

古墳盛土の地盤工学的特性*1

Geotechnical Properties of Ancient Burial Mounds

西田一彦*2, 西形達明*3

By Kazuhiko NISHIDA, Tatsuaki NISHIGATA

要旨: 古代におけるわが国の土構造物のうちで古墳は最も重要でかつ規模の大きいものである。古墳に関する研究は、従来、考古学の分野で詳細な研究が行われてきたが土木工学、とくに地盤工学の分野からの研究が非常に少ない状態である。しかしこのような古代の文化遺産を保存して後世に伝えるためにも、また、古代の土木技術を解明する上でも地盤工学的視点からの研究が不可欠となる。そこで、本論文では、地盤工学的情報の得られているわが国のいくつかの古墳と中国の古墳、さらに新たに行った地盤調査試験によって得られたデータに基づいて古墳の盛土の地盤工学的特性を検討した結果、各古墳はその地域の土を用いて適正に締固められており、強度は古墳の規模と関連していることが明らかとなった。

1. まえがき

古墳は弥生時代終末の3世紀末頃に出現し、7世紀末頃までに築造されたとされている。しかし、近年の発掘調査によって、弥生時代にも相当な墳丘をもつ墓の存在することが判明し、その時代の墓は墳丘墓と呼んで、古墳とは区別している¹⁾。古墳はその規模の大小は別として、独特の墳丘と内部構造を持ち、その中に副葬品を伴うことから、その被葬者は権力及び財力を持っていた者と考えられている。

このような古墳などの古代土構造物は、建設当時における可能な限りの技術により建設され、現代まで1000年以上もの間その安定を保っている。このような古代土構造物は歴史的、考古学的には様々な研究がされてきたが、大土木工事によって建設されたにもかかわらず、科学的、地盤工学的観点からの研究報告は非常に少ない。そこで、本研究では古代土構造物を地盤工学的に調べることにより、古代技術の解明や文化遺産の保存修復技術の開発、さらに現代の地盤技術にも役立つと考え、いくつかの古墳盛土を調査し、既存資料との比較、検討を行うこととした。

上に記した本研究の目的を具体的に述べると、①古墳の保存修復工事において要求される工学的・技術的情報を得ること、②古墳のような古い土構造物を調べることによって、土木技術の起源及び発展過程を明らかにすること、③長年月経過した土構造物の物理的・力学的性質を調べることで、土の長期の挙動の情報を得ることである。

本研究では古墳の築造技術や、古墳盛土、つまり長時間経過した土の地盤工学的性質にはどのような特徴があるのかを把握するため、いくつかの文献を調査した。用いた既存資料は、王塚古墳、観音山古墳、峯ヶ塚古墳、森將軍塚古墳、吉野ヶ里遺跡・墳丘墓、戦場古墳群・33号古墳、中国・江南土とん墓の古墳盛土の計7ヶ所における土質試験結果によるものである。また、峯ヶ塚古墳と植山古墳については、新たに実験を行って、既存資料と比較した。

2. 研究対象古墳の概要

(1) 王塚古墳^{2), 3)}

王塚古墳は福岡県嘉穂郡桂川町寿命の丘陵上に立地する。本古墳は6世紀中葉に築造された前方後円墳で、前方部は削平されているが、南西に軸を向けている。推定規模は全長約78m、前方部幅約63m、後円部径約52m、墳頂高約8.8mで、葺石及び円筒埴輪が検出されている。また、幅10mほどの堀が存在し、土塁もある。後円部北西に向く横穴式石室は両袖型玄門付の単室石室であることが判明している。石室の用材は花崗岩を主に使用し、玄室の奥壁、左右側壁の下段には高さ1.5m前後の巨石を用い、上部は持ち送りが著しい。なお、側壁石の間には粘土が充填されている。本古墳の石室の特色として、玄室を中心とした彩色壁画が著名であり、昭和27年には国史跡に指定されている。

盛土においては、表層の0.50~0.65mは中砂、その下は砂質粘土を主体とする層で所々に礫や砂の混入が見ら

*1 keywords: 古墳, 地盤工学

*2 正会員 工博 関西大学工学部土木工学科 (〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35)

*3 正会員 工博 関西大学工学部土木工学科

れ、上部には、木片の混入も認められることから層状になっていると考えられる。

(2) 観音山古墳⁴⁾

観音山古墳は群馬県高崎市綿貫町字観音山にある6世紀末の前方後円墳であり、昭和44年に国史跡に指定されている。国鉄高崎線倉賀野駅から東北2.6km、井野川と烏川の合流点の約2kmの上流にあたり、井野川右岸の低い台地上に立地している。墳丘は2段築成で全長97m、後円部径56m、前方部幅59m、後円部高さ9.6m、前方部高さ9.4mで、墳頂部と中段部に円筒埴輪および器財埴輪などが巡っている。後円部には西南方に開口する全長約12.5mもの巨大な両袖型の横穴式石室があり、側壁に角閃石安山岩、天井石に牛伏砂岩を用いている。

