

中国・江南の土墩墓の基本的な土質工学特性

佐賀大学 学○甲斐大祐 正 鬼塚克忠
 佐賀大学低平地防災センター 正 唐 暁武
 佐賀大学 学 陸 江

1.はじめに

今から約2000年前、弥生時代に構築された吉野ヶ里・墳丘墓(B.C.100)は版築に似た丁寧かつ高密度な締固めが施された盛土構造物である。墳丘墓は高度な構築技術が駆使されたことが伺える。吉野ヶ里・墳丘墓の源流は中国・江南地区に点在している約 B.C.1500～B.C.450(殷～春秋戦国時代)に建造された土墩墓ではないかといわれている¹⁾。土墩墓の大きさは様々であるが、およそ径 10～40 m、高さ 3～10mの範囲にある。また中国の楊楠氏²⁾の文献には土墓とは“不挖墓穴、平地掩埋”つまり、穴を掘らずに地上に死者を収め、土を盛り上げて出来た墓のことであると記されてある。



写真1 土墩墓の概観(中国・江南地区)

本研究では、土墩墓の土質工学特性を調べて吉野ヶ里・墳丘墓と

比較検討し、関連性の有無を解明することを目的とする。今回は土とん墓の現場試験と室内試験を実施し、基本的な土質工学特性についての試験結果を報告する。

2.試験の概要

2つの土墩墓を調査したところ類似した結果が得られたので今回は一つだけを示す(写真.1)。中国・江蘇省のもので、寸法は高さ 4.5m、直径約 20mである。土の色は原地盤の近くは赤褐色で、中層は黄褐色、表面付近は褐色であった。土墩墓についてボーリング調査とN値を求めるための標準貫入試験、物理試験および力学試験を実施した。圧縮性と強度定数を求めて時間効果を調べるために圧密試験と一面せん断試験、締固め度を調べるために締固め試験を実施した。一面せん断試験は、不攪乱非水浸(UU: Undisturbed, Unsoaked) 不攪乱水浸(US: Undisturbed, Soaked) 攪乱非水浸(DU: Disturbed, Unsoaked) 攪乱水浸(DS: Disturbed, Soaked)の4種類の条件下で実施した。圧密試験については、圧密荷重を段階的に(25、50、100、200、400、800、1600kPa)加えて実施した。締固め試験は深度 3mまでの試料を用い、締固めエネルギーを3段階(締固め回数を15回、25回、50回)に変化させて実施した。

3.現場試験結果

現場試験について標準貫入試験の結果と吉野ヶ里・墳丘墓のN値を図.1に示す。2つのグラフを比較して盛土層内に(土墩墓は3m地点、墳丘墓は1.5m地点)ピークが存在する。土墩墓についてはボーリング調査のとき深さ 2.9m地点でいくつかの直径約 10cmの石を採取した。楊楠氏の論文によると土墩墓の中には死者を地面に直接置くのではなく石床を作って埋葬しているものもあると記述されている。今回調査した土墩墓についても該当すると考えれば、N値の増加は石床を作る際に何らかの施しを加えたと推定できる。吉野ヶ里・墳丘墓の場合は、版築様に締固められている³⁾ので盛土層内にピークが現れたと考えられる。また土

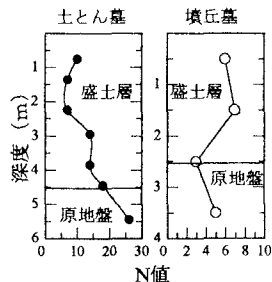


図.1 標準貫入試験の結果

墳墓のボーリング調査のとき採取した試料からは版築の跡は見られなかった。

室内試験について物理試験の結果を表. 1 に示す。粒度試験の結果からシルトと粘土の割合が多く粘性土に区分される。深さによる土の種類の変化は見られない、しかしながら A-4 層については、砂とシルトの割合が少し多くなっている。この層は石が採取された層でもあり石床を作るときに原地盤とは異なる土を用いて何らかの施しを加えたと考えられる。

図. 2 は一面せん断試験の結果を示す。粘性土の粘着力の一般的な値は 10~100kPa であるから全体的に粘着力が大きい。また UU と US の粘着力の差よりも DU と DS の差の方が大きい。これらの結果は時間効果による固結力の増加の影響が現れている。内部摩擦角に対する時間効果についても粘着力と同じことが言える。これらの結果は吉野ヶ里・墳丘墓の時間効果³⁾と似た傾向を示している。

