

## 関東ロームを用いた版築に関する基礎的研究

## その3 関東ロームを用いた版築の材料試験結果及び検討

正会員 ○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

本報は、前報までの結果や設定を基に提案した、版築<sup>2)</sup>の材料性能についてまとめる。今後、面内、面外方向に加わる外力に対する版築壁の安全性を検証する事を想定し、基本的な力学的な性能を調べることを目的として行った圧縮試験、割裂引張試験、せん断試験結果について述べる。

## 2. 試験体概要

## 2.1 試験体寸法及び施工方法

圧縮、割裂引張試験体の寸法は $\Phi 100 \times 200$  [mm<sup>3</sup>]、せん断試験体は $100 \times 100 \times 400$  [mm<sup>3</sup>]とし、各3体とした。

締固め具合を揃えるため、締固め時に使用するエネルギーを $3.1$  [J/cm<sup>3</sup>]に設定した。円柱試験体の層数は5層とし一層あたり $0.73$  [kg]の土を50回締固めた。梁型試験体では層数を3層とし一層あたり $8.15$  [kg]の土を612回締固めた。

## 2.2 試験体の種類

表1に試験体調合表を示す。

試料土は、その1で設定した、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を混合した人工配合土（以下KRS）とし、含水比は、その2で設定した24[%]とした。また、固化材添加量は、試料土乾燥質量の20[%]とした。

試験体名称は、マグホホワイトⅢを20[%]添加したKR、KRSをKR-M、KRS-M、セメントを20[%]添加したKR、KRSをKR-C、KRS-Cと呼称する。

表1 試験体調合表

試験体名称	最粗骨寸法の [mm]	単位水量 [kg/m <sup>3</sup> ]	絶対容積[l/m <sup>3</sup> ]			質量[kg/m <sup>3</sup> ]		
			固化材	関東ローム	試料砂	固化材	関東ローム	試料砂
KR-M	10	108.98	467.20	423.81	-	1513.74	1144.30	-
KR-C	10	111.45	465.91	422.64	-	1472.28	1141.13	-
KRS-M	10	157.40	393.67	357.10	91.83	1275.48	964.18	247.93
KRS-C	10	157.04	392.65	356.27	93.95	1241.08	961.93	253.65

## 3. 実験概要

図1に、せん断試験の概念図を示す。

圧縮試験、割裂引張試験はJJIS A 1108、JIS A 1113に従

い、せん断試験は文献<sup>3)</sup>を参考に直接せん断法を用いた。

試験体の材齢は、圧縮試験体は7日、14日、28日、割裂引張試験とせん断試験体は28日とした。

荷重は、アムスラー型試験機にて行った。圧縮試験は、荷重を100tロードセル、鉛直変位を変位計にて測定した。

荷重速度は、圧縮試験では毎秒 $1$  [N/mm<sup>2</sup>]以下、引張割裂試験、せん断試験では $0.1$  [N/mm<sup>2</sup>]以下とした。

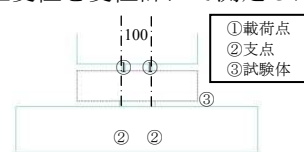


図1 せん断試験荷重装置

## 4. 実験結果

## 4.1 圧縮試験結果

表2に圧縮試験結果、図2に圧縮強度-材齢関係、図3に圧縮強度-密度関係、図4にヤング係数-圧縮強度関係、写真1に試験体破壊形状を示す。

【圧縮強度-材齢関係】表2、図2より、圧縮強度は材齢が長くなるにつれて大きくなる傾向がある。マグホホワイトⅢを使用したKR-MとKRS-Mの圧縮強度-材齢関係の平均値グラフの傾きを比較すると、KRS-Mの方が大きい。以上の結果から、試料土の粒度を粗くすると、材齢に対し強度の発現速度が速くなることが確認された。

【ヤング係数-圧縮応力関係】材齢28日の圧縮応力-歪関係について述べる。ヤング係数は、コンクリートのヤング係数算出方法を参考に、圧縮強度の4分の1における割線係数とした。

表2、図4より、各シリーズにおけるヤング係数にばらつきがあるが、概ねヤング係数が高いほど圧縮強度が高くなる傾向を示した。

【圧縮強度と固化材の関係】表2より、材齢28日の圧縮強度において、固化材の違いによる強度比較をすると、KR-CはKR-Mの2.89倍、KRS-CはKRS-Mの1.15倍に上昇した。以上より、固化材にセメントを使用した方が、圧縮強度が高くなることが確認された。また、固化材の差異による圧縮強度の差は、試料土がKRよりKRSの場合の方が小さい。試料土の粒度を粗くすることにより、固化材の差異による圧縮強度への影響を軽減できることが確認された。

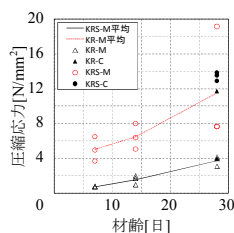


図2 圧縮強度-材齢関係図

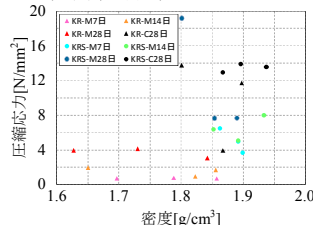


図3 圧縮強度-密度関係図

表2 圧縮試験結果

試験体名称	材齢 [日]	質量 [g]	密度 [g/cm³]	圧縮強度 [N/mm²]	ヤング係数 [10⁴N/mm²]
KR-M	7	2812.2	1.781	0.72	-
	14	2721.7	1.776	1.53	0.30
	28	2713.8	1.733	3.71	0.41
KR-C	28	2972.3	1.855	9.82	1.95
	28	2980.3	1.884	5.04	0.60
KRS-M	7	2980.3	1.884	5.04	0.60
	14	3062.8	1.892	6.48	0.75
	28	2961.6	1.848	11.50	1.29
KRS-C	28	3120.9	1.900	13.45	1.90