また、盛土に関しては、ロームを主とし、これに細礫、砂及び腐植土等が混じったものである。現代の盛土工法が25~30cmの厚さで締固めるのに対して、本古墳の層状盛土は5~10cm程度の薄層で、砂を混ぜながら丁寧に突き固められている。

(3) 峯ヶ塚古墳^{5), 6)}

峯ヶ塚古墳は大阪府羽曳野市にある古市古墳群中の西端部に位置する全長96mの前方後円墳で、5世紀末から6世紀初めに築造されたものとされ、昭和48年には国史跡に指定されている。本古墳は前方部を西に面し、後円部径56m、後円部高さ8m、前方部幅74.4m、内濠幅11m、内堤幅18m、外濠幅8m、墓域長168m、墓域幅148mの規模をもち、北側のくびれ部分には「造り出し」と呼ばれる方形の壇が確認されている。南側は墳丘の崩壊が著しくその有無は不明である。これより、この古墳は2重の濠をもっていたと考えられる。後円墳丘部には縦穴式石室が2基と横穴式石室が1基あると推定されている。

本古墳は周辺状況から見て、沖積層を除去した後、古墳盛土が施工されたと考えられる。基盤層の表面は黒褐色の有機物が見られることから、除去した土は比較的浅いものであったと考えられる。盛土の粒度特性においては礫分が2~6%、砂分が26~45%、シルト分が18~26%、粘土分が30~50%であり、盛土層は砂質土と粘性土に大別される。一般にこの砂質土と粘性土は3~5cm程度の互層状をなしており、層状盛土の構造をもっている。しかし、表層部は砂質土でこの構造は見られない。

(4) 森將軍塚古墳^{7), 8)}

森將軍塚古墳は長野県更埴市森の丘陵尾根上に占地する。前方部を西南に向けた4世紀後半に築造された前方後円墳で、昭和46年に国史跡に指定されている。本古墳は全長98m、後円部径45m、後円部高さ9m、前方部幅30m、前方部高さ5mで、後円部東側に台形状の突出部を付設した特異な墳形である。後円部中央には扁平板石の小口積みによる長大な縦穴式石室が設けられており、この石室は「墓壇」と呼ばれる2重の石垣で囲まれた大きな穴の中に築かれている。

また、墳丘の前方部は泥岩細礫を主とする黄褐色の山土層からなり、所々安山岩の角礫があり、石英斑岩の葦

石が地山から分離して散在する。腐植土および表土を除去すると、墳麓線上に葦石および巨礫が見られ、その下に墳麓を画する石垣列が存在する。盛土材は大部分が礫であり、シルト、砂が一部分を占め、中央部の平坦部は比較的よく締まっているが、土層は緩く、著しく不安定である。盛土層においては、石英斑岩の小角礫、泥岩破碎礫および泥岩風化土（粘性土）からなっており、礫質材料と風化土が互層に突き固められていて、この礫層が墳丘盛土の排水と補強の役割をしていたのではないかと解釈されている。

(5) 吉野ヶ里遺跡・墳丘墓⁹⁾

吉野ヶ里遺跡は佐賀県神埼郡吉野ヶ里丘陵にあり、旧石器時代から中世にいたる大複合遺跡である。吉野ヶ里墳丘墓は弥生中期の紀元前1世紀前半に構築されたといわれており、平成2年に国史跡に指定され、平成3年には特別史跡に指定されている。墳丘墓とは土を盛って造った墓で、当時の支配者が埋葬されたと考えられている。本墳丘墓は中国の江南地方の土とん墓に共通する可能性があるという。地面より深いところに孔を掘って埋葬し、その上に墳丘を築く華北と異なり、湿潤の華中、特に江南では、湿気や水分を避けるために、まず土を盛り上げて、その後孔を掘って瓶棺を埋葬し、その上に埋め戻す。吉野ヶ里では特にこの埋め戻し土が極めて密実で固く締固めているという。

本墳丘墓は南北約46m、東西約27m、高さ約2.5mで、平面長方形に近い形である。紀元前1世紀前半に構築されたが、中世の築城で破壊され、さらに戦後の開墾で削平を受けており、構築当時は4~5mの高さであったといわれている。

また、盛土においては、墳丘墓の中心部から南側にかけてはきれいな層状を呈している。しかし、北部分はかなり乱雑な締まり具合であり、層状には見えない。吉野ヶ里丘陵は基本的に火山灰土から構成され、厚さは十数mである。本墳丘墓構成土の母材としては、レス、火山灰土（火砕流堆積風化土）、砂質土の3種類である。

