

関東ロームを用いた版築に関する基礎的研究 その1 関東ロームを主な原料とした試料土の設定

正会員 ○反町直貴**** 同 小林博一***
同 安達 洋* 同 中西三和**

版築 関東ローム 土建築
セルフビルド 自然建築 再利用

1 はじめに

本研究は、環境に負荷の少ない建築や生活スタイルを実現させるため、自然素材や地域資源を活用し、専門家が指導すれば素人でも建設可能な簡易的な施工（セルフビルド）を可能とする版築壁構法の開発を目的とした基礎的研究である。土、固化材等の混合物を型枠内で締固めた建築材料である版築¹⁾は、調査内容により自然の土壌に還元できる可能性があるため廃棄物の削減やシックハウス問題の解決策として期待でき、複数の先進国で環境に対し負荷が少ない建築材料として再認識されている。

国内で行われた研究²⁾によれば、版築（写真1）は室内の湿度を調整する機能を持つことが判った。一方、構造に関する研究は不十分であり、版築壁の力学的な性質や耐震性能を明らかにし、構造材料としての実用性を検証する必要がある。また、版築の材料性能は土に影響されるため、版築壁に使用する版築の調合法や材料性能に関するデータを蓄積することも重要である。



写真1 版築壁(左)とアトムハウス(右)²⁾

2 研究目的

版築は、使用する土の組成や固化材の種類で、材料性能が異なる。本研究では、主な原料を関東ロームとした素人でも簡単に調合を行える版築を提案し、その材料性能を明らかにする。

3 使用材料等の選定理由

本研究で素人でも簡単に調合を行える版築を提案するため、以下の点に着目し、使用材料としての関東ロームと固化材を選定した。

- ・入手が簡単な材料を使用する。
- ・土壌を汚染しない固化材を使用。
- ・セルフビルドを想定した施工。

【関東ローム】今後、広い地域で活用できる版築の調合を提案するため、広く分布し産出量の多い関東ロームを選定する。建設時発生する関東ロームの残土は経費を使

い廃棄する場合が多く、版築の原料として準備が容易であると考えた。

本研究では、千葉県木更津市の採砂場³⁾で産出された関東ロームと砂（以下、試料砂）を版築の原料とした。

【固化材】版築の固化材として、普通ポルトランドセメント（以下セメント）の使用事例が多いが、強アルカリで土を産業廃棄物にしてしまう。そこで、環境への負荷が少ない市販の固化材を選定し使用した。

写真2より、本研究では、固化材を混ぜた土を土壌として再利用できるマグネシウム系固化材のマグホワイトIII⁴⁾と、比較対象としてセメント⁵⁾を使用した。

【セルフビルドを想定した施工】施工に、準備や扱が容易な道具を使用する事により、セルフビルドの実現に配慮した。本研究では、土の締固め器に土質試験で使用される手動式ランマー（写真2）を使用し、含水比測定に電子レンジの使用も検討した。



写真2 マグホワイト(左)⁴⁾

普通ポルトランドセメント(中)⁵⁾、手動式ランマ(右)

4 原材料となる土の室内試験

4.1 室内試験概要

版築に適した土の調合を検討するため、室内試験⁶⁾を行い、関東ロームと試料砂の性質を明らかにした。

試料土の原料となる土の物理的性質を求めることを目的として、「JIS A 1203 土の含水比試験」、「JIS A 1202 土粒子の密度試験」、「JIS A 1225 土の液性限界・塑性限界試験」を、締固め特性を把握することを目的として「JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験」を行った。また、基礎的な性質調査として地盤から採取した乱さない土試料を用いて「JIS A 1216 土の一軸圧縮試験」も行った。

4.2 室内試験結果及び考察

表1に試料土の物理的性質の試験結果、表2に含水比試験結果、図1に粒径加積曲線と粒径区分、図2に締固め曲線、写真3に締固め試験体、写真4に土の乾燥装置を示す。

【強度と耐久性】表 1, 図 1 より, 関東ロームは粘土が 30[%]の火山灰質粘性土 (I 型), 試料砂は 82[%]が砂分の細粒分礫まじり砂である。

関東ロームの様に高粘土質の土は乾燥による収縮率が高く, 変形や乾燥ひび割れが起こり易い。さらに, 版築に適した土は, 粘土分が 15[%]以下で砂分の多い土であるため, 本研究では, 関東ロームに試料砂を混合する事により, 粘土分が少なく砂分が多い土に改良する。

【含水比】図 2 は, 横軸に土試料締固め後の含水比を, 縦軸に乾燥密度を示している。土の含水比とは, 土粒子質量に対する間隙に含まれる水質量の割合を百分率で表したものであり, 乾燥密度が最大値となる含水比を最適含水比という。結果より, 関東ロームの最適含水比は 26.15[%]となった。試料土含水比と固化した土の圧縮強度には関係があり, 文献⁷⁾では最適含水比より若干低い含水比で圧縮強度が最大となるという結果が報告されている。

【家庭用レンジを用いた含水比測定法】版築の品質確保のためには正確な土の含水比を把握する必要がある。室内試験では, 水分の蒸発のみを行う恒温乾燥炉 (以下炉, 写真 4a)) を使用したが, 装置が高価で乾燥時間が長くセルフビルドには適さないため, 家庭用レンジ (以下レンジ, 写真 4b)) を使用し手軽に測定できるか検証した。実験では, 炉乾燥は 105[°C]で 24 時間, レンジ乾燥は 500 [W]で 15 分とした。レンジ乾燥は乾燥質量を計測後 5 分加熱し, 質量が一定であることを確認した。

