

版築状に締め固められた土の時間効果について

佐賀大学 理工学部 学 ○右田勝広 正 鬼塚克忠
学 陸 江 正 唐 曉武

1. まえがき

これまでに吉野ヶ里遺跡・墳丘墓の土質工学的特性と構築技術の解明が行われてきている。今回は、吉野ヶ里墳丘墓の土で、版築状に角材で突固めた模型地盤(写真-1,2)を用いて、多種の土質試験を行った。この模型地盤は版築状に突固めてから3年(1996.12月作成)が経過したものである¹⁾。突固め直後と3年経過後の模型地盤、および2000年経過の吉野ヶ里墳丘墓の3試料について、力学的特性および微視的な土構造の比較を行い、時間効果について検討する。

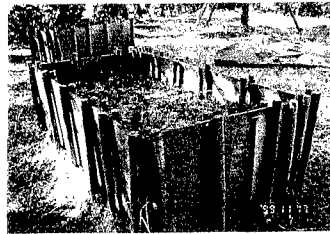


写真-1 墳丘墓模型地盤の全景

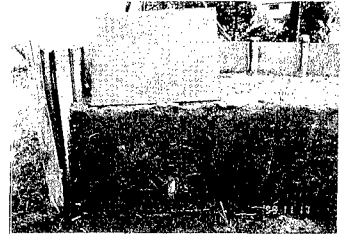


写真-2 角材突固め断面

2. 試料および試験方法

用いた試料の性質を表-1に示す。試料はすべて吉野ヶ里墳丘墓のもので、試料Sは北墳丘墓の調査で削った土の捨土であり、C、Dは同一地点で、Cの下部(30~40cm)がDである。模型地盤(写真-1,2)は3年前、試料Sを用いて含水比43%、乾燥密度 $\rho_d = 1.16\text{g/cm}^3$ (C,D,Eの試料採取時の平均)に調整し、断面積 $1 \times 2\text{m}$ の木枠に‘足踏みによる締め固め’と‘角材による突固め’により、それぞれ断面積 $1 \times 1\text{m}$ 、1層の厚さは

表-1 試料の物理的性質

試料	S	北C	北D	北E	南B
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.62	2.636	2.606	2.605	2.625
液性限界 $w_L(\%)$	61.6	63.6	56.8	54.0	55.7
塑性限界 $w_P(\%)$	37.1	39.1	43.3	31.6	28.9
塑性指数 I_P	24.5	24.5	13.4	22.4	26.8
自然含水比 $w(\%)$	35.0	48.8	39.8	39.7	44.1
最適含水比 $w_{opt}(\%)$	37.0	40.0	32.8	34.9	40.0
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	1.27	1.23	1.35	1.33	1.19
強熱減量 $L_d(\%)$	12.6	12.6	12.1	13.2	15.4
粒度組成	礫(%)	1.0	0.8	0.1	2.0
	砂(%)	31.0	18.1	17.5	54.2
	シルト(%)	35.5	44.6	61.4	31.8
	粘土(%)	32.5	36.5	21.0	12.0

10cm程度で、5層(50cm)に締め固めている¹⁾。また、角材突固め直後のものは、鉄製のモールド(断面積 $30 \times 30\text{cm}$ 、高さ30cm)に試料Sを用いて、含水比36.2%、乾燥密度 $\rho_d = 1.24\text{g/cm}^3$ で突固めている²⁾。模型地盤について、時間経過における地盤の硬度変化について調べるため、山中式土壤硬度計(標準型)を用いて測定を行い、定圧排水一面せん断試験(せん断速度 0.25mm/min)および圧密試験を行った。また、試料Sで模型地盤作成と同じ乾燥密度で静的締め固めを行い、これと模型地盤、南墳丘墓Bの3試料でポロシメーターによる間隙径分布測定試験を実施し、比較を行った。

3. 試験結果と考察

表-2 硬度計による模型地盤の支持力強度(角材突固め)

経過時間	締め固め直後	締め固め1ヶ月後	締め固め3年後				
位置	表層	表層	表層	第2層	第3層	第4層	第5層
支持力強度(kgf/cm^2)	2.5	6.4	10.7	26.4	30.8	29.8	32.0

表-2に時間経過による模型地盤の支持力強度の変化を示す。表層の支持力強度を見ると、時間経過とともに強度

が増大していることが分かる。また、若干のばらつきはあるが、下の層ほど支持力強度は大きい。

表-3に一面せん断試験、圧密試験を行った試料の状態を、図-1、2に非水浸条件の一面せん断試験、圧密試験の結果を示す。角材突固め直後のものより模型地盤の方が粘着力 c_d 、内部摩擦角 ϕ_d 、圧密降伏応力 p_d が大きいことが分かる。この値の増加が、3年経過による時間効果と考えられる。しかし、北墳丘墓CおよびDと比較すると、予想とは異なり、模型地盤の方が値が同等または大きくなった。この理由として、含水比の違いや試料の物理的性質の違いなどが上げられるが、はっきりした理由は分かっていない。