(6) 戦場古墳群・33号古墳⁹⁾

戦場古墳群は佐賀県神埼郡東脊振村にあり、吉野ヶ里遺跡から真北3.5kmの丘陵斜面に位置する古墳群である。戦場古墳群の本古墳は6世紀中頃に構築されたといわれている。まさ土が分布するこの丘陵斜面一帯はみかん山であった。このため、古墳の上部は削られて無く、石室中央部の高さ0.8m（かつては3mと推定）、石室を中心に直径約20mの小規模の円墳である。石室の中心に近い部分（境界半径3.40m以内）は黒色土を層状に含み、丁寧に締固められているようである。また、盛土の主体をなす土はまさ土であり、礫をかなり含んでいる。

(7) 中国・江南土とん墓¹⁰⁾

土とん墓は中国の商朝（約B.C.2200）から春秋戦国時期（約B.C.450）の間に構築された中国の江南地区における特質的な墓の種類である。また、中国の文献には土とん墓とは穴を掘らずに地上に死者を収め、土を盛り上げて

表-1 古墳盛土の地盤工学的性質

名称	王塚古墳	観音山古墳	釜ヶ塚古墳	森野軍塚古墳	吉野ヶ里遺跡・墳丘墓	戦場古墳群・33号古墳	中国・江南土とん墓	釜ヶ塚古墳試料*	植山古墳*
所在地	福岡県	群馬県	大阪府	長野県	佐賀県	佐賀県	中国江南地区	大阪府	奈良県
築造時期	6世紀中期	6世紀末期	5世紀末～6世紀初め	4世紀後半	紀元前1世紀前半	6世紀中頃	紀元前800～500年	5世紀末～6世紀初め	6世紀末頃
墳形	前方後円墳	前方後円墳	前方後円墳	前方後円墳	長方形墳	円墳	おわん型	前方後円墳	長方形墳
規模	全長78m	全長97m	全長96m	全長98m	全長46m	直径20m	全長50m	全長96m	全長40m
土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.485～2.645	2.74～2.76	[2.65]	[2.65]	2.471～2.644	2.452～2.624	2.66～2.70	2.587～2.705	2.653～2.726
湿潤密度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	1.516～1.796	1.689～1.713	1.752～2.007(不攪乱) 0.988～1.085(締固め)	1.820～1.964(不攪乱) 1.730～1.860(締固め)	1.57～1.75(不攪乱) 1.569～1.739(締固め)	1.490～1.500(不攪乱) 1.490～1.500(締固め)	1.854～2.060	1.806～1.920	1.434～1.775(不攪乱) 1.500～1.859(締固め)
乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	0.891～1.274	1.119～1.161	1.510～1.745	1.603～1.709(不攪乱) 1.520～1.622(締固め)	1.05～1.25(不攪乱) 1.054～1.238(締固め)	1.086～1.20(不攪乱) 1.121～1.172(締固め)	1.560～1.75	1.686～1.806	1.196～1.357(不攪乱) 1.226～1.422(締固め)
含水比 $w(\%)$	41.0～74.8	47.6～50.9	6.8～19.4(砂質土) 9.2～24.1(粘性土)	13.53～14.93(不攪乱) 13.81～14.69(締固め)	38.8～50.5(不攪乱) 38.3～48.8(締固め)	23.0～47.0(不攪乱) 23.2～39.1(締固め)	14.4～23.3	6.3～9.1	19.9～33.5(不攪乱) 21.1～30.8(締固め)
間隙比 e	1.077～1.881	1.377～1.449	0.519～0.755	0.551～0.653(不攪乱) 0.634～0.743(締固め)	1.084～1.510(不攪乱) 1.039～1.500(締固め)	1.114～1.665(不攪乱) 1.136～1.408(締固め)	0.569～0.731	0.482～0.588	0.988～1.268(不攪乱) 0.897～1.211(締固め)
液性限界 $w_L(\%)$	39.7～81.3	71～73	26.8～73.5	—	52.4～63.6	48.7～73.3	—	—	64.3～76.2
塑性限界 $w_P(\%)$	32.1～50.8	49～51	15.6～30.2	—	31.6～43.4	30.8～45.0	—	—	41.8～44.0
塑性指数 I_p	7.6～32.8	22	11.2～48.6	—	13.4～24.5	17.9～28.3	6.9～13.8	—	20.3～29.2
粒 礫分 (%)	0～3.0	8.0～9.0	2～6	67.6～95.6	0.1～0.8	8.9～13.6	0.0～9.6	1.1～3.1	1.6～2.6
度 砂分 (%)	8.1～38.0	41.0	26～45	4.3～19.3	14.2～18.1	38.9～53.5	3.5～42.5	46.5～66.0	40.8～51.0
分 シルト分 (%)	24.0～47.6	35.0～38.0	18～26	3.1～6.8	44.6～65.7	13.3～22.1	29.8～57.9	26.6～45.0	43.6～55.1
布 粘土分 (%)	35.0～57.5	12.0～16.0	30～50	2.0～6.3	17.5～36.5	16.2～38.6	21.5～46.9	4.3～7.9	1.7～2.8
一軸圧縮強度	18～154(不攪乱)	405～660(不攪乱)	120(砂質土, 不攪乱) 40(砂質土, 締固め) 510(粘性土, 不攪乱) 290(粘性土, 締固め)	155～329(不攪乱) 75～166(締固め)	—	—	—	—	56～125(不攪乱) 63～164(締固め)
$q_u(\text{kPa})$	10～35(繰り返し)	30～35(繰り返し)	—	—	—	—	—	—	—
鋭敏比 S_u	1.8～4.4	12.9～19.5	—	—	—	—	—	—	—
先行圧密荷重	126～820	—	—	—	150～270(不攪乱) 150～230(締固め)	70～130(不攪乱) 69～79(締固め)	—	—	124～200(不攪乱) 32～98(締固め)
$p_c(\text{kPa})$	—	—	—	—	30.8～83.6(不攪乱) 27.8～37.0(締固め)	40.8～48.1(不攪乱) 32.0～39.3(締固め)	—	—	—
粘着力	31～57.5	—	150～170(不攪乱) 70(締固め)	—	25.7～31.0(不攪乱) 13.1～17.8(締固め)	21.8～28.1(不攪乱) 17.7～20.6(締固め)	—	—	—
$c(\text{kPa})$	—	—	40～60(不攪乱) 40(締固め)	—	—	—	—	—	—
内部摩擦力	4.9～14.0	—	40～60(不攪乱) 40(締固め)	—	—	—	—	—	—
$\phi(^{\circ})$	—	—	17～54(砂質土) 11～18(粘性土)	—	—	—	—	—	—
N値	—	8～12	—	—	7～11	—	4～19	—	—
備考	砂質粘土	ローム質	砂質土 粘性土	礫	レス、火山灰土、砂質土	まさ土	粘土	—	まさ土

