

## 太湖地区の土とん墓の構築技術に関する研究

佐賀大学大学院	学	甲斐大祐
佐賀大学理工学部	正	鬼塚克忠
佐賀大学低平地研究センター	正	唐 暁武
佐賀大学大学院	学	陸 江

### 1. はじめに

佐賀県神埼郡にある弥生時代に構築された吉野ヶ里墳丘墓（B.C.100）の土質工学的調査を実施している。吉野ヶ里墳丘墓は版築状の締固めが施されており、丁寧かつ高密度に締固められた盛土構造物である。この吉野ヶ里墳丘墓の源流は、中国・江南地方の土とん墓ではないかとされている<sup>1)</sup>。土とん墓とは、中国の江南地方に点在する B.C.2200～B.C.450 に構築された盛土構造物である。大きさは、一般的に直径 10～40m、高さ 3～10m の範囲にある。この土とん墓の中にも版築状の締固めが施されているものもある<sup>2)</sup>。本研究では、吉野ヶ里墳丘墓と土とん墓の関連性の有無を解明することを目的とする。これまでに 2 つ土とん墓について土質工学的調査実施したが、今回は、中国・江南地方の太湖・杭州湾地区にある土とん墓（写真.1）の構築技術について報告する。なお、これは本研究発表会の陸江氏による「中国・江南地方の土とん墓の現場調査」の B 所と同一のものである。



写真.1 土とん墓の概観

が、今回は、中国・江南地方の太湖・杭州湾地区にある土とん墓（写真.1）の構築技術について報告する。なお、これは本研究発表会の陸江氏による「中国・江南地方の土とん墓の現場調査」の B 所と同一のものである。

### 2. 試験概要

調査を実施した土とん墓の大きさは高さ約 8m、南北約 50m、東西約 40m で、土とん墓の東部はレンガの原料にするため既に掘削されていた。その掘削断面を観察すると、土の色の違いから数種類の土で構成されていることが分かった。この土とん墓に対して、現場でボーリング調査と N 値を求めるために標準貫入試験、物理試験（液性・塑性限界試験、土粒子密度試験、粒度試験）と強度定数、圧縮性および締固め度を求めるために力学試験（締固め試験、一面せん断試験、圧密試験）を実施した。また、掘削断面から奥行き 1m、幅 2m のトレンチ掘削を行い、頂上から 1.00、1.80、2.75、4.00、5.35、6.50、7.40m 地点で直径 10cm、高さ 8cm のモールドで乱さない試料の採取を実施した。なお、室内試験は中国の杭州にある浙江大学で実施した。

### 3. 現場調査の結果と考察

図 - 1 は標準貫入試験で得られた N 値を示す。またボーリング調査から、頂上から基層まで 7 層で構成されていることが分かった。頂上から 3m 付近で N 値のピークが現れた。この層は、第 3 層（地上から 2.5～5.0m）にあたり、また版築状の締固めが施された形跡があり、よく締固まっていた。このため N 値が大きな値を示したと考えられる。第 3 層の中にある版築状の締固めは、さらに層状になっていて、その 1 層ごとの厚さが 10～15cm で同じ土を用い、細かな石や砂を混入させて締固められていることが分かった。また吉野ヶ里墳丘墓の版築状の締固めは、様々な種類の土が幾層にも締固められている<sup>3)</sup>。このように、吉野ヶ里墳丘墓と土とん墓は異なる構築方法の版築状の締固めが施されたと考えられる。

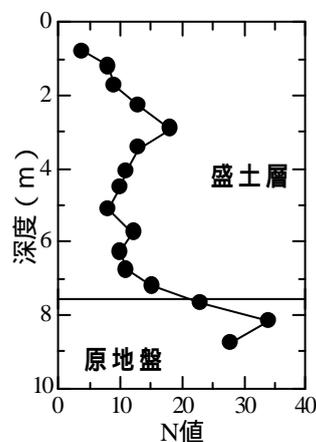


図 - 1 標準貫入試験の結果

keyword: mound-tomb, in-situ investigation, laboratory-test

連絡先：佐賀県佐賀市本庄町 1 番地 佐賀大学理工学部都市工学科 tel:0952-28-8695 fax:0952-28-8699

#### 4. 物理試験の結果と考察

表 - 1 は物理試験の結果を示す。

第 1 (0.0 ~ 1.0m)、2 (1.0 ~ 2.5m) 層は、黒褐色の土、シルト分と粘土分がほぼ 90% を占めており粘性土に区分され、用いた土に何も施さず、盛り上げた層である。

第 3 (2.5 ~ 5.0m) 層は、黄褐色の土で深度 4.0m 付近に版築状の締固めが施されていた。粒度分布は他の層とは異なり、砂分、シルト分、粘土分が均等で礫分が増加している。この層は、締固めを行う際に意図的に粒度調整し、高い密度が得られるように考慮したと考えられる。

第 4 (5.0 ~ 6.5m) 層は、赤紫色の砂性土である。砂は透水性が高いため、土とん墓内部に浸入した水はこの層を伝って排出される。この層は、砂分の増加を図り、排水機能を設けたと考えられる。