表－3 一面せん断試験、圧密試験を行った試料の状態

供試体	経過時間	含水比w(%)	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	間隙比e
角材・直後	0	36.2	1.243	1.110
模・第2層	3年	34.6	1.240	1.114
模・第4層	3年	35.1	1.227	1.136
北C	2千	49.3	1.061	1.476
北D	年	39.4	1.202	1.164

※注 それぞれ各試験の平均値

表－4 間隙径測定試料の状態

供試体	含水比w(%)	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	間隙比e
静的締固め直後	38.0	1.16	1.263
3年経過	35.0	1.30	1.017
2000年経過	33.6	—	—

表－4に間隙径測定試料の状態を、図－3に指数容積間隙分布状況を示す。2000年が経過した南墳丘墓Bの試料の間隙分布については、静的締固め直後、3年経過の試料と比べると、比較の間隙径が小さい方に分布していることが分かる。静的締固め直後と3年経過の間隙分布を比較すると、静的締固め直後の場合60～70 μm 付近の間隙径にピークが見られるのが、3年経過の場合はこのピークが見られない。しかしながら、2 μm 以下の間隙径分布はほとんど変化していないことが分かる。また、静的締固め直後と3年経過の試料の間隙比を比較すると、3年経過の方が小さい。このことを考慮すると、3年の間に生じた間隙比の減少は、この60～70 μm の大きさに相当する間隙の消失であることが分かる。

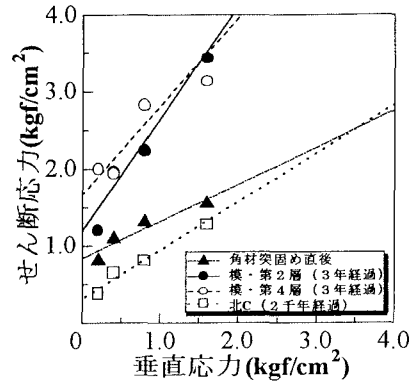
4. まとめ

今回墳丘墓の構築方法を知る手がかりとして、実際に版築状に突固められた模型地盤を用いて、時間効果について検討した。一面せん断試験および圧密試験結果から、3年間で粘着力、内部摩擦角、圧密降伏応力などの強度に関する定数が著しく増加することが分かった。また、間隙径分布測定結果から、3年の間に生じた間隙の減少は比較的大きな間隙径に相当する部分に生じたものであり、2 μm 以下の間隙は、ほとんど変化しないことが判明した。今後は、足踏みによる締固め層についても検討する必要がある。

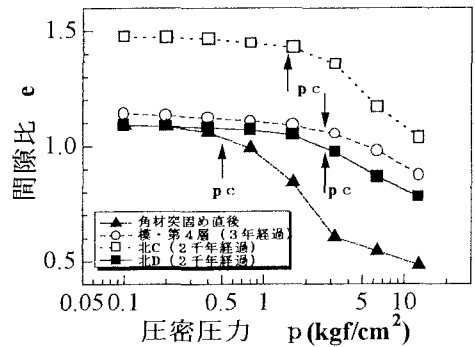
謝辞：本研究を行うにあたり、ポロシメーター装置の使用を快諾し、手ほどきをしていただいた九州工業技術研究所の井上耕三氏に記して感謝します。

参考文献

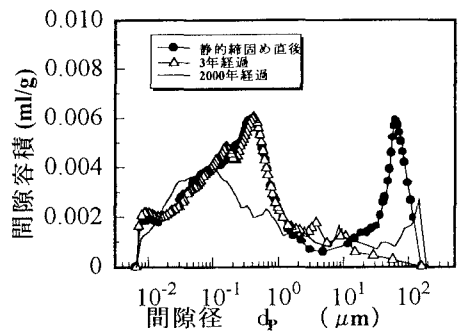
- 1) 横尾磨美：吉野ヶ里遺跡・墳丘墓など盛土遺跡の構築技術の解明、佐賀大学 理工学部 修士論文、1997。
- 2) 中村孝浩：吉野ヶ里遺跡・墳丘墓の締固め方法および強度特性の相違について、佐賀大学 理工学部 卒業論文、1996。



図－1 せん断応力と垂直応力 (非水浸)



図－2 e-log p 曲線 (非水浸)



図－3 指数容積間隙分布