*:追加試験データ

造った盛土の墓のことであると記されている。今回の文献による土とん墓は南北長さ 50m, 東北長さ 40m, 高さ約 8m で、頂上から基盤まで 7 層に分けられる。

(8) 植山古墳¹¹⁾

植山古墳は奈良県橿原市五条野字植山所在する古墳である。築造時期は 6 世紀末頃で、被葬者は推古天皇と竹田皇子が最有力候補とされている。そして、のちに推古天皇の墓のみが他の古墳に移されたということである。墳丘は南東—北西方向の丘陵の南斜面を L 字形にカットした後、平坦部に全て盛土（互層積み）によって築かれた長辺・東西長約 40m, 短辺・南北長約 27m, 墳丘高約 3~6m を測り、墳丘軸がほぼ北の方向を向く長方形墳である。東・西・北には上幅約 10m, 底幅約 1.6~3m の壕を巡らせている。また、北と西の壕底には結晶片岩と花崗岩で施された排水機能を持つ幅約 1m, 厚さ約 0.6m 以上の石敷きがある。埋葬施設は墳丘の南面に開口する二基の横穴式石室（東石室・西石室）が並んで設けられている。石室規模も奈良県下の横穴式石室においては上位にランク付けられる大きさである。

盛土にはまさ土を用い、意図的に材料を変えて互層にした形跡は見られない。

このようにほとんどの古墳で規模の大きいものは、材料を意図的に変えて砂質土と粘性土を互層状に盛土されており、これは広義の版築に相当するものである。砂は粘着性に乏しいが排水機能を持ち、粘土は粘着力をもつとともに遮水性を発揮し、両者の機能をうまく利用して、安定な土構造物を形成しているものと考えられる。また、規模の小さいものはこのような構造を欠くものがある。