第 5 (6.5 ~ 7.0m) 層は、黄褐色の粘性土で粒度分布は第 1、2 層とほぼ同じだが、土層の中には、黒炭の屑が混入していた。この層も用いた土に何も施さず、盛り上げたものだと考えられる。

第 6 (7.0 ~ 7.5m) 層は、青色の粘土が混入した土である。粒度分布は 95% 以上を粘土分とシルト分を占めている。この青色の粘土は、中国で“青膏泥”と言われていて水田から採取した土である。木棺が埋葬されたと思われる箇所の周りに配置され、木棺への浸水を防ぐために青色の粘土が用いられたと考えられる。

第 7 (7.5m 以下) 層は、原地盤で赤褐色の未風化土である。

#### 4. 力学試験の結果と考察

表 - 2 は締固め度を示す。試料は、深度 4m 以浅の土、第 4 層の土、第 6 層の土を用いた。表に示した締固め度は、現場の乾燥密度を室内試験で得られた最大乾燥密度で割った値を百分率で表したものである。深度 4m 以浅の現場の乾燥密度と含水比は第 1、2、3、層の平均値である。得られた締固め度は、3 種類とも 89% 以上と高く現代の締固め機械で得られる値である。これらの結果から、土とん墓は全体的によく締固まっていることが分かる。特に青色の粘土の層は締固め度 99.4% でかなり締固まっており、密度が高く防水性に優れていることが分かる。

表 - 3 は一面せん断試験（排水条件：非圧密非排水）と圧密試験の結果を示す。用いた試料はボーリング調査で採取した土で、全体的に粘着力は大きく、圧縮指数は低い。粘着力の最大値、圧縮指数の最小値は第 3 層にあ

たる試料 No.5 で得られた。版築状の締固めが施されて強度が大きく、圧縮性が低くなったと考えられる。

#### 4. まとめ

今回調査を行った土とん墓は、7層で構成されていることが判明した。また、様々な土の特性を生かし、防水・排水機能などの高度な技術が施されている。また版築状の締固めも確認でき、土とん墓全体の強度と耐久性の向上を図っていることが分かった。高度な技術の背景には埋葬されている人物の重要性が伺われる。また、吉野ヶ里墳丘墓と土とん墓の版築状の締固めには相違点が見られ、今後は、構築方法について研究していきたい。

参考文献：1) 鬼塚克忠, 張敏, 唐曉武：中国・土とん墓（どとんぼ）について, 土と基礎, 48 - 8 (551), p.20, 2000.

2) 楊楠：江南土とん遺存研究, 民族出版社, p.68, 1998.

3) 鬼塚克忠, 原裕：吉野ヶ里遺跡・北墳丘墓の土質工学特性, 土と基礎, 44 - 7 (462), pp.21~22, 1996.

表 - 1 物理試験の結果

層	深さ	含水比	$d$	$l_p$	礫	砂	シルト	粘土	分類
	m	%	g/cm <sup>3</sup>		%	%	%	%	
1	1.00	16.8	1.40	13.8	2.7	12.0	51.2	34.1	CL
2	1.80	17.0	1.48	12.9	2.2	10.4	49.6	37.8	CL
3	2.75	19.6	1.47	12.8	5.7	14.9	57.9	21.5	CL
	4.00	15.9	1.74	13.9	9.6	29.7	29.8	30.9	CL
4	5.35	14.4	1.64	6.9	2.5	42.5	31.7	23.3	CL
5	6.50	23.3	1.50	11.5	0.5	14.8	50.3	34.4	CL
6	7.40	20.8	1.72	9.1	0.0	3.5	49.6	46.9	CL
7	7.5以下	原地盤							

表 - 2 締固め度

土の種類	粒 度				$d_{max}$	$W_{opt}$	$d$	$W$	締固め度
	礫	砂	シルト	粘土	g/cm <sup>3</sup>	%	g/cm <sup>3</sup>	%	
深度4m以浅	3.5	12.4	52.9	31.2	1.76	17.7	1.59	17.3	90.2
第4層の土	2.5	42.5	31.7	23.3	1.95	12.7	1.75	14.4	89.7
第6層の土	0.0	3.5	49.6	46.9	1.71	19.3	1.70	21.1	99.4

表.3 一面せん断及び圧密試験の結果

No.	深度	$t$	$W$	$C$		$C_c$	$P_c$
	m	kg/cm <sup>3</sup>	%	kPa	°		kPa
1	1.4/1.6	1.97	13.5	72	9.6	0.11	250
2	2.05/2.25		14.9				
3	2.65/2.85	1.91	22.5	54	23.7	0.28	250
4	3.20/3.40	1.90	23.3	67	21.4	0.29	340
5	3.85/4.05	1.94	24.9	73	20.5	0.15	260
6	4.50/4.70	1.94	24.1	45	28.8	0.17	210
7	5.20/5.40	2.02	25.8	70	6.7	0.14	210
原地盤	8.35/8.55	2.08	22.7	113	19.8	0.10	200