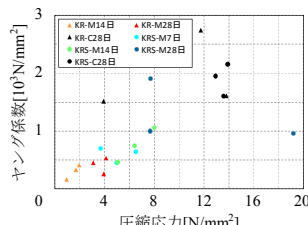


図4 ヤング係数-圧縮強度関係図



写真1 試験体破壊形状

## 4.2 割裂引張試験結果

表3に割裂引張試験結果、写真2に破壊形状を示す。

【引張強度と試料土の関係】表3より、KR-MとKRS-Mの引張強度を比較すると、KR-Mは0.49[N/mm²]、KRS-Mは1.17[N/mm²]で、KRS-Mの方が約2.4倍の強度が得られた。セメントを使用したシリーズにおいても同様に、KR-CよりKRS-Cの方が約2倍の引張強度が得られた。以上の結果から、粒度が粗い試料土を使用した方が、引張強度が上昇する事が確認された。

【引張強度と固化材】表3より、固化材の差異による強度を比較すると、KR-CはKR-Mの2.04倍、KRS-CはKRS-Mの1.61倍の強度を得た。以上より、セメントを使用した方が大きな引張強度を得られることがわかった。また、圧縮強度と同様、試料土の粒度を粗くする事により、固化材の差異による引張強度への影響を軽減できることが確認された。

表3 割裂引張試験

試験体名称	材齢 [日]	質量 [g]	密度 [g/cm³]	引張強度 [N/mm²]
KR-M	28	2660.1	1.718	0.49
KR-C	28	2856.9	1.783	1.00
KRS-M	28	3004.4	1.890	1.17
KRS-C	28	3028.5	1.877	1.88



写真2 試験体破壊形状

## 4.3 セン断試験結果

表4にセン断試験結果、写真3に破壊形状を示す。

セン断試験体は、固化材にマグホワイトⅢを用いたKR-M、KRS-Mと、比較対象として固化材にセメントを

用いたKR-Cとした。なお、養生中試験体が破損したため、KR-M、KRS-M試験体は2体とする。

【せん断強度と粒度分布】表4より、マグホワイトⅢを使用した試験体のせん断強度を比較すると、KR-Mは0.28[N/mm²]、KRS-Mは1.11[N/mm²]で、試料土の粒度が粗くなることで約4倍の強度が得られた。

【せん断強度と固化材】表4より、固化材の違いによる強度を比較すると、KRS-CはKRS-Mの1.16倍の強度が得られた。結果より、セメントを添加した場合、マグホワイトⅢよりせん断強度が大きくなることが確認された。

表4 セン断試験結果

試験体名称	材齢 [日]	質量 [g]	密度 [g/cm³]	せん断強度 [N/mm²]
KR-M	28	7073.0	1.768	0.28
KRS-M	28	8097.4	2.024	1.29
KRS-C	28	7649.7	1.912	1.11



写真3 試験体破壊形状

## 5. 考察及び検討

材料試験結果から、本研究で提案する主原料を関東ロームとした版築の試料土と固化材について考察する。

### ■関東ロームを主原料とした版築の試料土■

各試験結果より、関東ロームと試料砂を10:4の割合で加えると、関東ロームを主原料とした版築の強度が飛躍的に大きくなる結果が得られた。以上より、試料砂を混合することで、高粘土質の関東ロームを主原料とした版築の強度を確保できることを明らかにした。

### ■提案したマグネシウム系固化材の有効性■

各試験結果より、固化材添加割合が同様の場合、マグホワイトⅢよりセメントを使用した場合の方が強度は大きくなる。また、その強度差の幅は試料土で異なり、関東ロームに試料砂を加えたKRSの方が差は小さい。試料砂を混合すると、固化材の強度への影響が縮小し、提案したマグホワイトⅢでも、セメントを使用した版築に近い強度を得られる可能性を示した。

## 6. 結論

各種試験結果より、試料土の締固め性能と力学的性能に對し以下の知見が得られた。

- ・最適含水比で版築の圧縮強度が最大となる。
- ・試料砂を混合することで、関東ロームを主原料とした版築の強度を上昇させることが可能である。
- ・固化材添加率が同様の場合、マグホワイトⅢよりセメントを使用した場合の方が強度は大きくなる。
- ・試料砂を混合すると、固化材の違いによる発現強度の差が小さくなる傾向がある。

【参考文献】

- 金子善歌、須藤拓哉：『ストローベイル建築の実験的施工と土と藁のATOM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
- 『土・建築・環境 エコ時代の再発見』：著者 Gernot Minke、翻訳 奥石直行、山田美土里
- 魚本健人、峰松敏和：『コンクリートのせん断強度試験方法に関する基礎的研究』、コンクリート工学会論文、No. 81、4-2、pp. 106-117

【謝辞】本研究を進行に当たり、重労働である版築の施工や各種試験の実施に協力してくれた、日本大学理工学部海洋建築工学科 安達・中西研究室の皆様へ深く感謝の意を表す。

\*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）

\*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.)