前述のように、8ヶ所の古墳盛土の地盤工学的調査記録を整理してきたが、ここではそれらを表-1 にまとめて比較、検討を行う。また、表-1 には新たに行った試験結果を右に記述している。まず、表-1 に注目すると、土粒子密度は土粒子を構成している鉱物の種類や化学成分によって大きく変化するが、一般的に用いられる土粒子密度の 2.65g/cm^3 に近い値である。そこで、峯ヶ塚古墳と森將軍塚古墳の土粒子密度においては、データがなかったため上記の値を使用して表を完成した。次に乾燥密度について見てみると、峯ヶ塚古墳、森將軍塚古墳、中国の土とん墓においては 1.70g/cm^3 以上の値をとっているものもあり、よく締まっている。間隙比においても、一般的な間隙比の値は砂で 0.5~0.9, 粘土で 0.7~1.5 であることから、峯ヶ塚古墳、森將軍塚古墳、中国の土とん墓はこの 8ヶ所の古墳の中でも特によく締まっていることがわかる。また、液性限界は古墳によっては幅広い値をとっているが、塑性限界は液性限界ほど変化はない。王塚古墳においては含水比が液性限界に近いものもあった。さらに、乱さない供試体の一軸圧縮強度について見てみると、観音山古墳で 660kPa, 峯ヶ塚古墳で 510kPa, 森將軍塚古墳で 329kPa と添加材を加えない土の強度としては考えられないほどの強さを示しており、特に観音山古墳は一般的な関東ローム層の値 150kPa 程度に比べ

るとかなり大きな値をとっている。また、峯ヶ塚古墳、森將軍塚古墳では、不攪乱試料の一軸圧縮強度は締固め試料の一軸圧縮強度の 2 倍から 3 倍となっている。このように不攪乱状態の土が締固め状態の土に比べ非常に大きい強度を示していることは、やはり年代効果によるものとしか考えられない。一方、N 値は峯ヶ塚古墳の砂質土の盛土で最高値 54 を示しており、他の古墳に比べてかなり大きな値をとっているがわかる。現代の機械施工による道路や住宅造成地盤の盛土でも N 値はせいぜい 20 程度であることから、峯ヶ塚古墳はいかに入念に締固められたかがわかる。しかし、現代の機械以上に強く締固められる道具が古代にあったとは考えにくく、これもまた年代効果による影響であると考えられる。

3. 古墳盛土の工学的特性

まず、古墳の築造時期による工学的性質に違いがあるかどうかについて述べる。一般に古墳時代というのは、3 世紀から 7 世紀頃までのことを指し、この時代において、古墳の石室には時代的变化が見られた。しかし盛土では、図-1 に示されるように、密度に関しては特筆すべき関係は見られなかった。すなわち、築造時期と工学的性質との間に依存性はないと考えられる。

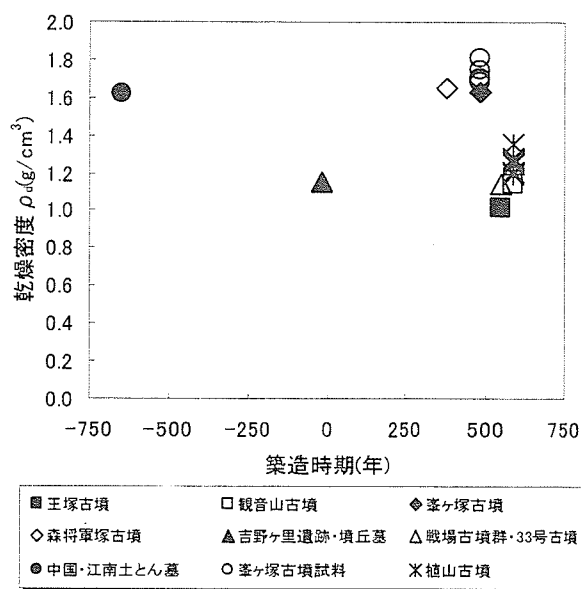


図-1 築造時期（西暦）と乾燥密度の関係

次に、古墳の規模と工学的性質について述べると、表-2 は N 値と古墳の規模を示したものである。この表には上記以外の古墳のデータも追加している。図-2 は規模と N 値についての関係を表したグラフである。グラフから、規模と N 値の関係がほぼ比例関係にあることがわかる。峯ヶ塚古墳は、ほぼ同規模である観音山古墳や森將軍塚古墳に比べて N 値が大きく、とりわけ強度の大きい古墳であることがわかる。すなわち、一般に規模が大きい古墳ほど、強度が大きいということが考えられる。

表-2 古墳盛土の N 値比較表

名称	墳形・規模	築造時期	所在地	盛土の土質	測定N値
観音山古墳	前方後円墳 全長97m	6世紀末期	群馬県	ローム質	8~12(平均10.0)
峯ヶ塚古墳	前方後円墳 全長96m	5世紀末	大阪府	砂質土 粘性土	17~54(平均33.5) 11~18(平均14.9)
吉野ヶ里遺跡・墳丘墓	平面長方形 全長46m	紀元前 1世紀前半	佐賀県	火山灰土	7~11(平均8.3)
中国・江南 土とん墓	おわん型 全長50m	紀元前800 ~500年	中国江南地区	粘土	4~19(平均11.5)
江田船山古墳	前方後円墳 全長62m	5世紀後半	熊本県	砂質シルト	5~13(平均9.0)
須曾媛夷穴古墳	方墳 一辺25m	7世紀前 ~中	石川県	粘土	4
丸山遺跡	円墳群 直径18m	5世紀前 ~6世紀初	佐賀県	砂質土	3

