

石灰と桐油・樹脂を添加して改良した遺跡土の工学的性質

佐賀大学 学 押領寺祐也  
 正 鬼塚 克忠  
 正 陸 江

1. はじめに

土遺跡を展示・公開するとき、遺跡自体の風化・劣化を防ぐための対策が必要となる。考えられる対策として、これまでに著者らは中国古来の添加材である消石灰（以下、石灰と呼ぶ）、桐油、餅米の炊き汁と樹脂を吉野ヶ里遺跡土に加えて締め固め、その強度特性と耐久性と調べる試験を実施している<sup>1),2)</sup>。本研究では優れた改良効果を示した石灰+桐油、あまりよい改良効果を示さなかった石灰+樹脂を土に加えてこれまでと異なる含水比で強度と耐久性を調べ、さらに物理的性質を求めた。石灰+桐油の場合は長期的変化を知るために、室外に供試体を放置して試験を実施した。

2. 強度と耐久性

図-1 に吉野ヶ里遺跡土の締め固め曲線を示す。これより最大乾燥密度  $1.27\text{g/cm}^3$ 、最適含水比 37%であるが、従来は、この条件の土で試験を実施してきた<sup>1),2)</sup>。本試験では、含水比を 22%、27%、32%に設定して、強度と耐久性の試験を実施した。供試体は水を加えて調整した土に、添加材を加えて混合し、その後、直径 5cm、高さ 10cm のモールドを用いて作製した。表-1 に、各材料の混合量を示しているが、土と水の量は図-1 のデータ、供試体寸法から算出したものである。石灰は土の質量比 5%、桐油、樹脂は 5ml で統一した。樹脂は吉野ヶ里遺跡で実際に使用例があるポリウレタン樹脂を使用している。作製した供試体は 14 日間養生した後、一軸圧縮試験および乾燥湿潤の繰り返しによる劣化試験を行った。図-2、図-3 の  $w=37\%$  のデータは過去の試験で得られたものである。

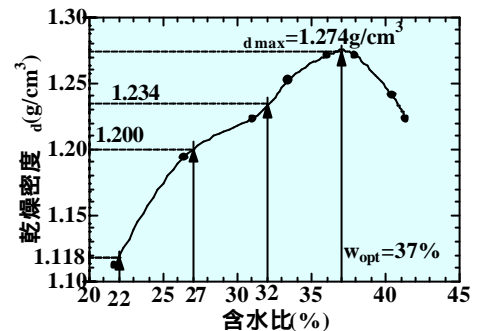


図-1 吉野ヶ里遺跡土の締め固め曲線

表-1 各材料の混合量

含水比 (%)	土 (g)	水 (ml)	石灰 (g)	桐油 or 樹脂 (ml)
22	219	48	11.0	5
27	236	64	11.8	5
32	242	76	12.1	5
37	249	92	12.5	5

一軸圧縮試験（図-2）

石灰+桐油の場合は含水比増加するほど、一軸圧縮強さが大きくなっており、最適含水比 37%で最も大きくなっていることが分かる。

石灰+樹脂の場合は  $w=32\%$  で最も一軸圧縮強さが大きくなった。樹脂は、含水比を最適含水比よりやや小さくした土に使用するのが最も好ましいと思われる。

乾燥湿潤の繰り返しによる劣化試験（図-3）

この試験は、24 時間の水浸と 24 時間の 60 での乾燥を 1 サイクルとし、これを 10 サイクル終了または途中で崩壊したら、試験終了という形をとった。10 サイクルまで到達しているものは全て未崩壊である。石灰+桐油の場合は  $w=22\%$  のみ崩壊している。 $w=22\%$  は、含水比が小さく、桐油が土と十分に反応できなかったため、さらには乾燥密度が小さいため崩壊したの

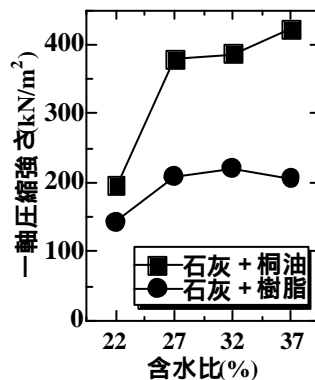


図-2 一軸圧縮強さの比較

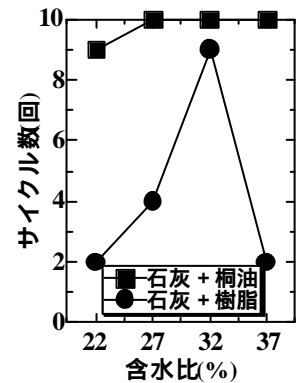


図-3 供試体が崩壊したサイクル数

キーワード：締め固め曲線，含水比，液・塑性限界，粒径，室外放置，  
 連絡先：(住所) 佐賀県佐賀市本庄町 1 番地 (電話) 0952-28-8690

(FAX) 0952-28-8690

だろう。石灰+樹脂はw=32%が崩壊までに9サイクル要しており、他のものに比べて耐久性があることが分かる。

**3. 物理的性質**

物理試験は、w=32%の混合条件の土を使用し、土を締め固めないうち、養生しないもの、14日養生したものについて実施した。表-2に本研究で使用した遺跡土と改良土の物理的性質を示す。土粒子の密度は、石灰+樹脂の場合は、原土と比べて大きくなっている。液性限界、塑性限界、塑性指数は石灰+桐油、石灰+樹脂の両方とも原土より値が小さくなっている。その中でも、養生した土は養生しない土より値が小さくなっている。これは石灰の影響が考えられる。

