

## 関東ロームを用いた版築に関する基礎的研究 その2 締固めた土の圧縮強度と含水比の関係

正会員 ○坂東大輔\*\*\*\* 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

本報では、前報その1で設定した試料土を締固めた場合の固化性能を確認する事を目的として行った土の固化性能試験の結果及び考察について述べる。

### 2 目的

締固めエネルギーが一定となる条件で締固められた土の圧縮強度は、試料土の含水比に影響される<sup>2)</sup>。本研究で提案する試料土を締固めたとき、最も強度が高くなる含水比を明らかにすることを目的とし、含水比の異なる試料土を締固めた試験体について強度試験を行った。

### 3 試料土

本報で使用した試料土は、前報その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）とした。

### 4 試験体概要

写真2に、試験体及び試験器具を示す。

#### 4.1 試験体の施工方法

試験体は、「JIS A 1210 突き固めによる締固め試験」を参考に、写真2に示すカラー付きモールドを型枠とし、 $\Phi 100 \times 120[\text{mm}^3]$ の円柱試験体とした。

【施工方法】写真2より、締固めには、重錘が4.5[kg]の手動式ランマーを使用し施工した。試料土の締固めは5層に分けて行い、各層0.45[kg]の土を入れ、ランマーの重錘を31回落下させて行った。各層の付着を向上させるため、締固めた層の表面に15[mm]角のマス目状の傷をつけた。さらに、締固めた表面は乾燥するため、霧吹きで8[g]の水を撒き湿らせた。5層目の締固めは、カラーを取り付け、モールド高さを延長して締固めた。締固め後、カラーを外しモールドから1[cm]程度はみ出た部分を削り、表面を水平に仕上げた。

【締固めとは】土の締固めは、ランマーの重錘が土へ衝突する時発生する衝撃波により、土粒子が振動し密実な配列に落ち着くような移動を促されることにより行われる。さらに、十分な水分がある場合、粘土鉱物は電気的な力によって平行かつ密実で規則正しい構造を形成し易くなるため、高い結合力と圧縮強度が期待できる。<sup>2)</sup>

【締固めエネルギーの設定】

本研究では、締固めエネルギーを、落下直後の重錘の持つ位置エネルギーに等しいと仮定している。締固めは、重錘が4.5[kg]の手動式ランマー<sup>3)</sup>により行う。土に伝わるエネルギー量の差異による強度の変化を無くするため、締固めエネルギーを3.1[J/cm<sup>3</sup>]に設定した。具体的には、幅2[m]、厚さ0.6[m]の版築壁を施工時、1層の高さが4[cm]となるよう1ヵ所当たり6回突いたエネルギーに相当する。



写真2 試験体及び試験器具

#### 4.2 試験体種類

その1で行った関東ロームにおける室内試験の結果より、乾燥密度が最大値となるときに含水比を指す最適含水比は26.15[%]であった。さらに、文献<sup>1)</sup>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。そこで、締固め乾燥した土が最も圧縮強度が高くなる試料土の含水比を調べることを目的とし、含水比26[%]を基準とした、含水比の異なる試料土を締固めた試験体を設定した。

試験体は、試料土KRを含水比21, 24, 26, 28[%]に調整したものと、試料土KRSを20, 22, 24, 28[%]に調整したものを締固めたものである。養生方法は、20度に設定した恒温室内で14日間とし、試験体数は各試料土で3体とした。

試験体名称は、含水比21[%]の関東ロームの場合KR-21と呼称するように、試料土名称と含水比の組合せとする。

### 5. 実験概要

試料土の含水比が異なる土の固化性能を、圧縮強度によって評価した。

圧縮試験は、コンクリートの圧縮試験を参考に行った。载荷には、アムスラー型試験機を用い、载荷速度は毎秒1[N/mm<sup>2</sup>]以下とした。

### 6. 実験結果

表1に圧縮試験結果、写真3に各試験体破壊形状、図1

に圧縮強度-含水比関係、図2に圧縮強度-乾燥密度関係、図3に圧縮強度-乾燥収縮率関係を示す。なお、試験結果に用いられる含水比は、締固め前の試料土の含水比を指す。

【圧縮強度-含水比関係】表1、図1より、試料土KRの圧縮強度の最大値は、含水比24[%]のとき5.00[N/mm<sup>2</sup>]であり、含水比が24[%]から増減するにつれ試験体の圧縮強度はKR-24よりも低い値となった。KRSでは含水比22[%]のとき最大値4.16[N/mm<sup>2</sup>]となり、KRと同様、試験体の含水比が22[%]から増減するにつれ試験体の圧縮強度はKRS-22よりも低い値となった。締固めた土の圧縮強度は、締固め前の試料土含水比に影響されることが確認された。