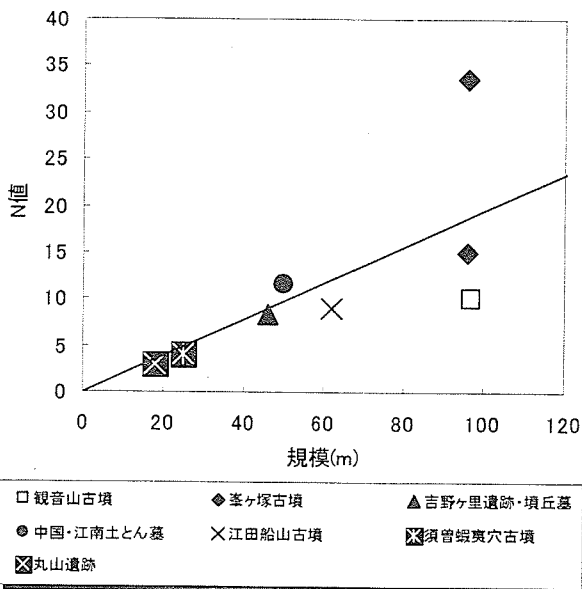


図-2 規模（全長）と N 値の関係

次に、規模と乾燥密度についての関係を図-3 に示す。この図から、王塚古墳や観音山古墳の例外はあるが、全体的に見てみると、ほぼ比例関係にあると考えられる。すなわち、規模が大きくなるにつれて、丁寧に締固めが行われていたと考えられる。このことは現代の土構造物についても共通することである。そもそも、規模の大きい古墳には、地位の高い人が葬られている。そういった背景からもこのような関係があることは、納得のいく結果である。

次に、各古墳における物理的性質による比較から、古墳の特性について述べる。

まず、含水比と乾燥密度の関係に、わが国の代表的な土の JIS A 1210 第1法による締固め曲線を加えて比較したものを図-4 に示す。グラフから、戦場古墳と今回実験した植山古墳においては、その土の締固め曲線よりも低いところに位置し、あまりよく締固められていないことがわかる。峯ヶ塚古墳においては、その土の締固め曲線の左方に位置しているものがある。これは試料を採取してから、実験を行うまでに長い時間保存していたために、含水比が減ったためと考えられる。その他の古墳に

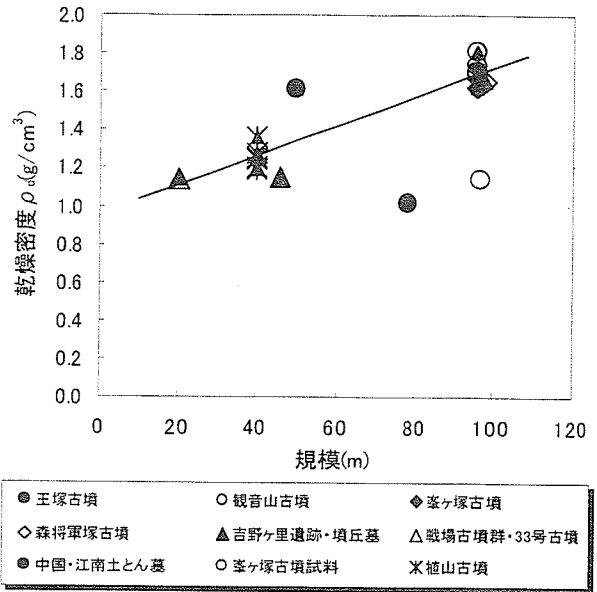


図-3 規模（全長）と乾燥密度の関係

関しては、その締固め曲線のピークにほぼ近い値をとっており、古墳の土がその土性に応じて、JIS A 1210 第1法に相当する適正な締固め状態にあること、また、含水比はその土固有の含水比のものが使用されている。また、このグラフより、規模は大きい乾燥密度は小さかった観音山古墳や王塚古墳は、あまり丁寧に締固めが行われてないのか、または、その場所の土の粘土分が多いために、締固め密度が上らなかったと考えられる。