図-4に、粒径加積曲線を示す。これより、0.1mm以下の細粒分では、原土より改良土の粒径が大きくなっていることが分かる。さらに、石灰+桐油の場合のほうが石灰+樹脂の場合より粒径が大きい、養生した場合のほうが養生しない場合より粒径が大きいといった特徴が見受けられる。

**4. 室外試験**

これまでの試験で最も良い結果が出ている石灰+桐油について、室外試験を実施した。w=37%の混合条件の土を縦30cm、横30cm、高さ10cmの直方体、直径20cm、高さ20cmの円柱のモールドを用いて締め固め、供試体を作製し、室外に1年間放置した。表-3に室外試験の結果を示す。時間が経つにつれ、外的変化として、供試体表面が白く荒れてきた。質量や含水比は徐々に減少しているのが分かる。強度特性では硬度計のバネの縮量から算出した支持強度や一軸圧縮強さは徐々に増加しているのが分かる。

**5. まとめ**

以上の試験結果より次のような所見が得られた。1)石灰+桐油の場合は、w=37%が、石灰+樹脂の場合はw=32%が最も一軸圧縮強さが大きく、耐久性が高い。2)添加材を混合した土の液性限界、塑性限界、塑性指数は、ともに原土より値が小さくなった。3)土に添加材を加えると、細粒分の粒径が大きくなる。その中でも、養生しない場合より養生した場合のほうが、石灰+樹脂の場合より石灰+桐油の場合のほうが粒径が大きい。4)室外試験において、時間がたつにつれ、質量・含水比は低下し、支持強度・一軸圧縮強さは増加した。今後は、添加材と土が結びつくメカニズムについて追究していく予定である。

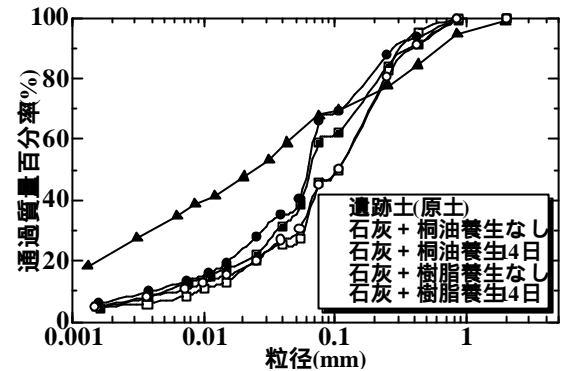
**謝辞：**本研究で使用した樹脂を提供して下さった中外商工の方々に御礼を申し上げます。

**参考文献**

- 1) 押領寺祐也, 鬼塚克忠, 陸江: 石灰と桐油・樹脂を添加して改良した遺跡土の諸性質, 平成15年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.A-310~A-311, 2004
- 2) 押領寺祐也, 鬼塚克忠, 陸江: 室内・室外における中国古来の添加材による土の改良効果, 土木学会平成15年度全国大会 - 第58回年次学術講演会講演概要集, -629, pp.1257~1258, 2003

**表-2 遺跡土と改良土の物理的性質**

	(原土) 遺跡土	石灰+桐油		石灰+樹脂	
		養生なし	養生14日	養生なし	養生14日
土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.60	2.63	2.67	2.67
液性限界 w <sub>L</sub> (%)	61.6	53.2	50.7	53.5	48.6
塑性限界 w <sub>p</sub> (%)	37.1	37.0	35.5	34.9	33.6
塑性指数 I <sub>p</sub>	24.5	16.3	15.2	18.9	15.0



**図-4 粒径加積曲線**

**表-3 室外試験の結果**

		作製直後	1ヶ月後	6ヶ月後	1年後	
質量(kg) モールドも含む	直方体	27.40	26.85	-	-	
	円柱	14.20	14.18	13.40	12.97	
含水比(%)	直方体	35.2	30.4	17.4	-	
	円柱	-	-	-	11.5	
硬度計	バネの縮量 (mm)	直方体	-	32.1	34.3	-
		円柱	-	30.5	31.7	33.4
	支持強度 (kN/m <sup>2</sup> )	直方体	-	4980	11800	-
		円柱	-	3920	5400	9320
一軸圧縮強さ (kN/m <sup>2</sup> )	直方体	66.3	363.4	415.6	-	
	円柱	-	-	-	374.4	