

中国古来の添加材で改良した遺跡土の力学的性質

佐賀大学 学生会員 ○押領寺祐也
 佐賀大学 正会員 鬼塚 克忠
 中国・浙江科技学院講師 陸 江
 佐賀大学 学生会員 馬渡 侑佑

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。近年、その対策として、合成樹脂を土に混ぜるなど様々な方法が多く利用されている。著者ら¹⁾は、中国の古代構築技術を用いて造られた遺跡を調査しており、多くは現在も存在している。本研究では、佐賀県の吉野ヶ里遺跡から採取した土に、古代中国の盛土構築に使用された天然の添加材や近年、遺跡の修復等に用いられている合成樹脂を加えて締め固め、その力学的性質について調べた。

2. 試験の概要

吉野ヶ里遺跡から採取した土の物理的性質を表-1に示す。最適含水比の土に表-2に示す添加材を加えて、最大乾燥密度になるようにモールドを用いて突き固め、供試体を作製した。試験は、一軸圧縮試験と圧密試験を行った。

2.1 古代中国の盛土構築に使用された添加材

石灰（消石灰）・・・古くから広く利用されている地盤改良材である。

餅米の炊き汁・・・土層の表面に吹き付ける、あるいは土に混ぜるという方法で、建設工事に利用される。図-1は、中国浙江省杭州市に位置する良渚遺跡に属する匯観山祭壇の復元工事である。この時、石灰、餅米の炊き汁が添加材として使われ、復元された祭壇はコンクリートのような硬さであった。

桐油・・・アブラガリの種子を圧搾して得る乾性油であり、耐水性、耐候性に優れる。中国では、古くから重要な防水塗料として利用されている。

2.2 使用した合成樹脂

水を含むものを固めるのに適するウレタン樹脂（以下、樹脂）を用いた。これは、実際に吉野ヶ里遺跡の復元工事で使用されている。

2.3 一軸圧縮試験

供試体の寸法は高さ 10cm、直径 5cm である。供試体を作製後、ラップで覆い、室温で 0 日、7 日、28 日養生した。

2.4 圧密試験

供試体の寸法は高さ 2cm、直径 6cm である。供試体を作製後、ラップで覆い、室温で 7 日、28 日養生した。試験は、非水浸、水浸条件で行い、水浸条件では供試体を試験開始 30 分前から水浸させた。また、短時間で圧密が終了するため、荷重は 30 分間隔で載荷した。

3. 試験結果と考察

3.1 一軸圧縮試験

図-2に、一軸圧縮強さの変化を示す。添加材なしの①については、他の供試体と比べて、一軸圧縮強さが小さい。餅米の炊き汁+石灰の③、桐油+石灰の④については、7日および28日養生した供試体はいずれも、石灰の②より一軸圧縮強さが大きくなっている。しかし、③

表-1 土の物理的性質

土粒子の密度 (g/cm ³)		2.62
液性限界 w _L (%)		61.6
塑性限界 w _p (%)		37.1
塑性指数 I _p		24.5
強熱減量 L _i		12.6
粒度組成	礫(%)	1.0
	砂(%)	31.0
	シルト(%)	35.5
	粘土(%)	32.5
最大乾燥密度 (g/cm ³)		1.27
最適含水比(%)		37.0
土質分類		MH

表-2 水・添加材の混合比
【数字は乾燥土に対する質量比(%)】

	水	石灰	餅米	桐油	樹脂
①添加材なし	37				
②石灰	37	5			
③餅米+石灰		5	37		
④桐油+石灰		5		4	
⑤樹脂+石灰	37	5			4



図-1 匯観山祭壇の復元工事

については非常に水に弱いことを既に報告している²⁾。逆に、樹脂+石灰の⑤については、②より一軸圧縮強さが小さくなっている。これは、予想外の結果であり、原因としては、樹脂の添加量の少なさや今回使用した土に樹脂があまりなじまなかったことが考えられる。

桐油+石灰の一軸圧縮強さが大きくなる理由としては、桐油の成分の大部分を占めているエレオステアリン酸が考えられる。エレオステアリン酸の一分子中の二重結合の数は三個であり、その二重結合が三個隣り合って存在する共役二重結合(9, 11, 13にシストランス・トランスの二重結合がある)であるため非常に重合しやすく、乾燥性も極めて高い。このような性質を持つ桐油と石灰が化学反応の際に強大な固結力を生み出すため、一軸圧縮強さが大きくなると考えられる。