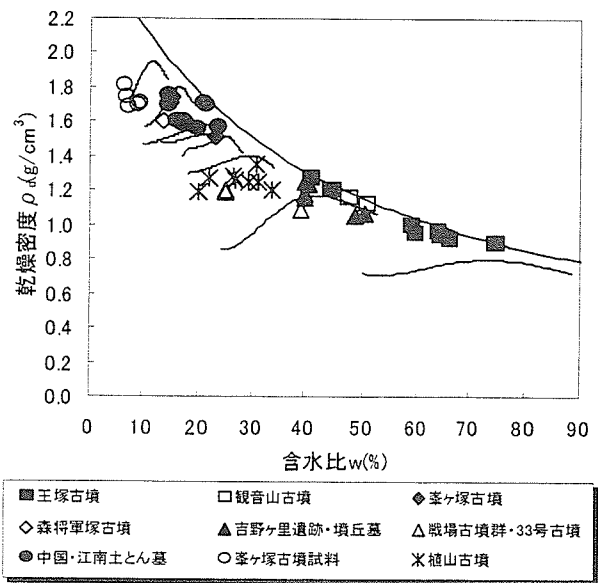


図-4 含水比と乾燥密度の関係

次に、粘土含有量と乾燥密度についての関係を図-5 に示す。図の上のほうにプロットされた点(峯ヶ塚古墳、中国・江南土とん墓、森将軍塚古墳)と下のほうにプロットされた点(植山古墳、吉野ヶ里遺跡、戦場古墳群、観音山古墳、王塚古墳)に分けて考える。前者は乾燥密度が 1.6~1.8g/cm³ 前後で丁寧に締固められている土、後

者は乾燥密度が $1.0 \sim 1.4 \text{ g/cm}^3$ のものであまり丁寧に締固められていない土のものである。どちらにおいても、粘土含有量が増えると、乾燥密度が若干小さくなる傾向にあることがわかる。これは一般的な土にも共通したことである。図-4 の締固め曲線においても、グラフの右側に位置している古墳の土は粘土含有量の多い土である。

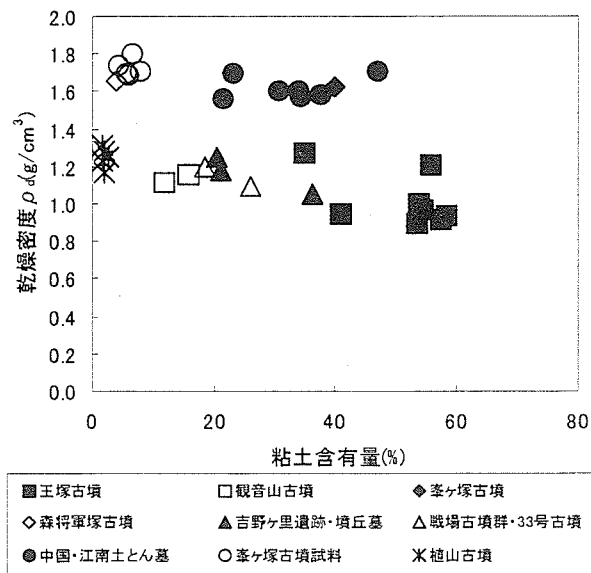


図-5 粘土含有量と乾燥密度の関係

最後に、乾燥密度と鋭敏比の関係を図-6 に示す。また、各古墳の鋭敏比の値を表-3 に示す。ただし、峯ヶ塚古墳、森將軍塚古墳、植山古墳の一部においては、圧縮試験の結果から、不攪乱試料の強度に対する締固め試料の強度の比を、また、吉野ヶ里遺跡・墳丘墓、戦場古墳群・33号古墳、植山古墳のその他においては、圧密試験の結果から、不攪乱試料の圧密降伏応力に対する締固め試料の圧密降伏応力の比をここでは鋭敏比として表現している。このグラフから、乾燥密度が大きい古墳ほど鋭敏比も大きくなっていることがわかる。逆に、乾燥密度の小さい古墳ほど、鋭敏比も小さくなり、鋭敏比が 1.0 を下回る古墳も存在している。このことは乾燥密度の大きさだけで見ると、乾燥密度が大きい古墳では、年代効果の発現が如実に現れ、乾燥密度が小さい古墳では、年代効果の発現が乏しいと考えられる。また、締固めの度合いも考慮すると、植山古墳のようにあまり丁寧に締固

表-3 各古墳の鋭敏比

名称	鋭敏比
王塚古墳	1.8~4.4
観音山古墳	12.9, 19.5
峯ヶ塚古墳	(砂質土) 3.0
	(粘性土) 1.8
森將軍塚古墳	2.0, 2.1
吉野ヶ里遺跡・墳丘墓	0.7, 1.4, 1.7
戦場古墳群・33号古墳	1.0, 1.6
植山古墳	(圧縮試験より) 0.8, 0.6, 2.0, 1.3, 0.7
	(圧密試験より) 3.9, 2.0