【試料土と圧縮強度】表3より、各試料土で圧縮強度が最大となったKR-24とKRS-22を比較すると、KRS-22の圧縮強度はKR-24の81[%]となった。試料砂を混合したKRSはKRよりも粒度が粗く、関東ロームは粒度が粗くなる事により、最大強度が低下する事が確認された。

【圧縮強度-密度関係】表1、図2より、試料土KRにおいて、圧縮強度の最大値5.00[N/mm<sup>2</sup>]のとき、乾燥密度も最大となり1.96[g/mm<sup>3</sup>]であった。KRSにおいても圧縮強度の最大値4.16[N/mm<sup>2</sup>]のとき、乾燥密度も最大値1.99[g/mm<sup>3</sup>]となり、乾燥密度が最大の時圧縮強度も最大となる事が確認された。乾燥密度が最大となる最適含水比は、KRで24[%]、KRSで22[%]であり、最適含水比のとき圧縮強度が最大値を示したことから、締固められた土は、最適含水比で圧縮強度が最大となる事が確認された。

【含水比と乾燥収縮率】表1、図3より、KRの圧縮強度が最大となる5.00[N/mm<sup>2</sup>]のとき、乾燥収縮率も最小値4.50[%]となった。さらに、圧縮強度が低下するに従い、乾燥収縮率は上昇している。KRSにおいては、圧縮強度が2番目に大きい3.91[N/mm<sup>2</sup>]のとき、乾燥収縮率が最小値1.85[%]となったが、圧縮強度が低下するに従い、乾燥収縮率は上昇する傾向がある。固められた土の圧縮強度が高いほど、乾燥収縮率が低くなる傾向が確認された。

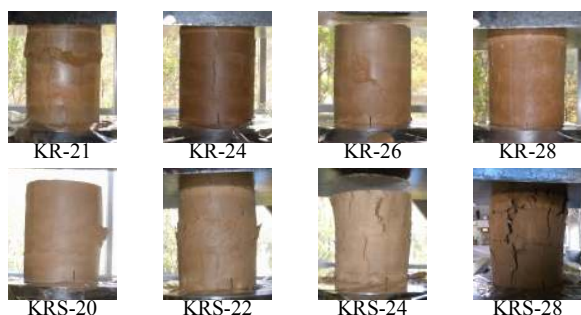


写真3 各試験体破壊形状

表1 圧縮試験結果

試験体名称	含水比 [%]	圧縮強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	乾燥密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	収縮率 [%]
KR-21	20.71	3.37	1.89	4.88
KR-24	23.71	5.00	1.96	4.50
KR-26	26.85	3.60	1.95	6.86
KR-28	28.28	2.77	1.95	9.12
KRS-20	19.14	3.91	1.94	1.85
KRS-22	22.14	4.16	1.99	8.24
KRS-24	23.80	2.52	1.90	10.35
KRS-28	27.60	2.31	1.93	10.47

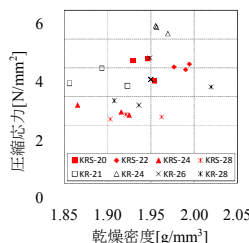


図2 圧縮強度-乾燥密度関係

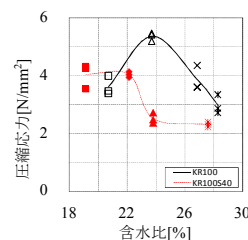


図1 圧縮強度-含水比関係

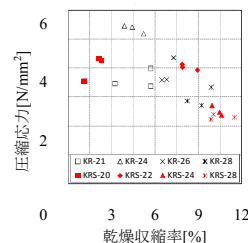


図3 圧縮強度-乾燥収縮率関係

## 7. まとめ

本報では、締固めエネルギーが一定である条件で、最も圧縮強度が高くなる含水比を明らかにすることを目的として、含水比の異なる試料土を締固めた試験体について強度試験を行った結果についてまとめた。本実験により、以下の知見が得られた。

- ①締固めた土の圧縮強度は、締固め前の試料土含水比に影響される。
- ②締固めた土の圧縮強度において、関東ロームの粒度が粗くなる事により、最大強度が低下する。
- ③締固めた土は、最適含水比で圧縮強度が最大となり、KR-24が最も圧縮強度が高くなる事が確認された。

## 8. 今後の研究

締固めた土の圧縮強度において、KR-24が最も圧縮強度が高くなる事が確認された。よって、本研究で提案する版築の含水比を24[%]に設定する。

【謝辞】研究の遂行に当たり、多くの方に指導や協力をして頂きました。土の室内試験に関しては、日本大学理工学部建築学科 教授 安達俊夫先生、同 助教 山田雅一先生に、版築の基礎的知識に関しては、日本大学生物資源科学部生物環境工学科 教授 糸長浩司先生、同 カイル・ホルツヒューター大学院生に指導して頂きました。また、版築を施工するに当たり、安達・中西研究室の皆様にご協力頂きました。ここに、感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 『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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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』, 地盤工学会土と基礎, 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.