3.2 圧密試験

図-3に7日養生、非水浸条件のe-logp曲線を、図-4に28日養生、非水浸条件のe-logp曲線を示す。これより、添加材なしの①と餅米の炊き汁+石灰の③は、他の供試体と比べて間隙比の減少が大きい。逆に石灰の②と桐油+石灰の④は、間隙比の減少が小さい。また、28日養生した供試体は、7日養生の供試体より間隙比は減少しない傾向が見受けられる。

表-3に各供試体の圧密降伏応力を示す。全体的に28日養生の供試体の方が7日養生の供試体よりも圧密降伏応力は大きく、この値の増加は日数経過による若干の時間効果であると思われる。また、水浸した方が非水浸条件よりも圧密降伏応力は小さい。餅米の炊き汁+石灰は非水浸条件と水浸条件で差が大きく、餅米の炊き汁は水に弱いことが分かる。桐油+石灰は、水浸条件においても圧密降伏応力は大きい。これは桐油の防水性が効いているためだと思われる。一軸圧縮試験の結果と照らし合わせてみると、一軸圧縮強さと非水浸条件の圧密降伏応力はほぼ相関していると考えることができる。一軸圧縮強さがそれほど大きくなかった樹脂+石灰は、圧密降伏応力もやはりそれほど大きくない。

4. まとめ

本研究では、石灰に餅米の炊き汁や桐油、樹脂を混ぜたものを土に加えて力学的性質を調べた。その結果、桐油+石灰は最も一軸圧縮強さが大きく、圧縮性が低いという知見が得られた。遺跡の保存・修復には、合成樹脂が使用されることが多いが、石灰や桐油といった天然の添加材を使用することを奨めたい。

謝辞：本研究で使用了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) 陸 江, 鬼塚克忠, 唐 曉武, 甲斐大祐: 中国古代版築技術に基づく遺跡復元工法に関する基礎的検討, 第37回地盤工学会研究会—平成14年度発表講演集, pp.19-20, 2002
- 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, III-629, pp.1257~1258, 2003

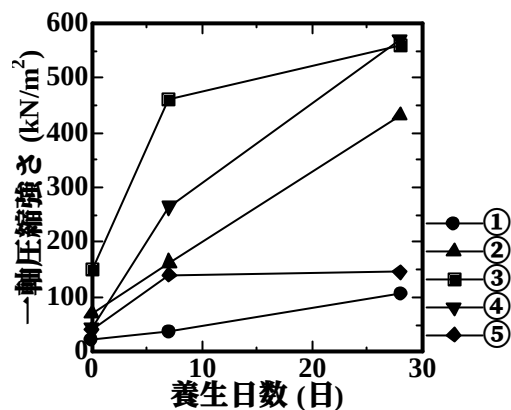


図-2 各供試体の一軸圧縮強さ

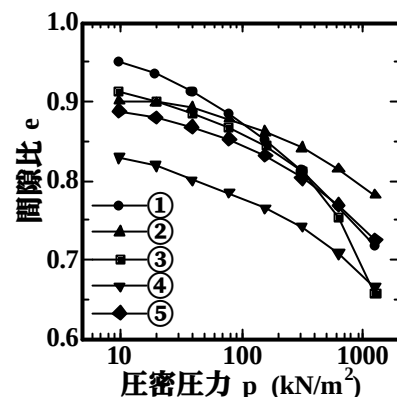


図-3 7日養生、非水浸条件のe-logp曲線

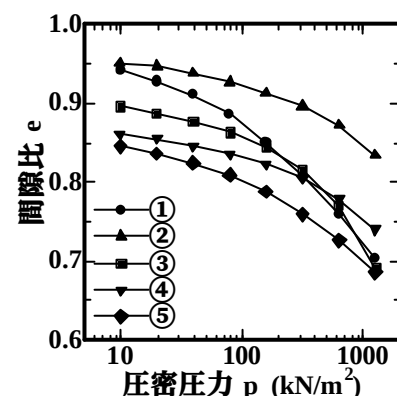


図-4 28日養生、非水浸条件のe-logp曲線

表-3 圧密降伏応力 (数字の単位は kN/m²)

	7 日		28 日	
	非水浸	水浸	非水浸	水浸
①添加材なし	110	190	155	130
②石灰	410	370	505	410
③餅米+石灰	450	245	450	200
④桐油+石灰	435	400	480	455
⑤樹脂+石灰	320	255	320	310