めが行われていない古墳では年代効果の発現もあるが、1000 年以上もの間に風化などの外的作用の影響を受けて、むしろ土がもろくなり、劣化しているものと考えられる。

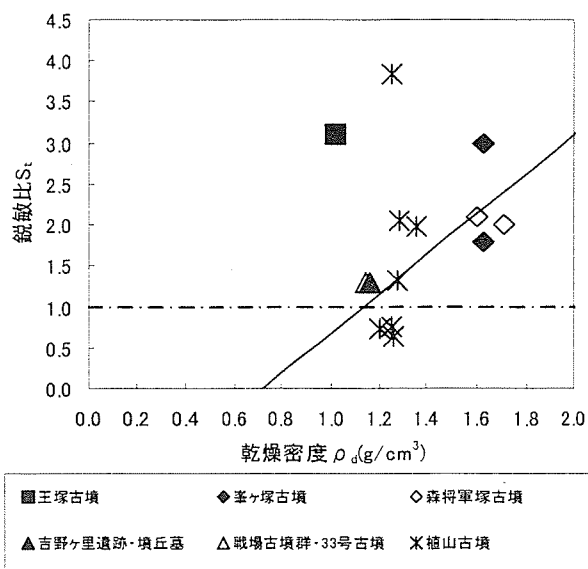


図-6 乾燥密度と鋭敏比の関係

4. 結論

本研究では、現在地盤工学的にあまり明らかにされていない古代土構造物の一つである古墳の盛土部分を地盤工学的に検討した。まず古墳盛土の地盤工学的性質に関する既存資料を収集して比較、検討を行い、次に、実際の古墳試料を用いての室内試験結果についての検討を行った。そして、それら全ての資料をもとにいくつかの関係を見出し、古墳盛土の特性について検討を行った。

このことより得られた結論を以下に述べる。

- ① 峯ヶ塚古墳、森將軍塚古墳、中国の土とん墓においては、非常に高い強度を持っている。特に峯ヶ塚古墳、中国の土とん墓は粘土分が多いにもかかわらず、よく締固められていた。
- ② 植山古墳は、推定被葬者が高貴な人と推定されているにもかかわらず、あまり丁寧に締固めが行われていない。また、一軸圧縮試験の結果から不攪乱試料よりも締固め試料の値の方が大きくなっている。この理由としては、初期の締固め度が低く、築造後に風化などの外的要因による劣化が考えられる。
- ③ 築造時期と工学的性質にはあまり明確な関係がないが、規模が大きい古墳ほど N 値や乾燥密度が大きく、締まり具合のよい土である。
- ④ 今回調べた 8 ヶ所の古墳のうち、植山古墳と戦場古墳群・33号古墳を除く古墳においては、古墳の土がその土性に応じて適正な締固め状態にあること、また、含水比はその土固有の含水比のものが使われている。

本研究は文部科学省科学研究費 No.12450194 (代表鬼塚克忠) によったことを付記する。

5. 参考文献

- 1) 白石太一郎：古代を考える，古墳，吉川弘文館，pp.1～4，1989.
- 2) 桂川町教育委員会：王塚古墳 桂川町文化財調査報告書 第13集，pp.169～185，1994.
- 3) 桂川町教育委員会：王塚古墳 桂川町文化財調査報告書 第13集 付図，付図18，1994.
- 4) 群馬県教育委員会：史跡観音山古墳 保存修復事業報告書，pp.84～88，1981.
- 5) 羽曳野市教育委員会：史跡峯ヶ塚古墳保存整備墳丘保存調査報告書，1991. 3
- 6) 西田一彦，笠井敏光，荒井仁，中沢重一，宋永焜，中山義久：峯ヶ塚古墳の盛土構造と土質工学的特徴について，遺跡の保存技術に関するシンポジウム発表論文集，（社）土質工学会，pp.99～106，1995.
- 7) 西田一彦：森將軍塚古墳盛土の土質工学的考察，史跡森將軍塚古墳 保存整備事業発掘調査報告書，長野県更埴市教育委員会，pp.443～445，1992.
- 8) 長野県更埴市教育委員会：史跡森將軍塚古墳 保存整備事業保存整備報告書，pp.35～41，1992.
- 9) 鬼塚克忠，島宏信，横尾磨美，原裕：吉野ヶ里遺跡・墳丘墓および戦場古墳群・33号古墳の土質工学的特性と構築の技術，遺跡の保存技術に関するシンポジウム発表論文集，（社）土質工学会，pp.113～120，1995.
- 10) 陸江，甲斐大祐，鬼塚克忠，唐曉武：中国・江南土とん墓の構築技術に関する一考察，第36回地盤工学会研究会発表会，pp.33～34，2001.
- 11) 樫原市教育委員会：樫原市埋蔵文化財発掘調査概報（大藤原京跡・植山古墳），2001.