表 2 より, 試料土を 2 種類の方法で乾燥させた結果, レンジ乾燥の含水比は若干小さい値になり, 含水比が大きくなるにつれ, 差が大きくなる結果が得られた。今後, データを蓄積し, 検証する必要がある。

4.4 試料土の決定及び各種調整方法

原料となる土の室内試験における結果から, 試料土の関東ロームと砂の混合比や含水比の調整方法を定義した。

試料土

前節に示した関東ロームと試料砂を混合し粘土分が 15[%]以下になる割合を算出したところ, 質量比で 1:2 となった。本研究では関東ロームが主原料である版築の実現を優先し, 使用する試料土を, 関東ローム単体 (以下 KR) と, 質量比で関東ローム 100 に対し試料砂 40 を混合した人口配合土 (以下 KRS) とした。

原料となる土の調整方法

関東ロームは含水比が一定以上になると, 粘り気が高くなり, 他の材料と均一に混ぜることが難しくなる。均一に混ざりやすくし, 試験体の質量を安定させることを目的とし, 原料となる土の状態を調整した。関東ロームは含水比 17[%]以下に乾燥させた後, コンクリート用ミキサーで砕いた 3[mm]ふるい通過分, 試料砂は含水比 10[%]

以下に乾燥させた 10[mm]ふるい通過分を使用した。

含水比の調整方法

含水比調整のための加水量は, 以下の式①, 式②により算出した。経験から, 調整後の試料土含水比と目標含水比との 1[%]未満の誤差は許容範囲とした。

$$W = \frac{m_s \times (\omega - \omega_o)}{100} \dots \textcircled{1}$$

$$m_s = \frac{M}{1 + \omega_o / 100} \dots \textcircled{2}$$

W : 加水量
M : 試料土の質量
m_s : 試料土の乾燥質量

表 1 試料土の物理的性質の試験結果

試験名称	関東ローム	試料砂
含水比 [%]	33.363	13.821
密度 ρ _s [g/cm ³]	2.634	2.739
湿潤密度 ρ _w [g/cm ³]	1.727	-
乾燥密度 ρ _d [g/cm ³]	1.295	-
間隙比 e	1.036	-
流動性		
液性限界 ω _L [%]	56.858	-
塑性限界 ω _P [%]	34.260	-
塑性指数 I _p [%]	22.599	-
強度		
一軸圧縮応力 [kN/m ²]	78.715	-
ひずみ [%]	6.295	-

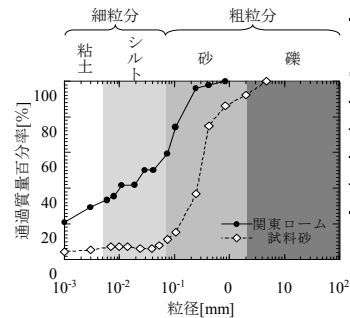


図 1 粒径加積曲線と粒径区分

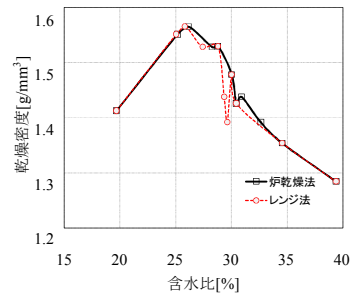


図 2 締固め曲線

表 2 含水比試験結果

試料番号	炉乾燥法 [%]	レンジ法 [%]	差 [%]
1	32.650	29.638	3.012
2	30.905	29.371	1.534
3	28.242	27.415	0.827
4	26.148	25.832	0.316
5	25.187	25.034	0.153

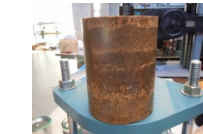


写真 3 締固め試験体



写真 4 土の乾燥装置

5 まとめ

本報では, 研究の目的や版築の材料の選定理由, 版築の原料となる土の性質や扱い方, 本研究で定めた試料土について説明した。

【参考文献】

- 『BUILDING WITH EARTH』: 著者 Gernot Minke
- 金子善敬, 須藤拓哉: 『ストローベイル建築の実験的施工・土と藁のアトムハウスプロジェクト その 2』, 日本建築学会研究報告集 II, 73 巻, pp. 161-164
- マグホワイトⅢ, 東武化学株式会社
- 普通ポルトランドセメント, 太平洋セメント株式会社
- 土の購入先: 共栄運輸株式会社 開発部生産課
- 土質試験基本と手引き (第二回改定版): 社会法人地盤工学会, 2010 年 3 月
- 三国英四郎: 『フィルタイプダムしゃ水壁材料の性質と締固めに関する研究』, 地盤工学会士と基礎, 10 巻 6 号, PP4-12

*日本大学理工学部海洋建築工学科 特任教授・工学
**日本大学理工学部海洋建築工学科 教授・工学
***株式会社 えびす建築研究所(元日本大学大学院生)
****日本大学大学院理工学研究科博士前期課程

*Research Professor, Dept. of Oceanic Architecture & Engineering, College of Science & Technology, Nihon
**Professor, Dept. of Oceanic Architecture & Engineering, College of Science & Technology, Nihon
***Ebisu Building Laboratory (M. Eng.)
****Graduate School of Science & Technology, Nihon Univ.