締固め試験の結果を図. 3 に示す。試験に用いた試料は、地上から深さ 3m までの土を混合したものである。3 段階に変化させた締固め試験の結果から、25 回と 50 回の締固めでは最大乾燥密度および最適含水比の値はほぼ同じであることが分かる(最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.63 \text{ g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{opt}=21.8\%$)。また現場の含水比と乾燥密度をグラフに示す。締固め度は、A-1 層 92.0%、A-2 層 96.3%、A-3 層 90.2%、A-4 層 93.3%であり、平均すると 93.0%で現代の締固め機械で得られるほどの高い密度である。

表. 2 は圧密試験結果を示したものである。圧縮指数は全体的に低い。この結果はよく締固められていることを示している。しかし、圧縮指数からは時間効果の影響は確認できなかった。

4.まとめ

今回の調査で無数にある中の一つではあるが土とん墓の基本的な土質工学特性について知ることができた。今回の土とん墓は、室内試験および標準貫入試験の結果より土層の強度は大きく、圧縮性は小さい、構成土には粘性土分が多く透水性が低い。また、締固め度が高く、土墳墓全体の耐久性に優れている。しかし、吉野ヶ里・墳丘墓のような版築様の技術が用いられた形跡は確認できなかった。今後の研究として、今回では確認できなかった版築を用いた土墳墓について調査し、吉野ヶ里・墳丘墓との関連性を研究する必要がある。

参考文献：

- 1) 鬼塚克忠、張 敏、唐 曉武：中国・土墳墓（どとんぼ）について、土と基礎、2000。
- 2) 楊楠：江南土墳遺存研究、民族出版社、1998。
- 3) 鬼塚克忠、原 裕：吉野ヶ里・北墳丘墓の土質工学的特性、土と基礎、1996。

表. 1 物理試験結果

No.	深さ	含水比	ρ_t	ρ_d	G_s	I_p	礫	砂	シルト	粘土
	m	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	%
A-1	0.6/0.8	22.9	1.84	1.50	2.71	20.2	1.1	1.6	45.4	51.9
A-2	1.3/1.5	25.1	1.97	1.57	2.71	20.9	1.2	2.6	44.8	51.4
A-3	2.0/2.2	24.7	1.83	1.47	2.71	20.8	1.3	2.8	49.8	46.1
A-4	2.8/3.0	24.7	1.90	1.52	2.70	16.4	1.6	3.0	54.3	41.1
A-5	3.8/4.0	26.0	1.99	1.58	2.72	20.6	1.2	1.8	49.6	47.4
A-6	4.4/4.6	21.6	1.98	1.63	2.71	17.6	0.2	1.1	52.7	46.0
A-7	5.3/5.5	21.5	2.03	1.67	2.70	16.7	1.0	1.9	57.0	40.1

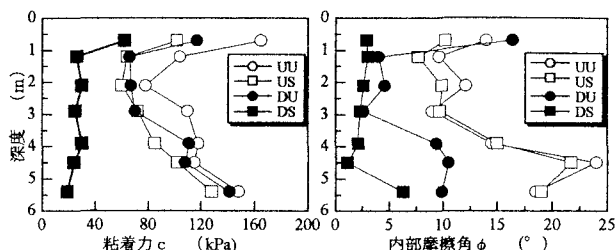


図. 2 一面せん断試験結果

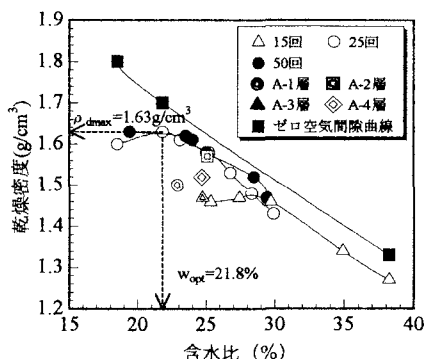


図. 3 締固め試験結果

表. 2 圧密試験結果

No.	Cc			
	UU	US	DU	DS
A-1	0.19	0.19	0.28	0.28
A-2	0.16	0.17	0.26	0.27
A-3	0.15	0.14	0.23	0.25
A-4	0.20	0.19	0.20	0.20
A-5	0.14	0.15	0.19	0.23
A-6	0.13	0.13	0.21	0.21
A-7	0.07	0.09	0.19	0.21