>2</sup> )	最大荷重 (kN)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	目地 充填率 (%)
	平均 直径	平均 長さ	目地 厚さ	平均 幅	平均 長さ				
11	80.2	100.5	8.6	79.7	100.3	7993.9	2.21	0.276	90
12	80.2	100.5	9.9	79.9	100.3	8014.0	1.07	0.134	85
平均	—	—	—	—	—	—	—	0.205	—

煉瓦要素引張強度試験破壊面結果

供試体 番号	破壊面の分類 (%)			
	目地モルタルの 凝集破壊	目地モルタルと煉瓦の 界面破壊	煉瓦の凝集破壊	未充填部
11	90	0	0	10
12	50	35	0	15

No.11 【煉瓦要素 せん断強度試験】

煉瓦要素せん断強度

	No. 9
平均コア長さ L(mm)	102.4
目地幅 d(mm)	79.8
せん断面積 A (mm <sup>2</sup> )	8171.5
破壊荷重 P (kN)	5.97
目地せん断強度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	<b>0.73</b>
側面載荷応力 (N/mm <sup>2</sup> )	0.04
破壊形態	目地+境界
	
目地充填率 (%)	100

●破壊形状

【圧縮強度試験】



No.2 【石材圧縮強度試験】

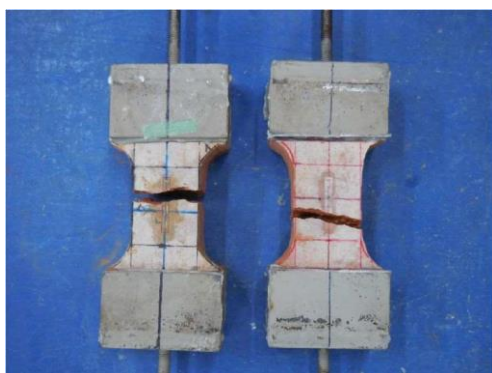


No.7 【煉瓦単体 引張強度試験】



No.9 【煉瓦要素 圧縮強度試験】

【引張強度試験】



No.7 【煉瓦単体 引張強度試験】



No.10 【煉瓦要素 引張強度試験】

【せん断強度試験】

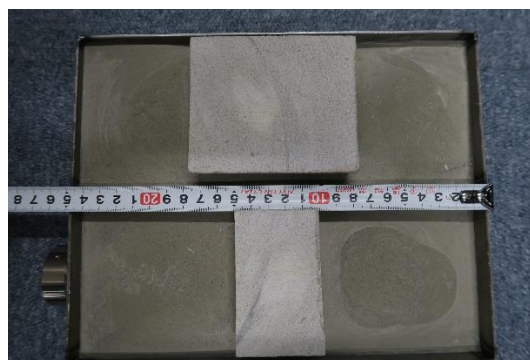
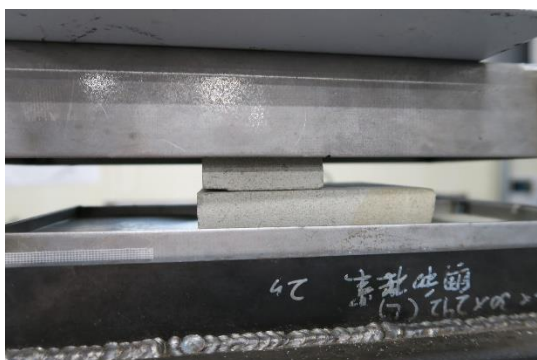


No.8 【煉瓦単体 せん断強度試験】



No.11 【煉瓦要素 せん断強度試験】

【摩擦係数試験】



No.4 【石材摩擦試験】

●理論式

—

●モデル化

—

●考察

- ・耐震診断に必要な石材及び煉瓦の各強度を把握した。
- ・石材（砂岩）の強度は圧縮強度比で普通コンクリートに対して 2 倍程度以上の強度を持つことが分かった。
- ・石材の機械切断面における静止・動摩擦係数はともに 0.5～0.7 程度であった。
- ・目地を含む煉瓦要素試験結果は、引張強度・せん断強度がともに得られた。またどの単体試験結果よりも低い値となった。